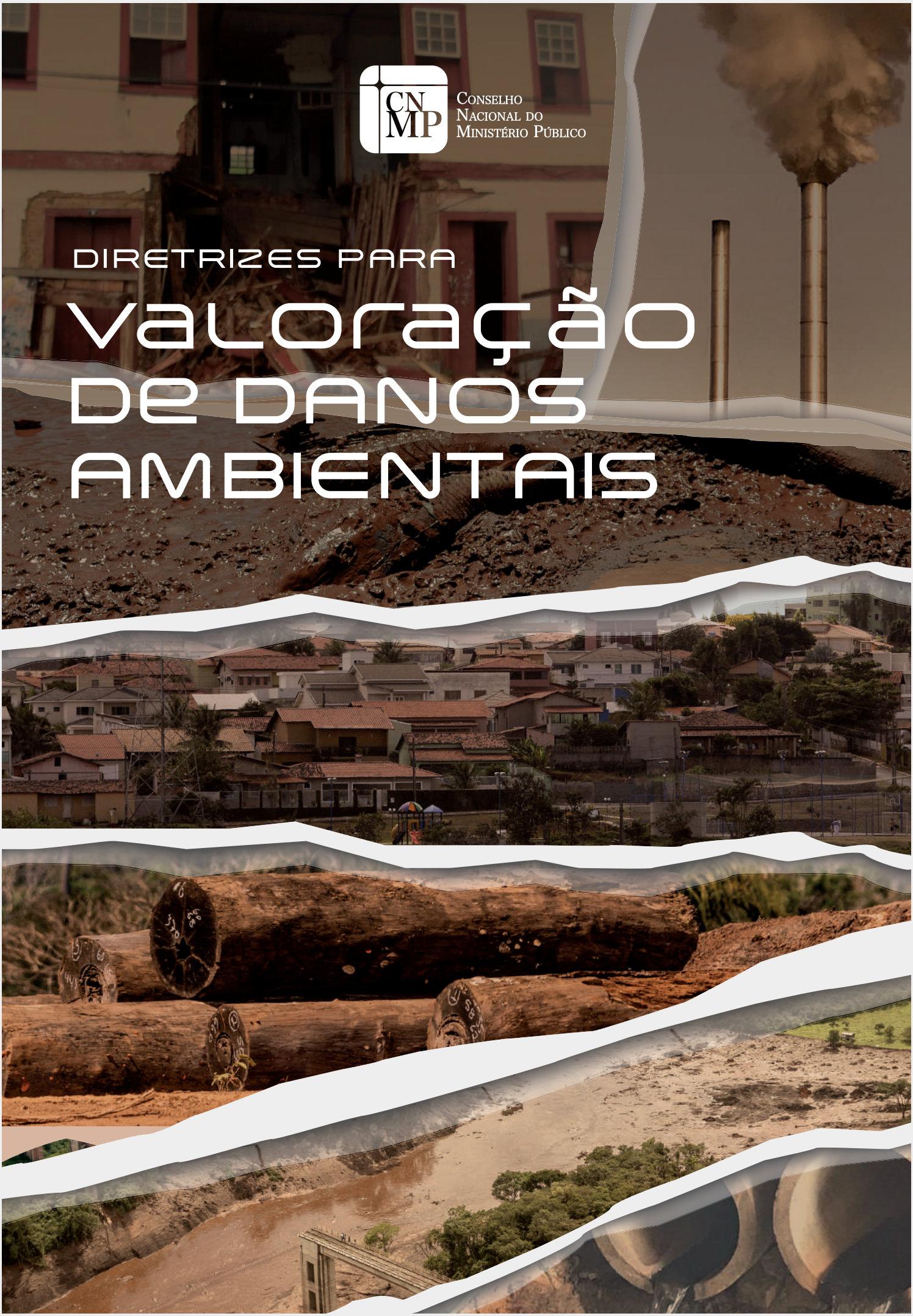

CNMP
Conselho
Nacional do
Ministério Público
DIRETRIZES PARA
VALORAÇÃO
DE DANOS
AMBIENTAIS

Comissão do Meio Ambiente
Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP)

DIRETRIZES PARA

VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS

COORDENAÇÃO GERAL
Luciano Nunes Maia Freire

COORDENAÇÃO ACADÊMICA
Luciano Furtado Loubet
Annelise Monteiro Steigleder
Aline Valéria Salvador
Gerson N. Barbosa
Meri Cristina Amaral Gonçalves
Silvia Cappelli
Sandra Akemi Shimada Kishi
Tarcila Santos Britto Gomes
Vanessa Goulart Barbosa

APRESENTAÇÃO
Luciano Nunes Maia Freire

PREFÁCIO
Min. Mauro Luiz Campbell Marques

Brasília – 2021

EXPEDIENTE

CONSELHO NACIONAL DO MINISTÉRIO PÚBLICO – CNMP

PRESIDENTE
Antônio Augusto Brandão de Aras

PRESIDENTE DA COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE
Luciano Nunes Maia Freire

COMISSÃO DO MEIO AMBIENTE
Luciano Nunes Maia Freire – Coordenador
Conselheiro Nacional do Ministério Público
Presidente da Comissão do Meio Ambiente

Tarcila Santos Britto Gomes
Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado de Goiás
Membro Auxiliar da Comissão do Meio Ambiente

Vanessa Goulart Barbosa
Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado de Goiás
Membro Auxiliar da Comissão do Meio Ambiente

Equipe de Apoio da Comissão do Meio Ambiente
Mariana Bruxel de Vasconcelos
Karina Fleury Curado Simas Cavalcanti
Isabella Thalia Lourenço Correa

Brasil. Conselho Nacional do Ministério Público.
Diretrizes para valoração de danos ambientais / Conselho Nacional do Ministério Público. - Brasília: CNMP, 2021.
509 p.

ISBN 978-65-89260-08-0

1. Ministério Público – atuação. 2. Meio ambiente. 3. Poluição. 4. Danos ambientais. I. Título. II. Comissão do Meio Ambiente. III. Conselho Nacional do Ministério Público.

CDD – 341.413

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do CNMP

SUMÁRIO

AUTORES 11

APRESENTAÇÃO 16

PREFÁCIO 18

CAPÍTULO I: DIRETRIZES GERAIS PARA A VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS 29

1. Introdução 30

2. O dano ambiental e sua reparação 31

2.1. Conceito de Dano Ambiental 32

2.2. Formas de reparação do dano ambiental 36

2.3. A reparação do dano ambiental no âmbito criminal 38

3. Procedimentos para a valoração de danos ambientais 42

3.1. A importância do diagnóstico da degradação 42

3.2. A Transferência de Valores 44

3.3. Análise de Equivalência entre Habitats e Recursos 46

4. Síntese dos métodos para valoração de danos ambientais materiais 49

4.1. Abordagens teóricas a respeito da Valoração Econômica dos Recursos Ambientais (VERA) 49

4.2. Os métodos da NBR 14653-6 da ABNT 59

4.2.1. Métodos diretos 60

4.2.2. Métodos indiretos 62

4.2.3. Outras abordagens metodológicas para valoração de danos ambientais 65

5. Considerações Finais 69

Referências Bibliográficas 70

CAPÍTULO II: VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE POLUIÇÃO 76

1. Introdução 77

2. Procedimentos prévios para qualificação da poluição 79

3. Métodos aplicados para a valoração do dano decorrente de poluição 84

3.1. Poluição da água 84

3.1.1. Emergia 84

3.1.2. Custo de reposição 88

3.1.3. Mercado de Bens Substitutos 90

3.2. Poluição sonora 92

3.3. Poluição atmosférica 94

3.3.1. Compensação das emissões de dióxido de carbono por meio de plantio de vegetação 94

3.3.2. Avaliação das emissões de gases pela poluição decorrente de queimada no Pantanal 96

3.3.3. Emergia 96
3.3.4. Custo de Controle Evitado 99
3.4. Poluição do solo e da água subterrânea 100
3.4.1. Custo de Remediação da Área Degradada 100
3.4.2. Análise de Equivalência de Habitat 105
3.5. Valoração não monetária de poluição ambiental 107
4. Conclusões 110
Referências Bibliográficas 111
Anexo 1 - Quesitos para investigação de poluição 115
Poluição sonora 115
Poluição por efluentes 115
Poluição industrial 115
Emissões atmosféricas 116
CAPÍTULO III: VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AO PATRIMÔNIO CULTURAL 117
1. Introdução 118
2. Conceito, valores, tipologia, dimensões e particularidades do dano ao patrimônio cultural 120
2.1. Conceito 120
2.2. Valores recepcionados pelo patrimônio cultural e as tipologias de danos 121
2.2.1. Valores recepcionados 121
2.2.2. Tipologia e dimensões de danos ao patrimônio cultural 122
3. Elementos preliminares a serem coletados na investigação extrajudicial 124
3.1. Quesitos para apurar a responsabilidade civil 125
3.2. Quesitos para apurar a responsabilidade penal (crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural) 126
4. Protocolo inicial da investigação extrajudicial e check list para a formação da prova 128
4.1. Dados necessários para a aplicação do método Custo de Reposição 129
4.2. Dados necessários para a aplicação do método CONDEPHAAT 130
5. Métodos aplicados para a valoração do dano ao patrimônio cultural 130
5.1. Método Custo de Reposição 131
5.1.1. Tabela de aplicação do método custo de reposição 133
5.2. Método CONDEPHAAT 133
5.2.1. Tabela de aplicação do critério CONDEPHAAT 137
5.3. Critério utilizando como parâmetro o Decreto Federal nº 6.514/2008 (que regulamenta a Lei nº 9.605/98 – Lei de Crimes Ambientais) 138
5.3.1. Tabelas de referência do critério utilizando como parâmetro o Decreto Federal nº 6.514/2008 139
5.4. Outras possibilidades 139
6. Conclusão 140
7. Glossário 142
Referências bibliográficas 149
Apêndice 152

Apenso **152**

CAPITULO IV: VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS À FLORA **153**

1. Introdução **155**

2. O dano ambiental **156**

2.1. Conceito jurídico 156

2.2. O dano ambiental à vegetação nativa 158

3. Serviços Ecossistêmicos e premissas da valoração do dano ambiental **158**

4. Os Biomas brasileiros **160**

4.1. Bioma Cerrado 161

4.1.1. Informações gerais 161

4.1.2. A vegetação 162

4.1.3. Ameaças ao bioma 162

4.1.4. O desmatamento no cerrado, emissões e compromissos internacionais no combate a mudanças climáticas 163

4.1.5. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais no Cerrado 163

4.2. Bioma Mata Atlântica 164

4.3. Bioma Pampa 175

4.3.1. Corte de vegetação nativa arbórea e queimada da área 177

4.3.1.1. Estimativa econômica associada à degradação ambiental 178

4.3.1.1.1. Corte de Vegetação Nativa 178

4.3.1.1.2. Serviços Ecossistêmicos da Vegetação Nativa 178

4.3.1.1.3. Queimada 178

4.3.1.1.4. Total 179

4.3.1.2. Medidas reparatórias e compensatórias 179

4.3.2. Supressão de vegetação nativa campestre para conversão de uso do solo (lavouras e silvicultura) 179

4.3.2.1. Estimativa econômica associada à degradação ambiental 180

4.3.2.1.1. Serviços Ecossistêmicos da Vegetação Nativa 180

4.3.2.1.2. Produção Agrícola em Área Irregular (Mais Valia) 180

4.3.2.1.3. Total 180

4.3.2.2. Medidas reparatórias e compensatórias 180

4.3.3. Queimada de campos nativos como manejo para criação de gado 181

4.4. Bioma Pantanal 183

4.4.1. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais no Pantanal 185

4.5. Bioma Caatinga 186

4.5.1. Práticas de conservação, recuperação e manejo adequado - sugestão para reparação de danos ambientais na Caatinga 188

4.5.1.1. Práticas conservacionistas de caráter mecânico 188

4.5.1.2. Práticas conservacionistas de caráter vegetativo 189

4.5.1.3. Práticas conservacionistas de caráter hidroambiental 189

4.5.1.4. Técnicas associadas ao manejo e a conservação do solo e água 189

4.6. Bioma Amazônico ... 190
4.6.1. Extensão territorial e cobertura ... 190
4.6.2. Biodiversidade amazônica ... 191
4.6.3. Desmatamento ... 191
4.6.4. Efeitos de Incêndios no Bioma Amazônico ... 193
4.6.5. Acordos internacionais de proteção da biodiversidade amazônica ... 194
4.6.6. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais na Amazônia ... 194
5. Restauração e recuperação do dano ambiental à flora (reparação in situ) ... 195
5.1. Considerações importantes acerca da degradação/alteração e restauração/recuperação ambiental ... 195
5.1.1. Finalidade da restauração/recuperação ... 201
5.2. Processos sucessionais e regeneração da vegetação nativa ... 202
5.3. Métodos de restauração/recuperação: passiva, assistida ou ativa ... 203
6. Cenários ambientais de referência – definições e conceituações ... 204
7. Elementos preliminares para investigação extrajudicial - checklist pós-evento ... 207
8. A importância da Quesitação – Danos contra a Flora ... 212
8.1. Quesitos Periciais – Responsabilidade Civil – Danos contra a Flora ... 212
8.1.1. Sugestão de quesitação ... 212
8.2. Quesitos Periciais – Responsabilidade Penal – Danos contra a Flora - Lei nº 9.605/98 ... 227
8.2.1. Sugestão de quesitação ... 228
9. Métodos da Valoração Econômica e subsídios da Economia à Valoração de Danos ... 239
9.1. Noções gerais ... 239
9.1.1. Dos métodos utilizados ... 240
9.1.2. Da equivalência de nomenclatura dos métodos ... 244
9.1.3. Considerações adicionais ... 245
9.2. Componentes e Premissas da Valoração do Dano à Flora ... 246
9.2.1. Valoração do Dano à Flora: Primeiro componente ... 246
9.2.2. Valoração do Dano à Flora: Segundo Componente ... 247
9.2.3. Valoração do Dano à Flora: Terceiro Componente ... 250
9.2.4. Considerações finais ... 250
9.3. Taxa de Desconto, sob a ótica ambiental ... 250
10. Conclusão ... 251
Referências Bibliográficas ... 252
CAPÍTULO V: A VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS À FAUNA SILVESTRE ... 274
1. Introdução ... 275
2. Da valoração de danos ... 276
3. Dos métodos utilizados para valoração ... 277
4. Da equivalência de nomenclatura dos métodos ... 281
5. Nota Técnica do Ministério Público do Mato Grosso do Sul: valoração de dano ambiental, sobre fauna silvestre ... 283
5.1. Custos de reabilitação e destinação da fauna silvestre ... 284

5.2. Custos de reposição da fauna silvestre 285
6. Valoração econômica de danos ambientais, coletânea da Central de Apoio Técnico - CEAT do Ministério Público de Minas Gerais 285
7. Valoração de danos à avifauna: a contribuição do Ministério Público de São Paulo 286
8. A aplicação da Emergia em valoração de danos à fauna silvestre 287
9. Valoração de danos decorrentes da pesca clandestina 289
10. Valoração de danos em matéria de meio ambiente e patrimônio cultural roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal 291
11. Considerações Finais 292
Referência bibliográfica 293

CAPÍTULO VI: VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE LOTEAMENTOS IRREGULARES 295

1. Introdução 296
2. Conceito e efeitos da implantação de loteamentos irregulares 299
3. Reparação integral dos danos ambientais em loteamentos irregulares 300
4. Avaliação dos danos ambientais em loteamentos irregulares: aplicação prática 303
4.1. Método da produtividade marginal 311
4.2. Método do custo de reposição 312
4.3. Método do custo de controle/evitado 313
4.4. Método do custo de oportunidade 313
4.5. Método do preço hedônico 314
4.6. Método da avaliação contingente 315
4.7. Método do custo ambiental total esperado 315
4.8. Tabelas de preço de funções ecossistêmicas 316
5. Sugestões de quesitos para apurar a responsabilidade civil 317
6. Considerações finais 319
Referências 320

CAPÍTULO VII: VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE MINERAÇÃO 325

1. Apresentação 327
1.1. Objetivo, justificativa e procedimento do trabalho 327
1.2. Experiência do Ministério Público em valoração do dano ambiental 328
2. O dano Ambiental em Mineração 329
2.1. Conceito Jurídico 330
2.2. Importância do conceito para se valorar 331
3. Valoração econômica ambiental 335
3.1. Fundamentos da valoração econômica ambiental 336
3.2. Métodos da valoração econômica: classificação e equivalências 341
3.3. Etapas e Procedimentos na Valoração Econômica 344

3.3.1. Procedimentos condutores de valoração financeira ou econômica 346
3.3.1.1. Transferência de valor (de benefício e/ou de custo) 346
3.3.1.2. Análise de Habitat Equivalência 347
3.4. Valoração de danos ambientais: métodos e experiência internacional 350
3.4.1. O valor do meio ambiente 352
3.4.2. Análise de Equivalência de Valor (AEV) 353
3.4.3. Transferência de valores 355
3.4.4. Análise de Equivalência de Habitat (AEH) ou Recurso (AER) 356
3.4.5. Taxa de desconto social 360
3.4.6. Comentários finais 361
4. O que valorar? 363
4.1. Impactos da mineração 364
4.2. A mineração e os serviços ecossistêmicos 364
4.3. Indicação de métodos da valoração por impactos da mineração 370
5. Protocolos de medidas diante de um dano ambiental na mineração 375
5.1. Coleta de dados e informações (ou check list inicial) 376
5.2. Quesitos do que se deve solicitar a quem vai valorar 377
5.3. Valoração realizada interna ou externamente ao MP brasileiro 378
5.4. Experiência de valoração de dano ambiental: Resumo Analítico do Estudo de Perdas e Danos de Juruti Velho (PA) 382
6. Controle de riscos para se evitar danos na mineração 393
6.1. Definição do risco 393
6.2. Teorias do risco: cultural e analítica 395
6.3. Gestão de riscos: políticas, diretrizes e normas conforme CGU e TCU 398
6.4. Controle de risco: o risco evitado 403
Referências 412
Apêndices 420
Anexos 477

AUTORES

ALEXANDRA FÁTIMA SARAIVA SOARES (CAPÍTULO II)

Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais. Engenheira Civil e Sanitarista. Bacharel em Direito. Pós-doutora em Direito Público pela *Università degli Studi di Messina*, Itália. Doutora e mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (DESA/UFMG).

ALINE VALÉRIA ARCHANGELO SALVADOR (CAPÍTULO IV)

Promotora de Justiça (MPBA). MSc. em Conservação da Biodiversidade e Sustentabilidade pela Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade (ESCAS).

ANA MARIA MOREIRA MARCHESAN (CAPÍTULO III)

Procuradora de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul. Mestre e doutora pela UFSC.

ANDRÉ HUYER (CAPÍTULO III)

Servidor do MPRS desde 2003. Arquiteto e urbanista, especialista em patrimônio cultural (UFRGS). Mestre e doutor em planejamento urbano e regional (UFRGS).

ANDREA LANNA MENDES NOVAIS (CAPÍTULO III)

Analista do Ministério Público de Minas Gerais desde 2008. Arquiteta urbanista, especialista em Urbanismo (Universidade Fumec), especialista em Revitalização Urbana e Arquitetônica (UFMG).

ANNELISE MONTEIRO STEIGLEDER (CAPÍTULOS I, II, IV, V E VII)

Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul. Mestre em Direito pela UFPR. Doutora em Planejamento Urbano e Regional pelo PROPUR/UFRGS.

EMERSON LUIZ SERVELLO (CAPÍTULO IV)

Analista Ambiental – IBAMA. Engenheiro Florestal.

FERNANDA CRISTINA DE SOUZA (CAPÍTULO III)

Analista no Setor de Meio Ambiente da Central de Apoio Técnico do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, atuando, principalmente, na área de parcelamento do solo e patrimônio cultural desde 2005. Arquiteta e urbanista pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela UFMG.

FLÁVIO FACCIN (CAPÍTULO II)

Engenheiro químico e assessor técnico do Gabinete de Assessoramento Técnico do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul.

GERSON N. BARBOSA (CAPÍTULO VI)

Procurador de Justiça no Ministério Público do Estado de Mato Grosso. Coordenador do Grupo de Atuação Especial Contra o Crime Organizado na área Ambiental – GAECO Ambiental. Possui especialização em Direito Agroambiental e atualmente cursa o mestrado em Direito e Ciência Jurídica, especialidade Ciências Jurídico-Ambientais, pela Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa.

JORGE MADEIRA NOGUEIRA (CAPÍTULO VII)

Professor titular do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (ECO/UnB). Doutor pela *University of London*.

JOSÉ GUILHERME ROQUETTE (CAPÍTULO I, II, IV E VI)

Engenheiro florestal e analista do Ministério Público de Mato Grosso. Especialista em Economia e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso.

JOSÉ MARIA SILVA JUNIOR (CAPÍTULO IV)

Procurador de Justiça de Tocantins. Mestre em Ciências do Ambiente pela Universidade Federal do Tocantins (UFT).

JOYCE CRUZ DI GIOVANNI (CAPÍTULO VII)

Graduada pela Universidade Estadual de Campinas. MBA em Gerenciamento Estratégico de Projetos pela FIAP. Formação em Geoestatística pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Especialista em Análise de Dados pela *Delft University of Technology*.

LUCIANO FURTADO LOUBET (CAPÍTULO I E VII)

Promotor de Justiça no MS. Mestre em Direito Ambiental pela Universidade de Alicante, Espanha. Pós-graduado em Direito Ambiental pela Universidade para o Desenvolvimento da Região do Pantanal (UNIDERP).

LUCIANO NUNES MAIA FREIRE (COORDENAÇÃO E APRESENTAÇÃO)

Conselheiro Nacional do Ministério Público. Presidente da Comissão do Meio Ambiente do CNMP. Presidente da Comissão de Direitos Fundamentais do CNMP. Presidente da Estratégia Nacional de Segurança Pública do CNMP. Presidente da Comissão de Acompanhamento Legislativo e Jurisprudência do CNMP. Presidente da Comissão de Infância e Juventude e Educação do CNMP. Juiz de Direito de Entrância Final do Tribunal de Justiça do Estado do Ceará. Mestre em Ciência Política pela Universidade de Lisboa. Pós-graduado em Direito Processual e Ciência Política pela Universidade de Lisboa.

LUIZ CESAR RIBAS (CAPÍTULO IV)

Engenheiro florestal. Professor assistente doutor da FCA/UNESP, Botucatu/SP.

LUIZ FERNANDO DE SOUZA (CAPÍTULO IV)

Assessor técnico do Gabinete de Assessoramento Técnico (MPRS). Biólogo, MSc e doutor em Ciências Biológicas – Bioquímica (UFRGS).

LUIZ HUMBERTO EDUNDINO RIBEIRO COELHO (CAPÍTULO IV)

Engenheiro civil/ambiental. Assessor técnico pericial – CEAMA/MPBA.

MARCELO DRÜGG BARRETO VIANNA (CAPÍTULO VII)

Professor dr. do MBA de Gerenciamento de Facilidades da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, POLI-USP (Poli-Integra). Ph.D. em Engenharia pela Universidade de Birmingham/Inglaterra. Conselheiro da Comissão Consultiva do Projeto Conexão Água do Ministério Público Federal (MPF).

MARCELO DE OLIVEIRA LIMA (CAPÍTULO VII)

Pesquisador em Saúde Pública da Seção de Meio Ambiente (SEAMB) do Instituto Evandro Chagas (IEC). Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Epidemiologia e Vigilância em Saúde (PPGEVS/IEC).

MARIA BETÂNIA FIGUEIREDO SILVA (CAPÍTULO IV)

Assessora Técnica Pericial – CEAT/MPBA. Bióloga. Mestre em Ecologia e Biomonitoramento (UFBA).

MARIANA HORTELANI CARNESECA LONGO (CAPÍTULO VII)

Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, na Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas (SPRSF) da Área de Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente (CIMA). Bióloga-mestre em Conservação dos Recursos Florestais.

MERI CRISTINA AMARAL GONÇALVES (CAPÍTULO V)

Promotora de Justiça no Estado do Acre. Mestre em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais (UFAC) e em Direito e Desenvolvimento Sustentáveis (UNIPÊ).

NIVALDO CAETANO DA CUNHA (CAPÍTULO VII)

Engenheiro Florestal – UFV. Especialista em Ciências do Ambiente – PUC/MG. Especialista em Botânica – UFLA/MG. Mestre em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável – Dom Helder Câmara/MG. Analista do MPMG.

OSÓRIO THOMAZ (CAPÍTULO VII)

Químico Industrial da Escola Superior de Química Oswaldo Cruz. Bolsista de Pesquisa da *Japan International Cooperation Agency* de 1997. Pesquisador no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo desde 1986, em Análise e Gestão de Riscos Tecnológicos.

PAULA SANTANA DINIZ (CAPÍTULO II)

Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais. Engenheira Química. Mestre em Engenharia Nuclear e especialista em Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais.

RAIMUNDO MORAES (CAPÍTULO VII)

Membro do Ministério Público do Pará. Especialista em Educação Ambiental e em Direito Ambiental e Políticas Públicas (UFPA).

RAQUEL CAROLINE ALVES LACERDA (CAPÍTULO IV)

Analista Ambiental do IBAMA. Engenheira Agrônoma, MSc. Economia – analista ambiental do IBAMA.

REINALDO PIMENTA (CAPÍTULO VII)

Analista da Central de Apoio Técnico (CEAT) do Ministério Público de Minas Gerais (MPMG). Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

ROMANA COÊLHO DE ARAUJO (CAPÍTULO I, III, IV, V E VII)

Assessora econômica 6ª CCR/MPF. Servidora do MPU. Economista. Mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente (UnB). Bacharel em Direito (CEUB).

RONALDO SEROA DA MOTTA (CAPÍTULO VII)

Professor de Economia do programa de pós-graduação em Ciências Econômicas da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Doutor em Economia pela *University College London*.

ROUSYANA GOMES DE ARAÚJO (CAPÍTULO IV)

Bióloga. Assessoria técnica pericial (CEAMA/MPBA).

SANDRA AKEMI SHIMADA KISHI (CAPÍTULO I, III, V E VII)

Procuradora Regional da República PRR3/MPF. Vice-Presidente da Associação Brasileira dos membros do Ministério Público do Meio Ambiente (ABRAMPA). Coordenadora dos Projetos Qualidade da Água e Conexão Água do Ministério Público Federal 4ª CCR/MPF. Bacharel em Direito pela Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo (FADUSP). Mestra em Direito pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

SHEILA CAVALCANTE PITOMBEIRA (CAPÍTULO IV)

Procuradora de Justiça do Ceará. Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Ceará. Professora e pesquisadora da Universidade de Fortaleza.

SIDNEI LUÍS DA CRUZ ZOMER (CAPÍTULO VII)

Analista e servidor do MPU/SPEEA – Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise da Procuradoria-Geral da República/MPF. Geólogo e mestre em Geociências pela UFRGS.

SILVIA CAPELLI (CAPÍTULO III E V)

Procuradora de Justiça do Ministério Público do Rio Grande do Sul. Especialista em ecologia humana pela UNISINOS. Coordenadora da Revista de Direito Ambiental. Diretora da Escola da ABRAMPA.

SORAIA MARRIBA SOARES KNEZ (CAPÍTULO VII)

Assessora Técnica Especializada do Grupo de Apoio Técnico Interdisciplinar (GATI) do Centro de Apoio Operacional (CAO) do Ministério Público do Pará. Bióloga, especialista em Gestão Ambiental. Foi Perita Local – GIZ – *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*.

VICENTE FERNANDO DEL BIANCO GULLI (CAPÍTULO IV)

Engenheiro Agrônomo. Analista Ambiental (IBAMA). Especialista em RAD (UFV).

APRESENTAÇÃO

É com grande honra que apresento o primoroso trabalho sobre a valoração dos danos ambientais organizado pela Comissão do Meio Ambiente (CMA) do Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP). Desde já, registro a minha gratidão, e de toda a equipe da CMA, pela generosidade e pelo empenho dos notáveis membros colaboradores e integrantes do Grupo de Estudos da Valoração do Dano Ambiental, responsáveis pelo desenvolvimento da obra que ora publicamos.

A Comissão do Meio Ambiente (CMA) foi criada pela Resolução CNMP nº 145/2016 e tem como objetivo principal fomentar a atuação dos Órgãos do Ministério Público brasileiro na proteção do Meio Ambiente, preventiva e repressiva, de modo a fortalecer a atuação ambiental e a facilitar a integração e o desenvolvimento da instituição.

Com o intuito de cumprir sua missão, foi criado, no âmbito da CMA, no ano de 2020, o Grupo de Estudos sobre a Valoração dos Danos Ambientais. Para desenvolver os trabalhos do grupo, pudemos contar com a dedicação, o esforço e a capacidade de membros do Ministério Público brasileiro e também de outras instituições, públicas e privadas, com notória especialização na temática da valoração ambiental.

Os estudos tiveram início a partir da demanda dos membros colaboradores da Comissão de Meio Ambiente. O Grupo de Estudos da Valoração do Dano Ambiental teve como escopo levantar os métodos de valoração mais utilizados na atuação ministerial, discutir, estudar, pesquisar e compartilhar formas e estratégias de valoração do dano. Com o apoio de todos os Ministérios Públicos brasileiros, de instituições públicas e privadas de grande importância para a preservação do meio ambiente, como o IBAMA e Universidades e também de técnicos, pesquisadores e doutrinadores, com avançada expertise no assunto, foi possível entregar, como produto deste grandioso trabalho, as diretrizes que ora se apresentam.

O tema da valoração é complexo, mas é também um tema fundamental para garantir a efetividade e a celeridade da atuação finalística do Ministério Público. Foi e é preciso coragem e força de vontade para abordar essa temática delicada e difícil, mas não faltou ânimo no trabalho desenvolvido pelo GE da valoração do CNMP.

A temática da valoração é um grande desafio para o cumprimento do papel do Ministério Público de lutar pela defesa ambiental. Por ser um tema interdisciplinar, e por possuir múltiplos aspectos e elementos interdependentes, foi necessário empreender esforços conjuntos, de diversas áreas técnicas e jurídicas. Destaco o notório e incansável devotamento dos membros do GE, que participaram de dezenas de reuniões e cederam, genuinamente, horas de esforço para escrever as diretrizes. Um trabalho hercúleo, com mais de 500 páginas, digno dos grandes homens e mulheres – devotados à causa ambiental – que compuseram o Grupo de Estudos do CNMP e também dos que utilizarão a obra para melhor cumprir a importante missão de proteção do meio ambiente.

A intenção da publicação é abrir portas, facilitar, disponibilizar e apresentar, com flexibilidade e respeito, à independência funcional dos membros do Ministério Público, meios e caminhos viáveis para valorar o dano ambiental. O público-alvo das diretrizes são os membros e os servidores que atuam na linha de frente e lutam diária e arduamente para cumprir a nobre missão do Ministério Público de defender o ambiente.

Afirmo com convicção que esta obra será um marco para a atuação ambiental do Ministério Público brasileiro. Servirá, assim, como instrumento para cumprir a honrosa e desafiadora função constitucional de lutar pelo direito essencial ao meio ambiente saudável e equilibrado para o presente e para garantir o futuro sustentável da vida digna no planeta.

Boa leitura a todos.

LUCIANO NUNES MAIA FREIRE
Conselheiro Nacional do Ministério Público
Presidente da Comissão do Meio Ambiente

PREFÁCIO

É com grata honra que recebo o privilégio de prefaciar a obra lançada pelo Conselho Nacional do Ministério Público - CNMP, por intermédio da Comissão de Meio Ambiente, criada pela Resolução CNMP nº 145/2016, e sob a coordenação do Conselheiro Luciano Nunes Maia Freire e das Promotoras de Justiça do Ministério Público do Estado de Goiás Tarcila Santos Britto Gomes e Vanessa Goulart Barbosa, intitulado "Diretrizes para Valoração de Danos Ambientais".

Trata-se de uma profícua obra voltada aos estudos dos métodos de valoração do dano ambiental, sobretudo os mais utilizados pelo Ministério Público e por instituições, públicas e privadas, com notória especialização na prática da proteção ambiental.

A presente coletânea de artigos é fruto do trabalho do Grupo de Estudos de Valoração de Danos Ambientais, instituído pela Portaria Interna - Grupo de Estudos nº 01/2020/CMA em 13/10/2020, composto por membros e servidores do Ministério Público Brasileiro e especialistas em Direito Ambiental, provenientes de instituições públicas e privadas e subdivididos nos seguintes subgrupos: subgrupo fauna, subgrupo flora I, subgrupo flora II, subgrupo loteamentos irregulares, subgrupo mineração, subgrupo patrimônio cultural, subgrupo pesca e subgrupo poluição.

Os membros do subgrupo fauna, que adotaram como metodologia de trabalho a revisão dos casos concretos testados pelo Ministério Público, apresentaram um trabalho apto a subsidiar ações voltadas à conservação da fauna silvestre, notadamente àquelas inerentes às situações de apreensões e resgates, sobretudo de espécies apreendidas ainda vivas, de forma a conciliar cada agressão sofrida com uma reparação compatível com o custo de ações reparatórias.

Os membros do subgrupo flora, reunindo conhecimentos afetos não somente ao Direito Ambiental, mas também às ciências biológicas, agrárias, florestais, ambientais, economia, engenharia, dentre outros, discorreram acerca das metodologias praticadas pelos Ministério Público na quantificação econômico-financeira dos danos ambientais irreversíveis causados à flora, sobretudo aqueles advindos da supressão ou queimada de vegetação nativa.

O subgrupo loteamentos irregulares se propôs a avaliar monetariamente os danos ambientais sofridos pelo setor por meio dos seguintes métodos: a) produtividade marginal, b) do custo de reposição, do custo de controle/evitado, c) do custo de oportunidade, d) do custo de viagem, e) do preço hedônico, f) da avaliação contingente, g) do custo ambiental total esperado, h) do CONDEPHAT, i) do DEPRN, j) do valor da compensação pecuniária, k) tabelas de preço de funções ecossistêmicas, l) avaliação emergética e, por fim, m) valor global do dano ao patrimônio cultural.

O subgrupo mineração, por meio de análise dos impactos da atividade em diferentes tipos de mineração, apresenta protocolos de medidas a serem adotadas nas hipóteses de dano ambiental no setor, bem como métodos de controle de riscos, com ênfase na gestão – apresentando normas da CGU, do TCU e da PGR no controle de riscos ambientais e sociais por meio de modelos de bom desempenho pelas governanças corporativas públicas ou privadas voltadas à precaução.

O subgrupo patrimônio cultural, debruçando-se sobre as práticas do Ministério Público na valoração do dano material ao patrimônio cultural não passível de restauração ou compensação in natura *ex situ,* adota como objetivo a descrição dos métodos atualmente aplicados pelas assessorias técnicas do órgão, numa tentativa de conferir certa uniformidade à sua atuação, a par de ampliar o conhecimento e as ferramentas para a tutela do meio ambiente cultural.

E, por fim, o subgrupo poluição, partindo do conceito de ter o dano no setor características pluriofensivas, porquanto atinge o corpo hídrico, a biota, as necessidades humanas sociais, econômicas e culturais, dentre outros, apresenta um trabalho, por eles descrito, como resultado das discussões do grupo sobre os métodos para valoração de danos ambientais decorrentes da poluição. Para tanto, colacionam uma série de experiências oriundas de pareceres e estudos técnicos elaborados para instrumentalizar perícias em inquéritos civis públicos e ações judiciais.

Com essa brevíssima exposição dos pontos nevrálgicos apresentados pelos doutos articuladores de cada um dos subgrupos, prefacio essa notável obra que aborda relevantíssimos pontos da sensível área do Direito Ambiental, seguimento tão caro, não só a toda população brasileira, como à humanidade.

Por certo, esse é o ramo do direito que melhor evidencia um pacto intergeracional em prol da preservação da espécie. Os estudos promovidos em torno do meio ambiente, senão de forma direta, ao menos indireta, dentre todos os outros ramos do direito, são os que melhor apresentam ações concretas empreendidas em prol da vida e do ecossistema. E, a atuação conjunta, sistêmica e concatenada dos membros do Ministério Público estadual e federal, enquanto agentes ativos na representação da coletividade em matéria de direitos transindividuais, é medida de primeira ordem para que ações de prevenção e precaução sejam levadas a efeito e cumpram o mister constitucional de firmar o Direito Ambiental como um direito fundamental de terceira geração, ligado a valores relacionados à solidariedade e à fraternidade.

Se almejamos futuro aos que virão depois de nós, não há dúvida: o constante aperfeiçoamento do Direito Ambiental, enquanto ramo de uma ciência humana aplicada, além de ser medida inafastável das agendas governamentais, exige ações efetivas de órgãos governamentais responsáveis por sua tutela.

Não sendo o caso de postergar o contato do leitor com o conteúdo da obra, encerro com o desejo de que o maior número de estudiosos/pesquisadores do tema tenham contato com tão primoroso estudo. E, a partir dele, empreendam novos esforços no sentido de dar continuidade aos inesgotáveis desafios do fantástico mundo da pesquisa e da produção intelectual na esfera do Direito, sobretudo em um tema tão sensível como são as pesquisas envoltas do tema “diretrizes para valoração de danos ambientais” e instrumentos legislativos aptos a conferirem efetividade a uma área tão cara à preservação de todas as formas de vida no planeta.

Brasília, setembro de 2021.

MAURO LUIZ CAMPBELL MARQUES
Ministro do Superior Tribunal de Justiça

DOCUMENTOS DO MINISTÉRIO PÚBLICO BRASILEIRO SOBRE VALORAÇÃO DO DANO AMBIENTAL

O **Ministério Público do Estado de Minas Gerais** lançou, em 2011, a Revista MPMG Jurídico, edição especial Meio Ambiente, com o tema *A Valoração de Serviços e Danos Ambientais*, trazendo artigos de pesquisadores e professores de diversas instituições sobre valoração de danos ambientais. Já em 2020, o MPMG editou uma Coletânea da Central de Apoio Técnico (CEAT) sobre *Valoração Econômica de Danos Ambientais*, em que traz métodos de valoração econômica, métodos da função da produção, métodos da função da demanda, métodos normatizados, valoração monetária dos serviços ecossistêmicos – emergia – e traz estudos de casos de valoração de danos ambientais à fauna –meio biótico.

Também em 2011, o **Ministério Público do Estado de São Paulo** instituiu um Grupo de Trabalho, por meio do Ato PGJ/MPSP nº 36/2011, diante da necessidade de aprofundamento das discussões visando à fixação de diretrizes e sugestões de metodologias de valoração do dano ambiental, para análise e fixação de premissas relativas à valoração do dano ambiental, que produziu um *Relatório Final das Atividades do Grupo de Trabalho*. Também foi instituído um Grupo de Trabalho de Valoração do Dano Ambiental, pelo Ato PGJ/MPSP nº 45/2012, que, em 2014, elaborou o *Relatório Final do Grupo de Trabalho de Valoração do Dano Ambiental*, trazendo propostas de métodos para valorar petróleo ao mar, esgoto em curso d'água, supressão de vegetação, retirada de organismo de habitat, mineração, áreas contaminadas e patrimônio cultural e urbanismo. Em 2018, foi produzido o *Relatório Final – Método de Valoração de danos à Avifauna*.

Ainda em 2011, o **Ministério Público do Estado de Santa Catarina** editou a *Nota Técnica nº 01/11*, definindo diretrizes para o estabelecimento de medidas destinadas à reparação ou à compensação do dano ambiental, no intuito de orientar os promotores de Justiça quanto às medidas a serem adotadas em sede de Termos de Compromisso de Ajustamento de Condutas em razão da prática de dano ambiental. Por sua vez, o Conselho Superior do MPSC editou o *Assento nº 001/2013/CSMP*, em que estabeleceu critérios para a estipulação de medidas compensatórias e multas por descumprimento de cláusulas em compromisso de ajustamento de conduta firmados pelo MPSC, especialmente para reparação do dano ambiental.

No mesmo ano, o **Ministério Público Federal** publicou o manual *Valoração Econômica do Dano Ambiental em Inquérito Civil Público*, da Analista Pericial Romana Coêlho de Araujo, resultado de um estudo que teve como objetivo a análise de procedimentos para a aplicação de métodos de valoração econômica do dano ambiental como instrumentos auxiliares em decisões judiciais e contribuiu para o debate sobre a interface economia e direito.

Em 2014, o **Ministério Público Federal**, por meio da 4ª Câmara de Coordenação e Revisão, também publicou o manual *Valoração de Danos em Matéria de Meio Ambiente e Patrimônio Cultural: roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal*, no qual são sugeridas atividades técnicas multidisciplinares mínimas recomendáveis para execução ainda na fase de inquérito, agrupadas sob a forma de roteiros para a instrução, em consonância com a literatura pertinente e a prática do corpo pericial, e abarcando as ocorrências e os danos considerados mais comuns sobre o ambiente físico-biológico e sobre o patrimônio cultural.

O **Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul** editou, em 2018, uma *Nota Técnica contendo orientações para valoração de dano ambiental em procedimentos*, que, além de contar com uma parte jurídica, ainda traz orientações gerais sobre a coleta de elementos para a melhor valoração e sugere métodos para fauna, desmatamento, erosão de solo, pesca, construções irregulares, supressão de vegetação nativa, carvão nativo, transporte, comercialização e armazenamento de madeira nativa etc.

Em 2019, o **Ministério Público do Rio de Janeiro** produziu a *Diretriz Técnica nº 01/2019*, que tem por objetivo principal uniformizar o conceito de dano ambiental adotado para fins de atuação técnica do Grupo de Apoio Técnico (GATE) do MPRJ, bem como a *Informação Técnica nº 410/2020, de 27 de abril de 2020*, na qual aponta as principais metodologias de valoração econômica de danos ambientais utilizadas pelo GATE, ressaltando que a escolha de um método envolve a análise não só da sua adequação teórica ao caso concreto, como também da viabilidade técnica de sua aplicação, em especial decorrente da disponibilidade de informações. A informação técnica sugere métodos de valoração para construções irregulares, contaminação por resíduos sólidos, destruição do patrimônio histórico, extração mineral com cava, loteamentos irregulares, poluição atmosférica de fontes estacionárias, supressão de vegetação, vazamento de óleo e outras substâncias químicas etc.

Ainda em 2019, o **Ministério Público do Estado de Goiás** editou a *Nota Técnica nº 01/2019-UTPA/CAPTEP*, em que recomendou o uso de alguns métodos de valoração de danos ambientais para supressão irregular de vegetação e perda de serviços ecossistêmicos. Também criou, em 2018, uma calculadora de valoração do dano ambiental, uma ferramenta que tem como objetivo padronizar e facilitar os cálculos relativos a danos ambientais diversos, principalmente quando da supressão irregular e/ou ilegal de vegetação, tendo elaborado ainda o *Manual de Uso da Calculadora de Valoração Ambiental*.

Em 2020, o **Ministério Público do Estado do Espírito Santo** elaborou o material *Valoração Ambiental de Supressão Vegetal: Guia Prático*, adotando a metodologia DAI-CATE (Danos Ambientais Irreversíveis – Custos Ambientais Totais Esperados), para danos intermitentes, e apresentou etapas práticas da valoração de supressão vegetal.

O **Ministério Público do Estado de Mato Grosso** possui uma página eletrônica sobre valoração do dano ambiental[1], na qual apresenta orientações técnicas para fundamentar a atuação ministerial na valoração dos danos ambientais, inclusive com calculadoras para o cálculo dos valores, divididas nos seguintes itens: 1. Desflorestamentos irregulares; 2. Inexistência de reserva legal; 3. Construção em área de preservação permanente; 4. Madeira nativa serrada; 5. Produção ilegal de carvão vegetal; 6. Fauna silvestre; 7. Arborização urbana; 8. Depósito irregular de resíduos sólidos; 9. Soterramento de vegetação; 10. Movimentação da terra; 11. Degradação de áreas úmidas; e 12. Danos aos recursos pesqueiros. Também estão disponíveis as publicações *Valoração do Dano Ambiental: Casos Aplicados ao Estado de Mato Grosso* e o *Dicionário de Termos e Expressões Técnicas para Desflorestamentos Irregulares*.

1 Disponível em: <https://pjedaou.mpmt.mp.br/valoracao-do-dano-ambiental>.

GRUPO DE ESTUDOS DE VALORAÇÃO DO DANO AMBIENTAL (Portaria Interna-Grupo de Estudos nº 01/2020/CMA, de 13 de outubro de 2020).

COORDENAÇÃO ACADÊMICA

Luciano Furtado Loubet – Promotor de Justiça do Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul.

SUBGRUPO FAUNA

Meri Cristina Amaral Gonçalves, Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado do Acre - Coordenadora.

Annelise Monteiro Steigleder, Promotora de Justiça no Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Sandra Kishi, Procuradora Regional da República no Estado de São Paulo;

Silvia Cappelli, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Ana Paula Felício, Zootecnista, coordenadora da unidade de fauna/fiscal ambiental do Ministério Público do Estado de Mato Grosso;

Bruna de Almeida, Bióloga do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Cláudia Lage Michalaros, Bióloga, CEAT-MA, Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Gláucia Helena Fernandes Seixas, Zootecnista com mestrado e doutorado em Ecologia e Conservação da Natureza;

Iria de Souza Pinto, Técnica da COREC/IBAMA - DF;

Juliana Pierobom Lopez, Técnica da SUPES/IBAMA-SP;

Luiz Fernando Souza, Assessor do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Maria Isabel Miranda, Bióloga do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Rafael Vieira Nunes, Biólogo e Assistente Ministerial Ministério Público do Estado de Mato Grosso;

Romana Coêlho de Araujo, Economista - Assessora Econômica da 6ª Câmara de Coordenação e Revisão;

Thais Catalani, Auditora Fiscal de Meio Ambiente SEMADUR.

SUBGRUPO FLORA I

Aline Valéria Archangelo Salvador, Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado da Bahia - Coordenadora.

Alexandre Gaio, Promotor de Justiça do Ministério Público do Estado do Paraná;

José Maria da Silva Junior, Procurador de Justiça do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Raniere da Silva Dantas, Promotor de Justiça do Ministério Público do Estado da Paraíba;

Sandra Kishi, Procuradora Regional da República no Estado de São Paulo;

Sheila Cavalcante Pitombeira, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Ceará;

Silvia Cappelli, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Ananda Rodrigues Oliveira, Chefe do Núcleo de Geotecnologias do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Emerson Luiz Servello, Técnico da COREC/IBAMA -DF;

Farley Leles Froes Medeiros - Eng. Agrônomo, Analista do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Fernando Bertol Carpanezzi - Biólogo, Agente Técnico do Ministério Público do Estado do Espírito Santo;

Hanne Nippes Bragança Guedes, Agente Técnico do Ministério Público do Estado do Espírito Santo;

Henrique Augusto Schuck, Técnico do Ministério Público do Estado do Mato Grosso;

Ícaro Ramalho Dionísio, Servidor do Ministério Público do Estado do Espírito Santo;

Isabella Madruga da Cunha, Assessora Jurídica do Ministério Público do Estado do Paraná;

José do Carmo Lotufo Manzano, Engenheiro Ambiental do Ministério Público do Estado do Tocantins;

José Guilherme Roquette, Analista do Ministério Público do Estado do Mato Grosso;

Luiz Cesar Ribas, Professor da UNESP, Engenheiro florestal, mestre em Engenharia Florestal, doutor em Engenharia. Autor do método CATE-DAI, adotado para avaliação monetária dos danos ambientais;

Luiz Fernando Souza, Assessor do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Márcio Augusto da Silva, Servidor do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Marinês Honda, Analista/bióloga do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Nivaldo Caetano da Cunha, Engenheiro Florestal do Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Poliana Carolina Marquesini, Analista/Engenharia Florestal do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Raquel Caroline Alves Lacerda, Técnica da COREC/IBAMA – DF;

Romana Coêlho de Araujo, Economista - Assessora Econômica da 6ª Câmara de Coordenação e Revisão;

Roni Berto Medina Espindola, Assessor do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Vicente Fernando Del Bianco Gulli, Técnico da COREC/IBAMA-DF;

Wagner de Moura Francisco, Analista Pericial do Ministério Público do Estado do Acre;

Yalmo Correia Junior, Técnico da COREC/IBAMA -DF.

SUBGRUPO FLORA II

Meri Cristina Amaral Gonçalves, Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado do Acre - Coordenadora.

Aline Valéria Archangelo Salvador, Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado da Bahia;

Sandra Kishi, Procuradora Regional da República no Estado de São Paulo;

Sheila Cavalcante Pitombeira, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Ceará;

Silvia Cappelli, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Ananda Rodrigues Oliveira, Chefe do Núcleo de Geotecnologias do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Augusto Cesar da Costa Castilho, Técnico da SUPES/IBAMA -MT;

Henrique Augusto Schuck, Técnico do Ministério Público do Estado do Mato Grosso;

José Guilherme Roquette, Analista do Ministério Público do Estado do Mato Grosso;

Luiz Cesar Ribas, Professor da UNESP, Engenheiro florestal, mestre em Engenharia Florestal, doutor em Engenharia. Autor do método CATE-DAI, adotado para avaliação monetária dos danos ambientais;

Luiz Fernando Souza, Assessor do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Romana Coêlho de Araujo, Economista - Assessora Econômica da 6ª Câmara de Coordenação e Revisão;

Roni Berto Medina Espindola, Assessor do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Wagner de Moura Francisco, Analista Pericial do Ministério Público do Estado do Acre.

SUBGRUPO LOTEAMENTOS IRREGULARES

Gerson Natalício Barbosa, Procurador de Justiça do Ministério Público do Estado do Mato Grosso - Coordenador.

Aline Valéria Archangelo Salvador, Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado da Bahia;

Annelise Monteiro Steigleder, Promotora de Justiça no Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Paulo Jose Leite Faria, Promotor de Justiça do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios;

Sandra Kishi, Procuradora Regional da República no Estado de São Paulo;

Sheila Cavalcante Pitombeira, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Ceará;

Silvia Cappelli, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Anderson Teodoro, Técnico do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Breno Oliveira Freire, Engenheiro Ambiental Ministério Público do Distrito Federal e Territórios;

Bruno Esteves Távora, Engenheiro Ambiental do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios;

Caio Marcelo Sampaio Rodrigues, Técnico do Ministério Público do Estado da Paraíba;

Edvaldo José de Oliveira, Analista Geólogo do Ministério Público do Estado de Mato Grosso;

Elaine Maria da Silva Basso Chiesa, Arquiteta do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Guilherme Thomé de Carvalho, Técnico do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios;

José Guilherme Roquette, Analista do Ministério Público do Estado do Mato Grosso;

Luiz Cesar Ribas, Professor da UNESP, Engenheiro florestal, mestre em Engenharia Florestal, doutor em Engenharia. Autor do método CATE-DAI, adotado para avaliação monetária dos danos ambientais;

Luiz Fernando Souza, Assessor do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Luiz Henrique E. R. Coelho, Servidor do Ministério Público do Estado da Bahia;

Márcio Frangipani, Engenheiro Sanitarista do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Marcos Antonio Oster, Engenheiro Ambiental do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Mateus Rollemberg Santim, Servidor do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios;

Renato Egert, Engenheiro Agrônomo do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios;

Newton Alexandre Marques Correa, Engenheiro Florestal do Ministério Público do Distrito Federal e Territórios;

Romana Coêlho de Araujo, Economista - Assessora Econômica da 6ª Câmara de Coordenação e Revisão.

SUBGRUPO MINERAÇÃO

Sandra Akemi Shimada Kishi, Procuradora Regional da República no Estado de São Paulo - Coordenadora.

Ana Carolina Haliuc Bragança, Procuradora da República no Estado do Amazonas;

Eduardo Henrique de Almeida Aguiar, Procurador da República no Estado de Minas Gerais;

Gustavo Kenner Alcântara, Procurador da República no Município de Santarém, Pará;

Hosana Regina Andrade de Freitas, Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Paulo de Tarso Moreira Oliveira, Procurador da República no Município de Itaituba/Pará;

Raimundo de Jesus Coelho de Moraes, Promotor de Justiça do Ministério Público do Estado do Pará;

Silvia Cappelli, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul.

Edvaldo José de Oliveira, Analista Geólogo do Ministério Público do Estado de Mato Grosso;

Isaac Anderson Oliveira de Almeida, Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise do Ministério Público Federal – PGR/SPPEA;

José Orlando Sena do Rosário, Engenheiro Químico do Ministério Público do Estado do Pará;

Jorge Madeira Nogueira, Professor Titular do Departamento de Economia da UnB (ECO/UnB);

Luiz Lobato Forgiarini, Geólogo do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Marcos Jorgino Blanco, Engenheiro Civil, Pesquisador sênior do IPT- Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo;

Marcelo de Oliveira Lima, pesquisador em saúde pública e chefe do Núcleo Ensino e Pós-Graduação do Instituto Evandro Chagas;

Marcelo Drügg Barreto Vianna, Engenheiro Civil e Conselheiro do Projeto Conexão Água do MPF;

Nivaldo Caetano da Cunha, Engenheiro Florestal do Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Paulo Brito Moreira de Azevedo, Economista, Pesquisador II do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo;

Reinaldo Paulino Pimenta, Engenharia de Minas do Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Ricardo Carvalho de Andrade Lima, Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise do Ministério Público Federal – PGR/SPPEA;

Romana Coêlho de Araujo, Economista - Assessora Econômica da 6ª Câmara de Coordenação e Revisão;

Ronaldo Serôa da Motta, Doutor Economia, Professor de Economia do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais da UERJ - Universidade do Estado do Rio de Janeiro;

Soraia Mar1riba Soares Knez, Bióloga - Assessora Técnica Especializada do Ministério Público do Estado do Pará;

Vítor Avila Barsotti, Analista/Geólogo do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul.

SUBGRUPO PATRIMÔNIO CULTURAL

Silvia Cappelli, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul - Coordenadora.

Sandra Kishi, Procuradora Regional da República no Estado de São Paulo;

André Huyer, Arquiteto do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Andréa Lanna Mendes Novais, Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Daniela Batista Lima Barbosa, Arquiteta Urbanista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Fernanda Cristina de Souza Paz, Arquiteta Urbanista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Romana Coêlho de Araujo, Economista - Assessora Econômica da 6ª Câmara de Coordenação e Revisão.

SUBGRUPO PESCA

Annelise Monteiro Steigleder, Promotora de Justiça no Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul - Coordenadora.

Aline Valéria Archangelo Salvador, Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado da Bahia;

Sandra Kishi, Procuradora Regional da República no Estado de São Paulo;

Silvia Cappelli, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Anderson Teodoro, Técnico do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Luciene Ramos do Canto, Técnica do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Marcel Medinas de Campos, Assistente Ministerial do Ministério Público do Estado de Mato Grosso – Engenheiro Sanitarista e Ambiental – mestre em Recursos Hídricos;

Paulo Maués da Costa Filho, Técnico da SUPES/IBAMA-SC;

Rafael Cavaretto, Biólogo do Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul;

Rafael Vieira Nunes, Biólogo e Assistente Ministerial Ministério Público do Estado de Mato Grosso;

Romana Coêlho de Araujo, Economista - Assessora Econômica da 6ª Câmara de Coordenação e Revisão.

SUBGRUPO POLUIÇÃO

Annelise Monteiro Steigleder, Promotora de Justiça no Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul - Coordenadora.

Cristina Seixas Graça, Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado da Bahia;

Daniel Martini, Promotor de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

Gerson Natalício Barbosa, Promotor de Justiça do Ministério Público do Estado do Mato Grosso;

Luciano Furtado Loubet, Promotor de Justiça do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Sandra Kishi, Procuradora Regional da República no Estado de São Paulo;

Sheila Cavalcante Pitombeira, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Ceará;

Silvia Cappelli, Procuradora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul.

Alexandra Fátima Saraiva Soares, Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais com especialidade engenharia sanitária;

Anderson Teodoro, Técnico do Ministério Público do Estado do Mato Grosso do Sul;

Bruna de Almeida, Bióloga do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Dalvany Alves de Sousa Lima, Engenheira Ambiental do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Edvaldo José de Oliveira, Analista Geólogo do Ministério Público do Estado de Mato Grosso;

Elaine Maria da Silva Basso Chiesa, Arquiteta do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Flavio Faccin, Engenheiro Químico do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul;

José Guilherme Roquette, Analista do Ministério Público do Estado do Mato Grosso;

Luiz Cesar Ribas, Professor da UNESP, Engenheiro florestal, mestre em Engenharia Florestal, doutor em Engenharia. Autor do método CATE-DAI, adotado para avaliação monetária dos danos ambientais;

Marcel Medinas de Campos, Assistente Ministerial do Ministério Público do Estado de Mato Grosso – Engenheiro Sanitarista e Ambiental – mestre em Recursos Hídricos;

Marcos Antonio Oster, Engenheiro Ambiental do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Maria Isabel Miranda, Bióloga do Ministério Público do Estado do Tocantins;

Paula Santana Diniz, Engenharia Química do Ministério Público do Estado de Minas Gerais;

Romana Coêlho de Araujo, Economista - Assessora Econômica da 6ª Câmara de Coordenação e Revisão.

COLABORADORES NÃO CONSTANTES NA PORTARIA

Marcos Paulo Souza Miranda – Promotor de Justiça em Minas Gerais (Patrimônio Cultural)

Eliane Moreira – Promotora de Justiça-PA (Patrimônio Cultural)

Elaine Christina Oliveira do Carmo – Bióloga. Mestre em Ecologia. Analista Ambiental do IBAMA (Subgrupo Fauna)

Joseline de Oliveira Guimarães Cancian – Bióloga. Especialista em Administração e Manejo de Unidade de Conservação (Fauna)

Dermeval Ribeiro Vianna Filho – Procurador da República, na PRM-Criciuma/SC (Mineração)

Ítalo Lopes Borges – Analista do MPU. Perito em biologia do SPEEA/PGR/MPF – Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise da Procuradoria Geral da República (Mineração)

Tiago Luís Costa e Silva – Assessor do MPU. Perito em meio ambiente do SPEEA – Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise da Procuradoria Geral da República (Mineração)

Margareth Silvia Benício de Souza Carvalho – Mestre em Agronomia. Gerente de Estudos e Pesquisa em meio Ambiente da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME (Flora)

Ubiratan Cazetta - Procurador Regional da República, mestre em Direitos Humanos pela UFPA; e Lílian Regina Furtado Braga - 13° Promotora de Justiça em Santarém, Mestranda do Programa de Sociologia e Direito da Universidade Federal.

CAPÍTULO I

DIRETRIZES GERAIS PARA A VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS

Annelise Monteiro Steigleder[1]
Sandra Kishi[2]
Luciano Furtado Loubet[3]
Romana Coêlho de Arajo[4]
José Guilherme Roquette[5]

1. Introdução

1.1. O dano ambiental e sua reparação

1.2. Conceito de Dano Ambiental

1.3. Formas de reparação do dano ambiental

2. A reparação do dano ambiental no âmbito criminal

2.1. Procedimentos para a valoração de danos ambientais

2.2. A importância do diagnóstico da degradação

2.3. A Transferência de Valores

3. Análise de Equivalência entre Habitats e Recursos

3.1. Síntese dos métodos para valoração econômica de danos ambientais materiais

3.2. Abordagens teóricas a respeito da Valoração Econômica dos Recursos Ambientais (VERA)

3.2.1. Os métodos da NBR 14653-6 da ABNT

3.2.2. Métodos diretos. A) Método da produtividade marginal. B) Método de mercado de bens substitutos. C) Método dos preços hedônicos. D) Método do Custo de Viagem. E) Avaliação contingente

3.2.3. Métodos indiretos. A) Custo de reposição/ recuperação do bem. B) Custos de Relocalização. C) Custos de controle evitados. D) Custo de Oportunidade da conservação

4. Outras abordagens metodológicas para valoração de danos ambientais. A) Método Função Dose-Resposta. B) Método CONDEPHAAT. C) Método do custo ambiental total esperado (CATE). D) Método do Valor da Compensação Pecuniária (VCP). E) Tabelas de preço de funções ecossistêmicas. F) Método Emergético

5. Considerações Finais

Referências bibliográficas

1 Promotora de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul. Mestre em Direito pela Universidade Federal do Paraná. Doutora em Planejamento Urbano e Regional PROPUR/UFRGS.

2 Procuradora da República. Procuradora Regional da República, Mestra em Direito na UNIMEP (Univ. Metodista de Piracicaba) e Vice-presidente da ABRAMPA

3 Promotor de Justiça do Estado do Mato Grosso do Sul. Mestre e Doutorando pela Universidade de Alicante – Espanha.

4 Assessora econômica 6ª CCR/MPF. Servidora do MPU. Economista. Mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente (UnB). Bacharel em Direito (CEUB).

5 Engenheiro Florestal e Analista do Ministério Público do Mato Grosso. Especialista em Economia e Meio Ambiente pelo Departamento de Economia e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

1. INTRODUÇÃO

As diretrizes apresentadas neste trabalho decorrem dos esforços da Comissão de Meio Ambiente do Conselho Nacional do Ministério Público[6] e tem por finalidade apresentar uma síntese do estágio atual dos métodos adotados pelo Ministério Público brasileiro e outros órgãos públicos para a valoração dos danos ambientais materiais, com vistas ao estabelecimento de medidas compensatórias e de indenizações por danos irreversíveis, na sua totalidade ou no que se refere a específicos elementos e serviços ecossistêmicos que existiam antes da ocorrência do dano[7].

A temática da valoração econômica do dano ambiental é um grande desafio, uma vez que traz discussões filosóficas, acadêmicas e práticas sobre a precificação dos componentes do meio ambiente e dos atributos da qualidade de vida que são, na maioria das vezes, inestimáveis por não estarem inseridos em um mercado. No entanto, apesar das dificuldades, o assunto precisa ser enfrentado porque a efetividade do direito fundamental ao ambiente ecologicamente equilibrado exige uma solução para a reparação de danos materiais que não possam ser objeto de uma restauração ou recuperação específica.

Assim, justifica-se o presente trabalho pela percepção da necessidade de aproximação entre as áreas técnica e jurídica, permitindo, com isso, uma melhor compreensão dos métodos disponíveis no âmbito da Economia do Ambiente e da Economia Ecológica para valoração econômica dos danos, no contexto da exigência de reparação do dano, presente tanto no âmbito da responsabilidade civil ambiental, prevista no art. 14 da Lei Federal nº 6938/81 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente), como no âmbito do direito penal ambiental, por conta do disposto nos arts. 19 e 20 da Lei nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais e Infrações Administrativas).

Não se pretende com este documento normatizar os métodos de valoração econômica dos danos ambientais, mas, apresentar diretrizes gerais para a atuação em casos práticos que exijam a valoração de danos aos componentes do meio ambiente e do patrimônio cultural e, em especial, para a orientação das equipes técnicas a respeito dos métodos de valoração e de suas possibilidades de aplicação.

Reconhece-se que, à falta de uma legislação que incorpore métodos específicos de valoração econômica de recursos ambientais, o arbitramento do valor do dano ambiental material seguirá representando uma possibilidade pragmática, adotada tanto pelos membros do Ministério Público, quando da firmatura de Termos de Ajustamento de Conduta, como pelos juízes, no momento da prolação da sentença, com amparo em princípios jurídicos da proporcionalidade e da razoabilidade. Além disso, o arbitramento é a solução para a definição de indenização por dano moral coletivo, em decorrência do conteúdo jurídico deste dano, que expressa um juízo de reprovação social pela lesão a valores imateriais associados aos bens ambientais e à qualidade de vida.

Porém, a Economia do Ambiente e a Economia Ecológica oferecem alternativas consistentes ao arbitramento, que têm a vantagem de reduzir a subjetividade das

6 A respeito, ver: https://www.cnmp.mp.br/portal/todas-as-noticias/13333-comissao-do-meio-ambiente-do-cnmp-discute-valoracao-do-dano-ambiental, acesso em 04 mai. 2021.

7 Neste sentido, colacionam-se Ministério Público do Mato Grosso do Sul. *Nota Técnica*: Orientações para Valoração de Dano Ambiental em procedimentos do Ministério Público de Mato Grosso do Sul, março de 2018; Ministério Público do Mato Grosso. *Valoração do Dano Ambiental*. Disponível em https://pjedaou.mpmt.mp.br/valoracao-do-dano-ambiental/ , acesso em 16 fev. 2021; Ministério Público Federal. 4ª. Câmara de Coordenação e Revisão. *Valoração de Danos em matéria de meio ambiente e de patrimônio cultural*. Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal. Disponível em http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-cr/copy2_of_14_006_dia_mundial_do_meio_ambiente_2_Livreto_ONLINE_CCR4_101.pdf , acesso em 16 fev. 2021; Ministério Público de São Paulo. *Relatório final do Grupo de Trabalho de Valoração do Dano Ambiental*. ATO PGJ 45/2012) 27/09/2012 a 14/09/2014. Parte do texto destas Diretrizes foi retirada destes documentos mencionados, com a devida autorização dos autores.

decisões individuais e de permitir a generalização de critérios para casos semelhantes, o que contribui para a função de desestímulo que deve ser concretizada pela tríplice responsabilização ambiental.

2. O DANO AMBIENTAL E SUA REPARAÇÃO

A valoração econômica de danos materiais insere-se no amplo contexto da reparação de danos ambientais, principal objetivo da responsabilidade civil a que se refere o art. 225, caput, e §3º, da Constituição Federal de 1988, e o art. 14, §1º, da Lei Federal nº 6938/81 (Política Nacional do Meio Ambiente). Não obstante, por força dos arts. 19[8] e 20[9] da Lei nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais e Infrações Administrativas), que, respectivamente, exigem a valoração do dano para cálculo de multa e de fiança e para que o juiz, na sentença penal condenatória, estabeleça o valor mínimo devido pela vítima ou pelo meio ambiente, a valoração do dano ambiental também é necessária no âmbito da responsabilidade penal.

Este trabalho parte do pressuposto, assente na jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça e na doutrina, de que a responsabilidade civil ambiental é regida pelo **princípio da reparação integral do dano**, demandando que sejam efetuados esforços para a restauração/recuperação da área degradada como a primeira opção que se apresenta no sistema jurídico (STEIGLEDER, 2017; SENDIM, 1998; MELO, 2008; LEITE, 2000), cumulativamente com a compensação ecológica pelos danos não suscetíveis de reparação *in situ* e com a indenização pelas parcelas irreversíveis do dano (danos residuais e interinos[10]). Nesse sentido, colaciona-se o seguinte precedente, de relatoria do Min. Herman Benjamin:

> PROCESSUAL CIVIL. AÇÃO CIVIL PÚBLICA. DANO AMBIENTAL. POSSIBILIDADE DE CUMULAÇÃO DE OBRIGAÇÃO DE FAZER (REPARAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA) E DE PAGAR QUANTIA CERTA (INDENIZAÇÃO).
>
> 1. A jurisprudência do STJ está firmada no sentido de que a necessidade de reparação integral da lesão causada ao meio ambiente permite a cumulação de obrigações de fazer e indenizar;
>
> 2. Com efeito, a cumulação de obrigação de fazer, não fazer e pagar não configura bis in idem, porquanto a indenização não é para o dano especificamente já reparado, mas para os seus efeitos remanescentes, reflexos ou transitórios, com destaque para a privação temporária da fruição do bem de uso comum do povo, até sua efetiva e completa recomposição, assim como o retorno ao patrimônio público dos benefícios econômicos ilegalmente auferidos;
>
> 3. Agravo Interno não provido[11].

Assim, confirmada a responsabilidade pela prática de um dano ambiental, impõe-se a sua reparação integral, que deve ser a mais abrangente possível de acordo com o grau de desenvolvimento da ciência e da técnica, levando-se em conta os fatores da singularidade dos bens ambientais atingidos, da impossibilidade de se quantificar o preço da vida, e, sobretudo, que a responsabilidade ambiental deve ter um sentido

8 Art. 19. A perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa.
Parágrafo único. A perícia produzida no inquérito civil ou no juízo cível poderá ser aproveitada no processo penal, instaurando-se o contraditório.

9 Art. 20. A sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente.
Parágrafo único. Transitada em julgado a sentença condenatória, a execução poderá efetuar-se pelo valor fixado nos termos do *caput*, sem prejuízo da liquidação para apuração do dano efetivamente sofrido.

10 Sobre o cabimento de danos ambientais interinos, ver: Superior Tribunal de Justiça, AREsp 1677537/RS, Rel. Min. Francisco Falvão, 2ª. Turma, j. em 27 out. 2020.

11 Superior Tribunal de Justiça, AgInt no REsp 1770219/MG, Rel. Min. Herman Benjamin, 2ª. Turma, j. em 23 mai. 2019.

pedagógico e dissuasório tanto para o poluidor como para a própria sociedade, de forma que todos possam aprender a respeitar o meio ambiente (STEIGLEDER, 2011).

Nestas Diretrizes, o enfoque é a valoração econômica para a finalidade de se definirem compensações ecológicas proporcionais ao dano causado e para cálculo da indenização pecuniária, que se apresenta como uma alternativa sempre subsidiária à restauração e à recuperação. Para melhor compreensão destes aspectos, passa-se a apresentar o conceito de dano ambiental e as formas de reparação contempladas no sistema jurídico brasileiro.

2.1. Conceito de Dano Ambiental

Para a melhor compreensão das abordagens metodológicas propostas nos capítulos subsequentes, cumpre, incialmente, especificar o que se entende por dano ambiental, que é definido por Leite (2000, p. 100):

> "como toda degradação do meio ambiente, incluindo os aspectos naturais, culturais e artificiais que permitem e condicionam a vida, visto como bem unitário imaterial coletivo e indivisível, e dos bens ambientais e seus elementos corpóreos e incorpóreos específicos que o compõem, caracterizadora da violação do direito difuso e fundamental de todos à sadia qualidade de vida em um ambiente são e ecologicamente equilibrado."

O dano ambiental é multidimensional e ostenta um caráter evolutivo, que absorve as demandas oriundas da realidade fática. Desde o advento da Lei Federal nº 6938/81 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente), cujo art. 3º, incisos II e III, apresentaram, respectivamente, os conceitos de **degradação** e de **poluição**, novas facetas da lesividade ambiental foram explicitadas pela legislação, pela doutrina e pela jurisprudência, a partir do reconhecimento de que há valores associados aos bens ambientais e culturais, que são atingidos quando da ocorrência de impactos negativos intoleráveis.

Nesse sentido, merece referência o Decreto Federal nº 4339/2002, que regulamenta a Política Nacional da Biodiversidade e que prevê, em seu Anexo, que:

> "2. A Política Nacional da Biodiversidade reger-se-á pelos seguintes princípios: (...)
>
> XIV – o valor de uso da biodiversidade é determinado pelos valores culturais e inclui valor de uso direto e indireto, de opção de uso futuro e, ainda, valor intrínseco, incluindo os valores ecológicos, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético".

Esta norma confere suporte jurídico para a valoração econômica dos danos e para suas múltiplas facetas, porquanto o esforço da valoração consiste em expressar, em termos pecuniários, a lesão aos valores de uso direto e indireto, de opção de uso futuro e, ainda, o valor intrínseco. Estas dimensões constam da fórmula VERA (Valor Econômico do Recurso Ambiental), adotada apela NBR 14.653-6, da ABNT, que consiste no "somatório de valores de uso e de existência (não uso) de um recurso ambiental".

Os **serviços ecossistêmicos** são uma expressão do valor ecológico do meio ambiente e podem ser atingidos pelas diversas formas de poluição e de degradação. São definidos pelo art. 2º, inciso II, da Lei Federal nº 14.119/2021, que instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais, como "os benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais".

O dano ambiental pode atingir diversos benefícios que eram prestados pelo ecossistema lesado e que demandam identificação com vistas à subsequente

reparação na forma específica e/ou mediante compensação e indenização. Os serviços ecossistêmicos reconhecidos pela Lei nº 14.119/2021, em seu art. 2º, inciso II, são os seguintes:

> a) **serviços de provisão**: os que fornecem bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros;
>
> b) **serviços de suporte:** os que mantêm a perenidade da vida na Terra, tais como a ciclagem de nutrientes, a decomposição de resíduos, a produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético;
>
> c) **serviços de regulação:** os que concorrem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas;
>
> d) **serviços culturais**: os que constituem benefícios não materiais providos pelos ecossistemas, por meio da recreação, do turismo, da identidade cultural, de experiências espirituais e estéticas e do desenvolvimento intelectual, entre outros;

Um desmatamento, por exemplo, pode implicar a perda ou a diminuição dos benefícios ecossistêmicos associados à prestação de serviços de provisão (redução dos níveis de produtos e subprodutos florestais), de suporte (prejuízos à ciclagem de nutrientes, redução de abrigo para fauna, eliminação da dispersão de frutos e sementes etc.) e de regulação (redução de sumidouros de gases do efeito estufa, alteração do balanço de energia na Terra, causando um **dano climático**, entre e outros), sem prejuízo de também configurar, a depender do caso concreto, lesão a serviços culturais (como no caso de desmatamentos em locais sagrados para populações indígenas).

A categoria do dano climático apresenta-se como uma nova faceta do dano ambiental, tornada explícita com o advento da Lei Federal nº 12.187/2009 (Política Nacional Sobre Mudança do Clima), a partir do reconhecimento do clima estável como bem jurídico, nos termos como este conceito foi elaborado por Benjamin (2020). Por sua vez, Sarlet (2020) e Wedy *et al.*, (2020) apontam para um direito fundamental ao clima estável, o que representa uma abordagem evolutiva em relação ao direito fundamental ao ambiente ecologicamente equilibrado, expresso no art. 225, caput, da CF/88, no sentido de que se tutela não apenas o conjunto de elementos bióticos e abióticos do meio ambiente, mas as bases estruturais que possibilitam a vida no Planeta Terra.

Kokke (2019) afirma que o dano climático pode ser reconhecido juridicamente diante dos seguintes requisitos: a) ocorrência de atividades que se configurem como fontes causais de emissão de gases efeito estufa; b) enquadramento das emissões como poluição ambiental, por gerarem a "emissão ilícita de energia ou material que contribua negativamente para com o equilíbrio climático"; c) ilegalidade nas emissões ou intervenções. Vislumbra-se a ocorrência de danos climáticos associados a hipóteses de poluição do ar, de queimadas e de desmatamentos.

A perda ou a diminuição da qualidade ambiental e a afetação negativa dos serviços ecossistêmicos integram a **dimensão material** do dano reparável e explicitam a importância de o conteúdo do dano ambiental ser dissecado, observando-se os impactos negativos impostos aos seus diversos componentes, a curto, médio e longo prazos. Estes danos materiais ainda compreendem os **danos interinos**,

também denominados de **lucros cessantes ambientais, e os danos residuais.** Estas categorias de danos materiais coexistem com a **dimensão moral coletiva**, ou extrapatrimonial, e com **a dimensão social**, que também devem ser indenizadas quando caracterizados os seus pressupostos.

Os **danos interinos** são danos que correspondem ao período durante o qual o ecossistema e a população ficaram e ainda permanecerão privados de fruir plenamente dos serviços ecossistêmicos que eram prestados antes da produção do dano. E os **danos residuais** são os danos que remanescem mesmo após as intervenções efetuadas para restauração da área. Um exemplo de dano residual ocorre com a contaminação do solo por hidrocarbonetos: ainda que sejam efetuadas medidas para remediação, conforme o uso pretendido e o atendimento dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA nº 420/09, remanescerá uma determinada concentração de poluentes que não existia antes da contaminação.

Além disto, é reconhecida também a exigência da **"mais-valia ambiental"** qual seja, tudo aquilo que quem causou o dano ganhou ilicitamente com sua ocorrência, para evitar-se enriquecimento ilícito, na esteira do entendimento do Superior Tribunal de Justiça abaixo mencionada.

A jurisprudência do Superior Tribunal de Justiça é firme no sentido de reconhecer estas múltiplas dimensões do dano ambiental, cumulando-se[12] os pedidos de reparação *in situ* com compensação pelo "período em que foram desrespeitadas as normas ambientais"[13] e com a indenização pelo lucro obtido ilicitamente. Dentre os precedentes paradigmáticos, merece referência um caso julgado em 2012, relatado pelo Ministro Herman Benjamin, cuja ementa é transcrita abaixo:

> "(....) 8. A responsabilidade civil ambiental deve ser compreendida o mais amplamente possível, de modo que a condenação a recuperar a área prejudicada não exclua o dever de indenizar - juízos retrospectivo e prospectivo.
>
> 9. A cumulação de obrigação de fazer, não fazer e pagar não configura *bis in idem*, porquanto a indenização, em vez de considerar lesão específica já ecologicamente restaurada ou a ser restaurada, põe o foco em parcela do dano que, embora causada pelo mesmo comportamento pretérito do agente, apresenta efeitos deletérios de cunho futuro, irreparável ou intangível.
>
> 10. Essa degradação transitória, remanescente ou reflexa do meio ambiente inclui: a) o prejuízo ecológico que medeia, temporalmente, o instante da ação ou omissão danosa e o pleno restabelecimento ou recomposição da biota, vale dizer, o hiato passadiço de deterioração, total ou parcial, na fruição do bem de uso comum do povo (= dano interino ou intermediário), algo frequente na hipótese, por exemplo, em que o comando judicial, restritivamente, se satisfaz com a exclusiva regeneração natural e a perder de vista da flora ilegalmente suprimida, b) a ruína ambiental que subsista ou perdure, não obstante todos os esforços de restauração (= dano residual ou permanente), e c) o dano moral coletivo. Também deve ser reembolsado ao patrimônio público e à coletividade o proveito econômico do agente com a atividade ou empreendimento degradador, a mais-valia ecológica ilícita que auferiu (por exemplo, madeira ou minério retirados irregularmente da área degradada ou benefício com seu uso espúrio para fim agrossilvopastoril, turístico, comercial)[14].

12 A possibilidade expressa de cumulação de pedidos de imposição de obrigações de fazer, não fazer e de indenização por danos irreversíveis, em ação civil pública, foi afirmada pelo Ministro Teori Zavaski (REsp 605.323/MG, Rel. Ministro José Delgado, Rel. p/ Acórdão Ministro Teori Albino Zavascki, Primeira Turma, DJ 17.10.2005).

13 STF, AREsp 1677537/RS, Rel. Ministro Francisco Falcão, 2ª. Turma, julgado em 27/10/2020, DJe 17/11/2020. O acórdão ainda colaciona com o mesmo entendimento os seguintes precedentes: STJ, AgInt no REsp 1.196.027/RS, Rel. Min. Gurgel de Faria, 1ª Turma, DJe de 27/03/2017; REsp 1.255.127/MG, Rel. Herman Benjamin, 2ª. Turma, DJe de 12/09/2016.

14 STJ, REsp 1198727/MG, Rel. Min. Herman Benjamin, 2ª. Turma, julgado em 14/08/2012, DJe 09/05/2013.

Este acordão explicita os elementos que devem ser objeto da valoração econômica, considerando as dimensões do dano e a relevância do tempo necessário à restauração. Os elementos do dano são os seguintes:

> - o prejuízo ecológico que medeia, temporalmente, o instante da ação ou omissão danosa e o pleno restabelecimento ou recomposição da biota, vale dizer, o hiato passadiço de deterioração, total ou parcial, na fruição do bem de uso comum do povo *(= dano interino ou intermediário);*
>
> - a ruína ambiental que subsista ou perdure, não obstante todos os esforços de restauração (= *dano residual* ou *permanente*);
>
> - *dano moral coletivo ou dano extrapatrimonial*;
>
> - o *proveito econômico* do agente com a atividade ou empreendimento degradador, *denominada mais-valia ecológica ilícita,* que deve ser reembolsado ao patrimônio público e à coletividade.

Os **danos morais coletivos, ou extrapatrimoniais,** atingem os bens imateriais, carregados de valores identitários e simbólicos comungados pelo imaginário social. Conforme esclarece o Ministro Humberto Martins, do STJ, "o sentimento profundo de repulsa social ao ato de dano ambiental é a força motriz do dano moral coletivo". Trata-se de um dano *in re ipsa*, que "prescinde da comprovação de dor, de sofrimento e de abalo psicológico, suscetíveis de apreciação na esfera do indivíduo, mas inaplicável aos interesses difusos e coletivos"[15]. Esse dano é, via de regra, objeto de arbitramento, pois trata-se de um dano jurídico, que expressa a lesão a interesses imateriais, identificados com a proteção da dignidade da pessoa humana e do valor de existência dos bens ambientais. (STEIGLEDER *et al.*, 2008).

Os **danos sociais**, embora não explicitados no acórdão acima mencionado, também devem ser reparados, a partir do reconhecimento de que os bens ambientais são o suporte material para a fruição de direitos fundamentais titularizados por grupos sociais e para a concretização, em âmbito coletivo, do princípio da dignidade da pessoa humana[16]. Consistem em danos materiais que atingem a oportunidade de a coletividade utilizar os bens ambientais e culturais para fins econômicos, recreativos, turísticos, científicos etc. Repercutem sobre o valor de uso, direto ou indireto e coletivo, dos bens ambientais.

Um exemplo de dano social seria a hipótese de contaminação de um rio, de que também decorresse a mortandade de peixes. Além de prejuízos econômicos impostos aos pescadores, se o rio ainda fosse utilizado para fins turísticos e recreativos, os respectivos grupos atingidos sofreriam perdas financeiras pela impossibilidade de utilização dos bens e serviços ambientais lesados (STEIGLEDER, 2017).

Outros exemplos de danos sociais são os danos relacionados ao deslocamento forçado em virtude da implantação de projetos de desenvolvimento, tais como a instalação de projetos minerários e de hidrelétricas e, mais recentemente, os casos ocorridos no Estado de Minas Gerais de rompimento das barragens da Samarco[17] e da Vale do Rio Doce, localizadas, respectivamente, em Mariana e em Brumadinho.

O conceito de dano ambiental também ostenta uma dimensão futura para o efeito de permitir a imposição de medidas inibitórias e voltadas ao impedimento da repetição de ilícitos, assim como para exigir o permanente controle dos riscos e o *compliance*

15 STJ, REsp 1.410.698/MG, Rel. Ministro Humberto Martins, 2ª. Turma, DJe 30/6/2015.

16 Conforme Friede e Aragão, "o dano social pode ser definido como aquele que é ocasionado por uma conduta (comissiva ou omissiva) socialmente reprovável, antijurídica ou não, praticada pelo Estado ou por particular (pessoa física ou jurídica), cuja consequência é a diminuição da qualidade de vida da sociedade ou de determinado grupo social. Cabe destacar, nesta definição, que a causa de o dano poder ser uma conduta socialmente reprovável, antijurídica ou não" (FRIEDE, Reis; ARAGÃO, Luciano. Dos danos sociais. *Revista da ESMEC*, v. 23, n. 29, p. 13-44, 2016. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/Rev-ESMESC_29.01.pdf, acesso em 27 de abr. 2021.

17 A respeito, ver a ação civil pública ajuizada pelo Ministério Público Federal, que postula indenização por danos sociais ambientais, sem prejuízo da reparação de danos materiais e danos morais coletivos. Disponível em http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/acp-samarco, acesso em 16 fev. 2021.

(CARVALHO, 2008). Esta faceta preventiva da responsabilidade civil ambiental considera os riscos evitáveis e intoleráveis, reputados riscos abusivos (SILVEIRA, 2014), em consonância com os princípios da precaução, da prevenção e do controle do risco, consagrados no artigo 225, §1º, V e VII, da Constituição Federal de 1988, para a finalidade de exigir o máximo de internalização dos custos com a prevenção do dano pelo usuário dos recursos naturais, seguindo a própria lógica do pagamento por serviços ambientais e dos ajustes para a captura necessária das externalidades. Ainda, justifica a opção pelo método dos custos de controle evitados, presente na NBR 14.653-6 da ABNT, nas hipóteses de danos ambientais que tenham resultado da omissão quanto à adoção de providências que teriam impedido a ocorrência do dano, como se verifica nos casos de poluição sonora, atmosférica e hídrica.

A assimilação do futuro pela responsabilidade civil ambiental implica a adoção de uma série de medidas jurídicas preventivas do dano, que incluem a definição de metas de não-uso ou o de banimento de técnicas, métodos ou substâncias proibidas, não recomendadas, ou que estejam relacionadas a riscos ambientais ou socioambientais inaceitáveis no âmbito do Ministério Público do Trabalho e do Ministério Público Federal, a exigibilidade de seguros-caução ou seguros-garantia[18] e a obrigatoriedade de implantação de programas de *compliance* e de automonitoramento[19], independentemente do que é exigido no âmbito do licenciamento ambiental. Alguns exemplos práticos destacados são as ações civis públicas ajuizadas pelo Ministério Público Federal diante da ruptura da barragem de rejeitos da empresa Samarco, na cidade de Mariana, e pelo Ministério Público do Estado de Minas Gerais, em relação à ruptura da barragem de rejeitos da empresa Vale do Rio Doce, localizada em Brumadinho, em que foram formulados pedidos diretamente relacionados a falhas no controle de riscos ambientais e geotécnicos estruturais no monitoramento e controle de riscos de segurança das barragens[20].

No tocante aos diagnósticos de riscos e de não *compliance* empresarial, o Tribunal de Contas da União afirmou, em acórdãos e recomendações sobre as diretrizes e medidas de integridade, que uma sustentável governança corporativa deve adotar: diagnóstico e avaliação dos riscos; políticas de natureza preventiva; avaliação quanto à adequação e à economicidade dos sistemas de controle interno que possam influenciar sobre o controle dos riscos (item 1.8.2, TC-019.582/2014-5, Acórdão nº 4.856/2015-1ª Câmara TCU, DOU de 4.9.2015, p. 69).

2.2. Formas de reparação do dano ambiental

As escolhas a respeito da forma mais adequada para a reparação do dano ambiental (restauração, recuperação, compensação e/ou indenização) são informadas por critérios técnicos e jurídicos e dependem das peculiaridades de cada tipo de dano ambiental. Virtualmente, as tipologias dos danos são amplíssimas, pois o dano representa a lesão a interesses juridicamente protegidos e, à medida em que novos bens jurídicos e novos interesses são reconhecidos pelo Direito, novas categorias de danos ambientais podem ser afirmadas (DE CUPIS, 1975).

18 O assunto remete ao necessário controle de riscos e necessários modelos de seguros ambientais, na linha de seguros-caução, seguros de lucros cessantes, seguros para riscos *non-owned disposal site coverage* (para danos de outrem, como por exemplo, assunção de passivos ambientais de áreas contaminadas), dentre outros. O aprofundamento do tema consta de POLIDO, Walter Antonio. *Contrato de seguro: a efetividade do seguro ambiental na composição de danos que afetam direitos difusos*. Disponível em: https://www.ibds.com.br/artigos/contrato-de-seguro-ambiental-publicacao.pdf. Acesso em 27 fev. 2021.

19 No contexto da Sociedade de riscos, assume especial relevância o controle de riscos e a frente pioneira inaugurada pelo Ministério Público, em juízo, na busca da responsabilidade objetiva anticorrupção ou por não *compliance*, na seara administrativa inclusive por inação da autoridade competente. Assim foi feito nas principais ações ajuizadas diante do desastre de Brumadinho.

20 No caso de Brumadinho, o Ministério Público optou por ajuizar a ação, buscando a aplicação das sanções previstas no art. 6º da Lei 12.846/2013 (Lei Anticorrupção), por omissões no controle do risco, ou seja, por não prevenirem os riscos perceptíveis no monitoramento de segurança de barragens.

Ademais, o conceito de meio ambiente, adotado pelo art. 3º, inciso I, da Lei Federal nº 6938/81, é amplo e abarca o ambiente natural, urbano, cultural e do trabalho, de tal forma a permitir sejam os danos urbanísticos e os danos ao patrimônio cultural qualificados como danos ambientais *lato sensu* (PRADO *et al*., 1992).

Nos termos do art. 2º, incisos XIII e XIV, da Lei Federal nº 9985/2000 (Sistema Nacional das Unidades de Conservação), tem-se os seguintes conceitos de **recuperação** e de **restauração**, que se apresentam como objetivos fundamentais da responsabilidade civil, voltada que é, idealmente, ao retorno ao *status quo ante*:

> Art. 2º (...)
>
> XIII – recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada; que pode ser diferente de sua condição original;
>
> XIV – restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível de sua condição original.

No entanto, quando a restauração *in situ* se apresentar tecnicamente inviável ou desproporcional, é preciso encontrar outras alternativas em termos de recuperação, de compensação e de indenização dos danos materiais irreversíveis, observando-se que a indenização é a última alternativa, justamente pelas dificuldades envolvidas em atribuir um valor econômico a bens dotados de um valor ético, insuscetível de captura pelo sistema de preços (STEIGLEDER, 2017).

A compensação ecológica, conforme Sendim (1998, p. 187), consiste na substituição da recuperação ou restauração natural de uma área degradada por outra medida funcionalmente equivalente, "de modo que o patrimônio natural no seu todo permaneça quantitativa e qualitativamente inalterado". Para Freitas (2009, p. 136), a compensação ecológica é uma forma de assegurar a tutela específica do dano ambiental. Assevera que a expressão "resultado prático equivalente", presente no art. 84 do Código de Defesa do Consumidor, enquadra-se na noção de tutela específica, contrapondo-se à tutela genérica que é a conversão em perdas e danos. A compensação ecológica teria, portanto, precedência em relação à opção pela indenização pecuniária. Nessa perspectiva, a Orientação Técnico- Jurídica nº 001/2008, do Ministério Público de Goiás assevera que:

> "Quando houver a impossibilidade de restauração natural do dano, poderá haver a compensação ambiental por equivalente ecológico, em que o objetivo seja a recuperação da capacidade funcional do ecossistema lesado (art. 3º, Lei Federal nº 7347/85). Na aplicação das medidas compensatórias, há de se observar a seguinte ordem de prioridade:
>
> I – Substituição por equivalente *in situ*;
>
> II – Substituição por equivalente em outro local; e
>
> III – Medida compensatória patrimonial/indenização pecuniária".

Por fim, a indenização consiste no pagamento em pecúnia pelos danos materiais considerados irreversíveis (total ou parcialmente) e insuscetíveis de serem compensados na forma específica (FREITAS, 2009). O quadro abaixo, oriundo do Relatório do Grupo de Trabalho de Valoração de Danos Ambientais do Ministério Público de São Paulo (MPSP, 2012), sintetiza os conceitos adotados nestas Diretrizes e explicita o lugar da indenização pecuniária dentre as alternativas para a reparação dos danos ambientais:

Quadro 1 – Formas de reparação do dano ambiental

Tecnicamente recuperáveis e/ou restauráveis **Total ou parcialmente**	Restauração
	Recuperação
	Compensação (prioritariamente, se possível, por equivalência, ou por meio de compensação ecológica alternativa: danos intercorrentes)
	Na impossibilidade das opções anteriores de compensação: precificação (valor monetário) dos danos intercorrentes
Tecnicamente irrecuperáveis e/ou irrestauráveis	Compensação (prioritariamente, se possível, por equivalência, ou por meio de compensação ecológica alternativa)
	Na impossibilidade das opções anteriores de compensação: precificação (valor monetário)

Fonte: Ministério Público de São Paulo

Ressalta-se que a forma de reparação dos danos ambientais pode ser cumulativa, sendo que a adoção de uma das modalidades, não exclui a possibilidade da adoção de outras, até que se alcance a reparação integral dos danos ambientais. O valor da indenização pecuniária pode ser destinado para medidas compensatórias de conteúdo socioambiental (PINHO, 2010), ou para o Fundo de Recuperação de Bens Lesados a que se refere o art. 13 da Lei Federal nº 7347/85 (Lei da Ação Civil Pública).

A reparação dos danos ambientais demanda uma série de procedimentos técnicos prévios, que sejam capazes de levantar os diversos impactos negativos impostos sobre os componentes do meio ambiente, sobre seus serviços ecossistêmicos e sobre o patrimônio cultural, dentre os quais se assinalam as perícias técnicas, as vistorias e as coletas de amostras. A partir deste conjunto de informações técnicas, será possível definir a possibilidade de restauração ou recuperação de determinados elementos atingidos, as alternativas para a compensação ecológica e os critérios para a indenização pecuniária, diferenciando-se as parcelas do dano que serão objeto de restauração daquelas que serão objeto de compensação ou de indenização.

2.3. A reparação do dano ambiental no âmbito criminal

O sistema de proteção ambiental implementado no Brasil, especialmente após a Constituição Federal de 1988, implica na incidência que pode chegar a uma tríplice responsabilidade: Civil, Penal e Administrativa.

Tal situação está evidenciada no artigo 225, § 3º, quando determina que as condutas e atividades lesivas sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, às sanções penais, administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

Desta forma, além da aplicação de penalidades – seja no âmbito administrativo, seja no âmbito penal – sempre deverá se buscar a reparação dos danos ambientais causados.

Alinhando-se com esta diretriz, reconhece-se ao Direito Penal Ambiental algumas características próprias que possui ou deveria possuir para uma maior proteção a este bem jurídico.

É de reconhecimento na doutrina que o Direito Penal é a *ultima ratio* e que deve buscar tutelar especialmente aqueles bens jurídicos mais relevantes do tecido social e, no caso do meio ambiente, foi a própria Constituição Federal que elevou tal bem à necessidade da proteção pela via mais repressiva do nosso sistema jurídico, conforme o artigo acima já mencionado.

Não se pode desconsiderar, também, as várias críticas da doutrina a respeito da função meramente simbólica do Direito Penal Ambiental, uma vez que as penas são, em sua maioria, muito baixas o que o torna muitas vezes ineficientes (GOMES *et al*., 2011).

Por outro lado, para que o Direito Penal Ambiental atinja sua finalidade, não restam dúvidas que deverá levar em conta os princípios e especificidade desta matéria, sendo que, conforme já apontado em outros pontos deste trabalho, uma delas é a questão da prevenção.

Portanto, em tese e em uma situação ideal, os tipos penais ambientais devem buscar uma configuração preventiva, prévia à ocorrência do dano, preferindo-se a figura dos crimes de perigo, seja abstrato, seja concreto.

De outro norte, não se pode deixar de reconhecer que a questão ambiental denota-se, por várias vezes, extremamente complexa, sendo uma característica muito forte deste ramo do conhecimento a interdisciplinaridade.

Por esta razão – dada a impossibilidade da norma penal, em seu tipo, prever todas as circunstâncias, características e completude dos ilícitos ambientais – outra característica muito presente no Direito Penal Ambiental é justamente a figura dos tipos penais em branco e a intensa conexão com as normas administrativas.

Veja-se que é impossível prever no tipo penal todas as circunstâncias e complexidades das questões ambientais, razão pela qual os crimes devem ser abertos para que possam ser complementados pelas normas administrativas.

Por fim, no que diz respeito ao objeto deste trabalho – a questão do dano ambiental e sua valoração – há a terceira característica marcante do Direito Penal Ambiental: a finalidade da reparação do dano.

Nos termos do que foi apontado, prioritariamente, a finalidade maior é a proteção ambiental e que se evite o dano, já que, uma vez ocorrido é de difícil (e muitas vezes impossível) reparação. Mas, ocorrendo o dano, impõe-se a reparação integral do mesmo.

Por este motivo, a Lei de Crimes Ambientais – Lei Federal nº 9.605/98 – além de trazer os principais crimes ambientais, infrações administrativas, normas processuais, traz vários dispositivos em que busca a reparação do dano, dando a característica ao Direito Penal Ambiental como Direito Penal Reparador.

Neste sentido a lição de Alex Fernandes Santiago (2015, p. 349):

> "A conclusão é de que nada servirá um Direito Penal que pretenda proteger o meio ambiente e não se ocupe da reparação do dano ambiental. A reparação é essencial, imanente a qualquer discussão sobre meio ambiente. Primeiro prevenção e, em seu fracasso, imediatamente buscar a reparação. De que servirão sanções como a pena privativa de liberdade para aqueles que desmatam a floresta amazônica, por exemplo, se também não lhes é exigida a recomposição do ambiente danificado?"

Seja na fase inquisitória ou já no curso do processo, esta Lei deixa evidente a simbiose entre a instrução civil e a penal, determinando que a perícia produzida no inquérito civil ou no juízo cível poderá ser aproveitada no processo penal, instaurando-se o contraditório (art. 20, parágrafo único).

Justamente por isto é importante que o titular da investigação cível tenha em mente, também, a possibilidade de a instrução servir para a caracterização do crime ambiental, razão pela qual, nestas diretrizes, foram elaborados quesitos ligados aos tipos penais respectivos.

A despeito de não estar expresso, resta evidente que o contrário também é verdadeiro – a prova pericial produzida na ação penal, também poderá servir para o juízo cível – nos termos do artigo 372, do Código de Processo Civil, podendo, inclusive, servir para instruir ação que não tenham as mesmas partes (STJ, EREsp 617.428, 2014).

Portanto, tendo em vista que as responsabilidades penal e cível possuem requisitos diferentes, pode ser de extrema valia uma perícia produzida no âmbito penal – especialmente, no momento da investigação criminal - para instruir eventual ação civil pública futura, inclusive, contra partes diferentes (por exemplo, na hipótese de um empregado que cometeu crime ambiental sem que a pessoa jurídica tenha incidido também em crime).

Focando-se no objetivo maior deste trabalho: a valoração do dano ambiental, impõe-se verificar que o mesmo artigo 19 da Lei de Crimes Ambientais já determina que a "perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos da prestação de fiança e cálculo da multa".

Veja-se que a fixação do montante do dano é expressa na Lei, ficando evidente a importância que estas diretrizes estabelecidas agora pelo o CNMP, as quais podem servir para embasar a perícia prevista no artigo mencionado.

É de se ressaltar que tal perícia assume uma relevância muito maior do que meramente servir de parâmetro para a fiança e cálculo da multa. Há inúmeros outros dispositivos nesta Lei que exigem a reparação do dano e, conforme já apontado anteriormente, seguindo-se o entendimento firmado pelo Superior Tribunal de Justiça, esta reparação deve ser o mais abrangente possível, impondo-se não só a restituição do bem ambiental ao seu estado anterior – quando possível – mas também a indenização dos danos não reparáveis, sejam eles interinos, mais-valia, residuais e/ou morais.

Tal situação é expressa no artigo 20 quando determina que a sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente, sendo certo que a mesma, posteriormente, poderá ser executada no juízo cível, nos termos do artigo 515, VI, do CPC, a qual, nos casos de interesses difusos, poderá ser executada pelo Ministério Público (NETO *et al,* 2011, p. 95).

Deve-se observar que, uma das penas possíveis dos crimes ambientais é a prestação pecuniária (art. 8º, IV), sendo que ela "consiste no pagamento de dinheiro à vítima ou à entidade pública ou privada com fim social, não inferior a um salário mínimo, nem superior a trezentos e sessenta", montante este que será deduzido de eventual reparação cível a que for condenado o infrator (art. 12).

Além disto, prevê em seu parágrafo único que estando transitada em julgado, poderá ser executada por este valor, sem prejuízo de liquidação para apuração do dano ambiental efetivamente sofrido.

O legislador agiu com acerto, já que muitas vezes durante a investigação e instrução criminal não é possível chegar-se a toda a dimensão do dano, impondo-se, contudo, um esforço inicial das autoridades competentes para, ao menos, buscar-se um valor mínimo e inicial para os danos ocorridos.

Também de extrema importância que este pedido de indenização esteja já na denúncia, para que possa ser objeto de contraditório durante a instrução processual e apreciação na sentença.

Mas a principal característica deste Direito Penal Ambiental "Reparador" é encontrada nos dispositivos que possuem ligação com os instrumentos alternativos à restrição da liberdade, iniciando-se pelo direito à Suspensão Condicional da Pena que, segundo o artigo 17, exige que a reparação para efeitos do artigo 78, § 2º, do Código Penal, deve ser feita mediante laudo de reparação do dano ambiental e as condições impostas pelo juiz deverão relacionar-se com a proteção ambiental.

Veja-se, conforme já apontado, servindo-se esta afirmação para este caso e para os demais adiante explanados, quando tratar-se de laudo ou comprovação de reparação do dano ambiental, deve esta reparação estar em consonância com o entendimento já externado do STJ, no sentido de indenização cumulativa com a reparação *in natura*.

Portanto, neste laudo, impõe-se que seja apreciada a questão da restituição do bem ao seu estado anterior, mas, também, a indenização da parte não recuperável, a qual poderá seguir os métodos descritos nestas diretrizes – sem prejuízo de outras possíveis formas ou métodos de valoração.

Veja-se que neste momento é de importância a perícia prevista no artigo 19, uma vez que embora ele "não mencione, esta fixação do montante do prejuízo no laudo pericial pode servir também de parâmetro para a 'prévia composição do dano ambiental', que é requisito indispensável para o cabimento da transação penal nos delitos ambientais de menor potencial ofensivo (art. 27)" (GOMES et al, p. 2011, p. 81). Mas não só, servirá, também, para os demais instrumentos de Direito Penal negociado.

Por isso, os instrumentos alternativos à pena, seja a suspensão condicional do processo – para a qual exige-se para a declaração de extinção da punibilidade "laudo de constatação de reparação do dano ambiental, ressalvada a impossibilidade" (art. 28, I) – permitindo-se, inclusive, a prorrogação do prazo pelo período máximo acrescido de um ano (II) ou a transação penal para os delitos de menor potencial ofensivo, mediante exigência prévia de composição do dano ambiental, salvo em caso de comprovada impossibilidade, devem prever a reparação integral do dano, nela incluída a indenização ambiental.

Observe-se a presença obrigatória do representante do Ministério Público na negociação desta composição, uma vez que a regra é que a vítima, nestes casos, é toda a sociedade (FREITAS, 2005).

Por último, não há previsão expressa na Lei de Crimes Ambientais sobre a questão do ANPP – Acordo de Não Persecução Penal, regido pelo artigo 28-A, do CPP, até porque, este instrumento é posterior a ela. Mas, também neste caso, não resta dúvida que a reparação do dano ambiental é imperiosa, até porque é uma exigência prevista no inciso I deste artigo.

Veja-se que, neste caso, segundo ensinamento de Marcos Paulo Souza Miranda (2020), impõe-se para a realização do ANPP um laudo de constatação de reparação do dano ambiental:

> "A primeira questão de relevo que se coloca é que a exigência de reparação do dano, em se tratando de crimes contra o meio ambiente, sempre será cláusula obrigatória e indeclinável em todo e qualquer acordo de não persecução penal, devendo o artigo 28-A, I, do CPP ser aplicado em conjugação com os preceitos insertos nos arts. 27 e 28 da Lei nº 9.605/98, que exigem a composição do dano cível ambiental como requisito essencial para a aplicação das medidas despenalizadoras envolvendo crimes ambientais. A ausência de tal previsão deverá impor a recusa da homologação do acordo quando da

> análise pelo Poder Judiciário, por ausência dos requisitos legalmente exigíveis (artigo 28-A, § 7º)
>
> Na mesma toada, a interpretação sistêmica das regras do artigo 28-A do CPP com aquelas previstas na Lei nº 9.605/98 impõe que a declaração da extinção da punibilidade do agente beneficiado pelo ANPP que cometeu crime ambiental sempre dependerá de laudo de constatação de reparação do dano ambiental, ressalvada a impossibilidade de fazê-lo (artigo 28 da Lei de Crimes Ambientais)".

Resta evidenciada, assim, a importância da conexão entre a tutela penal do meio ambiente e a reparação integral do dano ambiental, em especial, com a exigência de indenização ambiental nos casos cabíveis.

3. PROCEDIMENTOS PARA A VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS

3.1. A importância do diagnóstico da degradação

A valoração econômica dos danos ambientais depende da obtenção do máximo de informações possíveis sobre a gravidade dos danos causados, o que envolve conhecer o estado do meio ambiente antes da degradação e quais os serviços ecossistêmicos que o recurso ambiental lesado proporcionava, com vistas à identificação do **valor de uso direto e do valor de uso indireto**.

A premissa básica para a avaliação monetária dos danos ambientais é que estes eventos ocorreram e foram quantificados e qualificados. Assim, preliminarmente, faz-se necessária a avaliação dos impactos ambientais negativos, considerando as alterações em suas propriedades físicas, químicas e biológicas, causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas.

A partir da caracterização quali-quantitiva dos danos ambientais, a definição do objetivo e dos limites da valoração monetária poderá ser descrita com clareza, sobretudo quando comparado com ecossistemas de referência, conservados ou preservados. Ressalta-se que, quanto maior o número de parâmetros avaliados, maior a disponibilidade de dados para caracterização dos danos ambientais e a possibilidade de seleção dos métodos mais adequados para o caso em análise. Neste sentido, protocolos para coleta de dados, contendo a descrição dos métodos e materiais a serem analisados em diferentes casos, podem ser utilizados como referência para a avalição dos danos ambientais, dentre os quais se colaciona o Manual de Mineração Ilegal de Ouro na Amazônia: Marcos Jurídicos e Questões Controversas da 4ª. CCR/MPF, 2020[21] e o Relatório do Grupo de Trabalho sobre Valoração Ambiental do Ministério Público de São Paulo[22].

Acrescenta-se que, em face das múltiplas tipologias de danos ambientais, a avaliação poderá depender de equipe multidisciplinar, vistoria expedita, instrumentos específicos, coleta de material e análise laboratoriais, tecnologia de sensoriamento remoto, entre outros, para que um maior número de parâmetros possa ser avaliado. Ainda, deve-se a avaliar os custos das análises, logística e tempo de resposta para definição dos procedimentos a serem adotados para avaliação dos impactos ambientais. Além disso, os setores responsáveis pela avaliação dos impactos ambientais devem ser estruturados e capacitados para a coleta de informações que permitirão a valoração monetária dos danos ambientais.

21 Disponível em: 09-19-Manual-de-Atuacao-Mineracao-Ilegal-1-4.pdf. Acesso em 1 mar. 2021.

22 Relatório Final do Grupo de Trabalho para Valoração de Danos Ambientais. Ministério Público de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/Relatorio%20Final%20-%20GT%20Valora%C3%A7%C3%A3o%20de%20Danos%20Ambientais%202012.doc, acesso em 03 de mai. 2021

A avaliação dos danos ambientais deve, portanto, ser precedida de análises de parâmetros quantitativos estimados, direta ou indiretamente, a fim de calcular as perdas ambientais, que podem ser expressas em medidas de concentração, área, volume, vazão, entre outros. Os materiais e métodos a serem adotados para estimativa das alterações do meio ambiente devem ser descritos clara e objetivamente. Além disso, o conhecimento da dinâmica ecológica dos bens e serviços ambientais que foram perdidos deve ser explorado para caracterização dos danos ambientais e descrição do cenário de antes e depois do impacto ambiental negativo, bem como das suas implicações para reparação *in situ* (verificação da possibilidade técnica de recuperação/restauração ambiental) e cálculo dos lucros cessantes ambientais.

No que tange às dimensões do dano ambiental, os métodos de avaliação monetária podem ser utilizados para o cálculo dos danos materiais e imateriais. Os danos materiais devem, necessariamente, serem mensurados a partir de parâmetros físicos, químicos ou biológicos. De outro modo, os danos imateriais, por estarem relacionados às questões morais, culturais, altruísticas, existenciais etc., imprimem algum grau de subjetividade em sua avaliação, de modo que tendem a ser arbitrados judicialmente ou pelo membro do Ministério Público quando da firmatura de um Termo de Ajustamento de Conduta, muito embora pudessem ser objeto de valoração contingente[23].

Dessa forma, a avaliação técnica por profissionais legalmente habilitados, via de regra, é necessária quando se pretende avaliar danos ambientais materiais, enquanto a avaliação dos danos ambientais imateriais pode se valer de critérios associados com premissas inerentes à nossa sociedade, tal como o grau de proteção legal da área afetada (se área de preservação permanente, reserva legal, unidade de conservação, terra indígena, área passível de uso alternativo etc.), o apelo dado à degradação de espécies ameaçadas, a poluição de fontes de abastecimento público de água, a destruição de patrimônios históricos, entre outros critérios.

A escolha do método, ainda, deve considerar as hipóteses que o método assume, ou seja, quais os componentes do valor dos recursos naturais que o método proposto busca captar dentre os valores de uso direto e indireto (materiais) e valores de não uso (imateriais). Dessa forma, a valoração monetária pode se valer de um ou mais métodos para contabilizar todos os valores dos recursos naturais danificados, a fim de que a indenização se configure para a reparação integral dos danos ambientais. Ressalta-se ainda, que fórmulas da matemática financeira podem ser associadas aos métodos de valoração para incorporar horizontes temporais e taxas de juros para o período desde a degradação até o retorno do meio ambiente *ao status quo ante*, a fim de calcular os danos interinos (lucros cessantes ambientais) ou a indisponibilidade perpétua dos bens e serviços ambientais perdidos, se for o caso.

A fim de reunir as informações essenciais à escolha dos métodos de valoração, o membro do Ministério Público, no contexto do inquérito civil, deve, ainda que necessite de apoio técnico, nortear a perícia de dimensionamento do dano ambiental (ARAUJO, 2003), formulando **quesitos** claros e objetivos, com vistas a apurar, dentre outros aspectos[24] (MPF):

a) identificação da substância causadora do dano (suas características, volume, quantidade);

b) duração da liberação/derramamento/deposição;

23 O método da valoração contingente consta do item 3.2.1, E.

24 Para um guia a respeito dos procedimentos prévios para a avaliação de diversas tipologias de danos ambientais, ver: Ministério Público Federal. 4ª. Câmara de Coordenação e Revisão. *Valoração de Danos em matéria de meio ambiente e de patrimônio cultural*. Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal. Disponível em http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/copy2_of_14_006_dia_mundial_do_meio_ambiente_2_Livreto_ONLINE_CCR4_101.pdf , acesso em 16 fev. 2021.

c) data e localização do dano, com descrição das condições de tempo, da extensão geográfica do dano

d) identificação da gravidade do dano, descrevendo-se as consequências lesivas em todos os componentes do meio ambiente (água, solo, vegetação, ar etc.), bem como sobre **os usos e serviços ambientais** que cada um desses componentes proporcionava ou poderia proporcionar tanto ao ser humano como ao próprio ecossistema (valores de uso e de não uso);

e) a reversibilidade ou não do dano, com indicação das providências necessárias à sua eventual reparação;

f) quais as providências que poderiam ter sido adotadas para evitar o dano;

g) a abrangência de pessoas afetadas;

h) a relevância jurídica do dano, em virtude do regime de proteção legal que incide sobre o bem lesado (desmatamento de área de preservação permanente ou mata atlântica, destruição de um bem tombado, morte de animal ameaçado de extinção etc.).

i) Identificação do estado anterior do ambiente lesado, examinando-se áreas contíguas, analisando-se inventários etc.

j) Identificação dos custos públicos que o órgão ambiental teve para minimizar os danos.

k) Identificação dos impactos na sociedade (atividades agrícolas, comércio, recreação, pesca, turismo, uso público de praias, parques etc.), Araújo (2003, p.71).

Conforme mencionado acima, é conveniente que a perícia seja realizada por técnicos habilitados, preferencialmente com formação interdisciplinar, cuidando-se da quantidade e da qualidade das amostras, a fim de evitar futuras discussões sobre a própria existência do dano e do nexo de causalidade. A perícia deverá estimar as providências necessárias à restauração do dano, orçando os custos hipotéticos da elaboração e execução do projeto (custos de restauração), incluindo-se o monitoramento futuro do local, mesmo que a forma de reparação desse dano não venha a ser através de restauração *in situ*. Também é importante que se identifiquem os custos que foram evitados pelo poluidor, tais como custos de licenciamento, custos de tratamento de efluentes, gerenciamento de resíduos, controle da poluição atmosférica e dos ruídos, porquanto estas informações são relevantes para a utilização de alguns métodos de valoração econômica previstos na NBR 14.653-6 da ABNT.

3.2. A Transferência de Valores

Quando não for possível a realização desses procedimentos, ou quando inexistirem diagnósticos prévios ambientais e socioambientais da área afetada pelo dano, uma estratégia possível e que vem sendo adotada pelo Ministério Público Federal é o recurso à analogia com outros casos de danos ambientais paradigmáticos, nacionais e internacionais, denominada de **Transferência de Valores (TV)**.

Saldarriaga e Patiño esclarecem que a TV é uma técnica inserida no Método de Transferência de Benefícios, que consiste na transferência do valor monetário de um bem ambiental (denominado sítio de estudo) a outro bem ambiental (denominado sítio de intervenção), em que se busca aferir a Disposição a Pagar (DAP) dos usuários dos bens ou serviços ambientais por meio de uma análise comparativa (SALDARRIAGA, 2016). Na TV, adapta-se uma medida de bem-estar de um único estudo ou de uma média estatística de um conjunto de estudos, para valoração do sítio de intervenção[25].

25 Conforme será aprofundado no capítulo de mineração, com amparo na contribuição de Ronaldo Seroa da Motta, integrante do Grupo de Trabalho de Mineração, procedimentos de TV podem ser divididas em três tipos: Ajuste Unitário, Função de Transferência e Função Meta-Analítica.

A validade dos estudos de transferência de valores depende da qualidade do conjunto de estudos existentes e das semelhanças entre o sítio de estudo e o sítio de intervenção. Por isso, os mesmos autores apontam para a necessidade de percorrer os seguintes procedimentos:

1. Identificar o recurso ou serviço que será objeto da valoração e caracterizar a natureza do incremento ou da redução da oferta ambiental. É recomendável enumerar os diversos benefícios econômicos do bem ou serviço e estabelecer o seu nível de oferta nos dois lugares que serão comparados.
2. Identificar os potenciais estudos que serão relevantes para a comparação por meio de pesquisa bibliográfica.
3. Avaliar a aplicabilidade dos estudos existentes mediante a revisão dos critérios e métodos utilizados para valoração dos bens e serviços no sítio de estudo. Para a análise, é preciso utilizar estudos de boa qualidade, baseado em dados empíricos confiáveis. Ainda, é necessário que a natureza dos recursos ou serviços avaliados sejam semelhantes entre os dois lugares, no que diz respeito aos seguintes aspectos:

a. População beneficiada pelo recurso ou serviço;
b. Sítios substitutos;
c. Área geográfica;
d. Características sociodemográficas (idade, renda, educação);
e. Qualidade dos recursos e serviços ambientais;
f. Características do mercado, isto é, da população beneficiada pela existência do recurso e da variação na disponibilidade de substitutos no caso de recursos recreativos;
g. A designação de direitos de propriedade sobre os bens e serviços deve ser semelhante entre os dois lugares, com o propósito de se utilizar a mesma medida de bem-estar (por exemplo, disponibilidade em aceitar ou disponibilidade de pagar).

Agrega-se que a averiguação das características físicas e geográficas dos lugares que serão comparados deve considerar os serviços ecossistêmicos que os patrimônios ambientais proporcionam, assim como os usos tangíveis e não tangíveis do sítio de estudo e do sítio de intervenção.

É importante apontar para a existência de diferentes características entre os lugares que são comparados, que influenciam as estimativas de valor obtidas por meio da aplicação de métodos de valoração. A utilização de meta-análise[26] às transferências de benefícios não elimina essas diferenças. Por isso, a única maneira rigorosa de agrupar e padronizar esses dados em meta-análise para transferência de benefícios é ter claro e explícito os métodos de valoração econômica em cada uma das aplicações originais que estão incluídas na meta-análise. Ela é, portanto, um procedimento condutor que permite a geração de um valor monetário dentro de um determinado intervalo de valores mínimo e máximo. Não se pode esquecer (ou esconder) que a transferência de benefícios se refere ao processo de aplicação de resultados de avaliação, funções, dados ou modelos derivados em um local ou contexto (local de estudo efetivo) para estimar valores econômicos dos serviços ecossistêmicos em um contexto alternativo ou localização (local de necessária estimativa).

26 Meta-análise é a análise estatística de resultados de diferentes estudos individuais, com o objetivo de integrá-los, combinando e resumindo seus resultados. Sua importância se dá por reduzir - não significa eliminar -, por exemplo, o desvio padrão e o intervalo de confiança, tornando o resultado estatisticamente mais confiável, além de possibilitar a inclusão de futuros estudos que venham a ser publicados (isto é, uma meta-análise cumulativa). Apesar da segurança que a meta-análise transmite às revisões sistemáticas, para que ela seja aplicável, os dados precisam ser agrupáveis e padronizados, para então serem integrados. Caso contrário, a não observação desses requisitos pode gerar dados não confiáveis.

É evidente que "análise estatística de resultados de diferentes estudos individuais" não elimina a imprescindível verificação de **como** (ou seja, por meio de qual método de valoração) os valores foram obtidos nos diferentes estudos de diferentes locais de estudos efetivos. Se isso não for realizado, alguém vai juntar um valor estimado pelo, por exemplo, Método de Valoração Contingente em um determinado estudo com o valor estimado pelo Método do Custo de Recuperação em um outro determinado estudo.

Dessa forma, é preciso cautela na aplicação dessas técnicas, em particular para valor unitário e função de transferência, garantindo que as características do serviço ou recurso ambiental, do impacto ambiental e das consequências ecológicas, sociais e econômicas dos danos estimados numa situação sejam muito próximas daquelas para a qual se quer transferir tais estimativas de valores.

Um exemplo prático da aplicação deste procedimento é a ação civil pública ajuizada em 2016 pelo Ministério Público Federal para a reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana (MG), tendo como um dos fundamentos para o pedido de reparação preliminar uma analogia jurídica com o paradigmático caso do desastre de plataforma de petróleo da *Bristish Petroleum*, estimado em R$ 155 bilhões[27]. Sustentou-se que uma análise comparativa poderia ser realizada a partir dos gastos já reconhecidos pela empresa para custeio da reparação preliminar dos danos provocados pelo desastre da *Deepwater Horizon*, ocorrido no Golfo do México em 2010. Comparou-se, por exemplo, que o vazamento de cerca de 4,9 milhões de barris de óleo, com impactos diretamente de 180.000 km² de águas marinhas e morte de 11 pessoas, foram menores que os impactos em Mariana, com 19 mortes e com a mesma extensão proporcional de água poluída.

Aduziu o Ministério Público Federal, na ação, que seria inadmissível que a valoração do dano ambiental provocado pelas empresas Samarco, Vale e BHP ficasse aquém de US$ 43,8 bilhões, reconhecidos pela empresa responsável pela tragédia no Golfo do México. Registre-se apenas que a comparação analógica para a reparação preliminar pretendida neste processo restringiu-se a uma comparação mais jurídica de reconhecimento inicial de estimativa de valor de reparação preliminar do dano para situações semelhantes em relação aos fatores número de vítimas e poluição hídrica.

3.3. Análise de Equivalência entre Habitats e Recursos

No contexto internacional, cumpre apontar para a experiência dos Estados Unidos, em que a *National Oceanic and Athmosferic Administration (NOAA,*2000) publicou um guia em que propõe uma metodologia baseada no critério de equivalência entre habitats e recursos para estimar os aspectos do ambiente a serem restaurados. A mesma diretriz é adotada na Comunidade Europeia, por meio do *Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage* (REMEDE), com amparo na Diretiva 2004/35 do Parlamento Europeu e do Conselho, cujo Anexo II estabelece que:

> "1.2.2. Ao determinar a escala das medidas de reparação complementar e compensatória, considerar-se-á em primeiro lugar a utilização de abordagens de equivalência recurso –a recurso ou serviço a serviço.
>
> Segundo esses métodos, devem considerar-se em primeiro lugar as ações que proporcionem recursos naturais e/ou serviços do mesmo tipo, qualidade e quantidade que os danificados. Quando tal não for possível, podem proporcionar-se recursos naturais e/ou serviços alternativos. Por exemplo, uma redução da qualidade pode ser compensada por um aumento da quantidade de medidas de reparação.

27 ACP n. 69758-61.2015.4.01.3400 (PJE 1024354-89.2019.4.01.3800 - autos principais disponíveis em http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/acp-samarco. Acesso em 28 fev. 2021.

> 1.2.3. Se não for possível utilizar as abordagens de equivalência de primeira escolha recurso –a recurso ou serviço a serviço, serão então utilizadas técnicas alternativas de valoração.
>
> A autoridade competente pode prescrever o método, por exemplo, valoração monetária, para determinar a extensão das medidas de reparação complementares e compensatórias necessárias. Se a valoração dos recursos e/ou serviços perdidos for praticável, mas a valoração dos recursos naturais e/ou serviços de substituição não puder ser efetuada num prazo ou por um custo razoáveis, a autoridade competente pode então escolher medidas de reparação cujo custo seja equivalente ao valor monetário estimado dos recursos naturais e/ou serviços perdidos".

Magliano (2019) explicita que "a Análise de Equivalência de Habitat (*HEA - Habitat Equivalency Analysis*) é um meio para determinar a quantidade de reparação compensatória necessária para fornecer serviços que sejam equivalentes às lesões passadas, atuais e futuras e para estimar os ganhos de serviço no futuro a serem obtidos com a compensação proposta após uma lesão" (p. 99). Avalia os danos em termos da quantidade de serviços sacrificados em uma área em um determinado período de tempo e calcula custos de restauração de habitats equivalentes, considerando a ocorrência de danos interinos. O mesmo autor observa que:

> "A reparação compensatória objeto da HEA não se confunde com a recuperação primária do ambiente danificado. Após a identificação do dano, um projeto de recuperação ambiental primária deve ser executado para recuperar, sempre que possível, a própria área degradada. As perdas de serviços ecossistêmicos ocorridas entre a data de início dos danos e a data da completa recuperação da área degradada serão ressarcidas por meio de um projeto de recuperação compensatória, que buscará repor a somatória de serviços sacrificados no período intercorrente. No caso de impossibilidade de recuperação do sítio degradado, a HEA poderá incorporar tanto a recuperação compensatória como a área de recuperação primária devida (p.99)".

A publicação original deste método deve-se a King e Adler (1991), que, propuseram a análise de equivalência de habitats como meio para dimensionar a mitigação compensatória de áreas úmidas (*wetlands*). A Análise de Equivalência de Habitats diferencia-se da Análise de Equivalência de Recursos, que se concentra, principalmente, na avaliação de lesões em organismos específicos (número de indivíduos) e não na quantidade de serviços ecossistêmicos do habitat" (MAGLIANO, 2019, p. 99).

Essas abordagens de equivalência priorizam o valor implícito do habitat ou do organismo em um sentido ecológico, em relação ao valor final do recurso para os seres humanos, embora não necessariamente ressarçam integralmente o público em termos de serviços ecossistêmicos. A recomposição, nesses casos, poderia ser em termos dos hectares de habitat que precisam ser recuperados, do número de animais selvagens que precisam ser reintroduzidos ou de outros projetos adequados e permitidos pela legislação. Magliano ainda observa que "os valores de uso são o principal objeto da reparação compensatória, que é reposição dos serviços ecossistêmicos que podem ser prestados durante o período intermediário entre o início de uma lesão ou perda de serviço e o tempo que os serviços retornaram aos seus níveis de linha de base (p. 101).

Kaskantzis (2005), comentando a NOAA, esclarece que

> "o pressuposto implícito na Análise de Equivalência de Habitats é que o público, em geral, está disposto a aceitar como compensação pelo dano ambiental, a troca de uma unidade de serviços de habitat perdido por uma unidade de serviços de projeto de restauração, ou seja, os valores de uma unidade de serviços no local da lesão e no site da restauração. Observa-se que Análise de Equivalência de Habitats

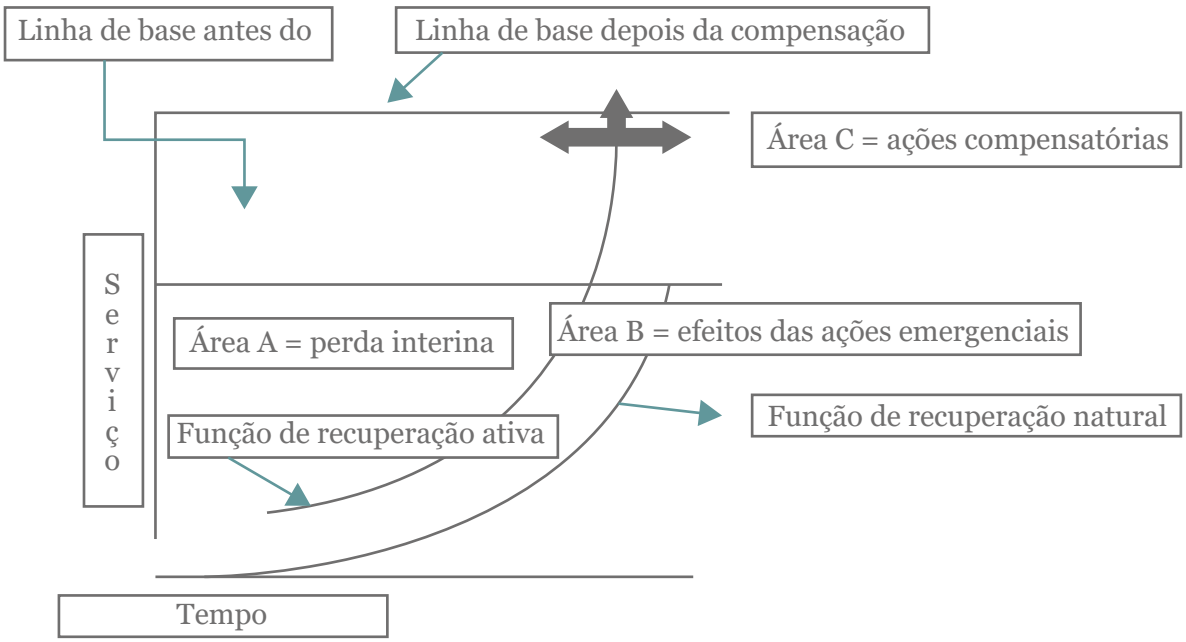
> não necessariamente assume a troca de um –para um de recursos, mas, em vez disso, os serviços que fornecem".

A Análise de Equivalência de Recursos, por sua vez, aplica-se aos casos, em que o dano é mais apropriadamente medido em número de indivíduos perdidos, tais como aves ou peixes, que em unidades de habitat (MOTTA, 2021). Assim, o procedimento indica o custo das ações para fornecer o número equivalente de indivíduos que iria compensar o conjunto completo de serviços de uso ecológico e humano perdido no impacto daquele recurso.

Motta leciona que os procedimentos estimativos nas abordagens de Análise de Equivalência de Habitats e de Análise de Equivalência de Recursos amparam-se na mensuração do montante de serviços ou recursos a serem recuperados para compensar as perdas interinas.[28] A Figura 2 explicita estes procedimentos, demonstrando "que o habitat ou recurso impactado poderá se recuperar naturalmente ao longo do tempo, mas, mesmo assim, a sociedade sofreria uma perda interina até a completa recuperação" e que

> "Quanto mais lenta a recuperação, maior seria essa perda interina equivalente à área A. Com a obrigação de ações efetivas de recuperação maiores do que foi impactado, essa perda interina poderia ser compensada ao final do processo de recuperação, como, por exemplo a função de recuperação que leva a linha de base após compensação".

Figura 2 – Perda Interina e Ações Compensatórias



Fonte: Motta (2021) Adaptado de DUNFORD, R. W.; GINNB, T. C.; DESVOUSGES, W. D. The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessments. Ecological Economics 48:49–70, 200

Motta (2021) diz que

> "obrigar uma recuperação de um montante maior de serviços ou recursos acima daquele que foi impactado, equivalente à área (B+C) do gráfico, de tal forma que a perda interina da área A seja totalmente compensada. Todavia, nesse caso, o nível de geração de serviços ao fim do processo de recuperação ficará acima daquele observado antes do impacto. Isto é, por obrigar uma compensação maior, a sociedade se

28 Para um aprofundamento destas abordagens, ver a contribuição de Motta ao capítulo de mineração

> beneficiará, ao final total da recuperação, de um montante de serviços maior do que antes do impacto, equivalente à área (B+C) do gráfico acima. Em resumo, a perda interina A seria compensada pelos ganhos de serviços da área (B+C)".

A Análise de Habitat Equivalente e a Análise de Equivalência de Recursos são relevantes procedimentos condutores a valores monetários, mas, sob a perspectiva da Economia do Ambiente, não são métodos de valoração econômica de recursos ambientais. Suas principais vantagens são: a) permitir estimar custo de reposição de serviços ecossistêmicos pela criação, recuperação ou aquisição de área com habitat equivalente ao perdido, considerando inclusive as perdas intercorrentes de serviços ecossistêmicos; e b) estabelecer uma relação entre unidades de serviços perdidas e unidades de serviços obtidas por meio de compensação, sendo útil em discussões de acordos de recuperação.

Estes procedimentos exigem cuidado na definição de critérios e parâmetros de equivalência, em um contexto de grande variabilidade de serviços ecossistêmicos que deverão ser considerados como equivalentes em áreas geográficas distintas. Essa cautela é ainda mais recomendável em realidades tropicais de ecossistemas naturais muito mais heterogêneos do que encontradas em realidades temperadas de ecossistemas antropizados. Discorrendo sobre o assunto, Motta recomenda a adoção de um protocolo de aplicação metodológica parametrizado em níveis de complexidade do incidente e, portanto, da dimensão dos danos e recomenda a aplicação da Análise de Equivalência de Habitats e da Análise de Equivalência de Recursos para os casos de menor complexidade (MOTTA, 2020).

4. SÍNTESE DOS MÉTODOS PARA VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS MATERIAIS

4.1. Abordagens teóricas a respeito da Valoração Econômica dos Recursos Ambientais (VERA)

O valor, no âmbito da Economia do Ambiente, corresponde ao valor monetário de um determinado bem em relação a outros bens e serviços disponíveis no mercado e expressa a disposição do consumidor em pagar por esse bem/serviço (DAP), que lhe proporcionará bem-estar, ou de receber, caso se veja privado de sua fruição (MOTTA, 2006). Nessa perspectiva, cada valor associado ao meio ambiente influenciará em seu **preço.** Assim, os métodos de valoração econômica dos recursos naturais, propostos pela Economia do Ambiente, que foi formulada com amparo em conceitos oriundos da Economia Neoclássica, são utilizados para estimar os valores que as pessoas atribuem aos bens e serviços ambientais, com base em suas preferências individuais, mesmo que não venham a utilizar estes bens e serviços no presente (CAMPOS JR, 2003).

Sob a perspectiva da Economia do Ambiente, o valor dos serviços ou recursos ambientais, denominado Valor dos Recursos Ambientais (VERA) ou Valor Econômico Total (VET), é derivado de todos os seus atributos (FAUCHEUX, 1995). Por isso, os economistas ambientais iniciam o processo de mensuração distinguindo entre Valor de Uso - com componentes predominantemente, mas não exclusivamente, tangíveis - e Valor de Não-Uso - componentes essencialmente intangíveis - do bem ou serviço ambiental (MOTTA, 2006).

Assim, nos Valores de Uso (VU), há sempre uma atividade econômica associada. Por sua vez, os Valores de Não-Uso (VNU) são atributos de consumo associados à própria existência do recurso ambiental, ou seja, um valor de não-uso independe (isto é, pode ou não estar associado) do uso do fluxo atual e futuro de serviços ecossistêmicos.

Nesse contexto, é frequente na literatura, desagregar o valor econômico de um serviço ou recurso ambiental em Valor de Uso (VU) e Valor de Não-Uso (VNU). Por sua vez, o Valor de Uso (VU) é um valor relacionado ao uso atual ou ao uso futuro de um determinado habitat por indivíduos. Pode ser subdividido em valores de uso direto (VUD) e valores de uso indireto (VUI). Os valores de uso direto são derivados do uso real de um recurso, seja de forma consumível ou não consumível (por exemplo, madeira em florestas, recreação, pesca); valores de uso indireto referem-se aos benefícios derivados das funções ecossistêmicas (por exemplo, proteção de bacias hidrográficas ou sequestro de carbono por florestas).

A dimensão temporal (uso no presente e uso no futuro) é incorporada na fórmula VERA com o componente Valor de Opção (VO) que contempla os VUD e VUI ao longo dos anos. Um outro componente do VERA, muito importante em valoração de elementos da diversidade biológica, é o Valor de Quase Opção (VQO) que comtempla as incertezas relacionados a novos VUD e VUI que podem ser descobertos pelo avanço do conhecimento científico em relação a bens e serviços ecossistêmicos. Por fim, o valor de não-uso (ou valor passivo) representa o valor de existência, ou de legado, que está dissociado do uso e se deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo[29].

Como resultado, o valor do VERA corresponderia à soma dessas parcelas de valores, isto é, VU + VNU. Ou, de forma desagregada, na soma de:

VERA = (VUD + VUI + VO) + VE

Onde:

Valor de uso direto (VUD): valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental pelo fato de que dele se utilizam diretamente, por exemplo, na forma de extração, de visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto.

Valor de uso indireto (VUI): valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental quando o benefício do seu uso deriva de funções ecossistêmicas, como, por exemplo, a contenção de erosão e reprodução de espécies marinhas pela conservação de florestas de mangue.

Valor de opção (VO): valor que o indivíduo atribui em preservar recursos que podem estar ameaçados, para usos direto e indireto no futuro próximo. Por exemplo, o benefício advindo de terapias genéticas com base em propriedades de genes ainda não descobertos de plantas tropicais.

Valor de não-uso ou valor de existência (VE): valor que está dissociado do uso (embora represente consumo ambiental) e deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de outras espécies que não a humana ou de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para ninguém. Um exemplo claro deste valor é a grande mobilização da opinião pública para salvamento dos ursos pandas ou das baleias, mesmo em regiões em que a maioria das pessoas nunca poderá estar ou fazer qualquer uso de sua existência (MOTTA, 2006).

O Quadro conceitual abaixo[30] explicita um possível Valor dos Recursos Ambientais que pode estar associado à vegetação nativa do tipo floresta e pode ser atingido pelo desmatamento ou pela queima:

29 Valor de não-uso pode representar também o desejo do indivíduo de manter certos recursos ambientais para que seus herdeiros, isto é, gerações futuras, deles usufruam direta e indiretamente. Uma expressão simples deste valor é a grande atração da opinião pública pelo salvamento de baleias, ou sua preservação, em regiões remotas do planeta, que a maioria das pessoas nunca visitará ou terá qualquer benefício de uso.

30 O quadro conceitual foi feito com amparo nas contribuições de Nogueira (2020) ao capítulo de mineração.

Valor Econômico Total - Área com Floresta Principais Componentes dos Bens e Serviços Ambientais Considerações Qualitativas				
Valor de Uso		**Valor de Opção**	**Valor de Quase Opção**	**Valor de Existência**
Valor de Uso Direto	**Valor de Uso Indireto**			
Madeira	Conservação da diversidade biológica	O desempenho das funções assinaladas no "valor de uso direto" e no "valor do uso indireto" pelas gerações futuras,	As funções indicadas em "valor de uso direto", "valor de uso indireto" e "valor de opção" são definidos com base no conhecimento científico e tecnológico existente hoje.	As plantas e os animais que vivem na floresta têm" valor" em si, independente do uso que possam ter para o ser humano.
Frutos	Manutenção da qualidade do ar		Entretanto, o conhecimento científico e tecnológico aumenta com o passar dos anos.	Esse valor intrínseco dos bens ambientais é chamado de "valor de existência", um dos componentes do VET do patrimônio ambiental.
Beleza natural para lazer	Proteção a nascentes de córregos e rios		Assim, algo disponível em uma floresta que não tenha utilidade alguma para o ser humano hoje, poderá ser identificado como a fonte de um incremento significativo do bem-estar humano daqui a dez anos.	
Beleza natural para turismo	Prevenção do processo erosivo do solo e de assoreamento de rios. Regulação de microclima local.		O valor de quase opção é, portanto, um potencial componente do valor do bosque dependente do progresso científico e tecnológico futuro.	

O quadro anterior explicita que se pode capturar de maneira coerente aquilo que deverá ser valorado economicamente para refletir o dano ambiental causado. Mais ainda, a partir dessa captura percebem-se os métodos/procedimentos que deverão ser usados para se obter o valor econômico total desejável do dano ambiental. Como nem sempre o desejável é possível, ao final do exercício de valoração econômica ficarão evidenciadas os componentes do VERA que foram e os que não foram efetivamente valorados por meio dos métodos de valoração econômica ambiental.

Um dos principais fundamentos da valoração econômica é que ela nunca se refere ao valor do estoque de algo, mas sempre e apenas à variação desse estoque. Por exemplo, se alguém menciona o valor econômico da diversidade biológica, então ela ou ele estará sempre se referindo ao valor econômico de uma mudança no estoque de diversidade biológica existente em uma área, região ou país. Não se trata de determinar o valor "verdadeiro" da biodiversidade ou dos ecossistemas, mas de valorizar, economicamente, as mudanças e compará-las com suas alternativas, por exemplo (e somente à guisa de exemplo), com uma área de pastagem versus sem uma área de pastagem.

Os métodos de valoração econômica dos recursos ambientais buscam incorporar conceitos e procedimentos para coletar, organizar e analisar dados que permitam contemplar consequências tangíveis e/ou intangíveis derivadas de um dano ao meio ambiente. Em termos ideais, esses métodos permitem a estimativa dos componentes do VERA de uma alteração no patrimônio ambiental/histórico-cultural, motivo pelo qual, em um determinado caso concreto, deverão ser combinados diferentes métodos no intuito de capturar as diversas facetas de um dano, que pode se revelar pluriofensivo a vários bens jurídicos (fauna, fora, água etc.).

Os economistas Romana Araújo e Jorge Nogueira, integrantes do grupo de trabalho que subsidiou a elaboração destas Diretrizes, organizaram os principais métodos baseados na Economia do Meio Ambiente na tabela abaixo:

Tabela 1 – Métodos de Valoração Econômica e suas características básicas

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Valoração Contingente (MVC)	Estima valores econômicos para praticamente qualquer ecossistema ou serviço ambiental. Pede que pessoas explicitem sua disposição a pagar por serviços ambientais específicos, com base em um cenário hipotético. Assim, o MVC extrai a disposição a pagar (DAP) ou de receber compensação (DAC) de uma amostra de pessoas direta e/ou indiretamente relacionadas com a mudança no nível da disponibilidade do bem ou do serviço ambiental. Parte do pressuposto de que pessoas apresentam diferentes graus de preferência, de desejos ou de gostos por distintos bens e serviços. Esse pressuposto deriva da constatação de que pessoas, ao adquirir bens e serviços, expressam sua respectiva máxima de disposição a pagar (DAP). Assim, pode ser argumentado que, de modo similar, pessoas também têm uma disposição a receber compensação (DAC) por conviver ou suportar a ausência de um bem ou serviço. Contudo, deve-se evitar a DAC, pois ela não reflete as restrições orçamentários do consumidor. A operacionalização do MVC se dá mediante o emprego de questionários devidamente formulados para uma amostra representativa da população interessada ou atingida. Obtidos as informações empíricas, desenvolvem-se análises emolduradas por técnicas estatísticas análise de regressão múltipla obtém-se o valor econômico do bem, serviço ou dano ambiental estudado.	O método mais utilizado para estimar valores de não uso ou “uso passivo”. Apresenta flexibilidade e capacidade de estimar todos os componentes do VET. Entretanto, a literatura aponta crítica quanto à consistência teórica das estimativas empíricas obtidas, bem como à existência de vieses no uso do MVC. Além disso, exige um elevado custo de aplicação. Deve ser, portanto, utilizado em situações de danos ambientais de grandes escalas. Pode ser utilizado para a valoração do dano moral coletivo.

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Custos de Viagem (MCV)	Estima valores econômicos associados a ecossistemas ou locais que são usados para recreação. Assume que o valor de um site se reflete no quanto as pessoas estão dispostas a pagar para visitar o sítio. O MCV baseia-se no somatório de todos os gastos efetuados por um indivíduo ou famílias para chegar a um determinado lugar, geralmente, para visitação, lazer ou recreação. Esses gastos podem ser utilizados como uma aproximação dos benefícios proporcionados pela visitação, lazer ou recreação (PEARCE, 1993). Assim, o comportamento do consumidor é utilizado como parâmetro para valorar os bens/os serviços ambientais que não têm mercado explícito mediante as despesas efetuadas (HANLEY *et al.,* 1993). Entretanto, o MCV apresenta dificuldades estatísticas com a seleção da amostra de entrevistados (NOGUEIRA *et al.*, 2000). Nem sempre todos os entrevistados de um determinado local estão ali exclusivamente para visitar o local. Assim, as estimativas de DAP/DAC podem ser superdimensionadas.	Também exige um elevado custo para a sua aplicação. Cuidados na obtenção de gastos em viagem multipropósitos, nas quais a visitação é apenas parte de outros objetivos dos viajantes. A modelagem estatística necessária para a elaboração das informações não é trivial. Uma informação que exige cautela em sua transformação em valores monetários é o custo de oportunidade do tempo de visitação.

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Preços Hedônicos (MPH)	Estima valores econômicos para serviços ecossistêmicos ou ambientais que afetam diretamente os preços de mercado de algum outro bem, em particular os transacionados em mercado imobiliário. Mais comumente aplicadas a variações nos preços da habitação que refletem o valor dos atributos ambientais locais. Foi aplicado na problemática ambiental em 1967 visando demonstrar que o valor de um imóvel não está associado somente as suas próprias características físicas, mas também pelo cômputo das variáveis relacionadas a sua localidade e as suas características ambientais. Dessa forma, o método possibilita usar os dados dos valores de uma específica propriedade para estimar as mudanças nos parâmetros da qualidade ambiental (NOGUEIRA *et al.*, 2000). A operacionalização do método se dá após a tabulação dos dados e das informações obtidas mediante análise econométrica. Aqui também são apresentados problemas com relação à estimação da função de preço hedônico e à segmentação do mercado imobiliário.	Tem aplicação apenas nos casos em que os atributos ambientais possam ser capitalizados nos preços de residências ou imóveis.

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Dose-Resposta (MDR)	Estima valores econômicos para produtos ou serviços ecossistêmicos que contribuam para a produção de bens comercializados em mercados. O MDR associa diferentes níveis de degradação com diferentes níveis de produção. Por exemplo, para cada "dose" de poluição, existirá uma "resposta" em termos de redução na quantidade produzida de uma determinada cultura e, consequentemente, no seu valor de produção. O MDR não somente atrela os níveis de produção aos níveis perdidos de poluição, mas também permite que os custos necessários para repor uma determinada área possam ser medidos em mercados explícitos. O MDR, ao utilizar os preços de mercado ou o ajuste pelo preço-sombra, não se baseia na estimativa de curva de demanda para se chegar às medidas de bem-estar, mas relaciona as doses-resposta devido à degradação ambiental observada.	A aplicação do MDR exige a existência de informações sobre a relação física/biológica entre a degradação ambiental e o nível de produção obtida a partir do componente do meio ambiente. Pearce afirma que o método é teoricamente correto, mas pode haver erros dos relacionamentos da dose-resposta (PEARCE, 1993). Ou ainda, incertezas da aplicação dos modelos econômicos segundo considerações de Hanley e Spash (1993, p.103).

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Custo de Reposição (MCR)	O MCR se baseia nos custos de restauração e/ou reposição de um patrimônio ambiental alterado por um dano. O conhecimento desses custos a preços de mercado representará uma aproximação dos custos necessários para restabelecer os benefícios que antes existiam ou que poderiam proporcionar no futuro. O MCR pode ser tido como uma medida mínima do dano ocorrido (NOGUEIRA *et al.*, 2000). Assim, os custos necessários para a reposição do patrimônio às suas características originais serão uma aproximação dos benefícios anteriormente vigentes e proporcionados à sociedade. Sua operacionalização é o cômputo dos gastos totais para reparação de um dano que tenha atingido a qualidade ou a quantidade de um bem ou serviço ambiental.	A literatura aponta limitações do método. Primeiro, a incerteza e a dificuldade técnica para repor o recurso ambiental atingido pela degradação. Segundo, o MCR não capta o verdadeiro valor da disposição a pagar ou a receber (DAP ou DAC) da população por uma melhoria ambiental. E, por último, ele não estima o valor de opção e o valor de existência do VET. A reparação se dá por meio da utilização de bens ou serviços substitutos, já que as características intrínsecas de espécies e indivíduos como fontes de variabilidade genética e biodiversidade, não podem ser integralmente repostos. Os custos de reposição, nesses casos, podem diferir muito conforme a solução técnica adotada, tendo em vista a falta de um parâmetro de substituição lastreado em normativos aplicáveis.
Método de Custos Evitados (MCE)	Estima valores econômicos com base nos custos de danos evitados resultantes da perda de serviços ecossistêmicos. O MCE demonstra que gastos defensivos ou preventivos em produtos substitutos ou complementares podem ser utilizados para mensurar monetariamente decisões de indivíduos visando manter, no mínimo, seu nível de bem-estar. Na parte operacional do método utiliza-se a análise de regressão múltipla.	A literatura aponta cuidados no manuseio dos dados com a dificuldade de identificar-se a real motivação pela mudança do comportamento e problemas provenientes de dupla contagem.
Método do Custo de Oportunidade (MCO)	Visa a estimar o valor de recursos ambientais a partir da produção/renda sacrificada de atividades econômicas derivadas de tais recursos.	Comparação com a renda que poderia ser obtida se a área danificada continuasse a ser utilizada para produção.

Fonte: elaborada por Romana C. Araújo e Jorge M. Nogueira

Os métodos construídos com amparo neste referencial teórico não apuram o valor do dano ambiental propriamente dito, mas apenas os valores econômicos (os preços) associados a atributos dos bens ambientais e aos serviços que estes prestavam antes da ocorrência do dano e que interferem na maximização do bem estar humano, assim como os custos associados à hipotética restauração até o padrão normativamente estabelecido, ou os custos de providências técnicas que teriam impedido o dano por

meio da internalização das externalidades ambientais negativas. Além disso, conforme May, Veiga Neto e Pozo (1999) observam, "a maioria dos benefícios propiciados pela biodiversidade não tem valor de mercado, ou são realizáveis somente no longo prazo, não sendo capturáveis durante o horizonte temporal do usuário do recurso. Por conseguinte, os valores resultantes dos métodos de valoração construídos sob a racionalidade da Economia do Ambiente ostentam um enfoque reducionista da complexidade que caracteriza a lesividade ambiental.

A Economia do Ambiente é contraposta pela Economia Ecológica no embasamento de métodos para a valoração econômica de recursos naturais que possam contribuir para a estimativa do valor da indenização dos danos ambientais (ANDRADE, 2008). De acordo com a Economia Ecológica, é necessário, para a valoração dos recursos naturais, considerar o funcionamento de todo o meio ambiente de forma sistêmica, os serviços ecossistêmicos e a energia requerida, de forma direta ou indireta, para produzir um certo produto ou serviço (CAMPOS JR, 2003), de forma alheia à disposição do usuário dos recursos em receber ou a pagar por eles. Para tanto, requer-se o conhecimento interdisciplinar das características socioeconômicas e ambientais, com a identificação dos serviços ecossistêmicos prestados pelo ambiente, no contexto das mudanças climáticas, sob pena de serem desconsideradas importantes variáveis que podem influenciar no resultado da valoração.

A Economia Ecológica foi o referencial teórico adotado pelo Ministério Público do Estado de São Paulo no Relatório Final do Grupo de Trabalho criado em 2012 para propor métodos de valoração de danos ambientais e que concluiu que o grande desafio para a identificação de valores econômicos associados aos danos ambientais está "no desenvolvimento de um sistema de valoração multicritério, em que o valor monetário seja ponderado com os valores não-monetários" [31]. Ou seja, não se descartam os métodos de valoração propostos pela Economia do Ambiente, mas, sempre que possível, deve-se conjugar outras alternativas que sejam capazes de traduzir a complexidade do meio ambiente e dos serviços ecossistêmicos prestados, que foram atingidos pelo dano ambiental, independentemente de qualquer utilidade humana.

Neste contexto, em que há diferentes abordagens em torno da valoração econômica dos recursos naturais que reverberam na valoração dos danos ambientais materiais irreversíveis, considera-se muito importante que os peritos que atuam no apoio dos membros do Ministério Público tenham clareza sobre aos referenciais teóricos, as limitações e os objetivos de cada método de valoração, inclusive para a finalidade de destacar a complexidade do tema e a relevância de se atuar sempre preventivamente, impedindo-se o dano ambiental, que sempre será, em parte, irreversível.

A valoração econômica dos recursos naturais não se limita às hipóteses de dano ambiental. Pelo contrário, os primeiros esforços de valoração foram empreendidos com o objetivo de permitir a gestão de recursos naturais e a tomada de decisões. Conforme esclarece Kaskantzis (2004), o objeto da valoração pode ser de natureza muito variada, como por exemplo: a) uma reserva mineral; b) um parque ecológico; c) um passivo ambiental; d) a perda de biodiversidade; e) os danos à saúde decorrentes de ambiente poluído ou acidente ambiental; f) as perdas de quantidade e/ou qualidade de produção.

Contemporaneamente, a valoração dos recursos naturais também pode ser empregada para a finalidade de se definirem garantias para o licenciamento ambiental

31 Relatório Final do Grupo de Trabalho para Valoração de Danos Ambientais. Ministério Público de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/Relatorio%20Final%20-%20GT%20Valora%C3%A7%C3%A3o%20de%20Danos%20Ambientais%202012.doc, acesso em 03 de mai. 2021.

de atividades capazes de causar significativos impactos ambientais negativos, como se dá nos grandes empreendimentos minerários ou quando da implantação de uma central de resíduos industriais.

Há diversos métodos disponíveis, especialmente sob o referencial da Economia do Ambiente. A escolha do mais adequado ao caso concreto dependerá da quantidade e da qualidade das informações disponíveis sobre o dano, bem como dos objetivos a serem alcançados, das hipóteses assumidas pelos métodos e do conhecimento da dinâmica ecológica dos recursos naturais a serem avaliados (MOTTA, 1997), pois "existem diversos métodos que sugerem distintas perspectivas para a valoração ambiental, mas nenhum deles é aplicável a todas [as] situações. Cada procedimento se restringe a determinadas condições, tornando-se insatisfatório e inaplicável em outras situações", segundo Santana (2002), citado por Magliano (2013, p.115).

Cada método apresenta limitações (metodológica e de informações disponíveis), associadas ao objetivo e fundamentação da valoração, às hipóteses sobre o comportamento do consumidor e aos efeitos do consumo ambiental em outros setores da economia, o que leva à necessidade de explicitar claramente os fatores limitantes e os pressupostos assumidos na valoração.

4.2. Os métodos da NBR 14653-6 da ABNT

A NBR 14653-6, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) dedica-se a estabelecer métodos para a avaliação de recursos naturais e ampara-se na formulação VERA e nos métodos formulados a partir da Economia do Ambiente. A norma não foi concebida para a valoração de danos ambientais, mas sim para identificar valores associados aos recursos naturais para avaliação de imóveis urbanos e rurais. Essa percepção é muito importante, para que se perceba o caráter reducionista das metodologias, incapazes de aferir todos os valores eventualmente associados aos bens ambientais lesados. A norma adota os métodos descritos por Motta, no Manual de Valoração Econômica de Recursos Ambientais que foi elaborado para o Ministério do Meio Ambiente em 1998.

Conforme aponta Loubet (2014), a despeito de as normas da ABNT não serem normas jurídicas de conteúdo obrigatório, elas revelam uma presunção de legitimidade em razão do suposto consenso técnico-científico em sua adoção.

A NBR 14653-6 orienta que, quando houver um mercado consumidor para os bens a serem avaliados, se dê preferência pelo método comparativo direto de dados do mercado[32], seguindo-se as prescrições da NBR 14653-2, NBR 14653-3, NBR 14653-5, conforme a natureza do bem a ser avaliado.

Sempre que os recursos naturais e ambientais possam ser objeto de exploração econômica assemelhada a de um empreendimento, como é o caso dos recursos minerais, pode ser utilizado o método de capitalização de renda, seguindo-se as prescrições da NBR 14.653-4.

A NBR14653-6 classifica os métodos de valoração em dois grupos:

a. **métodos diretos:** que utilizam mercados de bens e serviços substitutos e complementares ou mercados hipotéticos para medir as variações de bem-estar diretamente da demanda dos indivíduos pela qualidade ambiental;
b. **métodos indiretos:** que valoram os benefícios ambientais usando os custos evitados, relacionados indiretamente com as mudanças na qualidade ambiental, sem estarem diretamente relacionados com uma alteração de bem-estar, medida pela predisposição a pagar ou a receber dos indivíduos.

32 Conforme a NBR 14653 – 1, o método comparativo direto de dados do mercado identifica o valor de mercado do bem por meio de tratamento técnico dos atributos dos elementos comparáveis, constituintes da amostra.

4.2.1. Métodos diretos

Admitem a alteração do bem-estar pela variação da disponibilidade de um recurso ambiental e, assim, procuram identificar as preferências reveladas nas curvas de demanda (variações do excedente do consumidor), quando o recurso ambiental é diretamente consumido, ou nas perdas de receitas líquidas (variações do excedente do produtor), quando o recurso ambiental é um insumo na produção de outro bem ou serviço. Sua aplicação é complexa e, muitas vezes, custosa, tanto em tempo como financeiramente, pois requer uma ampla disponibilidade de dados (ambientais e econômicos) e o aporte de modelos estatísticos e econométricos.

A) Método da produtividade marginal

O método da produtividade marginal identifica o valor do recurso ambiental por sua contribuição como insumo ou fator de produção para a produção de um bem ou serviço já comercializado, buscando-se estabelecer uma relação entre a variação do recurso ambiental e a variação física na produção de um bem ou serviço que possua preço de mercado. Aplica-se aos casos em que é possível associar os recursos ambientais à produção de recursos privados e, geralmente, assume a hipótese simplificadora de que variações na oferta pontual de recursos não alteram os preços de mercado agregados.

Roquette (2016) cita, como exemplo da aplicação do método da produtividade marginal, que "o abate de árvores possui relação com a disponibilidade de madeira ou algum outro produto não madeireiro por elas produzidos, como frutos, resinas, folhas com propriedades medicinais etc., sendo o valor desse recurso ambiental observado de acordo com os preços de mercado desses produtos e/ou subprodutos que deixaram de ser providos". Outros tipos de danos, nos quais o método pode ser empregado são: valoração da diminuição da qualidade hídrica de um rio pela redução do produto na atividade pesqueira, ou de outros setores, como produção de bebidas, energia; destruição de manguezais e perda de produtividade em termos de produção de caranguejos e mariscos.

O método avalia valores de uso direto e indireto associados ao recurso natural que é insumo ou fator de produção dos bens e serviços ambientais com preços de mercado. O valor monetário dos danos ambientais deve ser calculado tendo como preço-sombra valores de mercado de bens e serviços que são produtos ou subprodutos do recurso natural afetado.

Para a sua utilização, as informações necessárias consistem em dados de bens e de serviços com preços de mercado que sejam provenientes dos recursos naturais perdidos devido ao dano ambiental.

A desvantagem desta metodologia é que maioria dos recursos e serviços ambientais não estão inseridos no mercado, pelo que são insuscetíveis de valoração através desse método. Além disso, não mede o valor indireto, o valor de opção e o valor de existência.

B) Método de mercado de bens substitutos

O método de mercado de bens substitutos é utilizado para os casos em que a variação da produção, embora afetada pelo recurso ambiental, não oferece preços observáveis de mercado, ou estes são de difícil mensuração. Nesse caso, os preços de mercado podem ser adotados com base nos bens substitutos para o produto ou para o recurso natural, como, por exemplo, o custo do fornecimento de água potável por meio de caminhões pipa, em razão da contaminação de um rio por efluentes industriais.

A respeito deste método, Pearce e Moran (1994, p. 94) afirmam que

> "As técnicas de mercado substituto envolvem a observação de mercados para bens e serviços privados que estão relacionados com mercadorias ambientais de comparticipação. Os bens e serviços comprados e vendidos nestes mercados substitutos terão frequentemente como complementos (ou atributos) e suplementos as mercadorias ambientais em questão. Os indivíduos revelam suas preferências quer pelo bem de mercado privado, quer pelo bem ambiental, quando adquirem um bem privado. Deixam aquilo que é designado como 'rastro comportamental' ao tomarem decisões reais que afetam as suas vidas".

A operacionalização do método de bens substitutos implica pesquisa atualizadas de preços de mercado dos diversos bens que estejam relacionados aos bens ambientais lesados.

C) Método de Preços hedônicos

O método de preços hedônicos utiliza preços de mercado, principalmente de imóveis, ou custos de serviços para estimar o valor das diferenças de nível de atributos ambientais importantes na formação desses preços ou custos (MOTA, 2001). No caso de sua aplicação no mercado imobiliário, recomenda a ABNT que faça parte do modelo as características quantificáveis que expressam indiretamente a disposição a pagar ou a receber pelo recurso ambiental e sua influência específica no preço do bem. Pode ser utilizado para aferir o valor atribuído pelos consumidores a lugares silenciosos, ou privilegiados pelas belas paisagens, capturando os valores de uso e de opção de uso futuro.

Adota por premissa que toda a variação do preço de um bem ou serviço privado em decorrência da presença ou ausência de recursos naturais é decorrente da alteração da oferta desses recursos naturais. Exige, para sua utilização, o levantamento de vários atributos que influenciam no preço de mercado de um bem privado e especificação com precisão do bem e serviço ambiental em análise para estimativa de funções hedônicas.

Não se revela adequado, como método isolado, à valoração de danos ambientais, pois apresenta um enfoque muito limitado à disposição a pagar dos consumidores, pressupondo um extenso conhecimento sobre o mercado imobiliário (STEIGLEDER, 2011).

D) Método do Custo de Viagem

O método do custo de viagem, conforme esclarecem Hanley e Spash (1993), foi proposto pela primeira vez em 1947, relacionando a preservação de área para visitação turística e atividades de lazer. Estima a demanda por um sítio natural, histórico etc., com base nos custos incorridos pelos usuários do bem para acessá-lo, que podem ser considerados a máxima disposição a pagar do usuário pelos serviços naturais/culturais do bem (MOTA, 2001). É um método que se propõe a extrair o valor recreativo/ turístico do bem, em virtude de levantar os valores de uso associados à visita aos recursos naturais.

Adota como premissa que a curva de demanda de atividades recreacionais associadas ao recurso natural em avaliação pode ser constituída com base nos custos de viagem para visitação ao local onde o recurso natural é oferecido. Para sua utilização, exige o levantamento de dados sobre despesas de locomoção, eventuais taxas de visitação, hospedagem, entre outros, associados aos custos de viagem para visitação aos recursos naturais.

Assim, para calcular o valor turístico, recreacional do espaço/bem, utilizam-se procedimentos econométricos. Ensina Motta que, por meio de uma pesquisa de campo, realizada no próprio local a ser investigado, são identificados, por amostragem,

seus visitantes, frequência e custo de viagem das visitas, idade, zona residencial, renda, escolaridade etc. A partir dessas informações, estima-se a taxa de visitação V i (visitantes por mil habitantes por ano, por exemplo) de cada zona residencial da amostra para correlacioná-la em termos estatísticos com os dados de custo médio de viagem de cada zona residencial CV da amostra e as outras variáveis socioeconômicas (usadas como proxis para indicar preferências) da zona em questão Si, conforme abaixo:

Vi = f (CV, Si, S2,...., Sn)

Onde

Vi = taxa de visitação

CV = custo de viagem

S = variáveis socioeconômicas

Derivando-se *f* em relação à variação CV para cada zona, estima-se a curva de demanda *f´* pelas atividades recreacionais/turísticas do local, medindo-se a redução (ou aumento) do número de visitantes quando se aumenta (ou diminui) CV. A curva *f´* é, portanto, a disposição a pagar pelos serviços culturais do bem, onde a área abaixo da curva *f´* é a medida do excedente do consumidor (MOTTA, 1998, p. 39).

E) Avaliação contingente

O método da valoração contingente (*Contingent Valuation Method)* consiste na estimativa do valor de disposição a pagar dos consumidores de bens e serviços ambientais, buscando-se construir uma curva de demanda do bem, pelos valores imateriais associados ao bem. Busca capturar os valores de uso, de não uso e de opção de uso futuro e adota como premissa que as pesquisas de preferências reveladas a partir de cenários com características mais próximas possíveis do real refletem as decisões e os preços em caso da existência de um mercado real para o bem e serviço ambiental descrito.

O método exige cuidados especiais no planejamento, na execução da pesquisa e no tratamento de dados por modelos econométricos e exige pesquisa de campo seguindo um procedimento metodológico com suficiência amostral adequada para refletir o preço dos bens e serviços ambientais em um cenário hipotético de existência de mercado[33].

4.2.2. Métodos indiretos

Conforme explicita o item 8.6 da NBR 14.653-6, os métodos indiretos, ao invés de estimarem diretamente valores associados à disposição a pagar ou a receber dos indivíduos quanto a variações de qualidade ou quantidade ambiental, se utilizam de estimativas de custos associados aos danos. Por isso, seus valores devem ser entendidos como aproximações da verdadeira dimensão econômica dos danos e devem ser utilizados quando os métodos diretos não puderem ser aplicados por falta de dados, tanto tecnológicos como econômicos. Como são baseados em custos para repor a qualidade ambiental ou relocalizar ou evitar danos, sua dimensão pode incorporar valores de uso e de não uso, pois assume-se que o dano seria restaurado ou evitado.

33 O método está alicerçado na teoria neoclássica e do bem estar e parte do princípio de que o indivíduo é racional no processo de escolha, maximizando sua satisfação, dados o preço do bem cultural e a sua restrição orçamentária. Então, "a disposição a pagar de um indivíduo por um bem natural/cultural é uma função de fatores socioeconômicos, ou seja, DAP = f(R, I, G, S), em que: DAP = disposição a pagar, R = renda do usuário, I = idade, G = grau de instrução e S = sexo do usuário" (in MOTA, José Aroudo. *O valor da natureza.* Economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001, p. 147).

A) Custo de reposição/recuperação do bem

O método considera a soma de todos os investimentos necessários à hipotética restauração/recuperação do dano ambiental, restabelecendo-se tanto sua capacidade produtiva como as funções ecossistêmicas do ambiente degradado. Estima que as perdas e serviços ambientais serão corrigidas com a reposição da qualidade ambiental e, para tanto, o método aponta para a necessidade de calcular os diversos custos associados à reposição do ambiente degradado (gastos com projetos, implementação e monitoramento), incluindo a perda econômica relativa ao período entre o tempo inicial da degradação e o tempo total da recuperação. O valor de perda anterior à total recuperação seria equivalente ao custo de reposição multiplicado por uma taxa social de retorno do capital, aplicada ao longo de reposição.

O método do custo de reposição pode representar os valores de uso associados às medidas de recuperação e adota como premissa que existe uma relação de causa-efeito entre a reposição dos recursos naturais e o retorno dos bens e serviços ambientais perdidos ao *status quo ante*, sendo o valor dos custos dessa atividade o preço-sombra dos bens e serviços ambientais sem preço de mercado. Os custos necessários para a reposição dos bens ambientais às suas características originais são considerados uma aproximação dos benefícios anteriormente vigentes e proporcionados à sociedade.

Para a utilização do método são necessários a análise da possibilidade técnica de recuperação dos danos ambientais e o levantamento dos custos totais das atividades de restauração/recuperação até o hipotético retorno ao *status quo ante*, as quais são peculiares às diferentes tipologias de danos ambientais[34].

Conforme observa a Nota Técnica do IBAMA, "quanto maior a intensidade da alteração/degradação, maior será o esforço a ser empregado na recuperação. À medida em que novas variáveis forem adicionadas ao sistema, a complexidade de todo o processo aumentará proporcionalmente, o que, em última análise, conduzirá também a um aumento de custos"[35]. Este documento assinala que um mesmo tipo de dano, como um desmatamento, pode apresentar diversas variáveis que reverberam nos custos de reparação.

Assim, por exemplo, a presença de gramíneas exóticas e possivelmente invasoras, a declividade do terreno, a distância das fontes de materiais, os equipamentos, os insumos, a necessidade de mão de obra especializada são algumas variáveis que entram na composição do custo de restauração/recuperação e que devem ser consideradas no cálculo da indenização pecuniária correspondente ao dano que efetivamente aconteceu.

Os exemplos colacionados na referida norma da ABNT consistem em custos de recuperação da fertilidade em solos degradados até garantir o nível original de produtividade agrícola (custos de reposição); custos de construção de piscinas públicas para garantir as atividades recreativas enquanto as praias estão poluídas (custos de substituição) ou a recuperação de uma mata ou manguezal através de reflorestamento e revegetação.

O método custo de reprodução é uma variação do custo de reposição/recuperação, previsto na ABNT NBR 14653-2 e, ao lado do método CONDEPHAAT, é utilizado para aferir danos ao patrimônio cultural.

34 Estas peculiaridades serão explicitadas nos capítulos subsequentes.

35 Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas. *Nota Técnica* 02001.000483/2016-33 DBFLO/IBAMA. Brasília, 17 de mar. 2016. A Nota Técnica volta-se a situações de desmatamento e parte da premissa de que houve perda da capacidade de resiliência pela intervenção, do que decorre a necessidade de intervenções, tais como o cercamento, a semeadura direta, o plantio de espécies nativas, dentre outras medidas. O método também computa os custos de monitoramento, com replantio de mudas, adubações e controle de pragas, pelo prazo mínimo de três anos.

A partir da perspectiva jurídica proposta nestas Diretrizes, entende-se que os métodos do custo de reposição e reprodução poderão ser tomados como ponto de partida para a valoração de danos ambientais materiais, porquanto permitem valorar o custo da hipotética recuperação/reconstrução do meio ambiente degradado, caso isso fosse possível, com o que os valores de uso direto poderiam ser restabelecidos[36], com o que aplica o **princípio do poluidor-pagador**. Dentre os custos integradores do custo de reposição, é imprescindível examinar a complexidade da hipotética restauração, consultando-se *experts* no assunto, considerando-se os materiais e as técnicas a serem utilizadas etc. Trata-se de abordagem muito utilizada nos laudos para valoração de crimes ambientais, elaborados pela Polícia Federal[37].

Deve-se perceber que esses métodos apresentam a limitação de não refletirem o valor de opção e o valor de existência do bem, desconsiderando o grau de proteção jurídica incidente sobre a coisa, a menos que ocorra importante influência no seu preço. Além disso, o método do custo de reposição não capta o verdadeiro valor da disposição a pagar ou a receber (DAP ou DAC) da população por uma melhoria ambiental.

B) Custos de Relocalização

É uma variante do custo de reposição utilizada para valorar danos ambientais, por meio dos gastos necessários para relocalizar o recurso ambiental degradado. Por exemplo, estima os custos de reposicionamento da tomada d'água de um sistema de abastecimento em função da poluição de um manancial, os custos de transplante de vegetais objeto de especial proteção jurídica.

C) Custos de controle evitados

O método dos custos de controle evitado é utilizado para valorar danos ambientais por meio de estimativas dos gastos necessários que foram evitados para controlar ou minimizar as atividades ofensivas ao meio ambiente. Esse método não mede diretamente a perda econômica revelada pelos indivíduos, pois assume que estes custos seriam uma estimativa mínima da perda de bem-estar associado ao dano. Não obstante, é adequada para as situações de dano presumido em virtude da violação das normas de emissão, tendo em vista o conceito de poluição expresso no art. 3°, III, da Lei Federal nº 6938/81 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente). Alguns exemplos citados pela NBR 14.653-6 da ABNT são: gastos de controle de poluição hídrica (de efluentes industriais, domésticos ou agrícolas) ou atmosférica (de qualquer fonte), que evitariam o dano ambiental, ou gastos em projetos de mitigação que não foram realizados.

O método do custo de controle evitado pode representar os valores de uso associados ao controle da degradação ambiental e adota como premissa que os gastos necessários para se evitar ou controlar a ocorrência de dano ambiental refletem o valor monetário dos bens e serviços ambientais perdidos em decorrência da ausência das medidas de controle. O método incorpora a dimensão futura do dano ambiental e expressa a função preventiva da responsabilidade civil ambiental em virtude de levantar os custos evitados pelo causador do dano, que, caso tivessem sido desembolsados no momento oportuno, poderiam ter impedido a ocorrência da degradação.

36 Com amparo nesse valor, se poderia projetar rendimentos futuros esperados a partir de outros usos econômicos possíveis, como a revitalização do bem para o turismo (transformação em hotel, ou em centro cultural, cobrança de ingressos para visitação etc.), aplicando-se, na sequência a metodologia da capitalização, se houvesse dados disponíveis sobre o uso de bens equivalentes para atividades turísticas.

37 Esta metodologia é analisada por MAGLIANO, Mauro Mendonça. *Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente*. Dissertação de Mestrado em Ciências Biológicas. Programa de Pós Graduação em Perícias Criminais Ambientais. Florianópolis, SC, 2013.

As informações necessárias para a utilização do método consistem no levantamento dos custos com licenciamento ambiental, com projetos e equipamentos de controle de poluição e de mitigação de impactos negativos.

Esse método foi utilizado em um caso judicial em que se quantificou o dano decorrente da queima de campos nativos, estimando-se os custos de limpeza do campo, por meio de roçada manual, que foram evitados:

> Ação civil pública. Queimada em pastagens nativas. Responsabilidade civil. Indenização devida, com modificação do valor...
>
> "Como afiançado na inicial, que a composição dos custos conduziria a valores que oscilam entre R$ 90,00 e R$ 165,00, por hectare, entendo de que o valor médio é que deve ser acolhido para sua fixação, ou seja R$ 127,05 por hectare, que, multiplicados pelos 80 hectares, dão um cálculo final de R$ 10.164,00..."[38].

D) Custo de Oportunidade da conservação

O método busca captar o valor monetário dos recursos ambientais de acordo com os lucros que poderiam ser obtidos mediante a utilização dos bens e dos serviços ambientais, mas que são abdicados em razão da preservação ou conservação dos recursos naturais. Considera poder representar os valores de uso associados com as atividades geradoras de renda e valora indiretamente os recursos naturais a partir da renda sacrificada pela manutenção dos recursos naturais nas condições anteriores à degradação ambiental. Não é um método para a valoração de danos ambientais, mas que se apresenta útil para "representar os custos incorridos pelos diferentes agentes envolvidos com a proteção ambiental para auxiliar no processo político de definição de prioridades" (MOTTA, 1998).

Motta (1998, p.20-21) esclarece que "restrições ao uso da terra em unidades de conservação impõem perdas de geração de receita, visto que atividades econômicas são restritas *in situ*. A renda líquida abdicada pela restrição destas atividades é uma boa medida do custo de oportunidade associado com a criação desta unidade de conservação".

O método exige, como informações necessárias à sua utilização, a identificação do lucro que determinada atividade poderia gerar com a degradação dos bens e serviços ambientais e lucro que os bens e serviços ambientais podem gerar mesmo com sua conservação/preservação.

4.2.3. Outras abordagens metodológicas para valoração de danos ambientais

A) Método Função Dose-Resposta

O método função dose-resposta visa a estabelecer uma relação entre o impacto ambiental (como resposta) e alguma causa desse impacto, como, por exemplo, a poluição (como dose). Mota (2001, p. 169) esclarece que este método é utilizado onde a relação dose-resposta entre alguma causa de dano e efeitos ambientais é conhecida, e colaciona os estudos de Lave e Seskin, datados de 1977, que estimaram os efeitos da poluição do ar nas taxas de mortalidade. Trata-se de uma abordagem para a avaliação de políticas públicas, porquanto permite monitorar a efetividade das decisões públicas frente aos seus resultados materiais (dose-resposta).

O mesmo autor afirma que, à medida em que o impacto no meio ambiente produz mudanças nos preços ou nas quantidades do estoque ou nos fluxos dos serviços naturais, o efeito da política pública ambiental pode ser estimado pelo excedente do usuário, ou pelo excedente do produtor. Por conseguinte, se ocorrer poluição hídrica

38 TJRS, AC 70003962628, 4ª Câmara Cível, Rel. Des. Vasco de la Giustina, j. em 15.05.2002.

associada ao despejo de efluentes em um rio, é possível calcular excedentes ou ganhos das famílias que residem nas adjacências do rio e prejuízos de pescadores e demais grupos sociais que exploram atividades turísticas na região (MOTA, 2001).

B) Método CONDEPHAAT

O método CONDEPHAAT foi proposto por equipe multidisciplinar composta por profissionais oriundos da administração, do Ministério Público e da sociedade civil do Estado de São Paulo[39]. A ordem de serviço do Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado estabelece os critérios para valoração monetária de danos causados a bens de valor cultural[40]. Estima os valores de uso e não uso atribuídos pelos desenvolvedores do método e adota como premissa que os preços dos imóveis devem ser a base para o cálculo do dano patrimonial; os danos de maior ou menor gravidade devem ter uma diferenciação exponencial e a reincidência deve implicar em um valor maior pela multiplicação do valor por algum fator para esse agravo.

Os dados necessários para a utilização do método consistem no levantamento dos custos de construção, na estimativa do valor venal ou do valor de mercado do patrimônio, bem como a avaliação técnica a respeito da extensão, da natureza, da origem do dano e da configuração da reincidência.

Para a aplicação do método é necessário delimitar variáveis pré-estabelecidas para a configuração do bem (se há ato administrativo ou judicial e proteção e sua espécie) e avaliação da extensão, natureza e origem do dano (grau de alteração, sua causa, potencial recuperação e efeitos adversos decorrentes). Essas variáveis são apresentadas em um quadro a que se atribuem pesos e que, somados, configuram a pontuação final a ser aplicada em uma fórmula matemática. Utiliza-se o valor venal do imóvel como referência monetária e, caso inexista, deve-se obtê-lo através do método da quantificação do custo de reprodução– apoiado na NBR 14653-2 (avaliação de bens – imóveis urbanos). Apesar de o método original propor a penalização com rigor em caso de reincidência, caso inexista a informação se considera como o primeiro evento.

A fórmula adotada é assim composta:

$I = R . V . (10) 1/5 (P + 1,4)$

Sendo:

I = valor da indenização

R = coeficiente de reincidência

onde R, para o primeiro evento, é igual a ¼

para a primeira reincidência é igual a ½

para a segunda reincidência é igual a 1

para a terceira reincidência é igual a 2

V = valor venal (ou outro valor de referência)

P = total de pontos obtidos pela aplicação do quadro para a atribuição de pontos

39 A proposta foi apresentada pelo Instituto Brasileiro do Patrimônio Cultural (IBPC) - 9a. Coordenadoria Regional; Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (Condephaat); Departamento do Patrimônio Histórico (DPH) da Secretaria Municipal de Cultura, órgão de apoio técnico ao Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo (Conpresp); Departamento de Avaliação de Impactos Ambientais (SMA); Conselho de Entidades Preservacionistas do Estado de São Paulo (CEPESP) e Ministério Público do Estado de São Paulo, através de sua Promotoria de Justiça de Meio Ambiente da Capital. São Paulo, CONDEPHAAT, 1993.

40 São Paulo, Ordem de Serviço 3-94 do Conselho do Conselho. DOE, Sec.I, São Paulo, 104 (232), 15.12.94, p. 27.

O método não demanda pesquisas de campo ou diligências complexas, podendo ser obtido em curto prazo. Permite também incorporar o grau de originalidade, de proteção jurídica do patrimônio cultural afetado, aferindo o potencial de recuperação a partir de valores culturais associados ao bem.

C) Método do custo ambiental total esperado (CATE)

O método Custo Ambiental Total Esperado (CATE) foi desenvolvido por Ribas para situações de danos ambientais, com enfoque florestal, a partir de um modelo matemático objetivo, embora necessite de inferências para determinação de suas variáveis (RIBAS, 1998). É um dos métodos pioneiros de avaliação monetária de danos ambientais no Brasil e possui um caráter inovador, que é o uso de critérios temporais para avaliação de danos classificados como intermitentes (CATE I), aqueles ocasionados por um único impacto causador de degradação ambiental, e contínuos, que ocorrem durante um horizonte temporal contínuo (CATE II). O método consta em manuais de valoração de danos ambientais de muitos Ministérios Públicos brasileiros[41] por poder ser aplicado em diversas situações de degradação ambiental e se apresentar como uma alternativa que pode ser utilizada no contexto de indenizações pecuniárias.

O objetivo do CATE é estimar a renda perpétua que a sociedade estaria disposta a receber em decorrência da indenização por determinados tipos de degradação ambiental. O cálculo considera as motivações econômicas para a degradação ambiental, os trabalhos de recuperação do meio ambiente (custos diretos), um valor inferido aos serviços ecossistêmicos sem preços de mercado (custos indiretos) e se o impacto causado implicou ou implicará degradação ambiental intermitente ou contínua. Além disso, o método aplica uma taxa de juros adequada para o caso de degradações ambientais (estas podem ser também inferidas de acordo com taxas de descontos "sociais' ou dos custos de oportunidades de empreendimento).

Para utilização do método é necessário investigar: (1) o lucro auferido pela degradação ambiental, muito embora sua não utilização não impeça o cálculo, sobretudo quando da indisponibilidade de dados para comporem essa informação; (2) os custos estimados para recuperação ambiental, para o cálculo dos danos diretos; (3) as relações de causa e efeito entre os danos diretos e indiretos, o que depende do conhecimento profundo da dinâmica ecológica das componentes ambientais degradadas para uma inferência fidedigna e fundamentada sobre a relações entre danos diretos e indiretos, a fim de definir o fator multiplicativo adequado dos custos diretos de recuperação para representarem os valores dos custos indiretos, que varia em uma escala de 1 a 9; (4) o período de ocorrência do dano ambiental, o que também depende do conhecimento da dinâmica ecológica das componentes ambientais até a efetiva recuperação ou a impossibilidade técnica de recuperação ambiental; e (5) a definição de uma taxa de juros adequada e fundamentada para o caso de degradação ambiental.

D) Método do Valor da Compensação Pecuniária (VCP)

O método do Valor da Compensação Pecuniária (VCP) avalia monetariamente os bens e serviços ambientais a partir da soma de cinco parcelas de valoração econômica multiplicada por um fator de "redução social". O método foi publicado em 2002 pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA) como uma proposta para a compensação financeira por impactos negativos causados em unidades de conservação no âmbito do licenciamento ambiental (PEIXOTO, 2002).

41 Ministério Público do Mato Grosso. *Valoração do dano ambiental*: casos aplicados ao Mato Grosso. Cuiabá.

As parcelas de valoração econômica devem refletir as perdas de oportunidade de uso, o impacto cênico, o impacto ecossistêmico, a perda de visitação e o risco ambiental. Cada parcela possui método específico para o cálculo considerando parâmetros físicos, econômicos, imobiliários e ou sociais, bem como outros métodos de valoração de recursos naturais. Na metodologia proposta pelo IBAMA, a soma das parcelas de valoração econômica deve, posteriormente, sofrer uma redução em razão da importância da atividade poluidora a ser licenciada em unidade de conservação, de acordo com a percepção da sociedade.

No caso de degradações ambientais fora de unidades de conservação e de processos de licenciamento ambiental, é possível encontrar na literatura adaptações do método VCP para valoração dos danos ambientais. Nesses casos, a proposta de indenização pecuniárias é feita considerando somente a parcela relativa ao impacto ecossistêmico, multiplicada pelo tempo de sucessão, e somada aos custos de recuperação ambiental[42,43]. (BARRETO, 2013)

E) Tabelas de preço de funções ecossistêmicas

No método de estimativa de preço de funções sistêmicas, são utilizadas tabelas com preços de funções ecossistêmicas calculadas com base na compilação de preços obtidos em um conjunto de publicações científicas que utilizam diferentes métodos em diferentes localidades. Busca-se, com esta abordagem, estimar os valores de uso e não uso.

Pearce e Moran (1994, p. 134) referem-se a este procedimento metodológico como "Transferência de Benefícios" e exemplificam com a hipótese de um determinado projeto de desenvolvimento pretender a destruição de um certo número de hectares de áreas úmidas. Ao invés de se realizar um estudo no lugar previsto para a implantação do projeto, o perito poderia identificar estudos anteriores que tenham calculado o valor econômico das funções ecossistêmicas das áreas úmidas e, então, pressupor que a perda de um hectare destas áreas seria a mesma (ou similar) a do cálculo anterior.

A premissa adotada é que os valores das funções ecossistêmicas estimados sob vários enfoques e em diferentes localidades podem ser extrapolados para várias partes do mundo, porém com a devida cautela na definição dos cenários para os quais estão sendo extrapolados.

Para sua utilização, é necessário efetuar um levantamento bibliográfico de pesquisas científicas nas quais tenha sido avaliado o valor econômico de bens e de serviços ambientais perdidos. Dentre os estudos mais referenciados no conjunto de pareceres que compuseram a base de dados destas Diretrizes, constam um artigo publicado em 1997 por Constanza *et. alii*, em que estimou o valor econômico atribuído a 17 tipos de serviços ecossistêmicos prestados em 16 biomas distintos, com amparo em dados secundários, e outro publicado por De Groot *et. alii* (2012), que avaliou em unidades monetárias o valor dos ecossistemas de 10 biomas, a partir da revisão bibliográfica de mais de 300 estudos.

F) Método Emergético[44]

A Emergia, conforme explicitam Soares, Diniz e Silva, corresponde à energia solar que foi previamente requerida, de forma direta ou indireta, para produzir um

42 Ministério Público do Mato Grosso do Sul. *Nota Técnica*: Orientações para Valoração de Dano Ambiental em procedimentos do Ministério Público de Mato Grosso do Sul, março de 2018.

43 Ministério Público do Mato Grosso. *Valoração do Dano Ambiental*. Disponível em https://pjedaou.mpmt.mp.br/valoracao-do-dano-ambiental/ , acesso em 16 fev. 2021.

44 A revisão do método emergético foi elaborada inteiramente a partir das contribuições de SOARES, Alexandra Fátima Saraiva; DINIZ, Paula Santana e SILVA, Luís Fernando de Morais. Valoração dos danos aos recursos hídricos decorrentes dos resíduos da barragem de mineração em Brumadinho – MG. In 2º. CONRESOL. 2º. *Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, Foz do Iguaçu, 28 a 30 de maio de 2019.

certo produto ou serviço[45]. O valor monetário dos serviços ambientais afetados por um evento de poluição, por exemplo, quantificado pelo método Emergético, avalia o fluxo de matéria e energia e permite analisar o nível biofísico de estresse ambiental a partir de vetores de produção e demanda por ativos e serviços ecossistêmicos".

Os autores esclarecem que este método utiliza a energia solar incorporada (Emergia) aos recursos ambientais para expressar a contribuição da natureza na produção de insumos, matérias-primas, produtos e serviços. Aduzem que, "dessa forma, a contabilidade ambiental é realizada utilizando o Joule de energia solar (SeJ), que corresponde à unidade de medida da Emergia, permitindo, ao contrário do que ocorre na economia convencional, atribuir um valor real aos recursos naturais pelo bem-estar que eles proporcionam, em virtude de suas funções ecossistêmicas e serviços ambientais realizados" segundo Soares (2019).

Campos Jr. aduz que a aplicação do método emergético ocorre por uma sequência de etapas específicas. Em primeiro lugar, deve ser construído um modelo esquemático que represente o sistema que se pretende analisar, apresentando todos os fluxos e componentes que entrarão no estudo. Em seguida, elabora-se uma tabela, listando todos os elementos do modelo, junto com os valores dos fluxos. Após, estes valores são convertidos em emergia com base em coeficientes pré-estabelecidos, que representam a transformidade, ou seja, quanta energia solar foi usada para a obtenção de cada componente do modelo. Por fim, são elaboradas equações para cada fluxo e elemento do sistema, nas quais são calculados os resultados das interações entre os diferentes fluxos e o valor final da emergia em cada componente do sistema (CAMPOS, 2003).

Trata-se de um método compatível com os preceitos da Economia Ecológica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo trata dos principais métodos disponíveis para valoração econômica dos danos ambientais, encontrados nos diversos pareceres técnicos elaborados pelo Ministério Público brasileiro e nas Notas Técnicas e outros documentos já produzidos (todas elas, relacionadas ao final destas diretrizes, para consulta). São abordagens que serão, em sequência, aprofundadas e interpretadas diante das diferentes tipologias de danos ambientais: danos à fauna, danos à flora, danos ao patrimônio cultural, danos decorrentes de mineração, danos associados à loteamentos irregulares e danos decorrentes da poluição.

A aferição das parcelas que compõem o Valor dos Recursos Ambientais (VERA) que foram afetadas pelo dano pressupõe a combinação desses métodos com outros que se mostrem adequados para valorar os danos à fauna, à flora, à saúde humana e às atividades socioeconômicas e culturais, que também podem ser atingidos, buscando-se uma abordagem ampla e sistêmica.

Não obstante, cumpre destacar que o esforço de valoração econômica não consegue capturar o caráter ético da Natureza e da vida, em todas as suas formas. Trabalha com a lógica do mercado, que enseja a atribuição de preços para bens e serviços ambientais e a consideração dos custos associados à prevenção ou à reparação dos danos. Por esse motivo, não substitui, quando for o caso, a necessidade de arbitramento do valor do dano moral coletivo, este compreendido como um dano de conteúdo jurídico que expressa a reprovação social diante de um evento lesivo que atinge o bem-estar coletivo e o valor de existência dos bens ambientais.

45 ODUM, H. T. *Environmental Accounting, Emergy and Decision Making*. New York: Wiley, 1996. 370 p., citado por SOARES, Alexandra Fátima Saraiva; DINIZ, Paula Santana e SILVA, Luís Fernando de Morais. Valoração dos danos aos recursos hídricos decorrentes dos resíduos da barragem de mineração em Brumadinho – MG. In 2º. CONRESOL. *2º. Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, Foz do Iguaçu, 28 a 30 de maio de 2019.

A despeito das limitações e dificuldades relacionadas ao tema, há várias possibilidades capazes de oferecer um resultado útil para a finalidade de promover a reparação do dano material irreversível. A escolha do método mais adequado depende das peculiaridades do caso concreto, da finalidade de sua aplicação, das características de uso e de importância do bem lesado, assim como dos recursos humanos e técnicos disponíveis. A etapa de coleta de dados, em geral objeto da atuação dos órgãos ambientais e da polícia, é fundamental para o êxito da valoração, porquanto não é possível calcular valores indenizatórios sem informação suficiente e qualificada, apta a descrever os diversos impactos negativos causados.

Dado o caráter pluriofensivo dos danos ambientais, capazes de ensejar efeitos cumulativos e sinérgicos sobre diversos bens jurídicos protegidos, em múltiplas escalas, é essencial que se tenha clareza a respeito de quais impactos ambientais negativos serão objeto da valoração, em um processo de seleção e de hierarquização, porquanto não será possível valorar economicamente o dano ambiental propriamente dito, em toda a sua complexidade, mas tão somente extrair valores econômicos de bens e serviços que tenham sido lesados, com a perda ou a diminuição de sua oferta para a sociedade.

Nesse contexto, há procedimentos prévios à valoração, que pressupõem a identificação dos diversos elementos do meio ambiente que foram atingidos, observando-se o grau de intervenção, a reversibilidade do dano e as categorias que compõem o VERA. É essencial que o Promotor de Justiça ou Procurador da República conduza a investigação de modo a obter os dados necessários à valoração, assim como à definição do que será efetivamente restaurado e compensado, e que estabeleça um diálogo interdisciplinar com a equipe técnica que atua na instrução dos inquéritos civis públicos, nos inquéritos policiais e nas ações civis públicas, inclusive para a finalidade de conhecer novas abordagens científicas, que sejam capazes de captar outras dimensões dos danos ambientais (danos climáticos, danos sociais etc.).

Por fim, entende-se que a valoração econômica do dano ambiental por meio de métodos que tenham sido testados e que sejam aplicados pelo Ministério Público brasileiro concorre para reduzir eventuais riscos da discricionariedade que permeia a prática do arbitramento, seja judicial ou extrajudicial. Confere, portanto, maior racionalidade aos processos decisórios e permite que as soluções possam ser generalizadas para outros casos similares, criando-se uma espécie de "jurisprudência" de reparação integral dos danos ambientais.

Além de sua extrema utilidade para a indenização dos danos ambientais irreversíveis, a valoração também poderá servir de norte para que haja proporcionalidade com as medidas compensatórias ecológicas e com os valores que venham a servir de base para a exigência de garantias da futura remediação das áreas, inclusive na etapa do licenciamento ambiental (seguros ambientais, hipotecas etc.). Ou seja, a valoração permite que se reconheça o valor econômico, ainda que parcial, dos bens ambientais e, a partir disso, se possam tomar decisões melhor fundamentadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, D.C. *Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica*, Leituras de Economia Política, Campinas, (14): 1-31, ago.-dez. 2008.

ARAUJO, Romana Coêlho de. *Procedimentos prévios para valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público*. Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Economia. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. Brasília, março, 2003.

BARRETO, M.E. *A valoração econômica como instrumento de gestão ambiental aplicável a compensação ambiental:* o caso do parque estadual do Ibitipoca-MG. Âmbito Jurídico, 2013. Disponível em https://ambitojuridico.com.br/cadernos/direito-ambiental/a-valoracao-economica-como-instrumento-de-gestao-ambiental-aplicavel-a-compensacao-ambiental-o-caso-do-parque-estadual-do-ibitipoca-mg/, acesso em 02 mai. 2021.

BENJAMIN, Antônio Herman. Conferência de abertura. *Webinar 4º Seminário Internacional do Instituto Planeta Verde - Direito das Mudanças Climáticas*. 13 e 14 de setembro de 2020. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=LRfLl4hvdpo&list=PLJx51746d6kQe7NsgwdjF_JA_pP6AKKmV, acesso em 19 dez. 2020.

BORATTI, Larissa Verri. *Aspectos teórico-jurídicos do risco ambiental no espaço urbano*. Dissertação de Mestrado em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CAMPOS JR., José Julio Ferraz de. *Valoração Econômica de Danos Ambientais:* Caso dos derrames de petróleo em São Sebastião. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Mecânica. Planejamento de Sistemas Energéticos, Campinas, 2003, p. 18, 40-41.

CARVALHO, Délton Winter de. *Dano ambiental futuro*. A responsabilização civil pelo risco ambiental. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2008.

CONSTANZA, Robert et. alii. *The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature*. Vol. 387, 15 mai. 1997.

DE CUPIS, Adriano. *El daño*: teoría general de la responsabilidad civil. Barcelona: Bosch Casa Editorial, 1975.

DE GROOT, Rudolf et. alii**.** *Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units*. *Ecosystem Services*.Volume 1, Issue 1, July 2012, Pages 50-61. Disponível em https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005, acesso em 27 abr. 2021.

FAUCHEUX, Sylvie; NOËL, Jean-François. *Economia dos recursos naturais e do meio ambiente*. Lisboa: Instituto Piaget, 1995, p.256.

FREITAS, Cristina Godoy de Araújo. *O pedido de compensação na ação civil pública*. Dissertação de Mestrado em Direito das Relações Sociais. PUC-SP, São Paulo, 2009.

FREITAS, Gilberto Passos de. *Ilícito Penal Ambiental e Reparação do Dano*. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2005.

FRIEDE, Reis; ARAGÃO, Luciano. *Dos danos sociais*. *Revista da ESMEC*, v. 23, n. 29, p. 13-44, 2016. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/documentacao_e_divulgacao/doc_biblioteca/bibli_servicos_produtos/bibli_informativo/bibli_inf_2006/Rev-ESMESC_29.01.pdf, acesso em 27 de abr. 2021.

GOMES, Luiz Flávio; MACIEL, Silvio; MAZZUOLI, Valério de Oliveira; AYALA, Patryck de Araújo. *Crimes Ambientais* – Comentários à Lei 9.605/98. São Paulo: Ed. Revista dos Tribunais, 2011.

GRAU, Eros Roberto. *Proteção do meio ambiente*: Caso Parque do Povo. *Revista dos Tribunais*. São Paulo, v. 702, abr. 1994, p. 249.

HANLEY, N.; SPASH, C. L. *Cost-benefit analysis and the environment*. Hants, Inglaterra: Edward Elgar, 1993, p. 83, 103, 205.

KASKANTZIS. Georges. *Apostila de Perícia Ambiental*. Curso de Perícia Judicial Ambiental, 1ª versão, 2004, mimeo.

KASKANTZIS, Georges. *Análise do Habitat Equivalente***.** Revisão Bibliográfica. Disponível em: https://qdoc.tips/analise-habitat-equivalente-pdf-free.html, acesso em 19 jun. 2021.

KÄSSMAYER, Karin. *Cidade, riscos e conflitos socioambientais urbanos*: Desafios à regulamentação jurídica na perspectiva da justiça socioambiental. Tese de Doutorado em Direito. Programa de Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

KING, Denis; ADLER, Kenneth. *Scientifically Defensible Compensation Ratios for Wetland Mitigation,* 1991. Disponível em: https://training.fws.gov/courses/csp/csp3132/resources/Evaluation%20Methodologies/Habitat%20Equivalency%20Analysis%20(HEA)/King%20and%20Adler%201991.pdf, acesso em 19 jun. 2021.

KOKKE, Marcelo. *Ação civil pública n. 1010603-35.2019.4.01.3800*, 15ª Vara Federal Cível da Seção Judiciária de Minas Gerais. Disponível em: http://climatecasechart.com/non-us-case/federal-environmental-agency-ibama-v-siderurgica-sao-luiz-ltda-and-martins/, acesso em 16 fev. 2021.

LEITE, José Rubens Morato. *Dano ambiental*: do individual ao coletivo extrapatrimonial. São Paulo: RT, 2000.

LOUBET, Luciano Furtado. *Licenciamento Ambiental* – A obrigatoriedade da adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD). Belo Horizonte: Del Rey, 2014.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. *Valoração Econômica em Laudos Periciais de Crimes contra o Meio Ambiente,* 2013. p. 115. Dissertação (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. *Valoração Econômica de Danos Ambientais.* Universidade de Brasília: Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. 2019, p.183.

MAY, Peter; VEIGA NETO, Fernando; POZO, Osmar Chévez. *Valoração econômica da biodiversidade no Brasil:* revisão da literatura. Apresentado no III Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica. Recife. 11-13 de novembro de 1999.

MELO, Melissa Ely. *O dever jurídico de restauração ambiental*. Percepção da natureza como projeto. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas. *Nota Técnica 02001.000483/2016-33 DBFLO/IBAMA*. Brasília, 17 de mar. 2016.

Ministério Público do ESTADO DE Mato Grosso do Sul. *Nota Técnica*: Orientações para Valoração de Dano Ambiental em procedimentos do Ministério Público de Mato Grosso do Sul, mar. de 2018.

Ministério Público do ESTADO DO Mato Grosso. **V***aloração do Dano Ambiental*. Disponível em https://pjedaou.mpmt.mp.br/valoracao-do-dano-ambiental/ , acesso em 16 fev. 2021.

Ministério Público do ESTADO De São Paulo. *Relatório final do Grupo de Trabalho de Valoração do Dano Ambiental*. ATO PGJ 45/2012) 27/09/2012 a 14/09/2014. Disponível em: http://www.mpsp.mp.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_

meio_ambiente/Relatorio%20Final%20-%20GT%20Valora%C3%A7%C3%A3o%20de%20Danos%20Ambientais%202012.doc, acesso em 03 de mai. 2021.

Ministério Público Federal. 4ª. Câmara de Coordenação e Revisão. *Valoração de Danos em matéria de meio ambiente e de patrimônio cultural*. Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal. Disponível em http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a- cr/copy2_of_14_006_dia_mundial_do_meio_ambiente_2_Livreto_ONLINE_CCR4_101.pdf , acesso em 16 fev. 2021.

MIRANDA, Marcos Paulo de Souza. *Primeiras reflexões sobre acordo de não persecução penal em crimes ambientais* - 15 de fev. 2020 - Site Consultor Jurídico. Disponível em https://www.conjur.com.br/2020-fev-15/ambiente-juridico-primeira-reflexoes-acordo-nao-persecucao-penal-crimes-ambientais, acesso em 19 jun. 2021.

MOTA, José Aroudo. *O valor da natureza*. Economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001, p. 157, 164, 169, 172.

MOTTA, Ronaldo Seroa. *A experiência internacional na valoração de danos ambientais*. Rio de Janeiro, jan. 2021, Inédito.

MOTTA, Ronaldo Seroa. *Palestra*. Escola Institucional do Ministério Público de Minas Gerais. 28 out.2020.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Economia Ambiental*. RJ: FGV Editora, 2006, p.12

MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. IPEA/MMA/PNUD/CNPq, Rio de Janeiro, 1997, p. 39, 254.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Lega, Brasília, 1998, p.20-21, 39.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). *Habitat Equivalency Analysis: an overview*. Damage Assessment and Restoration Program. USA: Washington D.C., 2000. Disponível em: https://darrp.noaa.gov/economics/habitat-equivalency-analysis, acesso em 19 mai. 2021.

NETO, Nicolao Dino; FILHO, Ney Bello; DINO, Flávio. *Crimes e Infrações Administrativas Ambientais*. 3º Edição, Ed. Del Rey, Belo Horizonte, 2011.

NOGUEIRA, J.M., MEDEIROS, M. A. A. e ARRUDA, F. *Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou Empirismo? In: Cadernos de ciência e tecnologia*. Embrapa. Brasília, v.17, n.2, p. 81-115, maio/ago.2000.

ODUM, H. T. *Environmental Accounting, Emergy and Decision Making*. New York: Wiley, 1996, p. 370

PEARCE, D. *Economic values and the natural world*. Londres: Earthscan Publications, 1993, p. 105-106 e 110.

PEARCE, David; MORAN, Dominic. *O valor econômico da biodiversidade*. Lisboa: Instituto Piaget, 1994, p.94, 134.

PEIXOTO, S.L.; WILLMERSDORF, O.G. *Modelo de valoração econômica dos impactos ambientais em unidades de conservação*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Renováveis – Brasília, DF, 2002.

PINHO, Hortênsia Gomes. *Prevenção e reparação de danos ambientais*. As medidas de reposição natural, compensatórias e preventivas e a indenização pecuniária. Rio de Janeiro: GZ Editora, 2010.

POLIDO, Walter Antonio. *Contrato de seguro: a efetividade do seguro ambiental na composição de danos que afetam direitos difusos*. Disponível em: https://www.ibds.com.br/artigos/contrato-de-seguro-ambiental-publicacao.pdf. Acesso em 27 fev. 2021.

PRADO, Luiz Régis. *A tutela constitucional do ambiente no Brasil. Revista dos Tribunais*. São Paulo, v. 675, jan. 1992, p. 82-86.

READY, R. & NAVRUD, S. *International benefit transfer***:** methods and validity tests, Ecological Economics, 60(2): 429-434, 2006.

RIBAS, Luiz Cesar. *Metodologia para avaliação de danos ambientais***.** O caso florestal. Tese de Doutorado em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

RIBAS, Luiz César. *A problemática ambiental***.** Reflexões, ensaios e propostas. São Paulo: Editora de Direito Ltda., 1998.

ROQUETTE, José Guilherme. *Valoração econômica de Caryocar brasiliense Camb. (Pequi):* Contribuições para o ressarcimento dos danos ambientais irreversíveis e/ou compensação ecológica. Especialização em Economia e Meio Ambiente. Curso de Pós-graduação em Economia e Meio Ambiente, Departamento de Economia e Extensão, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

SALDARRIAGA, Carlos; PATIÑO, Bernardo. (2016). *Transferencia de valores económicos para la estimación de impactos sobre cobertura boscosa en proyectos hidroeléctricos*. *Económicas CUC*, 37(1), 41-60. DOI: http://dx.doi. org/10.17981/econcuc.15.5.2016.02.

SANTIAGO, Alex Fernandes. *Fundamentos de Direito Penal Ambiental*. Belo Horizonte: Del Rey. 2015.

SARLET, Ingo Wolfgang. *Direito fundamental a um clima estável e a PEC 233/2019*. Direitos Fundamentais. Consultor Jurídico. 14 dez. 2020., disponível em: https://www.conjur.com.br/2020-dez-14/direto-fundamental-clima-estavel-pec-2332019, acesso em 14 dez. 2020.

SARLET, Ingo Wolfgang e FENSTERSEIFER, Tiago. *Direito constitucional ambiental*. Constituição, direitos fundamentais e proteção do ambiente, 2ª. Ed., São Paulo: Ed. RT, p.51.

SENDIM, José de Sousa Cunhal. *Responsabilidade civil por dano ecológicos:* da reparação do dano através de restauração natural. Coimbra: Coimbra Editora, 1998.

SILVA, José Afonso da. *Direito ambiental constitucional***,** 2ª. Ed. São Paulo: Malheiros, 1997.

SILVEIRA, Clóvis Eduardo Malinverni da. *Risco ecológico abusivo*: a tutela do patrimônio ambiental nos processos coletivos em face do risco socialmente intolerável. Caxias do Sul: EDUCS, 2014.

SOARES, Alexandra Fátima Saraiva; DINIZ, Paula Santana e SILVA, Luís Fernando de Morais. *Valoração dos danos aos recursos hídricos decorrentes dos resíduos da barragem de mineração em Brumadinho* – MG. In 2º. CONRESOL. 2º. Congresso

Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Foz do Iguaçu, 28 a 30 de maio de 2019.

SOUZA, Roberta Fernanda da Paz de. *Economia do meio ambiente*: aspectos teóricos da economia ambiental e da economia ecológica. Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural. Rio Branco – AC, 2008.

STEIGLEDER, Annelise Monteiro. *Responsabilidade Civil Ambiental*. As dimensões do dano ambiental no direito brasileiro. 2ª. Edição, Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2011, p.245

STEIGLEDER, Annelise Monteiro. Critérios para o arbitramento do dano extrapatrimonial ao meio ambiente In. BENJAMIN, A. H.; LECEY, E.; Silvia Cappelli In: *Anais do Congresso Internacional de Direito Ambiental*. Instituto O Direito por um Planeta Verde. 2008, São Paulo. Mudanças climáticas, biodiversidade e uso sustentável de energia. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008, v. 01, p. 23-40.

WEDY, Gabriel; CAMINE, Maiara; RHODEN, Eliana; ARNHOLD, Tatiana. *Direito fundamental ao clima estável e a audiência do fundo ambiental*. Consultor Jurídico. 10 out. 2020, Disponível em: https://www.conjur.com.br/2020-out-10/ambiente-juridico-direito-fundamental-clima-estavel-audiencia-fundo-clima, acesso em 12 dez. 2020.

CAPÍTULO II

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE POLUIÇÃO

Annelise Monteiro Steigleder[1]
Flávio Faccin[2]
Alexandra Fátima Saraiva Soares[3]
Paula Santana Diniz[4]
José Guilherme Roquette[5]

SUMÁRIO

1. Introdução

2. Procedimentos prévios para qualificação da poluição

3. Métodos aplicados para a valoração do dano decorrente de poluição

3.1. Poluição da água

3.1.1. Emergia

3.1.2. Custo de reposição

3.1.3. Mercado de Bens Substitutos

3.2. Poluição sonora

3.3. Poluição atmosférica

3.3.1. Compensação das emissões de dióxido de carbono por meio de plantio de vegetação

3.3.2. Avaliação das emissões de gases pela poluição decorrente de queimada no Pantanal

3.3.3. Emergia

3.3.4. Custo de controle evitado

3.4. Poluição do solo e da água subterrânea

1 Promotora de Justiça do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul; Mestre em Direito pela UFPR; Doutora em Planejamento Urbano e Regional pelo PROPUR/UFRGS.

2 Engenheiro Químico e Assessor Técnico do Gabinete de Assessoramento Técnico do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul.

3 Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais; Engenheira Civil e Sanitarista; Bacharel em Direito; Pós-Doutora em Direito Público pela Università degli Studi di Messina, Itália. Doutora e Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (DESA/UFMG).

4 Analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais; Engenheira Química; Mestre em Engenharia Nuclear e Especialista em Meio Ambiente pela Universidade Federal de Minas Gerais.

5 Engenheiro Florestal e Analista do Ministério Público do Mato Grosso. Especialista em Economia e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Paraná. Mestre em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal de Mato Grosso.

3.4.1. Custo de Remediação da Área Degradada

3.4.2. Análise de Equivalência de Habitats

3.5. Valoração não monetária de poluição ambiental

4. Conclusões

Referências bibliográficas

Anexo 1 - Quesitos para investigação de poluição

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo é o resultado das discussões do subgrupo que tratou dos métodos para valoração de danos ambientais decorrentes da poluição[6] e colaciona uma série de experiências oriundas de pareceres e estudos técnicos elaborados para instrumentalizar perícias em inquéritos civis públicos e ações judiciais. Adotou como metodologia a revisão de casos concretos, já testados pelo Ministério Público brasileiro.

O dano ambiental do tipo poluição apresenta-se pluriofensivo. Tem o potencial de atingir, ao mesmo tempo, diversos componentes do meio ambiente, motivo pelo qual demanda uma abordagem complexa. O lançamento de determinado poluente na água, por exemplo, além de atingir a qualidade do corpo hídrico, afeta a biota e prejudica a satisfação de uma série de necessidades sociais, econômicas e culturais que são obtidas a partir do bem ambiental lesado.

A definição jurídica de poluição consta do art. 3º, inciso III, da Lei Federal nº 6938/81 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente), segundo o qual "poluição é a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos."

Além de suscitar a incidência da responsabilidade civil ambiental, com vistas à imposição ao poluidor da obrigação de sustar a fonte poluidora, assim impedindo-se novos ilícitos e danos, independentemente da obrigação de reparação integral das diversas facetas desta forma de degradação, a poluição é tipificada criminalmente, nos termos do art. 54 da Lei Federal nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais e Infrações Administrativas), nos seguintes termos:

> Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora.
>
> Pena: reclusão, de 1 (um) a 4 (quatro) anos, e multa.

Trata-se de crime de perigo em relação à saúde humana e crime de dano em relação à fauna e à flora. Sua materialidade demandará a elaboração de prova pericial, embora haja precedente do Superior Tribunal de Justiça, no sentido de que o perigo à saúde humana exigível para a configuração do delito é abstrato[7]. A perícia criminal,

6 Integram o subgrupo poluição: Promotora de Justiça Annelise Monteiro Steigleder (coordenadora), Promotora de Justiça Cristina Graça Seixas, Procuradora da República Sandra Kishi, Procuradora de Justiça Silvia Cappelli, Economista Romana Araujo, Engenheiro José Guilherme Roquette, Engenheiro Químico Flávio Faccin, Engenheira Alexandra Fátima Saraiva Soares e Engenheira Paula Diniz.

7 Neste sentido é o entendimento do Superior Tribunal de Justiça, conforme a seguinte ementa: "De acordo com o entendimento desta Corte Superior, "a Lei de Crimes Ambientais deve ser interpretada à luz dos princípios do desenvolvimento sustentável e da prevenção, indicando o acerto da análise que a doutrina e a jurisprudência têm conferido à parte inicial do art. 54 da Lei n. 9.605/1998, de que a mera possibilidade de causar danos **à** saúde humana é idônea a configurar o crime de poluição, evidenciada sua natureza formal ou, ainda, de perigo abstrato" (STJ, RHC 2.119/SP, Rel. Ministro Gurgel de Faria, 5ª. Turma, DJe 5/2/2016).

com valoração do dano, também é uma exigência dos arts. 19[8] e 20[9] da Lei Federal nº 9.605/98.

A poluição pode ser causada por diversos meios. Pode ser resultado do despejo de efluentes industriais ou domésticos na água, da infiltração de substâncias no solo, no subsolo e nas águas subterrâneas, de emissões sonoras e atmosféricas e da pulverização de agrotóxicos, a partir do que ocorre a exposição dos bens ambientais e da saúde humana a múltiplos riscos e a consumação de danos multidimensionais, que foram abordados no capítulo primeiro destas Diretrizes (danos materiais, danos interinos, também denominados de lucros cessantes ambientais ou danos intercorrentes, danos residuais, danos sociais e danos morais coletivos).

A contaminação do solo pode resultar em **danos interinos**, pelo período durante o qual perdurarem as medidas de remediação, e **danos residuais**, que expõe a perigo a saúde humana, atingem o solo e a água subterrânea permanentemente, mesmo que sejam implementados projetos de remediação. Também a poluição sonora e a poluição atmosférica oferecem complexidade em sua reparação jurídica, porquanto as medidas técnicas para regularização das atividades e a implantação de sistemas de tratamento acústico e de gases não apagam o passado, em que o bem-estar humano e dos demais seres vivos foi atingido ao longo de muitos meses. Não obstante, além de danos morais coletivos, associados à perda ou à diminuição da qualidade de vida e do sossego, há danos materiais que devem ser reconhecidos e indenizados.

Nesse contexto é que as medidas de reparação por danos decorrentes da poluição deverão contemplar a indenização pecuniária por danos materiais irreversíveis, sem prejuízo do pagamento de indenização por dano moral coletivo, da execução de projetos de remediação e da implantação de equipamentos de controle que passem a impedir novos ilícitos.

Os métodos para valoração econômica de danos ambientais decorrentes de poluição devem ser combinados, de acordo com as especificidades dos diferentes bens jurídicos lesados, com vistas à captura dos diversos componentes do VERA[10] (Valor dos Recursos Ambientais), os quais, segundo Motta, consistem em:

> VERA = (VUD + VUI + VO) + VE
>
> Onde:
>
> **Valor de uso direto** (VUD): valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental pelo fato de que dele se utilizam diretamente.
>
> **Valor de uso indireto** (VUI): valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental quando o benefício do seu uso deriva de funções ecossistêmicas.
>
> **Valor de opção** (VO): valor que os indivíduos atribuem em preservar recursos que podem estar ameaçados, para usos direto e indireto no futuro próximo.
>
> **Valor de não-uso ou valor de existência** (VE): valor que está dissociado do uso e deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de outras espécies que não a humana ou de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para ninguém (MOTTA, 2006).

8 Art. 19. A perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa.
Parágrafo único. A perícia produzida no inquérito civil ou no juízo cível poderá ser aproveitada no processo penal, instaurando-se o contraditório.

9 Art. 20. A sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente.
Parágrafo único. Transitada em julgado a sentença condenatória, a execução poderá efetuar-se pelo valor fixado nos termos do *caput*, sem prejuízo da liquidação para apuração do dano efetivamente sofrido.

10 VERA equivale a "Valor Econômico Total" – VET.

Um evento de poluição hídrica, por exemplo, pode resultar na mortandade da fauna, na destruição da flora aquática e na produção de danos sociais, que atinjam temporária ou permanentemente as pessoas que dependem do recurso hídrico para suas atividades econômicas e práticas culturais. Tais impactos negativos atingem valores de uso direto (exemplo: disponibilidade de água para consumo humano, irrigação e dessedentação de animais); valores de uso indireto (exemplo: valor ecossistêmico do ambiente aquático para a vida silvestre); valor de opção (exemplo: disponibilidade hídrica no futuro) e valor de existência, reconhecendo-se a dimensão ética e ecológica da água, aspecto este que vem sendo afirmado pelas cortes de justiça de países como a Equador, Colômbia e a Índia, que contam com precedentes nos quais atribuem personalidade jurídica, respectivamente, aos rios Vilcabamba, Atrato e Ganges (CÂMARA; FERNANDES, 2018).

Diante disso, os diversos impactos negativos, decorrentes do evento de poluição, devem ser levantados por **tipologia** (impactos na saúde humana, na vegetação, na fauna, na paisagem, impactos decorrentes da emissão de ruídos, de poluentes atmosféricos ou de efluentes domésticos/industriais, perda de empregos e encerramento de atividades locais etc.), **categoria do VERA** (lesão a valor de uso direto, indireto, opção e existência); **magnitude e duração** (temporários, definitivos etc.), a fim de que cada um deles seja objeto de uma abordagem de valoração específica, que também considere a possibilidade de restauração *in situ,* de recuperação de elementos específicos e de compensação por equivalente.

2. PROCEDIMENTOS PRÉVIOS PARA QUALIFICAÇÃO DA POLUIÇÃO

A valoração econômica dos danos ambientais pressupõe procedimentos prévios, que permitam um correto e amplo diagnóstico do dano ocorrido, assim como dos diversos serviços ecossistêmicos que foram lesados a partir da atividade poluidora. É preciso apurar o tipo de contaminante introduzido no meio ambiente, estimar seu volume e concentração, avaliar sua toxicidade e o seu potencial de atingir a saúde humana, as atividades socioeconômicas e culturais e outros bens jurídicos protegidos, como o solo, o ar, a água, a fauna e a flora.

Para nortear esta avaliação preliminar, voltada à garantia de que os dados elementares para a valoração sejam colhidos, consoante os bens ambientais lesados e selecionados como relevantes para a valoração, adota-se neste trabalho o Roteiro de Vistoria expedita elaborado pelo Ministério Público Federal, direcionado para a coleta de dados e para a produção de informações essenciais, de forma célere e pouco custosa[11]. O objetivo é evitar a perda de informações, que tende a ocorrer pela falta de pronto registro ou de mascaramento do dano por intervenções posteriores, de causa natural, acidental ou intencional. Para esse tipo de vistoria, sugere-se sejam acionados os órgãos ambientais locais, a polícia militar e especialistas vinculados a instituições de ensino e pesquisa.

Em sequência, o mesmo roteiro do Ministério Público Federal propõe diretrizes para perícias multidisciplinares. Dada a sua relevância, transcrevemos as diretrizes que permitem a caracterização da poluição:

11 Ministério Público Federal. 4ª. Câmara de Coordenação e Revisão. *Valoração de Danos em matéria de meio ambiente e de patrimônio cultural.* Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal.
Disponível em http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/copy2_of_14_006_dia_mundial_do_meio_ambiente_2_Livreto_ONLINE_CCR4_101.pdf , acesso em 16 fev. 2021.

Quadro 1 – Aspectos técnicos relacionados ao lançamento de produto tóxico no ambiente para vistoria expedita

Lançamento de produto tóxico (sólido, líquido ou gasoso) no ambiente
Atividades mínimas e informações essenciais (Registrar todos os métodos, técnicas e duração do levantamento):
1. Caracterização química e mineralógica, volume (m^3), massa (kg) e concentração, quando couber, do material lançado no ambiente.
2. Descrição do lançamento (datas, circunstâncias, tempo decorrido até a cessação). Histórico de lançamentos, acidentais ou não, da mesma natureza na área. Evidências ou possibilidade de precipitação de contaminantes (produtos da reação do gás) na superfície do solo, águas ou vegetação.
3. Descrição da ocorrência de explosão ou queima associada ao lançamento de produto inflamável.
4. Dimensão (m^2) e localização geográfica da área afetada pelo lançamento com indicação das coordenadas dos seus vértices e do sistema de referência geodésico. Descrição dos usos do solo e dos recursos hídricos anteriores ao lançamento.
5. Medidas, equipamentos e/ou benfeitorias de prevenção que tomadas ou aplicadas anteriormente ao lançamento, poderiam tê-lo evitado.
6. Caracterização geral da vegetação e da flora afetadas; bioma e fitofisionomias ocorrentes na área; principais usos pela população; espécies mais destacáveis; Áreas de Preservação Permanente, Reservas Legais e áreas protegidas.
7. Descrição da área coberta por vegetação contaminada. Mapa com representação dessa área. Descrição dos danos à vegetação, com estimativa do número de plantas adultas afetadas, com identificação botânica. Registro fotográfico detalhado.
8. Caracterização geral dos vertebrados terrestres e aquáticos, com identificação das espécies ou grupos de espécies mais abundantes ou frequentes, incluindo aves e peixes migratórios potencialmente presentes na ocasião do lançamento.
9. Total (exato ou estimado) de animais visivelmente afetados pela contaminação ou mortos, identificados até o menor táxon possível. Registro fotográfico detalhado.
10. Caracterização do sistema socioeconômico afetado: atividade produtiva, cadeia logística. Total estimado de pessoas afetadas pela suspensão de abastecimento de água e tempo decorrido até o reabastecimento.
11. Caracterização do impacto sobre a saúde de pessoas. Total estimado dos atendimentos médicos emergenciais, internações e óbitos decorrentes do lançamento.
12. Em caso de poluição do solo, identificação das possibilidades de uso futuro do solo com e sem remediação, mesmo que natural.

O mesmo roteiro do Ministério Público Federal sugere que, em caso de **alteração na água superficial que prejudique sua qualidade**, a torne temporária ou permanentemente inservível para uso humano ou imprópria para o suporte das condições ecológicas anteriores ao vazamento/lançamento, na vistoria expedita sejam levantadas as seguintes informações técnicas:

Quadro 2 – Aspectos técnicos relacionados à alteração na água superficial para vistoria expedita

ALTERAÇÃO NA ÁGUA SUPERFICIAL
1. Características do corpo d'água impactado: área de abrangência da ocorrência, vazão ou volume, qualidade anterior e posterior ao lançamento;
2. Descrição das medidas específicas que tomadas anteriormente ao lançamento teriam evitado a degradação e os danos constatados. Estimativa dos custos de implementação dessas medidas, equipamentos e/ou benfeitorias;
3. Medidas necessárias, com estimativa de custos e de tempo, para restauração do corpo ou curso d'água para condições de uso similares àquelas anteriores ao lançamento;
4. Verificação de eventual deposição do contaminante no leito do corpo ou curso d'água ou agregação aos sedimentos de fundo e da hipótese de risco à contaminação do recurso hídrico se esse for submetido a condições climáticas específicas. Indicação de medidas, estimativa de custos e tempo necessário para remediação do leito do corpo ou curso d'água;
5. Alteração na água subterrânea que prejudique sua qualidade, a torne temporária ou permanentemente inservível para uso humano ou imprópria para o suporte das condições ecológicas anteriores ao vazamento/derrame/lançamento;
6. Caracterização do aquífero antes e após a contaminação: tipo de aquífero, descrição do meio geológico que armazena a água, porosidade, vazão específica, condutividade hidráulica, transmissividade, coeficiente de armazenamento, nível potenciométrico, qualidade da água e usos da água;
7. Caracterização da dispersão do contaminante no aquífero, quer seja o próprio sólido lançado ou percolado oriundo dele. Área de abrangência e profundidade da pluma versus tempo decorrido desde o lançamento;
8. Descrição das medidas específicas que tomadas anteriormente ao lançamento teriam evitado a degradação e os danos constatados;
9. Estimativa dos custos de implementação dessas medidas, detalhando equipamentos e/ou benfeitorias;
10. Medidas necessárias, com estimativa de custos e de tempo, para restauração do aquífero para condições de uso similares àquelas anteriores ao lançamento.

Outro referencial que pode ser de grande utilidade para a orientação a respeito das informações necessárias à utilização dos métodos de valoração é o Roteiro para laudos da Unidade de Assessoramento Ambiental (UAA) do Gabinete de Assessoramento Técnico (GAT) do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul (MPRS), que, dentre os diversos tipos de danos ambientais, recomenda que, para situações de poluição industrial, lançamento de efluentes, emissões e contaminação por resíduos sólidos, o membro do Ministério Público, no inquérito civil público, diligencie para apurar as seguintes informações:

Quadro 3 – Roteiro para Laudos Periciais

ATIVIDADE INDUSTRIAL – LANÇAMENTO DE EFLUENTES
1. Informar se a empresa possui licença de operação (anexar cópia); 2. Informar o ramo de atividade da empresa e, se possível, a sua capacidade de produção ou apresentar licença de operação); 3. Informar se a empresa possui estação de tratamento de efluentes e, se possível, listar os principais equipamentos; 4. Informar se existem reclamações da população das vizinhanças quanto ao odor, dores de cabeça, reações alérgicas ou mal-estar generalizado, em decorrência do lançamento do efluente nas proximidades; 5. Caso tenha sido verificado ou reclamado, informar a respeito da ocorrência de vazamentos e deficiência de impermeabilização de piso e lagoas; 6. Se possível, solicitar os laudos analíticos de monitoramento do efluente líquido, bem como os registros da vazão de lançamento de efluentes praticada, preferentemente referentes aos últimos 3 meses de operação; 7. Se possível, informar qual é o corpo receptor do efluente (arroio, rio, lagoa, água subterrânea etc.) e o seu aspecto no ponto em que recebe o efluente (cor, odor, espumas e materiais flutuantes); 8. Se possível, informar se, próximo ao local de lançamento de efluente, existem moradores residentes no entorno e atividades agropecuárias.
ATIVIDADES INDUSTRIAIS – EMISSÕES ATMOSFÉRICAS
1. Informar se a empresa possui licença (anexar cópia); 2. Informar se há emissão visível de fumaça escura e, se possível, fotografar; 3. Informar se a atividade gera odores fora dos limites de sua propriedade; 4. Informar se há lançamento de “poeira” e/ou acúmulo de material particulado fora dos limites da propriedade onde se situa a atividade; 5. Informar se existem reclamações da população das vizinhanças quanto ao odor, excesso de “poeira”, dores de cabeça, reações alérgicas ou mal-estar generalizado, em decorrência das emissões atmosféricas; 6. Se possível, solicitar os laudos analíticos de monitoramento das emissões atmosféricas, preferentemente referentes aos últimos 2 anos de operação.
ATIVIDADES INDUSTRIAIS – RESÍDUOS SÓLIDOS
1. Informar se a empresa possui aterro para disposição de seus resíduos sólidos industriais. Em caso positivo, verificar se existe licença de operação para a atividade (anexar cópia); 2. Caso a empresa realize a disposição de seus resíduos em sua propriedade industrial, informar se esta disposição se dá a céu aberto e, se possível, se existem deficiências de impermeabilização de pisos, células e lagoas; 3. Caso a empresa realize a disposição de seus resíduos em outro local, informar os locais de destino e, se possível, solicitar as notas fiscais de transporte e/ou compra e venda de resíduos; 4. Existindo disposição de resíduos na propriedade industrial, solicitar, se possível, a apresentação dos laudos analíticos de monitoramento de águas superficiais e subterrâneas do local; 5. Se possível, informar quanto à presença de corpo d’água e/ou poço de abastecimento de água nas proximidades, moradores residentes no entorno e atividades agropecuárias (criações de animais e/ou culturas agrícolas); 6. Se possível, informar se existem reclamações da população das vizinhanças quanto ao odor, dores de cabeça, reações alérgicas ou mal-estar generalizado, em decorrência da disposição de resíduos nas proximidades.

DERRAMAMENTO DE PRODUTOS QUÍMICOS
1. Informar, o mais detalhadamente possível, as características do produto derramado, através, por exemplo, das informações contidas em rótulos de embalagens, informações prestadas por técnicos responsáveis, fichas de segurança (FISP) etc. É recomendável que estas informações compreendam o nº ONU, nome técnico e/ou comercial, fabricante, classe e subclasse de transporte (Resolução ANTT nº 5.232/2016); 2. Informar se existe licença de operação para o transporte da carga; 3. Informar os principais ingredientes que contribuem para a periculosidade do produto transportado; 4. Informar os dados da transportadora e do responsável técnico pelo transporte de produtos perigosos; 5. Informar sobre a classificação da zona onde ocorreu o derramamento (residencial, industrial, mista ou rural); 6. Informar sobre a proximidade a corpos hídricos (rios, lagos, arroios); 7. Se possível, descrever as características do produto derramado (cor, odor, aspecto oleoso, produção de fumaça etc.); 8. Se possível, estimar a quantidade derramada de cada produto e a área atingida; 9. Se possível, informar se o derramamento atingiu solo e/ou corpos d'água; 10. Se possível, informar se houve mortandade de peixes e animais, algum efeito prejudicial visível à fauna e/ou flora, mudança de coloração da água, etc.; 11. Se possível, coletar amostras de água ou solicitar à PATRAM[12] que colete estas amostras para análise posterior; 12. Se possível informar se foram identificados efeitos adversos à saúde humana em consequência ao derramamento.

Fonte: GAT– MP-RS

Para **contaminação de solo, subsolo e das águas subterrâneas**, sugere-se que seja exigida do empreendedor uma investigação ambiental confirmatória, com anuência e regramentos disciplinados pelo órgão ambiental competente, em conformidade com as diretrizes da Resolução CONAMA nº 420/2009, a partir da qual será possível estimar a pluma de contaminação, os riscos envolvidos para saúde humana e para o meio ambiente e as medidas necessárias para remediação da área para o uso futuro pretendido[13].

Nesta etapa de caracterização da degradação ambiental decorrente da poluição, é importante descrever as medidas que deveriam ter sido tomadas para evitar o lançamento de produto tóxico no ar, solo ou na água, se acidental, e estimar os custos de implementação dessas medidas, detalhando equipamentos e/ou benfeitorias. Ainda, é recomendável estimar o tempo necessário para a remediação, pois estes procedimentos prévios permitirão informações para o emprego das metodologias prescritas na NBR 14.653 da ABNT, de **custos de controle evitados** e **custos de reposição/restauração**.

Na hipótese de poluição sonora, além das medições de ruídos necessárias à caracterização da desconformidade com os limites máximos de emissão, é recomendável estimar custos envolvidos na execução de tratamento acústico da fonte poluidora, assim como os custos associados à regularização ambiental da atividade (custos evitados com a obtenção do licenciamento ambiental e com a execução do isolamento acústico). A mesma racionalidade é aplicável à poluição atmosférica. São casos em que se poderá lançar mão, para a valoração dos danos materiais irreversíveis, da metodologia dos **custos de controle evitados,** em que se deverá utilizar uma taxa de juros **para cálculo dos lucros cessantes ambientais (danos interinos).**

12 Brigada Militar com atuação na área ambiental.

13 Alguns Estados, como São Paulo, possuem legislação própria sobre gestão de áreas contaminadas (Lei Estadual 13.577/2009), que também prescrevem as abordagens para investigação de passivos.

3. MÉTODOS APLICADOS PARA A VALORAÇÃO DO DANO DECORRENTE DE POLUIÇÃO

A seguir, trataremos de métodos e critérios utilizados nos laudos de assessorias técnicas dos Ministérios Públicos dos Estados e da União examinados a partir do envio à Comissão de Meio Ambiente do CNMP, considerando-se algumas tipologias de poluição. Estes métodos poderão ser conjugados, a depender dos bens ambientais lesados e das informações disponíveis.

3.1. Poluição da água

3.1.1. Emergia

Soares, Diniz e Silva adotaram o método da Emergia, descrito no capítulo primeiro, para estimativa do valor monetário dos serviços ambientais afetados por um evento de poluição aos recursos hídricos do Rio Paraopeba, decorrentes da ruptura da barragem de rejeitos da empresa Vale do Rio Doce, localizada em Brumadinho (2020).

A emergia do serviço ambiental e seu respectivo valor monetário foram quantificados, inicialmente, por meio da estimativa das emissões no Rio Paraopeba de Sólidos em Suspensão Totais (SST), em kg/dia, presentes na lama. Em seguida, foi determinada a massa de água, em kg/dia, utilizada para a diluição do parâmetro SST até o padrão de referência, estabelecido para Classe 2, na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008 e Resolução CONAMA nºº 357/2005, que dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Calculou-se, então, a energia potencial (serviço ecossistêmico), em Joule (J)/dia, associada ao escoamento gravitacional da massa de água durante a diluição do poluente (sólidos em suspensão totais), a qual foi convertida, posteriormente, em uma medida emergética equivalente (SeJ/dia), por meio do fator de conversão de energia em emergia (energia solar incorporada), denominado Transformidade Solar ou Índice de Transformidade, expresso em emergia por Joule (SeJ/J).

Os índices de transformidade são calculados por pesquisadores em todo o mundo e são divulgados em periódicos científicos e endereços eletrônicos especializados (ORTEGA, 2000). Finalmente, a emergia do serviço ambiental associado à massa de água foi obtida, em termos monetários (dólar), utilizando o índice de equivalência emergia/dólar ($3{,}0 \times 10^{12}$ SeJ/U$), determinado para o Brasil por Ortega (2000). Este índice permite comparar a emergia do serviço afetado à emergia do dinheiro que circula no país em determinado ano, possibilitando a conversão dos valores de energia solar em dinheiro. Posteriormente, para a determinação dos valores em Reais (R$), foi utilizado o câmbio atual.

O mesmo método foi utilizado por Soares em estudo de caso sobre a valoração do dano ocasionado pelo lançamento de esgotos sanitários *in natura*, gerados em Divinópolis/MG no Rio Itapecerica e aferição da correspondente compensação ambiental (2020). Nesse caso, considerou-se a carga poluidora de matéria orgânica biodegradável, expressa em termos de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), lançada indevidamente no curso de água. Para determinar o ponto de depuração da matéria orgânica no corpo de água e aplicar a equação para calcular a energia da massa de água utilizada na diluição do poluente, utilizou-se o modelo de Streeter-Phelps.

O modelo matemático de Streeter-Phelps relaciona os principais mecanismos que definem a concentração de OD em um curso de água superficial que recebe lançamento de esgotos sanitários: decomposição de matéria orgânica e aeração.

A hipótese básica do modelo Streeter-Phelps é que a taxa de decomposição da matéria orgânica no meio aquático (ou taxa de desoxigenação dL/dt) é proporcional à concentração da matéria orgânica presente em um dado instante de tempo, que é dada pela Equação 1:

$$\frac{dL}{dt} = -k_1 L \quad \text{.....Equação 1}$$

Onde L é a DBO remanescente ao fim do tempo t, em mg/L e k1 é o coeficiente de decaimento, ou constante de desoxigenação, dada por dia-1 e t é o tempo, em dias.

Na literatura, o coeficiente de desoxigenação (k1) é também denominado coeficiente de decomposição (kd). Integrando a Equação 1, entre Lo e L, tem-se:

$$\int_{Lo}^{L} \frac{dL}{dt} = -k_1 L \longrightarrow L = Lo e^{-k_1 t} \quad \text{..... Equação 2}$$

Onde: Lo é a DBO inicial de mistura (esgoto sanitário + corpo de água receptor), no ponto de lançamento, em mg/L.

Em termos de consumo de oxigênio, é importante a quantificação da DBO exercida, que pode ser obtida pela Equação 3:

$y = L_o (1-e^{-k_1 t})$ Equação 3

y é a DBO exercida em um tempo t (mg/L).

Cálculo monetário dos serviços afetados

A metodologia utilizou a formulação do VERA (NBR 14.653-6:2008). O lançamento dos esgotos *in natura* de Divinópolis/MG afetou trecho do Rio Itapecerica e posteriormente do Rio Pará. Para o cálculo da valoração, foram utilizados o Valor de Uso Direto (VUD) e o Valor de Uso Indireto (VUI) dos recursos hídricos afetados.

A carga de DBO foi obtida pela Equação 8:

Carga DBO = População x Carga per capita x % esgoto não tratado.... Equação 8

O VUD foi estimado com base no valor de mercado estabelecido para o benefício advindo da utilização das águas do Rio Itapecerica e Rio Pará para diluição dos esgotos sanitários lançados em seus cursos.

Tendo em vista que o recurso hídrico constitui importante insumo econômico, foi calculado, inicialmente, com base nas informações dos valores dos Preços Públicos Unitários (PPU) apresentado no Anexo II (Tabela I) da Deliberação Normativa do Comitê da Bacia do Rio Pará nº 24/2013 para lançamento de efluentes (PPUDBO – R$/Kg) e cálculo da carga poluidora (DBO) proveniente do esgoto lançado nos cursos dos rios Itapecerica e Pará (CBHRP, 2013). Assim, VDU é calculado pela Equação 9:

$VDU = PPU_{DBO}$ x carga de DBO kg ..... Equação 9

Cálculo do VUI

O valor monetário dos serviços ambientais, afetados pelo lançamento dos esgotos sanitários *in natura* nos rios Itapecerica e Pará, foi obtido pela metodologia Emergética ou Ecoenergética, que utiliza a energia solar incorporada (Emergia) aos

recursos ambientais para expressar a contribuição da natureza na produção da massa de água necessária para diluição dos efluentes.

Assim, para a determinação do Valor de Uso Indireto (VUI) foi analisado o serviço ambiental associado a água superficial poluída.

A emergia do serviço ambiental e seu respectivo valor monetário foram quantificados, inicialmente, por meio da estimativa do lançamento nas águas de matéria orgânica biodegradável, expressa por DBO, em kg/dia, presente nos esgotos brutos. Em seguida, foi determinada a massa de água, em kg/dia, necessária para a diluição do parâmetro DBO até os padrões de referência, estabelecidos para as classes dos Rios Itapecerica e Rio Pará, na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1, de 05 de maio de 2008 e Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, que dispõem sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento (CONAMA, 2005; MINAS GERAIS, 2008).

Calculou-se, então, a energia potencial (serviço ecossistêmico), em Joule (J)/dia, associada ao escoamento gravitacional da massa de água durante a diluição do poluente (DBO), a qual foi convertida, posteriormente, em uma medida emergética equivalente (SeJ/dia), por meio do fator de conversão de energia em emergia (energia solar incorporada), denominado Transformidade Solar ou Índice de Transformidade, expresso em emergia por Joule (SeJ/J).

Os índices de transformidade são calculados por pesquisadores em todo o mundo (ODUM, 1996), sendo amplamente divulgados em periódicos científicos e endereços eletrônicos especializados (ORTEGA, 2000a).

Finalmente, a emergia do serviço ambiental associado à massa de água foi obtida, em termos monetários (dólar), utilizando o índice de equivalência emergia/dólar ($3{,}0 \times 10^{12}$ SeJ/U$), determinado para o Brasil por Ortega (2000). Esse índice permite comparar a emergia do serviço afetado à emergia do dinheiro que circula no país em determinado ano, possibilitando a conversão dos valores de energia solar em dinheiro. Posteriormente, para a determinação dos valores em Reais (R$), foi utilizado o câmbio atualizado.

Considerando as características dos poluentes lançados, verificou-se que seus principais impactos estão relacionados ao lançamento de matéria orgânica no curso d'água, expresso na forma da concentração do parâmetro DBO.

Dessa forma, no que concerne às interferências sobre os recursos hídricos, os serviços ecossistêmicos afetados podem ser quantificados em termos da energia necessária para a diluição dos efluentes até os níveis máximos permitidos e pelo consumo do oxigênio dissolvido em suas águas, devido à decomposição da matéria orgânica. A avaliação dos serviços ecossistêmicos afetados foi realizada seguindo os seguintes passos:

1. quantificação da carga de DBO introduzida no meio aquático,
2. determinação da massa de água necessária para diluição das emissões calculadas até as concentrações máximas admissíveis na legislação em vigor,
3. cálculo da energia associada à massa de água necessária para diluição do parâmetro crítico até os padrões estabelecidos na legislação,

4. estimativa do oxigênio aquático dissolvido consumido pela decomposição da matéria orgânica lançada pela população de Divinópolis no curso d'água, para definir as zonas de Recuperação e Águas Limpas.

Determinação da massa de água necessária para diluição das emissões

A massa total de água comprometida na diluição da carga de DBO lançada, até a concentração de DBO permitida pela legislação, foi obtida por meio da Equação 10:

$$M = d\frac{W_{DBO5}}{c}$$ .....Equação 10

Onde,

M = massa de água, em kg;

d = densidade da água (1 kg/L);

W_{DBO5} = carga emitida de DBO em kg;

c = concentração de DBO no rio a montante do lançamento, em kg/L.

Cálculo da energia potencial da massa de água

A energia potencial (Ep) da massa de água utilizada na diluição dos poluentes foi calculada, em Joules, por meio da Equação 11:

$$E_p = Mgh$$ ..... Equação 11

Onde,

M = massa de água para diluir a DBO até os níveis permitidos, em kg (Equação 10),

g = aceleração da gravidade, (9,8 m/s2),

h = diferença de altitude entre o ponto de lançamento e o ponto de depuração.

Cálculo da Emergia

De acordo com Ortega (2000), a transformidade referente a Rios - Escoamento gravitacional é 27.874 sej/J. Assim, a conversão da energia potencial calculada para Emergia é dada por:

Emergia (Sej) = Ep x 27.874 sej/J

Conversão Emergia-Dólar

De acordo com Ortega (2000), a transformidade EMergia-Dólar = 3,0 E+12 sej/U$, logo:

$$EMDólar = \frac{Emergia}{Transformidade\ Emergia - Dólar}$$

Diante do exposto, a emergia dos serviços ecossistêmicos afetados (capacidade de autodepuração do corpo d´água) e seu respectivo valor monetário foi calculado por meio dos seguintes passos: i) conversão dos serviços ecossistêmicos previamente calculados em uma medida emergética equivalente, no caso energia solar incorporada, adotando-se índices de Transformidade, que avaliam a qualidade do fluxo de energia dos serviços ambientais associados a determinado recurso natural ou antrópico. Tais índices são calculados por pesquisadores em todo o mundo, sendo amplamente

divulgados em periódicos científicos e sites da internet especializados, ii) conversão da emergia calculada em valores monetários por meio do índice de equivalência emergia/dólar calculado para o Brasil. Tal índice permite comparar a emergia do serviço afetado à emergia do dinheiro que circula no país em determinado ano, possibilitando a conversão dos valores de energia em dinheiro e iii) conversão do valor em dólar para Real, utilizando o câmbio atual.

3.1.2. Custo de reposição

Para poluição hídrica, a Nota Técnica sobre Valoração de Danos Ambientais do Ministério Público do Mato Grosso do Sul propõe a adoção do método do **custo de reposição**, com base em preços de mercado para reposição ou restauração do bem ambiental[14]. Trata-se de um método indicado pela NBR 14.653-6 da ABNT como capaz de "estimar os gastos necessários para restaurar a capacidade produtiva e as funções ecossistêmicas de um recurso ambiental degradado"[15].

Este método também é citado por Valle, no contexto de um estudo publicado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), ao lado de outras abordagens combinadas (2006), e foi adotado em pareceres técnicos do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro para estimar o custo de restauração de solo e água contaminados[16].

O enfoque do método de custo de reposição é aferir o custo de tratamento da água do curso hídrico onde ocorreu o dano por lançamento de efluentes domésticos ou industriais para que suas águas possam atender aos limites dos parâmetros presentes na legislação ambiental de enquadramento.

O método compara a concentração dos parâmetros escolhidos a montante e a jusante do local de lançamento irregular de efluentes no curso hídrico, valendo-se dos padrões normativos estabelecidos nas Resoluções nº 357/2005 e 430/2011, ambas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e na legislação estadual que trata da classificação dos recursos hídricos.

Os parâmetros selecionados na Nota Técnica acima mencionada como os mais representativos para inferir os possíveis prejuízos causados aos serviços ambientais foram: demanda bioquímica de oxigênio (DBO_5), coliformes termotolerantes, fósforo total e nitrogênio amoniacal. A escolha desses parâmetros se deve ao fato de representarem as principais variáveis monitoradas em Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) e também por serem requisitadas nas licenças ambientais dos empreendimentos que lançam efluentes nos cursos hídricos[17]. Além das concentrações de entrada e saída dos parâmetros selecionados, é preciso aferir o custo unitário de remoção de cada parâmetro por sistema de tratamento escolhido, e verificar sua eficiência, a vazão do curso hídrico, a carga poluente e o tempo de operação da fonte poluidora.

Para o emprego deste método de valoração, ainda é necessário saber a classe de enquadramento do curso hídrico, pois foi adaptado na equação-base o respectivo coeficiente de enquadramento (Ce). Nos casos comprovados de perecimento de espécimes, será aplicado também o coeficiente de perecimento (Cp).

14 Um estudo de caso com a utilização do método consta de https://www.mpms.mp.br/downloads/assecom/metodologia-valoracao-parte-ii.pdf, acesso em 03 de maio de 2021.

15 A ABNT prescreve que se estimem os custos de reposição do ambiente degradado (gastos de engenharia, implementação e monitoramento) para esta reposição, incluindo a perda econômica relativa ao período entre o tempo inicial da degradação e o tempo total da recuperação.

16 MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. INFORMAÇÃO TÉCNICA 502/2019.

17 Esta afirmação consta da proposição inserida na Nota Técnica do Ministério Público do Mato Grosso do Sul, disponível em: https://www.mpms.mp.br/downloads/assecom/metodologia-valoracao-parte-ii.pdf, acesso em 03 de maio de 2021. É possível a utilização de outros parâmetros, conforme previsão em legislação federal e estadual.

Com base nestas informações, aplica-se a fórmula abaixo:

V = n.R.K.t.Ce.C

Em que:

V = valor do dano ambiental causado pelo lançamento irregular de efluentes em curso hídrico (R$);

n = número de ciclos de tratamento;

R = custo de tratamento para remoção da carga poluente (R$/kg);

K = carga poluente (kg/mês);

Fonte: MP-MS[18]

A variável de ciclos de tratamento (n) é determinada de acordo com a eficiência de remoção de cada poluente, conforme o tipo de tratamento utilizado. O coeficiente representa o número de ciclos de tratamento necessários para a redução da concentração do parâmetro em questão até o limite previsto na legislação ambiental. Dessa maneira, concentrações elevadas de poluentes terão o valor do dano aumentado em função do número de vezes que seria necessário submeter o curso d'água em estudo ao tratamento, até atingir as condições necessárias ao enquadramento vigente.

A variável R, correspondente ao custo de tratamento para a carga do poluente, é determinada em unidade de massa (R$/kg). A obtenção desse valor relaciona-se ao sistema de tratamento usado como referência. Na Nota Técnica do MPMS, indica-se a utilização do sistema anaeróbio, sob a justificativa de que a maioria das Estações de Tratamento de Efluentes no Estado do Mato Grosso do Sul usa este sistema. Nesse documento, consta que o valor da variável R foi obtido, multiplicando-se o valor da tarifa para efluentes industriais com volume de tratamento acima de 10 m3 pelo volume de efluente que contém 1 kg do poluente em questão.

A variável da carga poluente (K) é determinada multiplicando-se a vazão do curso hídrico pela concentração de poluente. Assim, após o ajuste devido de unidades, obtém-se o valor da massa total (kg/mês) que flui na unidade de tempo para cada poluente analisado. Como os valores de vazão no curso hídrico sofrem grande variabilidade, deve-se adotar como base de cálculo o valor da vazão de referência da bacia hidrográfica. De forma alternativa, não sendo possível a determinação do valor de referência, utiliza-se o valor mínimo de vazão encontrado nos boletins de monitoramento.

Em relação à concentração de poluentes, utiliza-se o valor médio das concentrações por meio dos boletins de monitoramento. Em casos específicos, na ausência de dados de monitoramento, deve-se utilizar os valores determinados *in loco*, no momento da vistoria técnica, tanto para vazão quanto para concentração de poluentes.

A variável *t* corresponde ao tempo de operação da fonte poluidora, ou seja, ao número de meses em que o empreendimento lançou efluentes de forma irregular no curso hídrico.

O coeficiente de enquadramento (Ce) é determinado conforme a classificação do curso hídrico no local de lançamento do efluente por parte do órgão estadual competente.

Por fim, o coeficiente de perecimento (Cp) deve ser empregado nos casos em que houver perecimento de espécies no curso hídrico, constatado no momento da vistoria ou em momento anterior por meio da análise de vestígios e provas. Se houver perecimento de espécies em risco de extinção, o valor do coeficiente deve ser de 1,10. Nos casos de perecimento de demais espécies, o valor a ser utilizado é de 1,05.

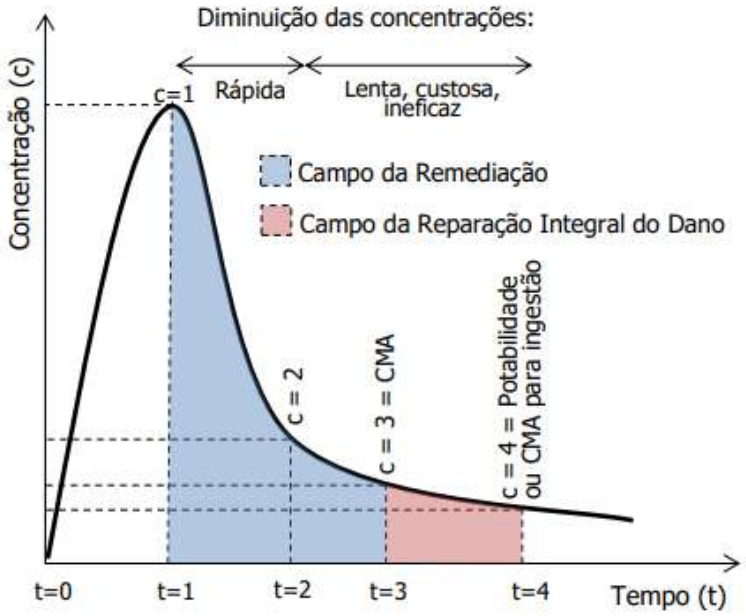
18 https://www.mpms.mp.br/downloads/assecom/metodologia-valoracao-parte-ii.pdf, acesso em 03 de maio de 2021.

3.1.3. Mercado de Bens Substitutos

O método do mercado de bens substitutos também pode ser utilizado para contaminação hídrica, conforme se depreende de pareceres do Gabinete de Assessoramento Técnico do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul. Em um deles, em que se analisou um caso de contaminação de solo e de lençol freático por hidrocarbonetos derivados de petróleo, associados ao funcionamento de um posto de combustíveis, a água subterrânea degradada foi considerada como a unidade de análise a ser reposta por outro bem ou serviço substituto[19]. Ainda, foi considerado o procedimento de remediação como serviço de reposição do bem ambiental, que contemplou custos de operação, tais como gastos com o consumo energético, que são calculados e atribuídos ao valor econômico ambiental.

Também no âmbito do Ministério Público de São Paulo, há casos de utilização do método do mercado de bens substitutos para valoração do custo unitário do metro cúbico de água subterrânea impactada por um evento de contaminação do solo, em combinação com outros métodos[20]. O órgão ambiental do Estado de São Paulo, identificou a presença de solventes clorados (cloroetenos), como tetracloroeteno (PCE), tricloroeteno (TCE), dicloroeteno (DCE) e cloreto de vinila (CV), além de solvente aromático (benzeno) e metais, que contaminaram o solo e o aquífero freático (porções rasa e intermediária), formando plumas que, inclusive, extrapolaram a propriedade da empresa e atingiram a área externa. No parecer elaborado para instruir a ação civil pública, considerou-se que o impacto sobre a água subterrânea seria irreversível e deveria ser mensurado economicamente. A valoração serviria para o cálculo de indenização à sociedade pelo período em que ela ficou privada do uso do recurso (entre t=0 e t=4), conforme Figura 1:

Figura 1. Comportamento genérico das concentrações de contaminantes na água subterrânea antes, durante e após a execução de medidas de remediação. (Fonte: CEPAS/IGc/USP)



Fonte: MPSP

19 MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Unidade de Assessoramento Ambiental. Gabinete de Assessoramento Técnico. Documento DAT-MA 0360/2010. Na mesma linha é o Documento DAT-MA 0024/2007.

20 MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. SEI nº 29.0001.0018820.2018-51 Parecer Técnico nº 459251 Ação Civil Pública nº 1097053-96.2016.8.26.0100 da 11ª Vara de Fazenda Pública. O parecer adota o Método de Valoração dos Recursos Hídricos Subterrâneos Impactados por Atividades Contaminante do projeto de pesquisa CEPAS-USP.

O referido parecer técnico adotou o referencial teórico de BERTOLO, HIRATA e ALY JÚNIOR (2019) quanto a critérios para valoração de danos associados à contaminação de águas subterrâneas e assumiu como premissas que:

> "O volume de água subterrânea a ser valorado corresponde àquele associado ao impacto passado (entre os momentos t=0 e t=1), mais o remanescente de contaminação, que permanece após a remediação (impacto futuro entre os momentos t=3 e t=4), até que os limites de potabilidade sejam atingidos pelo efeito dos serviços ambientais de atenuação natural.
>
> O impacto passado é medido pelo volume de água contido na pluma de contaminação determinada pela investigação detalhada realizada no processo de gerenciamento ambiental da área contaminada.
>
> A quantificação do impacto futuro depende da mensuração do volume de água que atravessa o trecho contaminado do aquífero durante o período entre t=3 e t=4, o que é possível calcular através de equações analíticas e sabendo-se a taxa de degradação dos contaminantes. Complementarmente, um volume de aquífero não impactado ao redor da pluma de contaminantes também deve ser quantificado e valorado, pois a eventual utilização da água subterrânea nestes arredores poderá resultar na propagação mais acelerada e espalhamento indesejado dessa pluma. Desta forma, a opção de utilização do aquífero será inviabilizada".

O custo unitário do metro cúbico de água subterrânea, necessário para integrar as fórmulas adotadas no parecer, comparou o valor correspondente à substituição da água por aquela fornecida por uma concessionária pública e o valor equivalente aos custos de extração de água subterrânea de aquíferos por intermédio de poços de produção.

Também o Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro, em um parecer de valoração econômica de danos decorrentes de contaminação do solo e da água subterrânea, aplicou o método do mercado de bens substitutos em conjunto com a identificação do custo de reposição. O laudo considerou que

> "a água disponibilizada pela rede de abastecimento do município é o produto substituto da água subterrânea contaminada. Assim, a tarifa da água canalizada fornecida pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Volta Redonda/RJ é uma aproximação válida para o valor da água subterrânea. A medida de equivalência entre a água subterrânea e o seu produto substituto (água canalizada) será estabelecida com base no volume de água da reserva permanente indisponível"[21].

Resumidamente, cumpre salientar que os aspectos considerados relevantes para mensurar o volume foram: (i) área total da empresa; (ii) espessura da camada aquífera contaminada; (iii) volume da pluma de contaminação de manganês; (iv) somatório das plumas de contaminação que representam risco a saúde humana e ao corpo hídrico superficial (Rio Paraíba do Sul).

Adotou-se a seguinte fórmula para o cálculo do valor econômico do dano ambiental:

$VD = V \times P$

Onde:

V = Volume de água da reserva permanente de água subterrânea (m^3)

P = Tarifa da água canalizada

A reserva permanente corresponde ao volume de água subterrânea situada na porção saturada, abaixo da posição mínima da variação sazonal do aquífero (volume

21 MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Informação Técnica nº 502/2019.

de saturação). Como o aquífero granular local é de caráter livre, o cálculo da reserva permanente é dado pelo volume de saturação[22], definido por:

V = A.b.ηe

Onde:

A = área de ocorrência do aquífero (m2)

b = espessura média saturada do aquífero (m)

ηe = porosidade efetiva

Por fim, cumpre colacionar a possibilidade de conjugação do método do mercado de bens substitutos com o método do custo de controle evitado. Nessa linha foi o Parecer do Centro de Apoio Operacional à Execução do Ministério Público do Estado de São Paulo, em um caso relacionado à valoração dos danos intercorrentes (danos interinos) causados ao meio ambiente devido ao lançamento de esgoto no mar pelo sistema de emissário submarino da SABESP de Praia Grande, sem qualquer redução de carga orgânica[23].

O parecer calculou os custos evitados pela SABESP, associados à falta de operação ao longo dos anos de estações necessárias para o tratamento de todo o esgoto produzido pela população da cidade de Praia Grande, no período compreendido entre 1976 e 2014. Com base em referência bibliográfica, foi apurado o custo do metro cúbico tratado na ETE Barueri no ano de 1997 (R$ 0,094 em 1997) e foi considerado o valor atualizado de R$ 0,39/m3, para o ano de 2015. Quanto à geração de esgoto nos municípios, assumiu-se como premissa que esta deve corresponder a cerca de 80% da água servida à população, estimada em 160 litros/habitante/dia.

Em complemento, foi aplicada a taxa financeira de 6% ao ano até 2002 e de 12% a partir 2003, excluindo-se dos cálculos os custos de implantação do sistema completo de coleta e de tratamento. Ao final, o parecer concluiu que os danos ambientais intercorrentes para o período de 1976 a 2014, correspondentes ao tempo em que o corpo d'água, em decorrência do lançamento de esgotos sem tratamento adequado, deixou de prestar os serviços ecossistêmicos, correspondem a um total R$ 332.180.833,30 (trezentos e trinta e dois milhões, cento e oitenta mil e oitocentos e trinta e três reais e trinta centavos).

3.2. Poluição sonora

A valoração econômica do dano decorrente da poluição sonora considera os custos que foram evitados pelo empreendedor ao longo do tempo e que são imprescindíveis para sua plena regularização e atendimento dos parâmetros normativos[24]. Esse método destina-se a avaliar **o custo de controle evitado pela empresa** ao não controlar satisfatoriamente as emissões sonoras, causando danos ao meio ambiente e incômodo à população (conforme previsto no licenciamento), e a geração de elevados

22 No caso aqui colacionado, não foi possível determinar exatamente as áreas impactadas por manganês em função da ausência de parâmetros nos cenários de risco modelados, onde se considera apenas a largura do eixo da maior pluma de fase dissolvida. Desta forma, foram adotados dois cenários possíveis de cálculo da reserva de volume de saturação proibidas para o consumo, considerando os dados físico-químicos e hidrogeológicos obtidos dos modelos de risco à saúde humana da CETESB, sendo estes: · Cenário A: considerou-se que a restrição de uso da reserva permanente ocorrerá por toda a área total da empresa até a profundidade de 4,56 metros (aquífero raso); · Cenário B: considerou-se que a restrição de uso da reserva permanente ocorrerá somente na área total das Unidades de Exposição (UE) nas respectivas profundidades inferidas pelo modelo de avaliação de risco à saúde humana para o composto manganês. O valor do dano foi considerado para os dois cenários e o parecer destaca que, por falta de dados, não quantificou a perda a serviços ecossistêmicos que foram atingidos.

23 MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Centro de Apoio Operacional à Execução. Inquérito Civil 25/2008. Parecer LT 1809/15 CAEX, datado de 27 nov. 2015.

24 PARAÍSO, M. L. S. Metodologias de avaliação econômica dos recursos naturais. *Revista Direito Ambiental*, **6**, 97-107 (1997).

níveis de ruído, caracterizando poluição sonora. Trata-se de método previsto na NBR 14.653-6 da ABNT, que também o sugere para casos de poluição hídrica e atmosférica, e indicado por Valle[25].

Estima-se o custo de controle evitado pela empresa e aplica-se uma taxa de juros (i) legais ao mês, e um período de (n) meses, relativos ao tempo transcorrido desde o início da ocorrência dos danos até o momento da produção do laudo.

O valor resultante corresponderá à indenização por dano material irreversível e deve ser conjugado com a indenização por danos morais coletivos em virtude da lesão à qualidade de vida que ocorreu em razão da poluição sonora que pode ser objeto de Valoração Contingente[26] ou de arbitramento judicial, a exemplo do que decidiu o Tribunal de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul, em um caso de poluição sonora em virtude de atividades ocorridas em um templo religioso com o uso de som amplificado. Neste caso, o dano moral coletivo foi arbitrado em dez mil reais. Confira-se a ementa:

> APELAÇÃO CÍVEL. DIREITO AMBIENTAL. AÇÃO CIVIL PÚBLICA. OBRIGAÇÃO DE FAZER E INDENIZAÇÃO POR DANOS MORAIS COLETIVOS. POLUIÇÃO SONORA. CULTO RELIGIOSO. PERTURBAÇÃO DO SOSSEGO. ILÍCITO COMPROVADO. DANO MORAL COLETIVO. DEVER DE INDENIZAR. FUNDO DE RECONSTITUIÇÃO DE BENS LESADOS. - A Constituição da República de 1988 expressamente previu que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (art. 225, caput), bem como outorgou competência comum à União, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios para proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas (art. 23, VI). Da mesma forma, estabelece o art. 5º, VI, da Constituição da República, ser "inviolável a liberdade de consciência e de crença, sendo assegurado o livre exercício dos cultos religiosos e garantida, na forma da lei, a proteção aos locais de culto e a suas liturgias". Havendo colisão de direitos de estatura constitucional, a solução impõe o estabelecimento de condicionamentos recíprocos, de forma a alcançar uma harmonização entre os bens, a fim de se evitar o sacrifício total de um deles. Fiel a este entendimento, a orientação desta Corte é no sentido de que, embora a Constituição da República assegure o livre direito ao culto, as celebrações não devem perturbar o sossego dos moradores vizinhos, devendo haver uma harmonização dos interesses postos em conflito. - No ponto, convém destacar que, conforme perícia realizada pela fiscalização municipal, "ocorria a emissão de som incômodo devido ao emprego de som amplificado e das vozes e cânticos ocorridos no interior da igreja, pois RF+RA > RF + 5 dB(A), caracterizando infringência aos artigos 1º e 3º, inciso X, alínea "a" do Decreto Municipal nº 8.185/83 que regulamenta a Lei Complementar nº 65/81". Nesse cenário, embora os autos indiquem que as reformas acústicas realizadas pela demandada tenham diminuído a emissão de ruído, merece acolhimento o pleito recursal de condenação da apelada por danos morais coletivos, já que a conduta ilícita restou comprovada, causando dano ambiental por poluição sonora. APELO PROVIDO[27].

25 VALLE, Manuel Castañon. *Valoración del Daño Ambiental*. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – Oficina Regional para a América Latina e o Caribe. Cidade do México, 2006, pp. 64-69.

26 O método da Valoração Contingente está descrito no Capítulo 1º.

27 TJRS. Apelação Cível, Nº 70084187947, Vigésima Segunda Câmara Cível, Tribunal de Justiça do RS, Relator: Marilene Bonzanini, Julgado em: 26-11-2020. Em seu voto, a Relatora entendeu que o quantum da indenização por danos morais deve atender a uma dupla finalidade: reparação e repressão, sendo que, para a fixação do valor, levam-se, em conta, basicamente, as circunstâncias do caso, a gravidade do dano, a situação do lesante, a condição do lesado, preponderando em nível de orientação central, a ideia de sancionamento ao lesado".

3.3. Poluição atmosférica

3.3.1. Compensação das emissões de dióxido de carbono por meio de plantio de vegetação[28]

Uma alternativa de valoração econômica do dano ambiental decorrente da poluição atmosférica é a utilização da **metodologia de compensação das emissões de dióxido de carbono por meio de plantio de vegetação**, com base em diversos estudos de mitigação biológica para emissões de CO_2 por sequestro de carbono (AGUIAR, FORTES, MARTINS, 2016; CASTRO, 2017; MILHEMEM, 2012; Oliveira, S. G. L.; Vasconcelos, N. V. C.; Gouvinhas, R. P.; Ramos, 2010)

Essa abordagem metodológica vem sendo aplicada na compensação dos impactos ambientais gerados em diversos cenários e foi usada em um caso concreto para calcular os danos ambientais associados à poluição atmosférica ocasionada por incêndio de grandes proporções em uma empresa no município de Nova Santa Rita, Rio Grande do Sul[29]. O caso merece aprofundamento pelo seu caráter inovador, na medida em que considera a relação entre a poluição atmosférica e a emissão de gases de efeito estufa que concorrem para o aquecimento global:

Sabe-se que a *combustão* é uma reação química que ocorre entre um combustível e um comburente. Durante esse fenômeno, ocorre grande *liberação de energia* e de *gases produtos da combustão*, tais como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), vapores de água (H_2O) e óxidos de nitrogênio (NO_X). A composição dos gases gerados durante a combustão depende da natureza do combustível. O dióxido de carbono (CO_2) é o principal produto da combustão da maioria dos materiais, constituídos por átomos de carbono.

O *dióxido de carbono* é reconhecidamente o principal gás *causador do efeito estufa*, fenômeno responsável pelo aumento médio da temperatura da Terra. Por esse motivo, o controle das emissões de CO_2 tem se tornado o principal foco das políticas ambientais visando o combate ao aquecimento global (Ma;Ren; Zhang, Sharp, 2018).

No ciclo biogeoquímico do carbono, a *fotossíntese* merece destaque. Trata-se de uma reação química realizada por vegetais, algas e algumas espécies de bactérias em que o dióxido de carbono é transformado em carboidrato, fixando-o na forma de biomassa. O carbono removido da atmosfera permanece no vegetal (tronco, galhos, folhas, raízes) por vários anos (Milhomen, 2012).

Neste contexto, surgiu a política de *sequestro de carbono*, ou seja, processo de *mitigação biológica* realizado por vegetais que absorvem o CO_2 da atmosfera, transformando-o em biomassa (Flizikowsk, 2012).

No caso concreto, o incêndio atingiu o depósito de produtos alimentícios refrigerados da empresa investigada. Além da poluição atmosférica decorrente, ocorreram danos ambientais devido à contaminação do solo e de recurso hídrico (açude) pelo lançamento de efluentes líquidos gerados durante as operações de combate ao incêndio.

Os técnicos do órgão ambiental que atenderam a emergência estimaram que a área de depósito sinistrado foi de 15.000 m². Consta na descrição da infração aplicada que a fumaça oriunda do incêndio incidiu sobre área urbanizada, sujeitando a população local a riscos a sua saúde. Portanto, fica evidenciado que a empresa investigada concorreu para a degradação da qualidade ambiental pelo lançamento de gases poluentes para a atmosfera, ainda que em episódio alheio a sua vontade.

28 Esta seção foi redigida pelo Eng. Flávio Faccin, do GAT – MP-RS.

29 Conforme descrito nos Documentos 1039/2018 e 0370/2019, UAA/GAT/MPRS.

Segundo os documentos apresentados pelo investigado, a massa de produtos alimentícios consumidos durante o incêndio foi 195 toneladas. A partir dessa informação, o Quadro 4 apresenta os principais resultados do cálculo de valoração econômica, considerando tal realidade.

Quadro 4 – Resultados do cálculo de valoração econômica da degradação ambiental promovida pelo investigado pelo lançamento de CO_2 para a atmosfera

Massa de produtos alimentícios consumidos durante o incêndio no cenário real	195.000 kg
Massa de carbono no produto alimentício[30]	21.782 kg
Massa de dióxido de carbono gerado na combustão[31]	79,938 toneladas
Neutralização compensatória de CO_2 por reflorestamento em hectare de Mata Atlântica em 30 anos[32]	317,24 ton CO_2 /hectare
Área de reflorestamento para compensar emissões de CO_2 geradas no incêndio	0,252 hectare
Estimativa de custo associado ao reflorestamento compensatório[33]	R$ 4.359,70

Fonte: GAT-MP-RS

Portanto, no *cenário apresentado* e considerando as premissas de cálculo apresentadas no Quadro 4, estimou-se que seria necessário desenvolver *projeto de reflorestamento em 0,252 hectare de Mata Atlântica* (preservada por 30 anos) para compensar os impactos ambientais relacionados às emissões de CO_2 geradas durante o incêndio em questão. Em termos econômicos, isto representa o valor de R$ 4.359,70 (quatro mil, trezentos e cinquenta e nove reais e setenta centavos).

Caso a empresa investigada opte por arcar com os custos associados ao reflorestamento ao invés de executar essa medida, o valor mencionado no Quadro 4 precisa ser corrigido para o período de 30 anos (base de cálculo para a neutralização do CO_2 liberado para a atmosfera). Deste modo, no caso concreto a estimativa do custo de manutenção será R$ 7.546,55, valor adicional ao que consta no Quadro 4. Portanto, o valor total correspondente neste cenário é *R$ 11.906,24* (onze mil, novecentos e seis reais e vinte e quatro centavos).

Em síntese, como *medida compensatória* às degradações ambientais causadas pelo empreendimento investigado, sugeriu-se a apresentação de projeto técnico contemplando o *plantio de vegetação*, visando o sequestro de carbono. Segundo as premissas de cálculo apresentadas na seção anterior desse parecer, estimou-se que a área de plantio seja *0,252 hectare* e que a *manutenção da área* se estenda pelo *período de 30 anos*.

Caso os representantes da empresa investigada optem por arcar com os custos de reflorestamento, ao invés de executar essa ação propriamente dita, o montante total corresponderia a *R$ 11.906,24* (onze mil, novecentos e seis reais e vinte e quatro centavos), referente ao plantio e conservação dessa área pelo período de 30 anos.

30 Composição do produto cárneo utilizado nos cálculos: 75% água, 19% proteínas, 2,5% lipídeos e 3,5% outros. Segundo trabalho publicado em Journal of Biochemical and Biophysical Methods 22(2), 1991, p. 119-128, a proporção de carbono em proteínas e carboidratos é, respectivamente, 0,53 g C/g proteína e 0,44 g C/g carboidrato.

31 Estequiometricamente, 12 g de carbono geram 44 g de dióxido de carbono. Portanto, o fator de conversão de carbono a dióxido de carbono é 3,67 g CO_2/g C.

32 Conforme proposto no estudo de Aguiar, Fortes e Martins (2016).

33 Estimativa obtida multiplicando-se a área a ser plantada pelo custo de reflorestamento com espécies nativas (calculado à época como sendo de R$ 17.301,76 por hectare).

3.3.2. Avaliação das emissões de gases pela poluição decorrente de queimada no Pantanal

Para avaliar monetariamente os danos ambientais causados pela poluição decorrente de incêndios florestais, pode-se estimar também as emissões de gases do efeito estufa. Roquette (2020) estimou as emissões de CO_2, metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O) após incêndio ocorrido em 33.065,46 hectares de vegetação nativa no Pantanal mato-grossense. Para cálculo das emissões foram estimadas as biomassas aéreas dos diferentes tipos de vegetação afetados, que foram identificados com a sobreposição de mapa de vegetação da região do IBGE com a área queimada interpretada em imagens de satélites. Valores de biomassa aérea foram obtidos na literatura científica para fitofisionomias semelhantes e usados como referência, e então estimada a quantidade de biomassa consumida pelo fogo utilizando fatores de combustão, também descritos na literatura. Assim, a quantidade de biomassa seca queimada foi utilizada para calcular as emissões de gases a partir de respectivos fatores de emissão, que estimam a quantidade de determinado gás liberado pela queima de uma unidade de biomassa seca, conforme descrito em Andreae (2019).

No caso em tela, estimou-se a emissão de 2.224.988,82 toneladas de CO2 decorrente do incêndio. Seguindo o critério de avaliação monetária pelos custos de neutralização do CO2 pelo reflorestamento, seria necessário o plantio de uma área igual a queimada com a espécie nativa *Vochysia divergens* Pohl., com manutenção durante 28 anos[34], para sequestrar novamente o carbono armazenado que foi emitido para atmosfera. Assim, os custos do plantio e manutenção podem representar o valor monetário dos danos ambientais causados pela poluição atmosférica devido ao incêndio no imóvel rural.

3.3.3. Emergia

Outro método aplicável à poluição atmosférica é a Emergia, conforme estudo de Diniz, publicado na Coletânea de estudos de caso sobre valoração econômica de danos ambientais, organizada pelo Ministério Público de Minas Gerais (2020). No caso analisado, foi efetuada a valoração econômica dos serviços ambientais afetados pela poluição atmosférica das indústrias de ferro-ligas, situadas na sub-bacia do Rio Verde Grande (MG) e foi calculada a indenização a ser paga pelas empresas até a instalação dos filtros exigidos pelos órgãos ambientais.

Os serviços ambientais foram quantificados em termos de energia solar incorporada (emergia) e, posteriormente, convertidos em uma unidade monetária que utiliza o índice de equivalência emergia/dólar estabelecido para o Brasil. Verificou-se que os valores monetários obtidos permitiram a distribuição do ônus pelo dano ambiental de forma proporcional à carga de poluentes emitida pelas indústrias.

Para a valoração econômica dos danos ambientais, foi enfatizado e analisado o serviço ambiental associado ao recurso natural, ar, o qual foi afetado pela emissão, sem o devido tratamento, de efluentes atmosféricos, contendo material particulado, provenientes dos fornos dos empreendimentos do setor de ferro-ligas, instalados na Sub-Bacia do Rio Verde Grande.

A emergia do serviço ambiental e seu respectivo valor monetário foram quantificados, inicialmente, por meio da estimativa das emissões do poluente material particulado, em kg/h e kg/ano, oriundas dos fornos de cada empresa. Em seguida, foram determinadas as massas de ar, em kg/ano, utilizadas para a diluição das emissões de material particulado até o padrão de qualidade do ar estabelecido pela

34 Considerou-se o armazenamento médio de 2,37 ton. C ha-1 ano-1, calculado a partir dos dados Schöngart et al. (2008).

legislação vigente (Deliberação Normativa do COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981)[35]. Calculou-se, então, a energia cinética (serviço ecossistêmico), em Joule (J)/ano, das massas de ar durante a diluição dos poluentes, a qual foi convertida, posteriormente, em uma medida emergética equivalente (SeJ/ano), por meio do fator de conversão de energia em emergia (energia solar incorporada), denominado Transformidade Solar ou Índice de Transformidade, expresso em emergia por Joule (SeJ/J). Os índices de transformidade são calculados por pesquisadores em todo o mundo (ODUM, 1996), sendo amplamente divulgados em periódicos científicos e endereços eletrônicos especializados (ORTEGA, 2000). Finalmente, a emergia do serviço ambiental associado às massas de ar foi obtida, em termos monetários (dólar), utilizando o índice de equivalência emergia/dólar (3,0 x 1012 SeJ/U$), determinado para o Brasil por Ortega (2000). Este índice permite comparar a emergia do serviço afetado à emergia do dinheiro que circula no país em determinado ano, possibilitando a conversão dos valores de energia solar em dinheiro. Posteriormente, para a determinação dos valores em Reais (R$), foi utilizado o câmbio de 08/04/2011, data da assinatura do acordo, firmado com o Ministério Público do Estado de Minas Gerais, que estabelecia o prazo final para a instalação de filtros nas indústrias de Ferro-Ligas.

A seguir, serão detalhadas as etapas da metodologia emergética, utilizada para a quantificação dos serviços ecossistêmicos afetados pelas emissões de poluentes (material particulado), provenientes das indústrias de ferro-ligas situadas na Sub-Bacia do Rio Verde Grande.

Estimativa das emissões de material particulado dos fornos

A taxa de emissão (ou carga) de material particulado, em kg/h, foi calculada, por meio da Equação (1), para os fornos de cada empresa, as quais, de agora em diante, serão denominadas empresas L, M, N, O, P e Q:

$$W = C \times V \quad (1)$$

Onde:

W = taxa de emissão ou carga de material particulado, em kg/h

C = concentração de material particulado emitida pela chaminé, em kg/Nm^3

V = vazão de lançamento de efluentes pela chaminé, em Nm^3/h

Foram atribuídos às variáveis C e V da Equação (1), os valores de concentração de material particulado e vazão, respectivamente, que constam no estudo realizado em 2005 pelo órgão ambiental (FEAM, 2005)[36], apresentados no Quadro 1. Além disso, para a estimativa da taxa de emissão anual de material particulado, foi considerado que o período efetivo de produção de cada forno corresponde a 7980 horas em 12 meses, exceto os fornos F1, F2 e F3 da empresa L, para os quais foi considerado um período de produção de 780 horas por ano.

35 MINAS GERAIS. Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981. *Diário do Executivo – "Minas Gerais"*. Belo Horizonte, MG, 2 jun. 1981.

36 FUNDAÇÃO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE – FEAM. *Levantamento da situação ambiental e energética do setor de ferro-ligas no Estado de Minas Gerais*. Belo Horizonte: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD, 2005. RELATÓRIO TÉCNICO Nº 12/2005. 170 p.

Quadro 5 – Dados das empresas integrantes do Acordo Setorial Ferro-Ligas

Empresa	Município	Número de fornos sem filtros	Vazão dos efluentes em cada forno (V)	Concentração de material particulado na saída das chaminés (C)
L	Montes Claros	4 (F1, F2, F3 e F4)	F1 – 225.464 Nm³/h F2 – 512.420 Nm³/h F3 – 392.854 Nm³/h F4 – 392.854 Nm³/h	F1 – 1400 mg/Nm³ F2 – 1800 mg/Nm³ F3 – 1600 mg/Nm³ F4 – 1650 mg/Nm³
M	Montes Claros	1 (F1)	F1 – 31.695,3 Nm³/h	F1 – 2.428,98 mg/Nm³
N	Bocaiúva	1 (F1)	F1 – 280.000 Nm³/h	F1 – 2.000 mg/Nm³
O	Varzelândia	6 (F1, F2, F3, F4, F5 e F6)	F1 – 60.450 Nm³/h F2 – 114.000 Nm³/h F3 – 114.000 Nm³/h F4 – 281.800 Nm³/h F5 – 281.800 Nm³/h F6 – 281.800 Nm³/h	F1 – 1.800 mg/Nm³ F2 – 1.800 mg/Nm³ F3 – 1.800 mg/Nm³ F4 – 1.800 mg/Nm³ F5 – 1.800 mg/Nm³ F6 – 1.800 mg/Nm³
P	Capitão Enéias	2 (F1 e F2)	F1 – 280.000 Nm³/h F2 – 280.000 Nm³/h	F1 – 1.800 mg/Nm³ F2 – 1.800 mg/Nm³
Q	Capitão Enéias	3 (F1, F2 e F3)	F1 – 150.000 Nm³/h F2 – 150.000 Nm³/h F3 – 150.000 Nm³/h	F1 – 1.700 mg/Nm³ F2 – 1.700 mg/Nm³ F3 – 1.700 mg/Nm³

Fonte: FEAM (2005)

Determinação das massas de ar para a diluição dos poluentes

A inexistência dos filtros na saída da chaminé dos fornos ocasionou a degradação da qualidade do ar, devido à emissão de poluentes, como o material particulado, acima dos limites estabelecidos pela legislação vigente. Consequentemente, uma massa de ar foi comprometida para a realização do trabalho de diluição do poluente até o padrão de qualidade do ar, definido na Deliberação Normativa COPAM nº 01, de 26 de maio de 1981 (DN COPAM nº 01/1981). Dessa forma, o cálculo das massas de ar para a diluição das emissões atmosféricas de cada forno foi realizado por meio da Equação (2):

$$m = d\frac{W}{c} \quad \text{.....(2)}$$

Onde:

m = massa de ar para a diluição, em kg/ano

d = densidade do ar = 1,23 kg/m³ (ULGIATI e BROWN, 2002)

W = carga de material particulado emitida anualmente, em kg/ano

c= concentração máxima permitida de material particulado na atmosfera = 80 μg/m³ = 8 x 10^{-8} kg/m³ (D.N.COPAM 01/1981)

Cálculo da energia cinética das massas de ar

A energia cinética das massas de ar, necessárias para diluição do material particulado, foi calculada, em Joules, por meio da Equação (3):

$$E_c = \frac{1}{2} m^{2} \quad \text{.....(3)}$$

Onde:

E_c = energia cinética das massas de ar, em J/ano

m = massa de ar para a diluição, em kg/ano

v = velocidade média do vento na região = 1,67 m/s (FEAM, 2005)

Determinação da emergia das massas de ar

A emergia das massas de ar, necessárias para diluição do material particulado, foi obtida, em termos de energia solar incorporada (SeJ), por meio da Equação (4):

$E = E_c \times T$ .....(4)

Onde:

E = emergia das massas de ar, em SeJ/ano

E_c = energia cinética das massas de ar, em J/ano

T = índice de transformidade para o ar = 1,5 x 10^3 SeJ/J (ODUM, 1996)

Determinação do valor monetário dos serviços ambientais

A emergia do serviço ambiental associado às massas de ar foi obtida em Dólares (U$), por meio da Equação (5) e, posteriormente, convertida em Reais (R$) por meio da Equação (6):

$D = E \times I$.....(5)

$R = D \times A$ .....(6)

Onde:

D = serviço ambiental associado às massas de ar, em dólares (U$)/ano

R = serviço ambiental associado às massas de ar, em reais (R$)/ano

E = emergia das massas de ar, em SeJ/ano

I = índice de equivalência = 3,0 x 10^{12} SeJ/U$ (ORTEGA, 2000)

A = cotação do dólar em 08/04/2011 = R$ 1,62/U$

(Banco Central do Brasil www.bcb.gov.br, acesso em 08/04/2011)

3.3.4. Custo de Controle Evitado

Merece, ainda, referência, a possibilidade de adoção do método de custos de controle evitados, conforme precedente do Ministério Público do Rio de Janeiro em um caso que buscava atender aos parâmetros para valoração do dano definidos em um acórdão do Tribunal de Justiça do Estado do Rio de Janeiro[37]. Na decisão judicial, os réus foram condenados ao "pagamento de valor pecuniário, a título reparatório

37 MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, Informação Técnica 1103/2019.

e compensatório pertinente aos danos ambientais causados, que pode ser auferido pelos projetos de contenção de emissão de resíduos gasosos apresentados no processo administrativo em anexo"[38]. Portanto, era preciso identificar o custo de elaboração e de execução dos projetos que impediriam a poluição atmosférica.

O método de custos de controle evitados adota os custos necessários ao impedimento da variação no fluxo do serviço ambiental como aproximação do valor econômico do serviço perdido. Ou seja, "não se trata de uma valoração direta do dano ambiental por meio de sua extensão e magnitude, mas do quanto se deve gastar para que o serviço ambiental se mantenha inalterado"[39]. No caso analisado, foi utilizado o custo aproximado das medidas que seriam necessárias para se minimizar as emissões atmosféricas da unidade industrial da empresa requerida.

No laudo, considerou-se que a poluição atmosférica provocada pelas atividades industriais poderia ter sido evitada caso a empresa tivesse adotado um sistema de controle de acordo com o apresentado nos autos desde o início de suas operações. Além disso, sugeriu-se a adição do custo de oportunidade pelo tempo em que as pessoas ficaram sem o serviço ambiental.

A fórmula adotada para o cálculo do valor econômico do dano ambiental foi a seguinte:

Valor econômico do dano ambiental = CC x custo de oportunidade *t*

Onde:

CC: é o custo das medidas de controle que deveriam ter sido adotadas pelo poluidor na data de constatação do dano ambiental, em valores da época em que deveria ter sido implantado;

Custo de oportunidade *t :* taxa acumulada do mês *t* até a data *n* de fim das operações da empresa[40].

Vale destacar que este método exige que os custos de manutenção e operação do sistema também sejam considerados. No entanto, a título de simplificação, no parecer ora referido, somente foram considerados os custos diretos de implantação do sistema de controle da poluição.

3.4. Poluição do solo e da água subterrânea

3.4.1. Custo de Remediação da Área Degradada[41]

O *solo* é um dos componentes do meio ambiente. É um meio em que se desenvolvem *diversos microrganismos* (bactérias, fungos, protozoários etc.) e *pequenos animais* (minhocas, insetos etc.). A maior concentração de microrganismos no solo ocorre em uma profundidade de até 20 cm. Nesta camada estão presentes bactérias aeróbias, bactérias anaeróbias, fungos e protozoários (COTRIM, 2012; REGINATTO, 2012).

Do ponto de vista de *utilização*, o solo pode ser direcionado para atividades com *fins recreativos* (passeio, acampamento, caminhada), *produtivos* (produção agrícola, pastagem, uso florestal, extração) ou *viários* (estradas).

38 TJRJ, ACP n. 0007043-89.2005.8.19.0007, citado na Informação Técnica 1103/2019.

39 Informação Técnica 1103/2019.

40 Conforme consta do parecer, "optou-se pela aplicação do custo de oportunidade até o fim das operações da empresa por conta das características dos poluentes atmosféricos que, com o fim das atividades, tendem a reduzir rapidamente sua influência na qualidade do ar local. Ou seja, em teoria, os serviços ambientais estariam reestabelecidos".

41 Esta seção foi redigida pelo Eng. Flávio Faccin, do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul.

Quando compostos estranhos a sua natureza (ditos xenobióticos) são depositados no solo, causando prejuízos às diversas formas de vida, alteração de sua estrutura ou perda de funções, diz-se que ocorreu *poluição do solo*.

Uma alternativa de valoração econômica do dano ambiental decorrente da poluição do solo é a utilização do método indireto de valoração ambiental com base em estimativas de ***custos de remediação da área impactada.***

A *remediação de solos* contaminados consiste na aplicação de técnicas para *eliminar poluentes xenobióticos* presentes neste ambiente. Há uma variedade de vias biológicas, químicas e físicas que podem ser utilizadas para tal finalidade, podendo ser aplicada tanto diretamente no local da contaminação ("in situ") como fora desse local ("ex situ").

As *técnicas de descontaminação in situ* apresentam como vantagem a redução dos custos de tratamento. Contudo, o poluente permanece no local por maior intervalo de tempo. Adicionalmente, sua aplicação em solos com características argilosas é dificultada e os produtos da decomposição do poluente permanecem no meio ambiente. As técnicas de descontaminação *ex situ*, por sua vez, apresentam custos mais elevados, mas os riscos associados à permanência do poluente no local são eliminados imediatamente com a remoção do solo contaminado.

O Quadro 5 sintetiza as características das principais técnicas de remediação de solos contaminados (MENEGUETTI, 2007; GRACIANO; PIRES, TEIXEIRA, ZIOLLI, PEREZ, 2012).

Quadro 6 – Descrição das principais técnicas de remediação de solos contaminados por poluentes xenobióticos

Técnica	Descrição
Compostagem	Técnica de descontaminação *ex situ* em que microrganismos termófilos aeróbios são aplicados em pilhas construídas para degradar o poluente presente no solo contaminado.
Atenuação natural	Técnica de descontaminação *in situ* por meio da qual o poluente é naturalmente degradado pela ação da microbiota nativa do solo impactado. Fenômenos físicos e químicos, como lixiviação e volatilização do poluente, complementam o processo de descontaminação. O tempo envolvido na atenuação natural é bastante longo, estendendo-se de meses a anos.
Bioaumentação	Técnica de descontaminação *in situ* por meio da qual microrganismos específicos são adicionados ao solo contaminado para eliminar poluentes específicos. Contudo, a adição desses microrganismos pode causar desequilíbrio ecológico no ambiente já impactado pelos poluentes.
Oxidação química	Técnica de descontaminação *in situ* na qual alguns compostos químicos oxidantes são adicionados ao solo para promover a degradação do poluente. Essa técnica permite alcançar alta eficiência na remoção do contaminante em curto intervalo de tempo.

Fonte: GAT/MP-RS

Como exemplo de utilização desta metodologia pode-se citar um caso de *vazamento de biodiesel* de *grandes proporções* nas instalações de uma empresa de Veranópolis, Rio Grande do Sul[42]. O biodiesel atingiu o solo e recurso hídrico, contaminando-os e causando, em tese, a mortandade de peixes.

O *biodiesel* é um biocombustível produzido a partir de óleos vegetais e gordura animal, sendo utilizado principalmente em motores de veículos pesados (caminhões

42 Conforme descrito nos Documentos 0086/2019 e 0016/2021, UAA/GAT/MPRS.

e ônibus). É um produto mais biodegradável do que o diesel convencional. Contudo, ele pode causar significativos *impactos ambientais*, sobretudo para organismos aquáticos.

No *solo*, o biodiesel também apresenta *efeitos negativos*, dentre os quais a literatura técnica (HAWROT-PAW, KONIUSZY, ZAJAC, SZYSZLAK-BARGLOWICZ, 2020) cita (i) efeitos genotóxicos e mutagênicos; (ii) efeitos negativos sobre a fisiologia vegetal, com redução na taxa de germinação de sementes; e (iii) diminuição da biomassa microbiana. Em recente pesquisa científica sobre o tema, observou-se o efeito negativo que o solo contaminado com biodiesel apresenta sobre anelídeos. No experimento, foi constatada *alta taxa de mortalidade de minhocas*, inclusive maior do que em solo contaminado com diesel convencional.

Segundo os pesquisadores que conduziram o estudo, há a hipótese de que, no solo, o biodiesel sofra um *processo de transesterificação inversa*, ou seja, reação química que promove a *formação de metanol*, composto reconhecidamente tóxico. Isto reforça a necessidade de que ações imediatas de remediação sejam tomadas no caso de derramamento de biodiesel em solo, para evitar a ocorrência da reação de transesterificação inversa e a liberação de compostos ainda mais poluentes para o meio ambiente.

No exemplo citado, os elementos técnicos, extraídos do material encaminhado para análise, relacionados ao vazamento de biodiesel nas instalações da empresa, que fundamentaram a valoração ambiental, estão compilados no Quadro 6.

Quadro 7 – Elementos técnicos extraídos do material encaminhado para análise

Identificação do documento	Elementos técnicos	Conclusão
Relatório IP nº 015/2013/700705-A, elaborado pelo Departamento Estadual de Investigações Criminais da Polícia Civil	O vazamento foi percebido por vizinhos da empresa às 8h de 05/02/2013. Às 11h e 30min, o vazamento ainda persistia.	O vazamento teve duração de, no mínimo, 3h e 30min.
	Em 10/02/2013 foi constatada a morte de peixes.	Houve dano irreversível à fauna local 5 dias após o vazamento de biodiesel.
	Cerca de 900 m² em área adjacente ao tanque onde ocorreu o vazamento foi atingida pelo biodiesel. Esse produto não é um constituinte natural do solo. Logo, sua presença no ambiente altera as características naturais do solo.	Além de causar poluição hídrica, o vazamento de biodiesel causou poluição do solo.
	O operador da área onde ocorreu o vazamento afirmou que iniciou a transferência de biodiesel entre tanques no dia anterior ao vazamento. Tal atividade teria cessado às 18h. Contudo, no dia seguinte (às 7 h) ele constatou o vazamento de biodiesel.	O vazamento teve duração máxima de 17h e 30min, pois pode ter iniciado às 18h do dia 04 de fevereiro de 2013 e cessado às 11h e 30min do dia 05 de fevereiro de 2013.

Identificação do documento	Elementos técnicos	Conclusão
Relatório de fiscalização dirigida nº 054/2013 SEFIND/FEPAM	Aponta que o vazamento causou contaminação de grande parte de solo e de águas superficiais. Em 08/02/2013, durante vistoria, ainda havia sinais de contaminação de solo e vegetação com biodiesel.	Portanto, não houve ação de remediação imediata, pois 3 dias após o vazamento foram constatados sinais de contaminação no solo e na vegetação. A falta de ação imediata de remediação permite que a contaminação atinja camadas mais profundas do solo.
Parecer técnico sobre valor	Trata-se de um documento de valoração de um lote de terras situado na Linha Tomas Flores, elaborado pela assessoria técnica da Prefeitura Municipal de Veranópolis.	O valor total do terreno foi estimado em R$ 173.000,00.
Boletim de ocorrência ambiental nº 112/015/fevereiro -13, elaborado pelo Comando Ambiental da Brigada Militar	Cita que os policiais militares constataram às 11h do dia 05 de fevereiro de 2013 o extravasamento de biodiesel no tanque TQ-04-05 da área de armazenamento deste produto químico. Aponta, ainda, que a alimentação desse tanque foi interrompida apenas com a chegada dos policiais ao local.	Há elementos indicando que o vazamento de biodiesel persistiu até as 11h do dia 05 de fevereiro de 2013.
	Informa que no dia 10 de fevereiro de 2013 foram constatados vários pontos com peixes mortos às margens do Arroio Jaboticaba, em extensão de 4 km. Entre os peixes mortos predominavam indivíduos das espécies Jundiá e Cascudo.	Portanto, há evidências de que houve morte de peixes no Arroio Jaboticaba alguns dias após ter ocorrido a contaminação desse recurso hídrico com biodiesel. Não há informação sobre o número de indivíduos mortos.
Relatório descritivo das causas do acidente, ref.: Auto de Infração nº 0211/2013	Indica que o vazamento de biodiesel teria iniciado às 4h da madrugada do dia 05/02/2013 e cessado às 07h e 30min daquele dia. A vazão de biodiesel foi estimada em 10 m³/h. Informa que 18 m³ de biodiesel teriam sido retidos em bacia de contenção e 16,4 m³ teriam sido recuperados nas atividades de remediação do recurso hídrico. Deste modo, o volume de biodiesel que teria atingido o meio ambiente seria de apenas 1,6 m³.	Portanto, segundo esse relatório, o vazamento de biodiesel teria ocorrido à vazão de 10 m³/h.

Fonte: GAT MP-RS

A valoração econômica associada à contaminação do solo foi realizada com base em estimativas de ***custos de remediação da área impactada***. Entendeu-se que a remediação aplicável ao caso consistiria na remoção imediata do solo contaminado e seu encaminhamento para disposição final e/ou tratamento.

Elementos técnicos trazidos à análise evidenciaram que houve contaminação de solo por biodiesel em área com, aproximadamente, *900 m²*. Devido à ausência de informações relativas à profundidade da contaminação, esse parâmetro precisou ser estimado, conforme consta na Tabela 1.

Estima-se que no período considerado a *contaminação do solo* atingiu aproximadamente *65 cm de profundidade*. Este valor está coerente com a espessura de camada do solo onde há maior predominância de microrganismos. Logo, trata-se da camada de solo *mais impactada* pela *exposição ao biodiesel*. Dessa forma, estima-se em *585 m³* o *volume de solo impactado* pelo derramamento de biodiesel causado pela empresa demandada.

A Tabela 1 apresenta uma estimativa das parcelas de custos envolvidos nas atividades de remediação de solo contaminado por produtos químicos. Segundo os dados dessa tabela, estima-se em *R$ 913,53* o *custo para tratar* cada metro cúbico de *solo contaminado*. O *custo total de remediação* da área impactada, consistente na remoção, transporte e tratamento final desse volume de solo contaminado.

Deste modo, estima-se em *R$ 534.415,05* o valor econômico associado à degradação ambiental promovida pela empresa demandada devido ao derramamento de biodiesel e *contaminação do solo*.

Tabela 1 – Dados utilizados para estimar o custo total de remediação da área contaminada

Parâmetro	Valor	Fonte
Tipo de solo	Latossolo Vermelho Distroférrico Típico (LVdf1)	Grellmann *et al.* (2003)
Condutividade do biodiesel no solo	2,54 x 10^{-4} cm/s	Schlosser (2017)
Tempo de exposição do solo ao contaminante	3 dias	Relatório de fiscalização dirigida nº 054/2013 SEFIND/FEPAM (Quadro 2)
Profundidade da contaminação	65,8 cm	Calculado[43]
Área impactada	900 m²	Relatório IP nº 015/2013/700705-A, elaborado pelo Departamento Estadual de Investigações Criminais da Polícia Civil (Quadro 2)
Volume de solo contaminado	585 m³	Calculado[44]
Consultoria ambiental	R$ 141,25	Cotrim (2012)
Serviços preliminares (sondagens, laudos, autorizações ambientais)	R$ 157,14	
Serviços de remoção e transporte do solo contaminado	R$ 149,43	
Recuperação do local ‘(reposição de solo, monitoramento)	R$ 280,71	
Biorremediação de solo contaminado	R$ 185,00	Bianchi, Sanberg (2019)
Custo unitário da atividade de remedição	R$ 913,53	Calculado[45]
Custo total de remediação da área	R$ 534.415,05	Calculado[46]

Fonte: GAT-MP/RS

Por fim, merece referência o estudo de Kaskantzis Neto (2011), que analisou o emprego dos métodos Custos Ambientais Totais Esperados (CATES), valor da Compensação Ambiental (VCP), Análise de Equivalência do Habitat (HEA) e o método

43 Corresponde ao produto entre a condutividade do biodiesel no solo e o tempo de exposição do solo ao contaminante, com os devidos ajustes nas unidades de medida.

44 Corresponde ao produto entre a área impactada e a espessura de solo contaminado.

45 Corresponde à soma das parcelas apresentadas na tabela.

46 Corresponde ao produto entre o volume de solo contaminado e o custo unitário de remediação da área.

proposto pelo Departamento Estadual de Proteção de Recursos Naturais do Estado de São Paulo (DPRN) para um caso de contaminação do solo por substâncias tóxicas, objeto de ação civil pública movida pelo Ministério Público do Estado do Paraná. Este trabalho é relevante porque compara as abordagens, indicando suas vantagens e desvantagens.

3.4.2. Análise de Equivalência de Habitat

Uma proposta de abordagem metodológica para avaliação econômica dos recursos naturais degradados em virtude de contaminação de subsolo e de águas subterrâneas baseia-se na **Análise de Equivalência de Habitat** (HEA – *Habitat Equivalency Analysis*), proposta por Roach & Wade (2006) e também apresentada no capítulo 1º.

Tal abordagem foi utilizada para estimar os danos ambientais ao subsolo e águas subterrâneas em virtude de contaminação crônica por vazamento de combustíveis ocorrido em um posto de abastecimento de Porto Alegre, Rio Grande do Sul[47].

De acordo com esta abordagem, o valor ambiental, V_A, associado ao dano ambiental pode ser estimado por

$$V_A = v_{S,T} a_C \quad (1)$$

Onde $v_{S,T}$ é o valor total dos serviços ambientais por unidade de área degradada e a_C é a área de compensação equivalente à área degradada associada aos serviços ambientais suprimidos.

Segundo o método HEA, a compensação se dá quando o valor presente líquido (VPL) gerado pelos serviços ambientais do habitat degradado iguala-se ao VPL dos serviços ambientais produzidos pela restauração de um habitat equivalente. O modelo que descreve este fundamento pode ser escrito de acordo com a equação (2).

$$f_C v_S a_C = f_D v_S a_D \quad (2)$$

Em (2), v_S é o valor anual dos serviços ambientais por unidade de área, a_D é a área degradada, e f_C e f_D são os fatores anuais que descrevem a evolução financeira ao longo do tempo. Os fatores f_C e f_D são calculados por relações derivadas da matemática financeira e dependem da taxa de juros e dos períodos da degradação e da compensação ambiental. A expressão (2) pode ser rearranjada para escrever a área de compensação em função da área degradada, conforme a equação (3).

$$a_C = \left(\frac{f_D}{f_C} \right) a_D \quad (3)$$

O valor total dos serviços ambientais produzidos pela área de compensação é determinado a partir do valor anual dos serviços ambientais e do respectivo fator financeiro anual aplicado ao período correspondente à compensação. O modelo que descreve esta relação é dado por

$$v_{S,T} = f_C v_S \quad (4)$$

Substituindo (3) e (4) em (1), obtém-se

$$V_A = f_D v_S a_D \quad (5)$$

47 Conforme descrito no Documento 0785/2017, UAA/GAT/MPRS.

Na equação (5), o valor ambiental é uma função de três fatores, o fator financeiro anual da degradação f_D, o valor anual dos serviços ambientais v_S e a área degradada a_D. A seguir são descritos os procedimentos para estimativa de cada um desses fatores:

Valor anual dos serviços ambientais

O valor dos serviços ambientais é estimado por técnicas de avaliação econômica dos recursos naturais, tais como as técnicas descritas na norma da ABNT, NBR 14.653-6[48]. O valor utilizado aqui é de US$ 6.661,00/ha.ano, ou R$ 21.981,30/ha.ano[49], obtido a partir de dado de literatura para os serviços ambientais aplicáveis ao solo em área urbana (COSTANZA et al., 2014).

Área degradada

O valor da área degradada pela contaminação precisa ser estimado. A área conhecida e determinada através dos diagnósticos corresponde à área de interferência a_I. A área degradada é maior que a área de interferência em função da dispersão da contaminação.

Para estimar a área degradada, recorre-se ao trabalho de Narodoslawsky & Krotscheck (1995). Estes autores apresentaram uma formulação para associar uma área de superfície à dissipação de poluentes. Esta relação, dada pela equação (6), pode ser empregada na determinação da área degradada.

$$a_D = \frac{w_P}{\Phi_D} \quad \text{.....(6)}$$

Em (6), w_P é a carga poluente e F_D é o fluxo para dissipação do poluente. A carga poluente pode ser determinada pela equação (7).

$$w_P = C_P u_D a_I \quad \text{.....(7)}$$

Em (7), C_P é a concentração do poluente de referência que identifica a contaminação e u_D é a velocidade de dispersão da contaminação. O fluxo de dispersão do poluente refere-se ao fluxo necessário para diluir a contaminação a um nível suportável. Assim, este fluxo pode ser determinado por

$$\Phi_P = C_L u_D \quad \text{.....(8)}$$

Onde, C_L é a concentração aceitável do poluente na matriz ambiental. No caso em análise, esta concentração refere-se ao respectivo valor de investigação ou valor máximo permitido em águas subterrâneas para o poluente de referência selecionado.

Substituindo (7) e (8) em (6), obtemos uma expressão que relaciona a área degradada à área de interferência, dada por

$$a_D = \left(\frac{C_P}{C_L}\right) a_I \quad \text{.....(9)}$$

A área de interferência considerada neste caso é de aproximadamente 500 m², ou seja, 0,05 ha.

Os valores de C_P e C_L adotados são, respectivamente, 2629,8 mg TPH/L (média de valores obtidos nos poços de monitoramento, considerando zero para valores n.d. ou abaixo do limite de detecção) e 600 mg TPH/L (valor de referência da Lista Holandesa). Assim, a relação C_P / C_L é dada por 4,383 e a área degradada estimada pela eq. (9) resulta em 0,21915 ha.

48 ABNT NBR 14653-6. Avaliação de bens, parte 6: recursos naturais e ambientais, 2009.
49 Considerando US$ 1,00 = R$ 3,30, na época da elaboração do laudo.

Fator financeiro anual da degradação

O período considerado na avaliação econômica é compreendido pelo intervalo de tempo entre o ano de 2005 (quando foi inicialmente identificada a contaminação) e o ano atual de 2017. Logo, o período a ser utilizado nesta avaliação é de 12 anos.

O modelo que descreve o fator financeiro a ser aplicado na eq. (5) é apresentado na expressão (10):

$$f_D = \frac{(1+i)^N - 1}{i} \quad \text{.....(10)}$$

Onde, N = 12 e a taxa de juros i considerada é de 12% ao ano. Assim, é obtido o valor f_D = 24,1331.

Valor ambiental

A partir dos valores calculados para cada um dos fatores f_D, v_S e a_D, pode-se apresentar um valor estimativo para o dano ambiental. Substituindo esses resultados na expressão (5), é obtido o valor de V_A dado por R$ 116.254,00.

3.5. Valoração não monetária de poluição ambiental

Até aqui, foram apresentados diversos métodos e estudos de casos de poluição industrial com valoração monetária associada à degradação ambiental ocorrida. Uma abordagem que utiliza indicadores ambientais para equivalência entre compartimentos ambientais degradados e compensados é objeto de pesquisa recente de Heindrich (2019). Essa abordagem metodológica auxilia o desenvolvimento de projetos de compensação a partir da quantificação de potenciais de impacto ambiental associados ao dano, e será apresentada a seguir. Com isso, o dano ambiental pode ser compensado através de melhorias ambientais no processo industrial que ocasionou o dano.

O potencial de impacto ambiental é representado aqui por E. Quando as emissões industriais não excedem os limites máximos estabelecidos, isto é, não extrapolam a capacidade de suporte de ecossistemas, o potencial de impacto ambiental do processo industrial é dado por E_P. Os valores máximos permitidos para as emissões industriais, estabelecidos pela regulação ambiental, também podem ser quantificados por meio de potenciais de impacto ambiental, sendo identificados por E_S. Quando a operação industrial produz emissões cujos valores atingem seus limites estabelecidos, sem ultrapassá-los, tem-se que $E_P = E_S$.

Na medida em que ocorre um dano ambiental, o potencial de impacto ambiental do processo industrial aumenta, atingindo o valor dado por E_D. O dano ambiental persiste por um período de tempo q_D até que cesse, restaurando o potencial E_S. O dano ambiental pode, assim, ser avaliado em função dos potenciais de impacto ambiental. A medida do dano ambiental é dada por DE_Dq_D e DE_D é calculado por:

$$\Delta E_C = E_P - E_{opt} \quad \text{.....(11)}$$

O dano ambiental medido por DE_Dq_D, após recuperado, constitui um passivo ambiental a ser compensado. De acordo com a proposta metodológica de HEIDRICH (2019), a compensação ambiental pode ser implementada por meio de técnicas que permitam reduzir o potencial de impacto ambiental do processo industrial, abaixo de E_P. Isso significa manter a operação por um período mínimo q_C pré-estabelecido mediante condições capazes de produzir um potencial de impacto E_{opt}. A Figura 2 mostra uma linha de tempo para o potencial de impacto ambiental de uma atividade industrial, desde a geração do dano ambiental, passando pela restauração dos níveis aceitáveis de impacto e chegando à compensação ambiental.

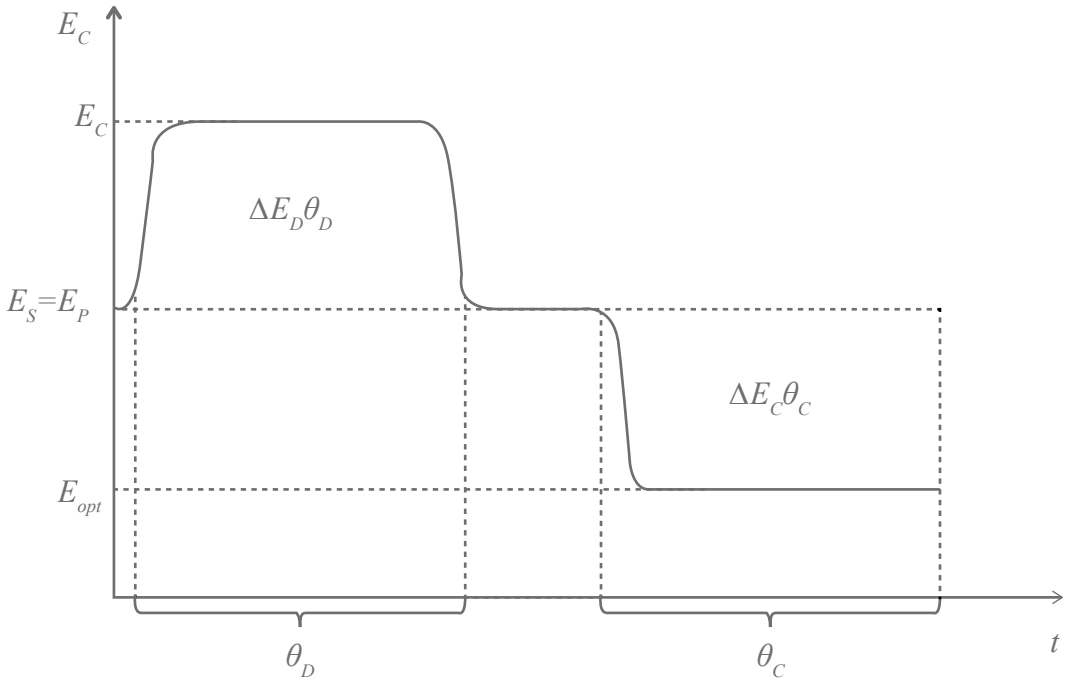
Na Figura 2, $DE_C q_C$ é a medida da compensação ambiental e DE_C é dado por:

$$\Delta E_C = E_P - E_{opt} \quad (12)$$

A compensação do dano ambiental é efetivada quando:

$$\Delta E_C \theta_C \geq \Delta E_D \theta_D \quad (13)$$

Figura 2 – Linha de tempo que descreve as etapas de geração de dano, restauração e compensação ambiental de uma determinada atividade industrial



Para que a condição dada por (13) seja alcançada, é necessário deslocar o potencial de impacto ambiental do processo industrial para o nível determinado por E_{opt}. Isso é possível mediante a implementação de projetos industriais baseados em técnicas de prevenção da poluição.

Para implementar projetos de compensação ambiental segundo essa metodologia, é necessário executar o seguinte procedimento:

1. Escolher uma métrica apropriada para expressar os impactos ambientais em um indicador ou em um conjunto de índices;
2. Utilizar a métrica selecionada para converter as emissões industriais responsáveis pelo dano ambiental em um potencial de impacto ambiental E_D;
3. Utilizar a métrica selecionada para converter as emissões industriais usuais do processo em um potencial de impacto ambiental E_P;
4. Utilizar a métrica selecionada para converter as emissões industriais determinadas em LO ou outros instrumentos regulatórios em um potencial de impacto ambiental E_S;
5. Calcular a medida do dano ambiental por $DE_D q_D$;
6. Selecionar projetos possíveis, com potencial para reduzir os impactos ambientais em níveis inferiores a E_P;

7. Calcular E_{opt} para cada alternativa de projeto;
8. Selecionar o menor valor viável para q_C;
9. Calcular DE_Cq_C para cada alternativa de projeto;
10. Selecionar como projeto de compensação ambiental a alternativa de maior viabilidade econômica, capaz de atender à restrição dada por $DE_Cq_C \geq DE_Dq_D$;
11. Implementar o projeto e monitorar os resultados.

Tal metodologia foi aplicada em um incidente ambiental de vazamento de gás combustível para a atmosfera ocorrido no ano de 2012 em razão de falha no suprimento de energia elétrica em uma Unidade de Petroquímicos Básicos no município de Triunfo, Rio Grande do Sul[50].

A empresa investigada apresentou dados relativos aos gases enviados ao *flare* durante a ocorrência ambiental. Esses dados compreendem as vazões de misturas de hidrocarbonetos descarregados e o tempo de duração das descargas.

As informações que podem ser obtidas a respeito do incidente ambiental inviabilizam uma tentativa de associação a valores econômicos que possam expressar o prejuízo ambiental. Seria necessário ainda ter uma informação precisa a respeito da dispersão da pluma de contaminação e sua extensão no ar. O incidente teve curta duração, não sendo efetiva qualquer tentativa de medição de residuais na atmosfera, visto que esses já se dispersaram.

Entretanto, os dados passíveis de quantificação, fornecidos pela empresa, possibilitam a quantificação do potencial de impacto ambiental na fonte de geração. O potencial de impacto ambiental pode ser avaliado por meio de indicadores que exercem a função de unidade de medida do impacto ambiental.

A partir dos dados disponibilizados pela empresa investigada acerca das emissões geradas durante a ocorrência ambiental, é possível empregar métricas baseadas em categorias de impacto ambiental, usualmente utilizadas na alise de ciclo de vida de produtos e processos (ACV) (AZAPAGIC, 2000). Neste caso, o potencial de impacto ambiental pode ser avaliado por:

$$E_k = \sum_{i=1}^{n} f_{ki} w_i \quad \text{.....(14)}$$

Onde E_k é o potencial de impacto ambiental da categoria k, f_{ki} é o fator de caracterização da categoria de impacto k para o componente i e w_i é a taxa de emissão do componente i. De acordo com Azapagic (2000), hidrocarbonetos, com exceção de CH_4, apresentam os fatores de caracterização 0,416 kg etileno/kg HC e 1,7 kg HC^{-1} para as categorias de impacto POCP[51] e HTP[52].

Segundo os dados apresentados, foram emitidos 2355 ton de hidrocarbonetos (HC) para o *flare*. Essas quantidades são excedentes à emissão usual, portanto, podem ser utilizadas para dimensionamento do dano ambiental. Empregando a equação (14), o dano ambiental pode ser calculado para as duas categorias de impacto. Esses resultados são apresentados na Tabela 2.

50 Conforme descrito nos Documentos 0725/2013, 1089/2015 e 0884/2016, UAA/GAT/MPRS.
51 Potencial de formação de smog fotoquímico.
52 Potencial de toxicidade humana.

Tabela 2 – Cálculo do dano ambiental expresso para as categorias POCP e toxicidade humana

Categoria de impacto	Fator de caracterização f_{ki}	Dano ambiental $DE_D q_D$
POCP	0,416 kg etileno/kg HC	979.680 kg etileno
HTP	1,7 kg HC^{-1}	4.003.500

Fonte: GAT – MP-RS

Depois de calculada a medida do dano ambiental (etapas 1-5), a empresa investigada apresentou dois projetos, implementados no período compreendido entre 2013 e 2015, que resultaram na redução de emissões industriais de hidrocarbonetos e que, portanto, contribuíram com a minimização dos impactos ambientais do processo industrial. As reduções nas emissões industriais foram mensuradas por meio de acompanhamento sobre a redução de perdas no processo industrial.

A metodologia de compensação ambiental proposta foi utilizada pela equipe técnica da empresa investigada para dimensionar o dano ambiental e a compensação obtida com os dois projetos implementados (etapas 6-11). O ganho ambiental obtido com a redução sobre as perdas de hidrocarbonetos foi expresso em unidades de potencial de impacto ambiental e este resultado foi confrontado com o dano ambiental mensurado nas mesmas unidades. Identificou-se uma redução de impacto superior ao dano ocorrido, ratificando a compensação ambiental de acordo com a metodologia proposta.

Diante dos resultados apresentados, observou-se que o ganho ambiental obtido com a implementação dos dois projetos foi superior ao prejuízo associado ao incidente ocorrido em 2012. Desta forma, entende-se que o dano ambiental foi plenamente compensado pela redução sobre índices de potencial de impacto ambiental, obtida ao longo do período compreendido entre os anos de 2013 e 2015.

4. CONCLUSÕES

Neste capítulo, foram abordados alguns dos métodos disponíveis para valoração econômica dos danos ambientais decorrentes de eventos de poluição, retirados de diversos pareceres técnicos elaborados pelo Ministério Público brasileiro, seguindo-se o critério de identificar alternativas compatíveis com os bens jurídicos mais comumente afetados: água, ar e solo.

Para que se possa aferir as parcelas que compõem o Valor dos Recursos Ambientais (VERA) que foram afetadas (Valor de Uso Direto e Indireto + Valor de Opção de Uso Futuro + Valor de Existência), há necessidade de combinar esses métodos com outros que se mostrem adequados para valorar danos à fauna, à flora, à saúde humana e às atividades socioeconômicas e culturais, que também podem ser atingidos pela poluição, sem prejuízo da adoção da Valoração Contingente ou do arbitramento para fixação da indenização por dano moral coletivo.

A escolha do método mais adequado ao caso concreto depende da elaboração de um diagnóstico completo dos bens ambientais lesados pela poluição e dos diversos serviços ecossistêmicos atingidos. É preciso ter clareza sobre o tipo de contaminante lançado no ambiente, dos riscos que ele representa para a biodiversidade e para a saúde humana, da data inicial da produção do dano e da cessação da exposição lesiva, das restrições ao bem-estar coletivo, às atividades econômicas e a direitos fundamentais das pessoas expostas ao evento lesivo durante o período em que perdurou a degradação concreta e as ameaças correlatas. Quanto mais abrangente a informação, maior o êxito da valoração econômica, no que diz respeito à sua proporcionalidade com os fatos da

realidade. Muitas vezes, mostra-se necessário um levantamento de informações por meio de pesquisa bibliográfica e de coleta de informações (levantamento de custos de prevenção de poluição, de execução de projetos, de características biológicas do ambiente etc.), capaz de explicitar os parâmetros e critérios a serem utilizados.

Dado o caráter pluriofensivo da poluição, capaz de ensejar efeitos cumulativos e sinérgicos sobre diversos bens jurídicos protegidos, em múltiplas escalas, é essencial que se tenha clareza a respeito de quais impactos ambientais negativos serão objeto da valoração, em um processo de seleção e de hierarquização, porquanto não será possível valorar economicamente o dano ambiental propriamente dito, em toda a sua complexidade, mas tão somente extrair valores econômicos de bens e serviços que tenham sido lesados, com a perda ou a diminuição de sua oferta para a sociedade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, L. V.; FORTES, J. D. N.; MARTINS, E. **Neutralização compensatória de carbono – estudo de caso: indústria do setor metal mecânico**, Rio de Janeiro (RJ). Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 1, jan/mar 2016, p. 197-205.

ANDREAE, M. O. **Emission of trace gases and aerosols from biomass burning – an updated assessment**. Atmospheric Chemistry and Physics, v. 19, p. 8523-8546, 2019.

AZAPAGIC, A. e PERDAN, S. **Indicators of sustainable development for industry: a general framework**. Process Safety and Environmental Protection 78(4): 243-261, 2000.

BERTOLO, R. A., HIRATA, R., & ALY JUNIOR, O. (2019). **Método de Valoração da Água Subterrânea Impactada por Atividades Contaminantes no Estado de São Paulo. Águas Subterrâneas**, 33(3), 303–313. https://doi.org/10.14295/ras.v33i3.29479.

BIANCHI, S. S.; SANBERG, E. **Remoção como alternativa para gerenciamento de áreas contaminadas**. Revista Cippus, v. 7, n. 2, 2019, p. 29-41.

CÂMARA, Ana Stela; FERNANDES, Márcia Maria. **O Reconhecimento Jurídico do Rio Atrato como Sujeito de Direitos: reflexões sobre a mudança de paradigma nas relações entre o ser humano e a natureza. Revista de Estudos e Pesquisas sobre as Américas** V.12 N.1 2018 Doi: 10.21057/10.21057/repamv12n1.2018.27788.

CASTRO, A. G. **Estimativa de sequestro de carbono florestal para restauração ecológica devido às emissões de CO2 na instalação de uma central geradora hidrelétrica – CGH**. Tese de doutorado. Faculdade de Engenharia – Campus Garatinguetá. UNESP, 2017.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARÁ (CBHRP). **Deliberação Normativa Comitê do Rio Pará nº 24, de 27 de fevereiro de 2013**. Divinópolis, 27 de fevereiro de 2013.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução nº 357, 17 de março de 2005**. Estabelece normas e padrões para qualidade das águas, lançamentos de efluentes nos corpos receptores e dá outras providências.

COSTANZA, R., GROOT, R., SUTTON, P., PLOEG, S., ANDERSON, S. J., KUBISZEWSKI, I., FARBER, S., TURNER, R. K. **Changes in the global value of ecosystem services**. Global Environmental Change, vol. 26, pgs. 152-158, 2014.

COTRIM, J. **Modelos de valoração econômica de danos ambientais a partir de um estudo de caso.** Dissertação de Mestrado. Mestrado Profissional em Meio Ambiente Urbano e Industrial. Universidade Federal do Paraná, 2012, 152 f.

DINIZ, Paula Santana. **Valoração econômica de danos ambientais decorrentes da emissão de poluentes atmosféricos pelas indústrias de ferro-liga situadas na sub-bacia do Rio Verde Grande (MG) In. Valoração econômica de danos ambientais: coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais**/ Editores: Alexandra Fátima Saraiva Soares, Paula Santana Diniz. - Belo Horizonte: CEAF, 2020, pp. 165-190., pp. 191-221. https://www.mpmg.mp.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A91CFA97940B1990179416D10A51CA2, pp. 221, acesso em 03 de jun. 2021.

FLIZIKOWSKI, L. C. **Estimativa de emissões de dióxido de carbono na construção civil e neutralização com espécies vegetais: um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal. UFPR, 2012.

HAWROT-PAW, M.; KONIUSZY, A.; ZAJAC, G.; SZYSZLAK-BARGLOWICZ, J. Ecotoxicity of soil contaminated with diesel fuel and biodiesel. Scientific Reports – Nature Research, 10:16436, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-020-73469-3. Acessado em 06 de janeiro de 2021.

GRACIANO, V. A.; PIRES, C. S.; TEIXEIRA, S. C. G.; ZIOLLI, R. L.; PÉREZ, D. V. **Remediação de um solo contaminado com petróleo por oxidação química**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 36, p. 1656-1660, 2012.

GRELLMANN, E. O.; SIMONETTO, P. R.; FIORAVANÇO, J. C. **Comportamento fenológico e produtivo de cinco cultivares e uma seleção de caquizeiro em Veranópolis**, Rio Grande do Sul, Brasil. Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha, v. 9, n. 1-2, p. 71-76, 2003.

HEIDRICH, Alencar. **Metodologias para Projeto de Processos Químicos na Solução de Problemas Ambientais**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

KASKANTZIS NETO, Georges**. Desempenho de modelos de valoração econômica de danos ambientais decorrentes da contaminação do solo: CATES, VCP, HEA, DEPRN. In MPMG Jurídico**. Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais. Edição especial Meio Ambiente. 2011, pp. 31-37. Disponível em: https://www.mpmg.mp.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A91CFA942729E930142998EFF7066B8, acesso em 03 jun. 2021.

MA, C.Q.; REN, Y.S.; ZHANG, Y.J; SHARP, B. **The allocation of carbon emission quotas to five major power generation corporations in China**. Journal of Cleaner Production, v. 189, p. 1-12, 2018.

MENEGHETTI, L. R. R. **Bioremediação na descontaminação de solo residual de basalto contaminado com óleo diesel e biodiesel**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2007, 113 f.

MILHEMEM, M. M. **Emissões de dióxido de carbono e compensação ambiental com plantio de espécies arbóreas nativas do cerrado: um estudo de caso**. Trabalho de Conclusão de Curso. Faculdade de Planaltina. UNB, 2012.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa conjunta COPAM/CERH** nº 01, de 5 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação – Diário do Executivo – "Minas Gerais" – 13/05/2008.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL. **Nota Técnica do Ministério Público do Mato Grosso do Sul**, disponível em: https://www.mpms.mp.br/downloads/assecom/metodologia-valoracao-parte-ii.pdf, acesso em 03 de maio de 2021.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **SEI nº 29.0001.0018820.2018-51 Parecer Técnico nº 459251 Ação Civil Pública nº 1097053-96.2016.8.26.0100 da 11ª Vara de Fazenda Pública.**

_____. **Centro de Apoio Operacional à Execução. Inquérito Civil 25/2008. Parecer LT 1809/15 CAEX**, datado de 27 nov. 2015.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **INFORMAÇÃO TÉCNICA Nº. 502/2019.**

_____. **Informação Técnica 1103/2019.**

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Unidade de Assessoramento Ambiental. Gabinete de Assessoramento Técnico. Documentos 1039/2018 e 0370/2019.**

_____. **Unidade de Assessoramento Ambiental. Gabinete de Assessoramento Técnico. Documento DAT-MA 0360/2010.**

_____. **Unidade de Assessoramento Ambiental. Documentos 0086/2019 e 0016/2021**.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. 4ª. Câmara de Coordenação e Revisão. **Valoração de Danos em matéria de meio ambiente e de patrimônio cultural. Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal**. Disponível em http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/copy2_of_14_006_dia_mundial_do_meio_ambiente_2_Livreto_ONLINE_CCR4_101.pdf , acesso em 16 fev. 2021.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Economia Ambiental**. RJ: FGV Editora, 2006.

NARODOSLAWSKY, M., KROTSCHECK, C. **The sustainable process índex (SPI): evaluating processes according to environmental compatibility**. Journal of Hazardous Materials, vol. 41, pg. 383-397, 1995.

ODUM, Howard T. **Environmental accounting, emergy and decision making**. New York: Wiley, 1996. 370 p.

OLIVEIRA, S. G. L.; VASCONCELOS, N. V. C.; GOUVINHAS, R. P.; RAMOS, D. S. **Estudo da viabilidade da neutralização das emissões de gases do efeito estufa: estudo de caso em uma empresa logística. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. São Carlos, SP, Brasil, 12 a 15 de outubro de 2010.

ORTEGA, Enrique. **Contabilidade e diagnóstico de sistemas usando os valores dos recursos expressos em emergia**. Campinas: UNICAMP/DEA, 2000a. 38 p.

ORTEGA, Enrique. 2002. **Contabilidade e diagnóstico de sistemas usando os valores dos recursos expressos em emergia.** Departamento de Engenharia de Alimentos UNICAMP -Universidade Estadual de Campinas. SP, Brasil.

PARAÍSO, M. L. S. **Metodologias de avaliação econômica dos recursos naturais.** Revista Direito Ambiental, 6, 97-107 (1997).

REGINATTO, C. **Bioventilação em um solo argiloso contaminado com mistura de diesel e biodiesel.** Dissertação de Mestrado em Engenharia – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012, 111 f.

ROACH, B.; WADE, W. W. **Policy evaluation of natural resource injuries using habitat equivalency analysis**. Ecological Economics, v. 58, p. 421-433, 2006.

ROQUETTE, José Guilherme. Ministério Público do Estado do Mato Grosso. **lnquérito Civil nº 000314-061/2019**. Relatório Técnico n. 271/2020, de 04 de setembro de 2020.

SCHLOSSER, R. T. **Influência de características físicas, químicas e mineralógicas de dois latossolos na movimentação de diesel e biodiesel.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017, 129 f.

SCHÖNGART, J.; ARIEIRA, J.; FORTES, C. F.; et al. **Carbon dynamics in aboveground coarse wood biomass of wetland forests in the northern Pantanal, Brazil**. Biogeosciences Discussion, v. 5, p. 2103-2130, 2008.

SOARES, Alexandra Fátima Saraiva; DINIZ, Paula Santana; SILVA, Luís Fernando de Morais. **Valoração dos danos aos recursos hídricos em Brumadinho**. Dom Helder Revista de Direito, v. 3, n. 6, maio/ago. 2020, p. 191-217.

SOARES, Alexandra Fátima Saraiva. **Valoração do dano ocasionado pelo lançamento de esgotos sanitários in natura gerados em Divinópolis/ MG no Rio Itapecerica e correspondente medida de compensação ambiental.** Valoração econômica de danos ambientais: coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais/ Editores: Alexandra Fátima Saraiva Soares, Paula Santana Diniz. - Belo Horizonte: CEAF, 2020., pp. 191-221. Disponível em: https://www.mpmg.mp.br/lumis/portal/file/fileDownload.jsp?fileId=8A91CFA97940B1990179416D10A51CA2, pp. 221, acesso em 03 de jun. 2021. acesso em 03 de jun. 2021.

SOARES, Alexandra Fátima Saraiva; DINIZ, Paula Santana e SILVA, Luís Fernando de Morais. **Valoração dos danos aos recursos hídricos decorrentes dos resíduos da barragem de mineração em Brumadinho – MG**. In 2º. CONRESOL. 2º. Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade, Foz do Iguaçu, 28 a 30 de maio de 2019.

VALLE, Manuel Castañon. **Valoración del Daño Ambiental**. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – Oficina Regional para a América Latina e o Caribe. Cidade do México, 2006, pp. 64-69.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. 2014.

ANEXO 1 - QUESITOS PARA INVESTIGAÇÃO DE POLUIÇÃO[53]

Poluição sonora

a) Qual é a atividade desenvolvida no local que contém a fonte sonora?

b) Qual(is) o(os) provável(is) elemento(s) da fonte sonora que produz(em) ruído(s)?

c) Identificar a atividade propagadora de sons/ruídos (industrial, comercial, social recreativa, religiosa etc.).

d) Qual o horário de funcionamento do estabelecimento?

e) Existem prédios ou casas próximos ao estabelecimento? É possível determinar a altura dos prédios e das casas?

f) A emissão de ruídos pela fonte sonora ocorre de forma contínua ou variável?

Poluição por efluentes

a) A indústria está em funcionamento? Se positivo, os efluentes estão sendo tratados? Se positivo, qual é o sistema de tratamento de efluentes implantado na empresa? É tratamento indicado para a atividade?

b) Qual a eficiência do sistema de tratamento?

c) O empreendimento é licenciado pelo órgão ambiental competente? Cumpriu as condicionantes?

d) Qual a carga de DBO na entrada e na saída do sistema de tratamento de efluentes? Qual é a eficiência na remoção de DBO no sistema?

e) Qual é o destino final do efluente do empreendimento?

f) Onde se dá o lançamento final dos efluentes tratados? Caso se dê em curso hídrico, avaliar se está compatível com a outorga para diluição dos efluentes, conforme prevê a legislação vigente.

g) Qual é a origem e a qualidade da água utilizada nas atividades do empreendimento?

h) A forma de operação e controle do sistema de tratamento está sendo efetuada de forma correta? Se negativo, por quê? De que forma pode ser realizada?

i) Quais as medidas adotadas pela empresa para evitar danos ao meio ambiente?

j) Qual é o tipo de dano causado ao meio ambiente pela atividade? É irreversível o dano causado? Caso não seja, indicar a melhor solução.

k) Os efluentes lançados têm potencial de causar danos à saúde humana? Por quê?

l) Houve mortandade de animais? (quais espécies)

Poluição industrial

a) Onde se dá o lançamento final dos efluentes tratados? Caso se dê em curso hídrico, avaliar se está compatível com a outorga para diluição dos efluentes, conforme prevê a legislação vigente;

b) O efluente tratado está compatível com os padrões de lançamento e enquadramento do curso hídrico, conforme as Resoluções CONAMA vigentes?

53 Estes quesitos foram retirados do Manual de Quesitos do Ministério Público do Mato Grosso e têm caráter exemplificativo.

c) O empreendimento utiliza produtos químicos em seu processo produtivo? Em caso positivo, estes produtos estão sendo armazenados em locais adequados?

d) Há ocorrência de vazamentos e deficiência de impermeabilização de piso no empreendimento?

e) Qual o manejo e destino final dado aos resíduos sólidos gerados no empreendimento?

f) O manejo das águas pluviais no empreendimento é adequado? Existem indícios de processos erosivos no local?

g) O empreendimento está cumprindo as condicionantes da licença ambiental expedida?

h) O empreendimento possui Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos? Está cumprindo as obrigações nele estabelecidas?

i) Quais as medidas de controle ambiental adotadas pela empresa, no sentido de mitigar, minimizar ou compensar os impactos ambientais?

j) Independentemente da exigência de estudos ou projetos mais aprofundados, qual(is) medida(s) emergencial(is) deverá(ão) ser adotadas para conter, ao menos parcialmente, uma possível degradação ambiental encontrada?

k) os efluentes industriais (ou emissões industriais) têm potencial de causar danos à saúde humana? Por quê? Causaram mortandade de animais?

Emissões atmosféricas

a) O empreendimento opera observando as condicionantes no processo de licenciamento, bem como as normativas existentes?

b) O monitoramento das emissões é realizado na periodicidade exigida em Lei?

c) Existe mecanismo de controle para emissão atmosférica? Caso negativo, quais as medidas de controle que devem ser adotadas para minimizar o problema?

d) Qual a localização, nome, tipo e horário de funcionamento da empresa, empreendimento, obra ou serviço tido como propagador de poluição atmosférica?

e) Existe emissão, emanação, lançamento ou dispersão de matérias ou poluentes na atmosfera em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos?

f) Qual (s) a (s) matéria (s) ou poluente (s) em questão? Esse poluente á prejudicial à saúde humana?

g) Quais outras observações e recomendações pertinentes?

CAPÍTULO III

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AO PATRIMÔNIO CULTURAL

Silvia Cappelli[1]
Ana Maria Moreira Marchesan[2]
André Huyer[3]
Andrea Lanna Mendes Novais[4]
Fernanda Cristina de Souza[5]
Romana Coêlho de Araujo[6]
Sandra Akemi Shimada Kishi[7]

SUMÁRIO

1. Introdução

2. Conceito, valores, tipologia, dimensões e particularidades do dano ao patrimônio cultural

2.1. Conceito

2.2. Valores recepcionados e tipologia de danos

2.2.1. Valores recepcionados

2.2.2. Tipologia e dimensões de danos

3. Elementos preliminares a serem coletados na investigação extrajudicial

3.1. Quesitos para apurar a responsabilidade civil

3.2. Quesitos para apurar a responsabilidade penal

4. Protocolo inicial da investigação extrajudicial e *check list* para a formação da prova

4.1. Dados necessários para a aplicação do método custo de reposição

1 Procuradora de Justiça do Ministério Público do Rio Grande do Sul-MPRS. Especialista em Ecologia humana pela UNISINOS. Diretora da Escola da Associação Brasileira dos membros do Ministério Público do Meio Ambiente - ABRAMPA.

2 Procuradora de Justiça do Estado do Rio Grande do Sul- MPRS. Mestre e doutora pela UFSC.

3 Arquiteto e urbanista. Especialista em patrimônio cultural pela UFRGS, Mestre e Doutor em planejamento urbano e regional pela UFRGS e servidor do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul-MPRS, desde 2003.

4 Arquiteta urbanista. Especialista em Urbanismo pela Universidade FUMEC, especialista em Revitalização Urbana e Arquitetônica pela UFMG e analista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - MPMG, desde 2008.

5 Arquiteta e urbanista. Mestre em Arquitetura e Urbanismo pela UFMG. Analista no Setor de Meio Ambiente da Central de Apoio Técnico do Ministério Público do Estado de Minas Gerais -MPMG, desde 2005.

6 Assessora econômica 6ª CCR/MPF. Servidora do MPU. Economista. Mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente (UnB). Bacharel em Direito (CEUB).

7 Procuradora-Regional da República – PRR3/MPF. Mestre pela UNIMEP. Vice-Presidente da Associação Brasileira dos membros do Ministério Público do Meio Ambiente – ABRAMPA.

4.2. Dados necessários para a aplicação do método CONDEPHAAT

5. Métodos aplicados para a valoração do dano

5.1. Método custo de reposição

5.1.1. Tabela de aplicação do método custo de reposição

5.2. Método CONDEPHAAT

5.2.1. Tabela de aplicação do método CONDEPHAAT

5.3. Critérios utilizando como parâmetro o Decreto Federal nº 6.514/2008

5.4. Outras possibilidades

6. Conclusão

7. Glossário

Referências bibliográficas

Apêndice

Apenso

1. INTRODUÇÃO

Pensar juridicamente sobre a reparação de danos a determinado bem jurídico pressupõe uma razoável clareza sobre a sua essência e as suas especificidades. Não podemos esquecer que o Direito adota uma concepção holística de meio ambiente, que abarca os elementos naturais, culturais e artificiais, dotando a proteção do patrimônio cultural de todos os instrumentos aptos à defesa ambiental[8].

No presente trabalho, a Comissão de Meio Ambiente do Conselho Nacional do Ministério Público, através deste Subgrupo está debruçando-se sobre as práticas do Ministério Público na valoração do dano material ao patrimônio cultural não passível de restauração ou compensação *in natura ex situ*. Isso porque, como já referido, há uma hierarquia entre as obrigações decorrentes do dano ambiental, sendo a indenização a última opção entre aquelas. Além do dano material não passível de restauração e compensação, também é objeto de indenização o dano extrapatrimonial ambiental. Entretanto, este subgrupo não enfrentará a valoração dos componentes da indenização do dano moral coletivo ambiental, que é sujeito ao arbitramento. O objetivo é narrar os métodos atualmente aplicados pelas assessorias técnicas do Ministério Público, numa tentativa de conferir certa uniformidade à sua atuação, a par de ampliar o conhecimento e as ferramentas para a tutela do meio ambiente em geral e, em particular, neste capítulo, do meio ambiente cultural[9].

Embora sejam muitos os tipos e dimensões de danos ao patrimônio cultural, os membros deste subgrupo analisaram casos concretos de valoração econômica de danos materiais irreversíveis, investigados em sede de inquérito civil e produzidos em bens culturais tangíveis ou materiais. Dessa forma, partindo da análise de experiências vividas no cotidiano da investigação realizada pelo Ministério Público e por espelhar apenas o universo dos casos selecionados pelas equipes técnicas e enviados à Comissão de Meio Ambiente do CNMP e, consequentemente, ao subgrupo para avaliação, o presente estudo está longe de esgotar os métodos e exemplos de danos possíveis de

8 O próprio conceito de meio ambiente, insculpido no art. 3º, I, da Lei da Política Nacional do Meio Ambiente (Lei 6.938/81) demonstra que o direito adota um conceito amplo. Meio ambiente: I - meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. Por instrumentos, por exemplo, nos referimos ao inquérito civil, ao termo de compromisso de ajustamento de conduta, à recomendação e à ação civil pública.

9 A tutela do meio ambiente cultural se dá de forma ampla, nos termos do art. 225, parágrafo 3º, da CF, ou seja, nos âmbitos administrativo, civil e penal. Na esfera penal vale registrar que os crimes contra o patrimônio cultural possuem uma seção própria na Lei n. 9605/98 e estão tipificados entre os arts. 62 e 65.

avaliação. Além disso, não abordamos os elementos possivelmente avaliados no dano moral coletivo, nem no dano ao patrimônio cultural imaterial[10] por não encontrarmos informação sobre experiências concretas aplicadas pelas assessorias do Ministério Público. Assim, detivemo-nos à análise dos métodos para valoração econômica e outros critérios de valoração dos danos materiais irreversíveis ao patrimônio cultural material.

O bem cultural é a célula que compõe o tecido do patrimônio ou meio ambiente cultural, sendo "algo apto a satisfazer uma necessidade de cunho cultural e que se caracteriza por seu valor próprio, independentemente de qualquer valor pecuniário, de ser testemunho da criação humana, da civilização, da evolução da natureza ou da técnica, não se esgotando em seus componentes materiais, mas abarcando, sobretudo o 'valor' emanado de sua composição, de suas características, utilidade, significado etc." (MARCHESAN, 2007, p.39).

Teixeira discorre sobre o bem cultural enfatizando a perspectiva jurídica e destacando que ele não se esgota no objeto material nem nos elementos tangíveis que o integram, agregando o valor que resulta da sua "composição, das suas características, da sua utilidade, do seu significado". Enfatiza que o bem tutelado é irredutível aos aspectos materiais[11].

Pode-se acrescentar, ainda, conforme Cortese (2002, p.113), que os bens culturais são bens meritórios, isto é, havidos como coletivamente úteis e que devem ser disponibilizados, tutelados e conservados independentemente de demanda individual. Dotados das características da indivisibilidade e não exclusividade, são bens cujo consumo por uns não reduz o nível de consumo por outros e, por essa razão, são considerados, como *merit goods* ou *club goods* (RAWLS, 1993; SALLES, 2005).

Além disso, o bem cultural[12] possui diversos atributos desprovidos de materialidade e, do ponto de vista da dominialidade, os bens culturais definidos como patrimônio cultural são sempre de propriedade coletiva (*res communis omnium*). (CASINI, 2001).

Portanto, pensar sobre o dano ao patrimônio cultural, suas formas de reparação e sobre sua eventual valoração econômica requer uma amplitude de perspectiva, tal e qual empregada no art. 216 da CF, capaz de açambarcar ações deletérias a tudo aquilo que pode ser considerado portador de referência "à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira".

Fruto de toda uma evolução científica em torno à ideia de patrimônio, esse conceito revela a adesão a uma concepção não estática, nem meramente reativa, assentada tão somente no dever de "proteção" de bens capazes de testemunhar fatos significativos da memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, mas uma perspectiva dinâmica, voltada à preservação, à valorização e à democratização (MARCHESAN, 2007). Nem só de matéria vive o patrimônio cultural e é justamente nisso que residem as dificuldades dessa valoração.

10 Em relação aos danos ao patrimônio cultural imaterial, à míngua de métodos já utilizados para atribuir-lhes valor econômico, sugere-se buscar inspiração em metodologia para diagnosticar e implementar o manejo sustentável de bens culturais imateriais e museus de território constante em PLA, Jorge Hermosilla (Diretor). **Evaluation of cultural heritage, geographic information system and territory museum.** Tools for sustainable management. Valencia: Tirant Humanidades, 2020, p. 105, no seguinte hiperlink: https://eulacmuseums.net/eulac_museums_docs/evaluation_of_cultural_heritage_low.pdf

11 TEIXEIRA, Carlos Adérito. **Da protecção do património cultural**. Disponível em: http://www.diramb.gov.pt Acesso em: 17 set. 2004.

12 Na verdade, o bem cultural em si, ou seja, aquela aferição de valor que a coletividade faz a respeito de um bem móvel, imóvel, com suporte material ou sem, é sempre imaterial (intangível). Para efeitos didáticos e de tratamento mais adequado às características do bem, faz-se a distinção entre o patrimônio cultural material e imaterial.

2. CONCEITO, VALORES, TIPOLOGIA, DIMENSÕES E PARTICULARIDADES DO DANO AO PATRIMÔNIO CULTURAL

2.1. Conceito

A legislação brasileira não chega a definir dano ambiental em geral, tampouco ao patrimônio cultural.

Na doutrina, Miranda (2020, p. 513) conceitua o dano ao patrimônio cultural como "toda lesão causada por atividade humana, positiva ou negativa, culposa ou não, que implique em perda ou detrimento significativo, com repercussão negativa aos atributos de bens integrantes do patrimônio cultural brasileiro".

Gomes (2001, p. 124) considera o dano ao patrimônio cultural como aquele que afeta, total ou parcialmente, a integridade de um bem cultural, corpóreo ou incorpóreo, na sua dimensão de memória. "Donde, deve afetar o núcleo simbólico do bem, o que o torna representativo para a comunidade que nele se revê. Note-se que o bem pode valer por si, exclusivamente, ou pode estar inserido num contexto que mantenha com ele uma relação interpretativa e informativa. Daí que o dano possa refletir-se direta e exclusivamente sobre a coisa em que encarna o bem cultural (mutilação de uma estátua, destruição da fachada de um palácio, supressão de páginas de um livro único), ou indiretamente (exclusiva ou simultaneamente) sobre o bem cultural porque (o) afeta (e a) o seu contexto".

A amplitude desses conceitos é perfeitamente adequada às diversas dimensões que tornam determinado bem cultural – dotado ou não de suporte material (tridimensionalidade) – provido de uma aura que o converte merecedor de tutela para que seja passível de transcendência das presentes para as futuras gerações. Em se tratando da dimensão cultural do meio ambiente, dinamismo e historicidade são características que terão de fazer parte da equação avaliativa, pois a sociedade e sua percepção a respeito do patrimônio mudam. Steigleder (2010, p. 81) avalia que "o problema a ser superado é que, enquanto os valores culturais são dotados de subjetividade, relatividade e mutabilidade, a depender dos processos históricos de sua formação e afirmação, os valores econômicos necessitam ser pragmáticos e objetivos. Ou seja, pressupõem que os valores culturais sejam pré-selecionados e submetidos a uma escala de prioridades, que simplifique o objeto de investigação". Esse paradoxo é, sem dúvida, criador de dificuldades que não podem fazer com que os operadores do direito venham simplesmente a relevar ou menoscabar os danos ao patrimônio cultural.

Para que se tenha uma noção mais concreta, vale citar alguns exemplos de danos mencionados por Miranda (2020, p. 513) como "a destruição, deterioração, inutilização de prédios e documentos históricos, a descaracterização e o abandono de edificações tombadas, a demolição às pressas e às ocultas de bens inventariados ou em processo de tombamento, a pichação de sítios arqueológicos rupestres, a extração e o comércio clandestinos de fósseis e bens de valor arqueológico, a subtração e o comércio descontrolado de imagens sacras coloniais, a explosão de grutas que guardam vestígios arqueológicos e paleontológicos para exploração de recursos minerais, a pichação de monumentos urbanos, as construções em frontal desrespeito às normas de ordenamento urbano, a poluição visual em cidades históricas e turísticas, o descaso com bibliotecas, museus, teatros, cinemas e demais espaços destinados às manifestações culturais, a arbitrariedade lesiva a formas de fazer e viver tradicionais".

2.2. Valores recepcionados pelo patrimônio cultural e as tipologias de danos

2.2.1. Valores recepcionados

As dificuldades que norteiam o estabelecimento de critérios para eleição/seleção de bens culturais que mereçam ser protegidos pelos diferentes instrumentos previstos no art. 216, § 1º, da Constituição são muito semelhantes às que nos desafiam no campo da valoração econômica. Partindo-se dessa premissa, é imprescindível elencar os principais valores que impregnam, no bom sentido, os bens culturais.

A partir de uma ampla revisão bibliográfica que comparou a escala valorativa de Riegl (1999), Curtis (1979) e Meneses (1992), Marchesan (2007) sintetizou um plano axiológico, que não se pretende estanque, e que pode bem servir como ponto de partida. Os valores estão agrupados em seis conjuntos:

1. valores de antiguidade: associados à data de criação e execução do bem, os quais abarcarão um arco temporal menos avançado em direção ao passado quanto mais jovem for a cidade ou vilarejo onde se situa o bem;

2. valores de testemunho: associados à capacidade incorporada pelo bem de evocar o passado, de se constituir em um texto não escrito capaz de desempenhar uma função documental (quanto mais preservado o bem, maior a eloquência do testemunho que ele presta por sua simples existência);

3. valores de uso: associados às potencialidades contemporâneas de uso, acessibilidade, conservação, praticidade, vocação turística, funcionalidade do bem cultural;

4. valores artístico-formais: relacionados às peculiaridades estéticas, artísticas, de forma, de ambiências aglutinados ao bem cultural;

5. valores morais ou afetivo-espirituais: relativos às relações subjetivas das comunidades com o espaço por elas ocupado e que implicam um sentido de pertença a determinado grupo e forte vinculação a determinado território;

6. valores de singularidade/raridade: são aqueles que derivam da peculiar condição do bem que, por ser único, apresente elevada vulnerabilidade à extinção.

No conjunto **1**, situam-se os valores rememorativos de antiguidade de Riegl e o homônimo de Curtis. Meneses, oportuno registrar, não conferiu autonomia a esse valor de molde a isolá-lo, o que não significa que esteja ausente de seu universo axiológico associado àqueles por ele priorizados.

No conjunto **2**, situam-se os valores rememorativos históricos e intencionais identificados por Riegl; o valor tradicional e/ou evocativo de Curtis e os cognitivos de Meneses.

No conjunto **3**, agrupam-se os valores de contemporaneidade instrumentais de Riegl; os valores de uso atual, de acessibilidade com vistas à reciclagem, de conservação e de compatibilização com a estrutura urbana de Curtis e os pragmáticos nominados por Meneses.

No conjunto **4**, posicionam-se os valores de contemporaneidade artísticos relativos, inseridos no plano de Riegl; os valores arquitetônicos e ambiental de Curtis e os valores formais de Meneses.

No conjunto **5**, situam-se os valores afetivos designados por Meneses e, em menor grau, o valor tradicional ou evocativo de Curtis. Na escala de Riegl, não há qualquer alusão a esses sentimentos de pertencimento, provavelmente porque a identificação desse sentimento de vinculação do homem ao binômio tempo-espaço tenha ganhado significativo reforço na era pós-moderna.

No conjunto **6**, aparecem os valores de contemporaneidade artísticos elementares ou de novidade, de Riegl que, nesse norte, esteve muito à frente de seu tempo, e os valores de recorrência regional e/ou raridade formal, de raridade funcional e de risco de desaparecimento de Curtis. A questão da unicidade ou excepcionalidade do bem cultural passou ao largo da planta de valores arquitetada por Meneses.

A partir dessa listagem dos grupos valorativos, é possível pensar na tipologia de dano ao patrimônio cultural e nas suas particularidades.

2.2.2. Tipologia e dimensões de danos ao patrimônio cultural

Em relação ao patrimônio cultural dotado de corpo, ou seja, de um suporte físico (tridimensionalidade), Miranda (2020, p. 514) já equacionou com perfeição os tipos de danos passíveis de serem reparados pela via da indenização: ***i.*** danos materiais irreversíveis; ***ii.*** danos interinos e sociais e ***iii.*** danos morais coletivos. Desde já, excluem-se os danos materiais reversíveis, pois esses **podem e devem ser restaurados.** Sempre que possível, o retorno do bem ao seu estado anterior (ou mais próximo dele), é medida prioritária e impositiva na reparação dos bens culturais.

Os danos materiais irreversíveis podem aparecer de forma plena ou parcial. Dito de outro modo: todo o bem ou conjunto não mais pode ser restaurado (seja pelo grau de deterioração, seja pela desproporcionalidade dessa opção) ou parte dele. Em ambos os casos, a obrigação remanescente há de ser compensada por meio da indenização ou pela assunção de outra obra ou ação que venha a recuperar bem de valor análogo. Nesses casos, é imprescindível que se lance mão de metodologia científica capaz de aferir, da forma mais precisa possível, o valor perdido e o valor a ser ressarcido (via indenização em pecúnia ou pela assunção de obras ou ações substitutivas). Fácil elucubrar, por exemplo, sobre a destruição de um sítio arqueológico, cuja característica principal diz respeito à finitude da sua base de dados (irrepetibilidade) e, justamente por isso, não comporta restauração (SOARES, 2007). Não sendo renováveis, a perda ou degradação de um sítio trará direta repercussão na perda ou redução do conhecimento histórico por ele proporcionado. Como mensurar esse tipo de perda economicamente ou, no mínimo, financeiramente?

Os danos interinos ou sociais são aqueles que se apresentam entre o momento da ação ou omissão gravosa ao patrimônio cultural e o pleno restabelecimento do bem atingido. Trata-se de contemplar a comunidade pelos danos ao bem difuso naquele lapso temporal que medeia entre a conduta danosa e a efetiva reparação. Segundo Miranda (2020, p. 515-516) "trata-se de verdadeiro lucro cessante cultural – cuja reparação deve se dar por indenização pecuniária em benefício do fundo de direitos difusos lesados". Imagine-se, por exemplo, o dano causado a um centro cultural e que o torne impossível de fruição coletiva por certo período até seu restauro posterior. Esse período no qual a coletividade viu-se privada de desfrutar daquele equipamento cultural há de ser indenizado.

Os danos morais coletivos são reservados para os casos mais graves e que sejam capazes de privar a coletividade das sensações espirituais (emotivas, afetivas, hedônicas, evocativas e estéticas) desfrutadas pela conexão com o bem cultural. Nessas hipóteses, a coletividade experimenta perdas, sofrimentos e sentimentos de repulsa ao verificar o dano causado, merecendo a indenização.

As dificuldades ampliam-se quando se está diante dos danos ao patrimônio em *estado gasoso,* por assim dizer, mais conhecido como patrimônio cultural imaterial ou intangível (desprovido de suporte material), consoante Sozo (2007). À luz das anotações de Soares (2009, p. 47-48), "Os bens culturais, materiais ou imateriais, são veículos de transmissão de ideias e conteúdo. [...] Não há exigência de que os bens sejam materiais, já que os bens intangíveis também portam valor estético,

simbólico ou de uso. [...] Como a tutela do patrimônio cultural decorre do processo de valoração dos bens pelos contextos de seleção, é necessário que se estabeleçam alguns parâmetros para a atribuição dos valores de referência culturais aos bens que integram e integrarão o patrimônio cultura cultural brasileiro".

Nesses casos, podemos trabalhar com as mesmas categorias pensadas por Miranda. Porém, o feixe de valores terá outra perspectiva capaz de contemplar esse patrimônio transmitido de geração em geração, constantemente ressignificado pelas comunidades e pelos grupos sociais, no qual se compreendem as práticas, representações, expressões, conhecimentos, assim como os objetos, artefatos e espaços culturais com eles associados, que as comunidades reconhecem como parte da sua identidade coletiva.

Imagine-se uma comunidade que venha a ser desterritorializada em decorrência de um extravasamento de uma estação de tratamento de esgotos mal planejada, em cujo território original são extraídos determinados vegetais que só ali eram passíveis de cultivo e de cujo artesanato vivia aquele povo. Ou, pensando noutra hipótese, no caso de comunidades associadas à água como bem paisagístico, religioso, afetivo e espiritual e que veem uma nascente situada em sua aldeia secar em decorrência de uma atividade mineradora. São perdas sofridas que vão muito além do econômico, mas que precisam ser contempladas em eventual indenização.

O fato é que, salvo a metodologia de avaliação contingente preconizada por Seroa da Motta (1997) (de complexa e morosa aplicação), não se tem em uso corrente pelo Ministério Público brasileiro uma metodologia científica para que se estime o valor econômico associado ao patrimônio cultural imaterial ou intangível. Casos desse jaez costumam ser arbitrados, por vezes sem qualquer base científica. Mas pior do que arbitrar é não reparar o dano, ou seja, não indenizar[13]. Partindo dessa premissa, o grupo resolveu anexar a esse capítulo uma tabela de avaliação das condições de preservação e existência de bens culturais imateriais a fim de clarear possíveis elementos a serem sopesados quando da estimativa do valor econômico associado ao patrimônio cultural desprovido de tridimensionalidade ou suporte material.

A grande particularidade na mensuração econômica dos danos ao patrimônio cultural é assimilar a limitação de todas as metodologias disponíveis. Elas são insuficientes porque "nenhuma delas conseguirá identificar o valor do dano, mas apenas valores associados ao patrimônio lesado, já que este é qualificado por valores imateriais não mensuráveis economicamente" (STEIGLEDER, 2010, p. 57). Portanto, não é possível reparar integralmente o dano causado ao patrimônio cultural por meio da indenização pecuniária, pois qualquer esboço no sentido de quantificá-la será sempre insuficiente, uma vez que não se captura toda a riqueza da gama de valores que pode estar associada ao bem cultural.

O problema a ser superado, ressalta Steigleder (2010) "é que os valores culturais são dotados de subjetividade, relatividade e mutabilidade, a depender dos processos históricos de sua formação e afirmação". Isso parece confrontar com a necessidade de uma racionalidade econômica para a monetização daquilo que foi danificado ou perdido. Além disso, os métodos disponíveis para a avaliação de danos ao patrimônio cultural encontram muita dificuldade em avaliar bens meritórios, cuja razão de existir atrela-se à formação e elevação espiritual do indivíduo e cuja vocação à permanência enseja outro desafio nos cálculos matemáticos.

13 Exemplo de arbitragem ocorreu por ocasião do TAC celebrado pelo Ministério Público Federal que estabeleceu indenização por danos ambientais, materiais e imateriais a favor do povo Kayapó, com gerência pelo instituto Raoni, sociedade civil de direito privado que representa cerca de 2.300 indígenas da região do baixo Xingu, entre os Estados de Mato Grosso e Pará, como decorrência da queda do avião da Gol em área indígena. Completa descrição do caso está em: NOGUEIRA, Daniela Saab; GUTIERREZ, José Paulo. Mekaron Nhyrunkwa e os danos espirituais dos kayapó: precedente para a reparação do patrimônio cultural imaterial indígena? **Anais do V Congresso Nacional da FEPODI** [Recurso eletrônico on-line] organização FEPODI/ CONPEDI/ UFMS. Disponível em http://conpedi.danilolr.info/publicacoes/696vp84u/bloco-unico/fy3hN5UeC9c92cWJ.pdf Acesso em 31.mar.2021.

3. ELEMENTOS PRELIMINARES A SEREM COLETADOS NA INVESTIGAÇÃO EXTRAJUDICIAL

A investigação extrajudicial do dano (notícia de fato, procedimento preparatório ou inquérito civil) pressupõe a elaboração da prova necessária ao convencimento do membro do Ministério Público sobre a possibilidade de proposição de um termo de compromisso de ajustamento de conduta, de ajuizamento de uma ação civil pública ou, caso contrário, o arquivamento.

Segundo o CNMP, 85% das Promotorias Especializadas em matéria ambiental no país contam com assessores ou analistas ambientais[14] para a realização de laudos sobre eventuais danos investigados ou aptos a figurarem como assistente técnico, na hipótese de instrução de ação civil pública. Sem prejuízo disso, dada à notória complexidade ou especificidade do dano ambiental, é necessário socorrer-se de especialista, sendo, ainda, a perícia realizada, idealmente, por equipe multidisciplinar. Ainda que o percentual de promotorias atendidas por corpos técnicos informado pelo CNMP seja bastante significativo, na prática há muita dificuldade de cobertura plena por especialistas (nos casos do patrimônio cultural, geralmente arquitetos, engenheiros, historiadores, antropólogos, arqueólogos e economistas) para realizarem vistorias *in loco*. Portanto, antes de se partir para eventual quantificação econômica, ou, se essa não for factível, buscar-se, no mínimo a quantificação financeira, do valor associado ao dano irreversível causado ao patrimônio cultural, é importante que sejam recolhidos dados preliminares que possibilitarão aferir se o caso permite o retorno ao *status quo ante*, tanto quanto possível, ou se lançará mão da compensação pecuniária. A propósito, convém lembrar que, em matéria ambiental, é admissível a cumulação das obrigações de fazer, não fazer e indenizar[15], corolário do princípio da reparação *in integrum* do dano ambiental[16]. Outro princípio consagrado é o da prioridade da reparação *in natura*[17], desvelando uma hierarquia entre as soluções reparatórias e apontando para a chamada *reductio ad pristinum statum* como primeira opção, sempre que possível e tecnicamente recomendável.

Ao receber uma notícia envolvendo possível dano ao patrimônio cultural, o membro do Ministério Público deverá amealhar um conjunto de provas apto a direcioná-lo para a solução otimizada do caso. Nessa busca, poderá inclusive encaminhar quesitos ao seu corpo técnico, com a seguinte redação sugerida:

14 Brasil. Conselho Nacional do Ministério Público – CNMP. Cenários, Oportunidades e Desafios do Ministério Público Ambiental. Brasília, CNMP, 2020, p. 108. Disponível em https://www.cnmp.mp.br/portal/images/noticias/2020/novembro/CMA_OK_2.pdf. Acesso em 24 de março de 2021.

15 **Súmula 629 do Superior Tribunal de Justiça** – "Quanto ao dano ambiental, é admitida a condenação do réu à obrigação de fazer ou à de não fazer cumulada com a de indenizar".

16 BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. REsp 1.454.281/MG, Rel. Min. Herman Benjamin, DJe 9/9/2016.

17 BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. REsp 1677353/SC, Rel. Min. Mauro Campbell Marques, DJe 9/9/2016. DJe 14/11/2017. No mesmo sentido, BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. REsp 1444459/SC, Rel. Min. Og Fernandes, DJe 9/9/2016.DJe 06/08/2018.

3.1. Quesitos para apurar a responsabilidade civil

ORIENTAÇÃO DE QUESITOS **(Os quesitos aqui apresentados não se aplicam a todas as situações, sendo necessário adequar a solicitação ao caso concreto, selecionando os quesitos realmente pertinentes ao fato)**
1) Qual a localização do bem cultural? (endereço, coordenadas geográficas, fotos aéreas, se possível)
2) Quais as dimensões e confrontações do imóvel?
3) Descreva fisicamente o bem de forma pormenorizada, juntando fotografias (vista geral e detalhes) do mesmo.
4) Qual a atual destinação do imóvel?
5) Qual o estado de conservação atual do imóvel?
6) O bem cultural achava-se protegido por algum instrumento dentre os previstos no § 1º do art. 216 da Constituição Federal? Qual a esfera de proteção ao bem cultural (federal, estadual ou municipal)?
7) Houve intervenção física no bem? Em caso positivo, descrever o mais detalhadamente possível a lesão, descaracterização, mutilação, destruição parcial ou total, obstrução visual, alteração na ambiência etc. Descrever as dimensões aproximadas do bem cultural degradado e da área efetivamente danificada ou degradada.
8) Houve autorização para intervenção pelo órgão responsável pela proteção? Em caso positivo, indicar se a intervenção ocorreu em desacordo ao disposto na referida autorização.
9) A intervenção descaracterizou o bem? É possível sua restauração?
10) O evento causou prejuízos a terceiros (degradação/abalos estruturais ou rachaduras em prédios vizinhos; interdição de atividades de moradia e/ou de serviços de vizinhos; custos públicos por interdição de vias de circulação, contenção de outros danos etc.)? Descrever esses prejuízos o mais detalhado possível.
11) O evento causou prejuízos a outras atividades ligadas ao patrimônio cultural, como turismo, lazer, pesquisas cientificas, entre outros? Qual a variação ocorrida em cada um desses, ou outros, setores?
12) Qual a data provável da ação ou omissão lesiva?
13) É possível identificar por qual meio foi (foram) causado(s) o(s) dano(s) ao bem cultural (trator, incêndio, atividade manual, maquinário de demolição, uso abusivo do bem, comércio, apropriação indevida de bem cultural imaterial, omissão etc.)?
14) É possível indicar se poderiam ter sido adotadas providências prévias para evitar o dano (escoramento, manutenção de rotina etc.)? Em caso positivo, qual seria o custo aproximado dessas providências em sua respectiva unidade temporal (custo ao mês, custo ao ano...)?

Em seguimento, considerando-se a tríplice responsabilização prevista no art. 225, parágrafo 3º, da Constituição Federal, entendeu-se oportuno sugerir quesitos para a apuração dos crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural tipificados na Lei nº 9.605/98 (Lei dos Crimes e Infrações Administrativas Ambientais), mesmo porque, poderão também tais quesitos servir de inspiração para os questionamentos feitos ao corpo técnico na esfera cível. Ademais, oportuno relembrar que a perícia de constatação do dano ambiental produzida no inquérito civil ou no juízo cível poderá ser aproveitada no processo penal, desde que instaurado o contraditório (art. 19, parágrafo único, da Lei nº 9.605/98). Além disso, a proposta de aplicação imediata de pena restritiva de direitos ou multa, nos casos de transação penal, somente poderá ser formulada se houver a prévia composição do dano ambiental e, na hipótese de suspensão condicional do processo-crime, a declaração de extinção de punibilidade dependerá de laudo de constatação de reparação do dano ambiental (arts. 27 e 28, da Lei nº 9.605/98).

Dessa forma, sugerem-se os seguintes quesitos aos crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural, correspondentes aos crimes ambientais contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural previstos na Lei nº 9605/98.

3.2. Quesitos para apurar a responsabilidade penal (crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural)

Art. 62. Destruir, inutilizar ou deteriorar:

I - bem especialmente protegido por lei, ato administrativo ou decisão judicial;

II - arquivo, registro, museu, biblioteca, pinacoteca, instalação científica ou similar protegido por lei, ato administrativo ou decisão judicial:

Pena - reclusão, de um a três anos, e multa.

Parágrafo único. Se o crime for culposo, a pena é de seis meses a um ano de detenção, sem prejuízo da multa.

ORIENTAÇÃO DE QUESITOS **(responsabilidade penal - crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural – artigo 62)**
1) Qual o bem objeto material do delito?
2) Trata-se de arquivo, registro, museu, biblioteca, pinacoteca, instalação científica ou similar?
3) O bem é protegido por lei? Em caso positivo, qual?
4) O bem é protegido por ato administrativo? Em caso positivo, qual?
5) O bem é protegido por decisão judicial? Em caso positivo, qual?
6) O bem foi destruído? Em caso positivo, indicar se é possível uma reposição física do bem ou, em não o sendo, qual o valor econômico associado para uma indenização? Nesse caso, indicar os critérios para a avaliação.
7) Na hipótese de não ter ocorrido a destruição, o bem foi inutilizado? Em caso positivo, indicar em que consistiu essa redução na sua funcionalidade? Em caso positivo, indicar se é possível uma restauração da funcionalidade perdida ou, em não o sendo, qual o valor econômico, ou financeiro, associado para uma indenização? E se possível, indicar a data de início da inutilização do bem.
8) O bem foi deteriorado? Em caso positivo, indicar se é possível uma reposição física do estado anterior ou, em não o sendo, qual o valor econômico resultante para uma indenização? Nesse caso, indicar os critérios para a avaliação. E se possível, indicar a data de início e fim da deterioração do bem.

Art. 63. Alterar o aspecto ou estrutura de edificação ou local especialmente protegido por lei, ato administrativo ou decisão judicial, em razão de seu valor paisagístico, ecológico, turístico, artístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental, sem autorização da autoridade competente ou em desacordo com a concedida:

Pena - reclusão, de um a três anos, e multa.

ORIENTAÇÃO DE QUESITOS (responsabilidade penal - crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural – artigo 63)
1) Qual o bem objeto material do delito?
2) Em caso de edificação, houve alteração do seu aspecto ou estrutura?
3) Em caso positivo, em que consistiu essa alteração do aspecto ou estrutura?
4) Em caso de local, indicar com precisão a sua situação geográfica e se é protegido por lei (indicando a lei), ato administrativo (indicando qual) ou decisão judicial (indicando qual).
5) O local era protegido por lei, ato administrativo ou decisão judicial em razão de qual ou quais valores (paisagístico, ecológico, artístico, turístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental)?
6) A alteração do aspecto do lugar se deu sem/com autorização da autoridade competente (indicar a autoridade competente)?
7) A alteração do aspecto do lugar se deu em desacordo com a autorização da autoridade competente (indicar a autoridade competente e anexar cópia da autorização)?
8) Na hipótese de não ter ocorrido a destruição, o bem foi inutilizado? Em caso positivo, indicar em que consistiu essa redução na sua funcionalidade? Ainda, indicar se é possível uma restauração da funcionalidade perdida ou, em não o sendo, qual o valor econômico, ou, no mínimo financeiro, associado para efeitos de indenização (nesse caso explicitar a metodologia utilizada para o cálculo)?
9) A edificação ou o local protegido sofreu alterações? Em caso positivo, indicar se é possível uma reposição física do estado anterior ou, em não o sendo, qual o valor econômico ou, no mínimo financeiro, associado para efeitos de indenização? (nesse caso, indicar os critérios utilizados para a avaliação).

Art. 64. Promover construção em solo não edificável, ou no seu entorno, assim considerado em razão de seu valor paisagístico, ecológico, artístico, turístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental, sem autorização da autoridade competente ou em desacordo com a concedida:

Pena - detenção, de seis meses a um ano, e multa.

ORIENTAÇÃO DE QUESITOS (responsabilidade penal - crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural – artigo 64)
1) Houve construção em solo não edificável?
2) Em caso positivo, explicar as características da construção e o porquê do solo ser não edificável (ex. APP, sob linhas de transmissão, espaço público etc.).
3) Houve construção no entorno de bem ou local especialmente protegido em razão de seu valor paisagístico, ecológico, turístico, artístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental?
4) Em caso positivo, explicar as características da construção e o porquê de estar no entorno de bem ou local especialmente protegido em razão de seu valor paisagístico, ecológico, turístico, artístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental solo ser não edificável (ex. APP, sob linhas de transmissão, espaço público etc.).
5) Estando a construção no entorno de bem ou local tombado, explicar em que medida ela interfere na ambiência ou na visibilidade do bem (art. 18 do DL 25/37)?

Art. 65. Pichar ou por outro meio conspurcar edificação ou monumento urbano:

Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, e multa.

§ 1º. Se o ato for realizado em monumento ou coisa tombada em virtude do seu valor artístico, arqueológico ou histórico, a pena é de 6 (seis) meses a 1 (um) ano de detenção e multa.

§ 2º. Não constitui crime a prática de grafite realizada com o objetivo de valorizar o patrimônio público ou privado mediante manifestação artística, desde que consentida pelo proprietário e, quando couber, pelo locatário ou arrendatário do bem privado e, no caso de bem público, com a autorização do órgão competente e a observância das posturas municipais e das normas editadas pelos órgãos governamentais responsáveis pela preservação e conservação do patrimônio histórico e artístico nacional.

ORIENTAÇÃO DE QUESITOS **(responsabilidade penal - crimes contra o ordenamento urbano e o patrimônio cultural – artigo 65)**
1) Houve pichação de edificação ou monumento urbano? Em caso positivo, indicar as características da pichação e da edificação ou monumento urbano, bem como seu local e endereço.
2) Houve conspurcação (ou degradação, deterioração) de edificação ou monumento urbano? Em caso positivo, indicar as características da conspurcação (ex. colagem de cartazes ou painéis publicitários) e da edificação ou monumento urbano, bem como seu local e endereço.
3) A edificação ou o monumento era tombado em virtude do seu valor artístico, arqueológico ou histórico? Em caso positivo, indicar o ato de tombamento.
4) No caso de bem privado, havia anuência (consentimento) do proprietário, locatário ou arrendatário do bem para a pichação/grafite? O que foi realizado no bem ficou restrito ao permitido? Em havendo autorização escrita, juntar cópia.
5) No caso de bem público, havia autorização do órgão competente para a pichação/grafite? Houve a observância das posturas municipais e das normas editadas pelos órgãos governamentais responsáveis pela preservação e conservação do patrimônio histórico e artístico nacional?

4. PROTOCOLO INICIAL DA INVESTIGAÇÃO EXTRAJUDICIAL E *CHECK LIST* PARA A FORMAÇÃO DA PROVA

Verificado que há uma parte ou o todo do dano cuja reparação *in natura* revela-se inviável, passa-se à etapa seguinte já direcionada à avaliação econômica do valor associado ao dano ambiental/cultural.

Um protocolo inicial e um *check list* são imprescindíveis para a coleta da maior quantidade e melhor qualidade de elementos de prova do dano para conformar sua futura avaliação.

O protocolo inicial para a formação da prova do dano ao patrimônio cultural[18] envolve a descrição circunstanciada dos danos causados ao bem ou sítio, a das características e estado de conservação antes e depois da ocorrência do dano, valor do bem ou lugar afetado, descrição do nível de raridade, estimativa do potencial de recuperação, incluindo o tempo e os custos demandados e do comprometimento de atividades relacionadas ao patrimônio cultural. Também é importante levantar se houve autorização dos órgãos competentes (órgão de proteção, conselhos etc.) para realizar as intervenções ou as omissões que causaram o dano.

A importância de um protocolo, a checagem dos dados necessários e a existência de uma coordenação na coleta da prova são essenciais para o sucesso da investigação

18 Valoração de danos em matéria de meio ambiente e patrimônio cultural. Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal. 4ª Câmara de Coordenação e Revisão, MPF. Disponível em http://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/copy2_of_14_006_dia_mundial_do_meio_ambiente_2_Lhttp://www.mpf.mp.br/atuacao-tematica/ccr4/dados-da-atuacao/publicacoes/roteiros-da-4a-ccr/copy2_of_14_006_dia_mundial_do_meio_ambiente_2_Livreto_ONLINE_CCR4_101.pdf .

e eficácia na aplicação dos métodos de valoração (ARAUJO, 2011)[19]. A inexistência ou insuficiência dos dados poderá comprometer, assim, tanto a valoração do dano, quanto a própria investigação em curso.

Normalmente, em sede de inquérito civil (ou outro instrumento investigatório extrajudicial), o Ministério Público precisa formar a prova do dano de forma expedita (MAGLIANO, 2013)[20], tudo para evitar o agravamento da situação de risco ou do próprio dano. Em se tratando de um dano já acontecido, igualmente, o Ministério Público não dispõe do tempo ideal para a aplicação de métodos que demandem maior dilação probatória, especialmente porque a indenização será a última alternativa à reparação, já que o pedido inicial de uma ação civil pública costuma cumular obrigações de restauração e compensação que devem preceder à indenização, em decorrência do princípio da reparação integral do dano ambiental.

Lembremo-nos que ao falarmos em valoração do dano ao patrimônio cultural estaremos frente ao dano material irreversível, ao dano interino ou social e ao dano extrapatrimonial porque a regra será sempre a preferência pela restauração, seguida da compensação por equivalente ecológico/cultural. O inquérito civil (ou similar) se destina à investigação das circunstâncias de um risco ou dano ambiental e é presidido pelo próprio membro do Ministério Público sem intermediários. Portanto, em sede extrajudicial, o papel da assessoria técnica, própria ou não, será o de fornecer elementos comprobatórios do dano ou de atestar sua inexistência. A situação será distinta quando houver ação ajuizada, ocasião em que o assessor técnico poderá figurar como assistente técnico da parte autora.

Assim, para que não haja perecimento da prova como, por exemplo, a ruína de um prédio de valor cultural durante a investigação do Ministério Público, é importante a adoção de providências técnicas preliminares ou um *check list* de dados fáticos e jurídicos que embasarão a comprovação e a extensão do dano.

Esses dados variam conforme o método de valoração adotado que, como veremos, são principalmente, o método do Custo de Reposição e o método CONDEPHAAT.

4.1. Dados necessários para a aplicação do método Custo de Reposição

a) Informações imprescindíveis:

- A área construída do prédio (m²) e número de pavimentos pode ser obtido no cadastro da prefeitura, na matrícula do registro de imóveis etc.;

- Descrição de como o bem era originalmente (materiais e técnica de construção, acabamentos etc.); que pode ser obtido em documentos ligados à preservação do bem, como fotografias (sugere-se pesquisas na Divisão de Edificações das Secretarias de Obras, arquivos públicos/históricos para eventuais acessos a plantas e/ou *croquis*, acesso a fichas cadastrais nas hipóteses de bens tombados ou inventariados;

- Testemunho da situação atual do bem (levantamento fotográfico, inclusive com fotos de satélite e drone, entrevistas com usuários, especialistas e comunidade em geral);

19 Sobre a relação entre eficácia de métodos de valoração econômica do meio ambiente e a necessidade de procedimentos técnicos adequados, conferir ARAUJO, Romana Coêlho de. Valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público. Escola Superior do Ministério Público da União. Brasília, 2011. Disponível em: http://escola.mpu.mp.br/publicacoes/obras-avulsas/e-books-esmpu/valoracao-do-dano-ambiental-em-inquerito-civil-publicoAcesso em 10 de março de 2021.

20 Sobre a experiência na valoração econômica do dano ambiental em matéria criminal, consultar MAGLIANO, Mauro Mendonça. Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/130888 Acesso em 10.mar.2021.

b) Informações desejáveis:

- Plantas (para licenciamento na Prefeitura), documentos, textos, reportagens da imprensa, estudos acadêmicos, manifestações da comunidade, laudos técnicos etc.;

- Situação legal do bem: se tinha alguma proteção legal (tombado, inventariado, listado etc.).

4.2. Dados necessários para a aplicação do método CONDEPHAAT[21]

a) Informações imprescindíveis:

- Situação legal do bem: se tem (ou tinha) alguma proteção legal (tombado, inventariado, listado etc.);

- Grau de originalidade (obtido por estudos sobre o patrimônio cultural na região do bem);

- Grau de alteração/testemunho da situação atual do bem (podem ser fotografias) anteriores e posteriores à ocorrência do dano);

- Cópias de eventuais autorizações dos órgãos oficiais competentes (alvarás, deliberações COMPAC etc);

- Histórico das causas da degradação do bem/causa do dano;

- Se o responsável pela degradação é reincidente;

- Valor venal do bem (obtido ao cartório de registro de imóveis, na Prefeitura, IPTU etc.). Em caso de ausência do valor venal faz-se necessário informar a área ocupada pela edificação (normalmente encontrada no cadastro ou a matrícula do imóvel), sua finalidade de uso (residencial/comercial/industrial), técnicas construtivas, e materiais utilizados na construção.

b) Informações desejáveis:

- Plantas (para licenciamento na Prefeitura), documentos, textos, reportagens da imprensa, estudos acadêmicos, manifestações da comunidade, laudos técnicos etc.

5. MÉTODOS APLICADOS PARA A VALORAÇÃO DO DANO AO PATRIMÔNIO CULTURAL

A seguir, trataremos dos métodos e critérios utilizados nos laudos de assessorias técnicas dos Ministérios Públicos examinados a partir do envio à Comissão de Meio Ambiente do CNMP.

Ressalta-se que a descrição feita no presente trabalho não pretende esgotar as inúmeras possibilidades de utilização de outros métodos compatíveis com a valoração econômica do patrimônio cultural. Inclusive, a adoção de mais de um método no mesmo procedimento de valoração é sustentada por Kaskantzis (2013, p. 36) como indicada em alguns casos, porque o "emprego de dois ou mais métodos para avaliar determinado caso aumenta a confiabilidade do resultado final e, desse modo, facilita a tomada da decisão, técnica e legal, quanto ao valor do dano oriundo do caso investigado".

Adotou-se como critério discorrer sobre os métodos cujos laudos foram apreciados no momento definido pela coordenação, durante a elaboração das presentes diretrizes para valoração do dano ambiental. A sistemática partiu de laudos selecionados pelas equipes técnicas, cujos membros participaram do convite

21 Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico, e Turístico do Estado de São Paulo.

realizado pelo CNMP e a eles se limitaram. Assim, certamente, os métodos a seguir descritos não encerram a gama de variações metodológicas possíveis e que possam ter sido aplicadas na prática do Ministério Público. Além disso, os métodos a seguir mencionados tratam apenas dos danos materiais irreversíveis, não se estendendo ao dano coletivo extrapatrimonial ou ao dano ao patrimônio imaterial. O primeiro porque, usualmente, é definido por arbitramento e o segundo porque não se detectou nenhum caso concreto, em nossa pequena amostra de laudos no país com a aplicação de diferentes metodologias pelo Ministério Público.

Como se descreveu na parte inicial destas diretrizes, vários são os métodos de valoração do dano ambiental, dentre os quais, o dano ao patrimônio cultural.

O dano ao patrimônio cultural possui algumas peculiaridades porque os valores tutelados pelo direito, associados a este patrimônio vão muito além da perda financeira caracterizada pela deterioração ou destruição do bem ou sítio cultural.

É importante perceber, segundo Steigleder (2010, p. 57), que as metodologias conseguem apurar apenas valores associados ao dano ambiental e aquelas provenientes da economia "examinam o patrimônio cultural como um ativo, identificando a disposição do consumidor a pagar pelo bem-estar proporcionado por sua fruição". Dessa forma, sustenta a autora, há uma dissociação entre a apreciação feita pela economia e a reflexão a que o direito se propõe, sugerindo a superação de tal dicotomia por uma perspectiva interdisciplinar.

5.1. Método Custo de Reposição

Dentre os laudos apreciados pelo subgrupo, constata-se que o método Custo de Reposição é o preferencialmente utilizado pelo Gabinete de Assessoramento Técnico (GAT) do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul.

O método Custo de Reposição é respaldado por normas técnicas reconhecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esta oferece o conjunto da NBR 14.653, Avaliação de bens, partes 1 a 7. Que por sua vez busca amparo na NBR 12.721:2006, avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios (CUB), para subsidiar um de seus procedimentos.

O método Custo de Reposição, adverte Araújo (2011, p. 47), "se baseia nos custos de restauração e/ou reposição de um patrimônio ambiental alterado por um dano existente. O conhecimento desses custos a preços de mercado representará uma aproximação dos custos necessários para restabelecer os benefícios que antes existiam ou que poderiam ser proporcionados no futuro. O MCR pode ser tido como uma medida do dano ocorrido, conforme Nogueira et al. (2000). Assim, os custos necessários para a reposição do patrimônio em suas características originais serão uma aproximação dos benefícios anteriormente vigentes e proporcionados à sociedade. Sua operacionalização é o cômputo dos gastos totais para reparação de um dano que tenha atingido a qualidade ou a quantidade de um bem ou serviço ambiental".

Este método é mencionado na literatura especializada nos EUA desde os anos 1940, por autores renomados como Ciriacy-Wantrup (1947). Entretanto, apenas em 2004, o MCR foi citado entre as diretrizes das Normas Técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): NBR 14.653:2004, avaliação de bens – Parte 2: Imóveis urbanos.

É aplicado, geralmente, para edificações que foram demolidas ou que estejam muito degradadas, embora possa ser utilizado para avaliar danos em obras de arte (esculturas, lápides, monumentos etc.). Ou seja, para suportes com tridimensionalidade de bens portadores de valor cultural. Na realidade, o método afere o preço da coisa

degradada, e não o valor cultural, uma vez que este é intangível e não consegue ser capturado por tal método. Portanto, é apurado um valor associado ou próximo ao bem cultural que foi objeto de dano ambiental. Salienta-se ainda que o método é aplicado para bens que, uma vez degradados, não podem (ou não devem) ser recuperados ou mitigados em sua totalidade. Característica própria de bens culturais, cuja originalidade está intimamente ligada à sua condição de ser um bem cultural (patrimônio cultural).

Os dados mínimos necessários para elaborar a valoração são a área construída do imóvel antes da degradação avaliada; o número de pavimentos; a técnica construtiva; os materiais empregados na obra e o uso ao qual se destinava, como apontado anteriormente no item 4.1.

De uma maneira bem simples e resumida, o método consiste em fazer um orçamento de quanto custaria para refazer o bem perdido. Para simplificar ainda mais o trabalho a ser desenvolvido, o orçamento detalhado pode ser substituído por uma estimativa do custo da obra. Esta estimativa é obtida por meio do custo unitário básico (CUB), específico para cada tipo de obra (térreo ou mais pavimentos; acabamento simples, médio ou superior; uso da obra se residencial, comercial etc.;). Dado obtido na norma técnica NBR 12.721:2006, portanto uma informação não subjetiva. Multiplica-se a área (número de metros quadrados do prédio) pelo valor atualizado do respectivo custo unitário básico da tipologia correspondente à edificação perdida e somam-se as proporções de itens não computados no CUB (fundações, projetos e BDI), conforme o caso. O resultado obtido seria o custo de construir um prédio similar.

O custo de reposição é um parâmetro mínimo do que seria o valor do bem. De outro lado, jamais o valor monetário de um bem cultural poderá ser inferior ao valor de reprodução dele. Poderá até ser muito superior, mas nunca inferior. A valoração calculada pelo custo de reposição adota, assim, um critério extremamente conservador.

A vantagem do uso do Custo de Reposição é que ele chega a um resultado mínimo, abaixo do qual seria impossível reconstruir o bem, seja ele uma edificação ou não. Portanto, não há margem para o investigado barganhar um valor inferior ao obtido. Outra vantagem do método é resistir por diversos anos desde 1940 em diversos países, e no Brasil estar embasado em uma NBR, da ABNT[22] havendo, portanto, uma chancela institucional.

A utilização do custo de reposição, por ser este extremamente conservador, evita ou reduz enormemente contestações e impugnações, permitindo um grau de certeza sobre o valor mínimo a requerer na proposta de eventual termo de compromisso de ajustamento de conduta, ou em ação civil pública.

Nota-se que o método é limitado para reproduzir a quantia correspondente às ofensas a todos os valores culturais, pois nem todos são incorporados. Isso porque o dano ao patrimônio cultural atinge os valores artístico-formais, de antiguidade, de testemunho, de uso, de raridade, além dos valores espirituais, afetivos, e os correspondentes aos danos extrapatrimoniais, conforme abordado anteriormente.

Assim, o método Custo de Reposição representa um piso, um valor mínimo aceitável para a indenização do dano - não passível de reparação específica - causado a um bem pertencente ao patrimônio cultural.

O método Custo de Reposição é capaz de descrever, em termos econômicos, a relação direta e indireta entre a degradação e a reparação. Nogueira *et al.* (2013) sustentam que talvez esse método apresente uma das ideias intuitivas mais básicas quando se pensa em prejuízos: reparação por um dano provocado. Steigleder (2012),

22 As Normas Técnicas Brasileiras - NBR são editadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas –ABNT e gozam de ampla publicidade, aceitação e aplicabilidade gerais.

por sua vez, afirma que é um ponto de partida muito relevante, que deve sempre ser utilizado, em substituição aos parâmetros de consideração exclusiva do custo da edificação em CUBs[23] ou do seu valor venal/cadastral, porquanto traduz o princípio do poluidor-pagador.

5.1.1. Tabela de aplicação do método custo de reposição

A	Área construída (m²):	
B	CUB (R$):	
C	Área x CUB:	A x B
D	Fundações:	10% de C
E	Projetos:	6% de C
F	Subtotal (CUB + Fundações + projetos complementares):	C + D + E
G	BDI (Benefícios e Despesas Indiretas):	25% de F
H	Subtotal + BDI:	F + G
	B = CUB para o tipo de prédio e padrão de acabamento. Indicar o mês e ano.	
	D = Fundações: + 10%	
	E = Projetos: de arquitetura, estrutural, fundações, elétrico, hidrossanitário, etc. + 6%	
	G = BDI - Benefícios e Despesas Indiretos: administração central (6%), COFINS e PIS (3% e 0,65%), ISS (4%), mobilização e desmobilização (2,62%), seguros e imprevistos (1%), lucro da empresa construtora, etc.): 25% - percentual que se deve à revisão no critério atualmente aceito pelo TCU (TC 036.076/2011-2, de 25.09.2013).	

5.2. Método CONDEPHAAT[24]

O método Condephaat foi desenvolvido por equipe multidisciplinar de profissionais atuantes na área do patrimônio cultural e ambiental: Instituto Brasileiro do Patrimônio Cultural (IBPC) – 9ª Coordenadoria Regional; Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo (Condephaat); Departamento do Patrimônio Histórico (DPH) da Secretaria Municipal de Cultura, órgão de apoio técnico ao Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo (Conpresp); Departamento de Avaliação de Impactos Ambientais (SMA); Conselho de Entidades Preservacionistas do Estado de São Paulo (CEPESP) e Ministério Público do Estado de São Paulo, através de sua Promotoria de Justiça de Meio Ambiente da Capital.[25]

O critério metodológico para a valoração monetária de danos causados a bens culturais usualmente, denominado 'método' CONDEPHAAT teve sua utilização identificada pelo Centro de Apoio Técnico (CEAT/MPMG), sendo aplicado pelos técnicos no cálculo da valoração monetária de danos ao patrimônio cultural. Passou a ser utilizado também pelos técnicos da Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico (CPPC/MPMG) quando da sua criação no ano de 2005.

Dentre os laudos apreciados pelo subgrupo, constata-se que esse método é o preferencialmente utilizado pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico (CPPC) e Centro de Apoio Técnico (CEAT) do Ministério Público do Estado de Minas Gerais.

23 Custo unitário básico.

24 Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo-CONDEPHAAT.

25 São Paulo, Diário Oficial do Estado-DOE, Sec. I, 104 (232), de 15.12.1994, p. 27.

Vale ressaltar que a CPPC já se valeu de outros métodos para calcular monetariamente os danos ao patrimônio cultural, inclusive utilizando métodos distintos para avaliação de um mesmo caso concreto. Entre eles, podemos destacar:

1) Metodologia proposta por Artur Renato Albeche Cardoso – Valor Econômico Estimado de Referência para o Dano (VERD). Considera variáveis quantificáveis (economicamente mensuráveis) e variáveis intangíveis (danos em que não há como estabelecer ou associar um valor econômico). É atribuído um valor para cada variável intangível, variável de 0 a 4, de acordo com a intensidade e duração do impacto. O valor do dano é a soma das variáveis tangíveis multiplicado pela soma dos pesos às variáveis intangíveis.

2) Metodologia proposta pelo Professor Georges Kaskantzis: Considera dois aspectos, o valor inicial (VI) e valor cênico ou de singularidade (VC). O Valor inicial (VI) é o valor da terra ou edificação construída ou o custo para restauração do imóvel. O Valor de singularidade ou cênico (VC) são atributos de raridade e atratividade do bem. Para encontrar este valor, há a proposta uma fórmula que multiplica o valor inicial pelo coeficiente de raridade e pelo fator corretivo. O Coeficiente de raridade indica a representatividade do bem em nível municipal, estadual e nacional. O fator corretivo é relativo aos fatores externos e internos associados com o patrimônio material, considerando quatro variáveis: acessibilidade, reputação turística, facilidade de uso do bem e visual paisagístico. Os pesos são apresentados numa tabela. Encontra-se o fator corretivo após a utilização dos valores numa fórmula matemática.

Entretanto, devido ao alto grau de subjetividade e falta de embasamento científico sólido, esses métodos, com o passar do tempo e aquisição de experiência prática, deixaram de ser utilizados pela equipe técnica, e o critério CONDEPHAAT então passou a ser utilizado na maioria dos casos.

Esse método é aplicado à grande variedade e complexidade de danos materiais ao patrimônio cultural, independentemente da existência de prévia declaração administrativa de valor, como tombamento, zoneamento, inventário ou arrolamento, bastando ser detentor de valor cultural, portanto, passível de proteção. Como sedimentado na doutrina[26] (MIRANDA, 2020; MILARÉ, 1990; MAZZILI, 1991; RODRIGUES, 2001) e jurisprudência[27], o reconhecimento do valor artístico, histórico, estético, turístico, paisagístico pode ocorrer não só no âmbito administrativo, como também, no legislativo e judiciário. Entretanto, esse método não é passível de utilização para avaliar danos ao patrimônio cultural desprovido de suporte material ou intangível, conquanto consiga se aproximar dos valores imateriais incorporados a todo o bem cultural material. Isso, sem dúvida alguma, constitui uma limitação para seu uso em casos, por exemplo, como o de inviabilização de uma feira de artesanato incorporada ao patrimônio cultural imaterial de uma comunidade ou danos ao patrimônio arqueológico soterrado por uma obra antes do respectivo salvamento.

26 MIRANDA, Marcos Paulo de Souza. Ação Civil Pública na defesa do patrimônio cultural. In: **Ação Civil Pública após 35 anos**. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2020, p.501-528; MILARÉ, Édis. **Ação Civil Pública na nova ordem constitucional**. São Paulo: Saraiva, 1990, p. 129; MAZZILI, Hugo Nigro**. A defesa dos interesses difusos em juízo**. São Paulo, Revista dos Tribunais, 1991, 3. ed., p.85-86; RODRIGUES, José Eduardo Ramos. Meio ambiente cultural: tombamento, ação civil pública e aspectos criminais. In: MILARÉ, Édis (Coord.). **Ação civil pública**. Lei 7.347/1985 – 15 anos. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001, p. 328-329.

27 BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. REsp 1538384 / MG. Relator Min. Herman Benjamin. Julgado em 08/11/2016. Disponível em: https://scon.stj.jus.br/SCON/pesquisar.jsp Acesso em 05.mar.2021. RIO GRANDE DO SUL. Tribunal de Justiça. Recurso Cível nº 71007695489. Relatora Dra. Rosane Ramos de Oliveira Michels, Julgado em: 14-12-2018. Disponível em: https://www.tjrs.jus.br/novo/buscas-solr/?aba=jurisprudencia&q=tombamento+e+n%C3%A3o+necessidade+e+valor+e+cultural&conteudo_busca=ementa_completa Acesso em 05.mar.2021. RIO GRANDE DO SUL. Apelação Cível e Reex. Necessário nº 70071423750. Relator Des. Marcelo Bandeira Pereira. Julgado em: 09-08-2017. Disponível em: https://www.tjrs.jus.br/novo/buscas-solr/?aba=jurisprudencia&q=tombamento+e+n%C3%A3o+necessidade+e+valor+e+cultural&conteudo_busca=ementa_completa Acesso em 05.mar.2021.

Em virtude da variedade e complexidade dos possíveis danos ao patrimônio cultural, o método CONDEPHAAT surgiu para estabelecer diretrizes para avaliar uma lesão verificada em um bem de valor cultural, protegido administrativa ou jurisdicionalmente no âmbito do Estado de São Paulo, mas é amplamente utilizado em outros Estados, especialmente, em Minas Gerais.

Para a aplicação do método, faz-se necessária a delimitação de variáveis pré-estabelecidas que permitam a configuração do bem cultural e a avaliação da extensão, natureza e origem do dano. São eles:

1) Quanto à caracterização do bem: tipo de proteção do bem cultural;

2) Quanto ao dano causado ao bem: grau de alteração; causa; potencial de recuperação; efeitos adversos decorrentes.

Estas variáveis estão apresentadas em um quadro de distribuição de pontos, contendo componentes que ajudam a configurar o bem cultural e o dano. Para cada componente, o critério estabeleceu um peso. Os pesos são somados, configurando a pontuação final a ser aplicada em uma fórmula matemática que visa à indenização pecuniária pelo dano ocorrido.

Sempre que possível, deve-se aplicar o valor venal do imóvel como referência monetária para o cálculo da indenização. Caso não seja possível o emprego deste valor, faz-se necessário obter o valor monetário por meio do método custo de reposição – abordado anteriormente e apoiado na NBR 14653-2 (avaliação de bens – imóveis urbanos).

O método CONDEPHAAT propõe sopesar a reincidência como critério para aumentar a penalização. Caso inexista ou haja dificuldade em obter a informação, constatou-se que as equipes técnicas costumam considerar a ação avaliada, nesta hipótese, como o primeiro evento.

Esta é a fórmula do critério:

$$I = R \cdot V \cdot (10)^{1/5} (P + 1{,}4)$$

Sendo:

I = valor da indenização

R = coeficiente de reincidência

onde R, para o primeiro evento, é igual a ¼

para a primeira reincidência é igual a ½

para a segunda reincidência é igual a 1

para a terceira reincidência é igual a 2

V = valor venal (ou outro valor de referência)

P = total de pontos obtidos pela aplicação do quadro para a atribuição de pontos.

Os dados que compõem o cálculo da indenização são os seguintes:

1) valor monetário de referência (valor venal imóvel estabelecido no cadastro do IPTU, valor constante em documento cartorial, avaliação ou registro do imóvel). Caso não se possua este valor, é necessário obtê-lo por meio do Método custo de reposição – apoiado na NBR 14653-2 (avaliação de bens – imóveis urbanos). Para tanto, é necessário informar a área construída do bem cultural que sofreu o dano, sua finalidade de uso e técnicas construtivas e materiais utilizados na construção.

2) o tipo de proteção do bem cultural (tombamento, inventário, proteção através de legislação, passível de proteção, inserido em área de diretrizes especiais ou de interesse cultural ou de preservação ambiental e paisagística, conforme o plano diretor municipal etc.),

3) a caracterização / extensão do dano por fotografias anteriores e posteriores ao dano,

4) a existência de eventuais autorizações dos órgãos oficiais competentes (alvarás, deliberações dos Conselhos de Patrimônio Cultural municipais, estaduais etc.),

5) os dados e informações da ocorrência do dano e os prejuízos causados.

O método CONDEPHAAT permite incorporar componentes relacionados ao grau de originalidade, ao grau de proteção jurídica e ao potencial de recuperação a partir de valores culturais associados ao bem. Considera os aspectos materiais e imateriais, embora não abranja todas as concepções imateriais inerentes ao bem cultural.

O critério utiliza parâmetros para quantificação do grau de originalidade e de conservação somente para as áreas naturais e há dificuldade para calcular danos ocorridos no entorno e ambiência do bem protegido. Para aos bens arquitetônicos, é extremamente difícil avaliar a originalidade de uma determinada construção, sobretudo pela ausência de cadastros e inventários nos órgãos responsáveis pela preservação do patrimônio cultural.

Por outro lado, o cálculo não demanda pesquisas de campo ou diligências complexas, podendo ser obtido em curto prazo de tempo. As fórmulas matemáticas são simples, portanto, de fácil aplicabilidade.

5.2.1. Tabela de aplicação do critério CONDEPHAAT

QUADRO PARA ATRIBUIÇÃO DE PONTOS PARÂMETROS DO MÉTODO			
ASPECTOS	**PONTOS**	**CONCEITOS GERAIS**	**OBSERVAÇÕES**
CARACTERIZAÇÃO DO BEM			
TIPO DE PROTEÇÃO		refere-se ao tipo de proteção sobre o qual o bem se encontra ou poderá se encontrar	
a) tombados	1,0		
b) em processo de tombamento	0,8		
c) através de lei de uso e ocupação do solo	0,6		
d) integrante de área envoltória de bem tombado	0,4		
e) inventariado, cadastrado, passível de preservação	0,2		
GRAU DE ORIGINALIDADE		refere-se à frequência ou repetição com que o bem é encontrado, devendo prevalecer o nível de restrição mais rígido que sobre ele incidir	**válido apenas para áreas naturais** tombadas e suas respectivas áreas envoltórias.
a) único;	0,8		
b) raro;	0,6		
c) recorrente	0,4		
GRAU DE CONSERVAÇÃO		refere-se ao estado de conservação em que o bem se encontrava anteriormente ao dano ocasionado, considerando os critérios de degradação ou recomposição.	**válido apenas para áreas naturais** tombadas e suas respectivas áreas envoltórias.
a) bom	0,8		
b) regular	0,4		
c) precário	0,2		
DANO CAUSADO AO BEM			
GRAU DE ALTERAÇÃO		refere-se à identificação do dano sofrido pelo bem e sua extensão, fatores fundamentais para avaliação.	Em relação aos bens arquitetônicos, o referencial para esta obtenção é o conjunto de características determinado pelo tombamento.
a) severo	2,0		
b) grande	1,5		
c) médio	1,0		
d) pequeno	0,5		
CAUSA DO DANO		refere-se especificamente aos motivos que levaram ao dano ocasionado, buscando identificar as causas e responsabilidades.	
a) por ação;	1,0		
b) por omissão	0,5		

POTENCIAL DE RECUPERAÇÃO		refere-se ao potencial técnico de recuperação do bem danificado, considerando as características e valores avaliados na decisão sobre a sua preservação.	
a) nulo	1,0		
b) parcial	0,6		
c) integral	0,2		
EFEITOS ADVERSOS DECORRENTES		refere-se ao prejuízo que o dano representará à coletividade, tanto no que diz respeito ao momento imediatamente posterior quanto a médio e longo prazo, uma vez que gerações futuras serão privadas de se apropriar daquele objeto difuso do saber.	item cuja atribuição de pontos pode ser cumulativa, caso os danos ocasionados repercutam em mais de um dos itens considerados.
a) alteração de atividades de lazer	0,5		
b) alteração de atividades econômicas	0,5		
c) alteração de atividades culturais	0,5		
d) alteração de processos naturais	0,5		
e) prejuízo para pesquisa (atual e/ou futura)	0,5		

5.3. Critério utilizando como parâmetro o Decreto Federal nº 6.514/2008 (que regulamenta a Lei nº 9.605/98 – Lei de Crimes Ambientais)

Diante da dificuldade para calcular danos ocorridos no entorno e/ou comprometendo a ambiência do bem protegido pelos métodos disponíveis, a equipe da Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico (CPPC) junto com o Promotor de Justiça Coordenador à época, Dr. Marcos Paulo de Souza Miranda, criaram um método que utiliza os parâmetros estabelecidos pelo Decreto Federal nº 6.514/2008 (que regulamenta a Lei nº 9.605/98 – Lei de Crimes Ambientais) e aqueles considerados pelo critério Condephaat.

Para aplicação deste método é necessário o diálogo entre os técnicos e o Promotor de Justiça responsável pelo caso, tendo em vista que alguns dos parâmetros fogem às atribuições dos técnicos e devem ser estabelecidos pelo Promotor de Justiça.

Segundo o Decreto Federal nº 6.514/98, dentre as Infrações Contra o Ordenamento Urbano e o Patrimônio Cultural têm-se:

> Art. 73. Alterar o aspecto ou estrutura de edificação ou local especialmente protegido por lei, ato administrativo ou decisão judicial, em razão de seu valor paisagístico, ecológico, turístico, artístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental, sem autorização da autoridade competente ou em desacordo com a concedida: Multa de R$ 10.000,00 (dez mil reais) a R$ 200.000,00 (duzentos mil reais)[28].
>
> Art. 74. Promover construção em solo não edificável, ou no seu entorno, assim considerado em razão de seu valor paisagístico, ecológico, artístico, turístico, histórico, cultural, religioso, arqueológico, etnográfico ou monumental, sem autorização da autoridade competente ou em desacordo com a concedida: Multa de R$ 10.000,00 (dez mil reais) a R$ 100.000,00 (cem mil reais).

De acordo com o artigo 4º do Decreto Federal nº 6.514/98, a aplicação das sanções administrativas deverá observar os seguintes critérios:

28 Na hipótese de a conduta ser passível de enquadramento na Lei n. 12.846/2013, os valores poderão ser atualizados para compatibilização com aqueles previstos no artigo 6º da referida Lei.

I – gravidade dos fatos, tendo em vista os motivos da infração e suas consequências para a saúde pública e para o meio ambiente;

II – antecedentes do infrator, quanto ao cumprimento da legislação ambiental

III – situação econômica do infrator.

Para calcular a gravidade dos fatos, a equipe técnica se utiliza dos parâmetros estabelecidos pelo critério Condephaat. Segundo a gravidade máxima se daria ao atingir 7,5 pontos e a mínima ao atingir 1,9 pontos. Diante disso, foram elaboradas duas tabelas relacionando a pontuação obtida com as sanções estabelecidas pelos artigos 73 e 74 acima referenciados.

Quanto aos antecedentes e situação econômica do infrator, estas informações deverão ser obtidas pelo membro do Ministério Público, que também definirá, para a equipe técnica, o valor da multa a ser aplicado, baseado nas informações obtidas.

Por fim, soma-se o valor auferido nos três parâmetros e divide-se o valor encontrado por três, chegando ao valor da multa.

5.3.1. Tabelas de referência do critério utilizando como parâmetro o Decreto Federal nº 6.514/2008

Pontos	Multa em reais	Pontos	Multa em reais
1,9	R$ 10.000,00	4,8	R$ 108.392,85
2	R$ 13.392,86	4,9	R$ 111.785,71
2,1	R$ 16.785,71	5	R$ 115.178,57
2,2	R$ 20.178,57	5,1	R$ 118.571,42
2,3	R$ 23.571,43	5,2	R$ 121.964,28
2,4	R$ 26.964,29	5,3	R$ 125.357,14
2,5	R$ 30.357,14	5,4	R$ 128.750,00
2,6	R$ 33.750,00	5,5	R$ 132.142,85
2,7	R$ 37.142,86	5,6	R$ 135.535,71
2,8	R$ 40.535,71	5,7	R$ 138.928,57
2,9	R$ 43.928,57	5,8	R$ 142.321,42
3	R$ 47.321,43	5,9	R$ 145.714,28
3,1	R$ 50.714,28	6	R$ 149.107,14
3,2	R$ 54.107,14	6,1	R$ 152.499,99
3,3	R$ 57.500,00	6,2	R$ 155.892,85
3,4	R$ 60.892,86	6,3	R$ 159.285,71
3,5	R$ 64.285,71	6,4	R$ 162.678,57
3,6	R$ 67.678,57	6,5	R$ 166.071,42
3,7	R$ 71.071,43	6,6	R$ 169.464,28
3,8	R$ 74.464,28	6,7	R$ 172.857,14
3,9	R$ 77.857,14	6,8	R$ 176.249,99
4	R$ 81.250,00	6,9	R$ 179.642,85
4,1	R$ 84.642,85	7	R$ 183.035,71
4,2	R$ 88.035,71	7,1	R$ 186.428,56
4,3	R$ 91.428,57	7,2	R$ 189.821,42
4,4	R$ 94.821,43	7,3	R$ 193.214,28
4,5	R$ 98.214,28	7,4	R$ 196.607,14
4,6	R$ 101.607,14	7,5	R$ 200.000,00
4,7	R$ 105.000,00		

Tabela relacionando a pontuação obtida com as sanções estabelecidas pelo artigo 73.

Pontos	Multa em reais	Pontos	Multa em reais
1,9	R$ 10.000,00	4,8	R$ 56.607,12
2	R$ 11.607,14	4,9	R$ 58.214,26
2,1	R$ 13.214,28	5	R$ 59.821,40
2,2	R$ 14.821,43	5,1	R$ 61.428,54
2,3	R$ 16.428,57	5,2	R$ 63.035,69
2,4	R$ 18.035,71	5,3	R$ 64.642,83
2,5	R$ 19.642,85	5,4	R$ 66.249,97
2,6	R$ 21.249,99	5,5	R$ 67.857,11
2,7	R$ 22.857,14	5,6	R$ 69.464,25
2,8	R$ 24.464,28	5,7	R$ 71.071,40
2,9	R$ 26.071,42	5,8	R$ 72.678,54
3	R$ 27.678,56	5,9	R$ 74.285,68
3,1	R$ 29.285,70	6	R$ 75.892,82
3,2	R$ 30.892,85	6,1	R$ 77.499,96
3,3	R$ 32.499,99	6,2	R$ 79.107,11
3,4	R$ 34.107,13	6,3	R$ 80.714,25
3,5	R$ 35.714,27	6,4	R$ 82.321,39
3,6	R$ 37.321,41	6,5	R$ 83.928,53
3,7	R$ 38.928,56	6,6	R$ 85.535,67
3,8	R$ 40.535,70	6,7	R$ 87.142,82
3,9	R$ 42.142,84	6,8	R$ 88.749,96
4	R$ 43.749,98	6,9	R$ 90.357,10
4,1	R$ 45.357,12	7	R$ 91.964,24
4,2	R$ 46.964,27	7,1	R$ 93.571,38
4,3	R$ 48.571,41	7,2	R$ 95.178,53
4,4	R$ 50.178,55	7,3	R$ 96.785,67
4,5	R$ 51.785,69	7,4	R$ 98.392,81
4,6	R$ 53.392,83	7,5	R$ 100.000,00
4,7	R$ 54.999,98		

Tabela relacionando a pontuação obtida com as sanções estabelecidas pelo artigo 74.

5.4. Outras possibilidades

Na literatura especializada em valoração econômica dos danos ambientais são mencionados os métodos da valoração contingente, custo viagem, preços hedônicos, dose-resposta, custo de reposição e dos custos evitados (FREEMAN III, 2003). Os métodos antes referidos destinam-se a alcançar o valor econômico total (VET) composto por valor de uso direto + valor de uso indireto + valor de opção + valor de quase-opção + valor de existência. Araújo (2011, p.162) compara a equivalência entre os métodos, sugerindo ao Ministério Público: 1. identificar e distinguir o valor econômico total (VET) para cada patrimônio ambiental ou histórico atingido pela variação em suas características por um dano, conforme definições de Pearce e Turner (1990); 2. realizar o estudo de valoração econômica do meio ambiente mediante o

cálculo do VET, consoante definição de Marques e Comune (1995); 3. estimar o dano ambiental total mediante utilização dos métodos de valoração econômica, conforme classificação Bateman e Turner (1992) – quais sejam: Valoração Contingente; Custo de Viagem; Preços Hedônicos; Dose-Resposta; Custo de Reposição; e Custos Evitados.

Em síntese, destaca-se que a mais significativa restrição ao método valoração contingente (MVC) é seu custo de operacionalização[29], que exige recursos (humanos, financeiros e de tempo) em montantes não desprezíveis. O MVC, quando adequadamente aplicado, apresenta resultados consistentes e respaldo científico. O método custos de viagem (MCV) pode ser usado quando o patrimônio histórico ameaçado é um atrativo para visitação turística. Seu valor econômico pode ser capturado pelos gastos totais incorridos pelos visitantes para visitar o local. Por sua vez, o método preço hedônico (MPH) será indicado se o patrimônio cultural valoriza a vizinhança e essa valorização é capturada pelo valor dos imóveis (seja para aluguel ou venda). Assim, procedimentos de MPH podem gerar estimativas econômicas que representam o valor econômico do patrimônio histórico. Já o método custo de reposição (MCR), como abordado anteriormente, estará sob a hipótese forte que um patrimônio histórico negativamente impactado possa ser "recuperado" / reconstruído". O MCR fornece o valor mínimo (piso) desse patrimônio. Enquanto o método custo evitados (MCE) será apropriado caso haja gastos de manutenção periodicamente feitos (ou que idealmente deveriam ser realizados) para evitar danos ao patrimônio histórico. O total desses gastos efetivos (ou ideais) pode ser usado como evidências de um valor mínimo do patrimônio que se deseja preservar.

Casos de extrema complexidade e conflituosidade podem exigir que seja contratada, às expensas do poluidor, uma consultoria externa para aplicação de uma metodologia que tenha a aptidão para aferir, a partir de uma visão transdisciplinar, todas as dimensões do dano e calcular o valor econômico a ele associado.

Os métodos e critérios predominantes na amostragem feita na pesquisa, quais sejam, método custo de reposição e método CONDEPHAAT, não excluem outras abordagens, que podem até mesmo ser desenvolvidas caso a caso. Podem ser estimados outros valores associados a danos ambientais, como por exemplo, quanto um proprietário teve de incremento no valor de aluguel ao ter dado maior visibilidade a uma fachada derrubando árvores (listadas como protegidas, no caso)? Qual o lucro que um empreendedor teve ao construir sem licença sobre um sítio protegido? Estes, e outros, podem ser aferidos com variantes dos métodos anteriores, bem como por conjugação de alternativas dentro da NBR 14.653 - avaliação de bens Partes 1 a 7.

6. CONCLUSÃO

Procurou-se, ao longo deste capítulo, traçar as particularidades da valoração do dano ao patrimônio cultural não passível de restauração ou compensação *in natura ex situ,* tendo como referencial a descrição dos métodos e critérios atualmente utilizados pelas assessorias técnicas do Ministério Público na área do patrimônio cultural, dentro da amostragem submetida ao grupo de valoração ambiental criado pela Comissão de Meio Ambiente do CNMP.

A multidimensionalidade é o primeiro aspecto que não pode ser deixado de lado quando da avaliação dos danos ao patrimônio cultural. Empregando-se o art. 216

29 Segundo Ronaldo Seroa da Motta, o método valoração contingente destaca-se pelo fato de "ser a única técnica com potencial de captar o valor de existência". Motta, Ronaldo Seroa, *Manual para Valoração Econômica de Danos Ambientais*, Brasília, IPEA e MMA, 1997, p. 44. Disponível em: https://www.terrabrasilis.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-para-valoracao-economica-de-recursos-ambientais.pdf Acesso em 18.04.2021. Nas décadas de 1970 e 1980 foram desenvolvidos estudos a nível teórico e empírico. NOGUEIRA, Jorge Madeira; MEDEIROS, Marcelino Antonio Asano de; ARRUDA, Flávia Silva Tavares de. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo? Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, n.2, p.81-115, maio/ago. 2000.

da CF como bússola, qualquer ação ou omissão poderá se enquadrar no conceito de dano ao atingir o bem portador de referência "à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira".

A par disso, os métodos disponíveis para a avaliação de danos ao patrimônio cultural encontram muita dificuldade em avaliar bens meritórios, vocacionados ao aprimoramento e elevação espiritual do indivíduo, desafiando reconduzir esse feixe de valores a cálculos matemáticos.

O dano ao patrimônio cultural, uma das espécies de dano ambiental, possui algumas particularidades que o distingue dos demais tipos de danos ao meio ambiente. A primeira delas é que ele se reporta a valores intangíveis e que, embora passíveis de valoração, não se encontrou metodologia aplicada à espécie na amostragem de laudos recebida pela comissão para a elaboração do trabalho. Essa é a situação típica daqueles bens cujos componentes não têm valor de mercado, o que é bastante comum. A segunda particularidade é que um dano ao patrimônio cultural tem um forte componente intergeracional, justamente pelos valores de testemunho (conexão com o passado) e de referência (conexão com o futuro). A terceira particularidade é que a possibilidade de incidência de um dano moral coletivo, somado ao dano patrimonial, é bastante comum.

Na sequência, tratou-se dos métodos utilizados e constatados na amostragem. São eles o Custo de Reposição e o CONDEPHAAT. O Custo de Reposição apura quanto custará reconstruir um bem que foi demolido ou degradado. É limitado a danos materiais, tangíveis e físicos, não apurando valores extrapatrimoniais ou intangíveis. É um método simples que avalia um valor mínimo a pagar sendo, por isso, de difícil contestação. O método CONDEPHAAT, por sua vez, utiliza as variáveis como a configuração do bem cultural e a extensão do dano para compor uma tabela, atribuindo pontuação para cada uma delas, encontrando-se o valor a indenizar a partir de sua soma e aplicação deste valor em uma fórmula que também tem como componente o valor venal do imóvel. Permite incorporar componentes relacionados ao grau de originalidade, ao grau de proteção jurídica e ao potencial de recuperação a partir de valores culturais associados ao bem. Considera os aspectos materiais e imateriais, embora não abranja todas as concepções imateriais inerentes ao bem cultural. Igualmente não é aplicável aos bens culturais imateriais ou intangíveis.

Entende-se que não há um método de valoração que esteja isento de críticas. De outro lado, há métodos utilizados para a avaliação de danos ambientais, como por exemplo, o método de valoração contingente, que não foram encontrados na amostragem apreciada neste capítulo.

Não foi encontrada na amostragem nenhuma metodologia para avaliar os danos intangíveis associados ao patrimônio cultural, embora outros métodos, como método da valoração contingente, sejam utilizados para avaliar outros danos ambientais.

Como a legislação brasileira não indica o método/critério a ser empregado, a escolha deve ser a que melhor adere ao caso concreto, além de se vincular às informações disponíveis, tempo de investigação, qualificação do corpo técnico e custo que envolve o levantamento dos dados necessários à confecção do laudo. Nesse sentido, todos os métodos são válidos, especialmente no contexto do presente estudo, cujo objetivo é, principalmente, informativo das práticas hoje existentes no Ministério Público, tudo a fim de proporcionar um amplo acesso às informações e à experiência acumulada ao longo de muitos anos de atuação especializada, permitindo coerência e consistência na eleição dos métodos e garantindo, sobretudo, a credibilidade na sua atuação.

7. GLOSSÁRIO

Com a finalidade de auxiliar os colegas na interpretação dos laudos, na sequência, inserimos um glossário de termos técnicos comumente utilizados em laudos/vistorias sobre danos ao patrimônio cultural.

Ambiência: É o espaço arquitetonicamente organizado, harmônico e integrado dos imóveis vizinhos ao bem tombado. Relativo à visibilidade do bem tombado. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815 Ou: AMBIÊNCIA: "Entende-se por ambiência dos conjuntos históricos ou tradicionais, o quadro natural ou construído que influi na percepção estática ou dinâmica desses conjuntos, ou a eles se vincula de maneira imediata no espaço, ou por laços sociais, econômicos ou culturais." (Recomendação de Nairóbi, 1976)

Análise: A atividade que envolve a determinação das partes constituintes de um todo, buscando conhecer sua natureza. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Arquitetura eclética: Estilo arquitetônico predominante do início do século XX, resultado da mistura de estilos diversos. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815)

Assessoria: A atividade que envolve subsidiar quem efetivamente toma as decisões finais relativas à obra ou serviço. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Assistência: A atividade que envolve as decisões finais aos profissionais responsáveis pelos projetos, execuções, manutenções, instalações, condução, implantação, conservação, pesquisa, com relação à obra ou serviço. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Avaliação: A atividade que envolve em determinar tecnicamente o valor qualitativo ou monetário de um bem, de direito ou de entendimento. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Bem cultural: conjunto de testemunhos materiais e imateriais que representam a evolução da cultura humana. Fonte: Decisão Normativa nº 75/2005 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0075-05.pdf

Bens integrados: Também chamados elementos artísticos ou artes aplicadas, constituem-se na ornamentação que compõe a ambiência arquitetônica das edificações. De natureza escultórica e/ou pictural, são cantarias, pilastras, coluna, arcos-cruzeiro, púlpitos, balaustradas, retábulos, forros policromados, painéis parietais, etc. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Conjunto histórico: Conjunto de construções antigas que apresentam um interesse arquitetônico histórico, que guardaram coerência no contexto urbano ou rural. O conjunto histórico merece ser protegido sem sofrer modificações que afetem sua identidade. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Conservação: conjunto de técnicas necessárias para a manutenção do bem cultural em seu estado normal, oferecendo-lhe condições ambientais próprias à sua existência, sob proteção sistemática. Fonte: Decisão Normativa nº 75 Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0075-05.pdf Ou: CONSERVAÇÃO: Conjunto de

práticas de variadas naturezas (administrativa, técnica, etc.) de natureza permanente que visa salvaguardar os bens culturais em suas diversas categorias, considerando tanto a obra de arte quanto seu testemunho histórico. Quando a conservação se faz de forma curativa, ou seja, quando o processo de deterioração já se instalou, é necessário um tratamento direto no objeto. Na sua acepção mais ampla, inclui medidas de segurança e manutenção, bem como disposições que prevejam sua futura destinação; Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Conservação preventiva: Conjunto de intervenções de menor complexidade e baixo custo que possibilitam prevenir danos maiores e, frequentemente, irreversíveis, tais como: roubo, furto e vandalismo facilitados pela fragilidade das esquadrias e/ou pela ausência de sistemas de segurança; perda de obras de arte aplicada em decorrência de infiltrações, ataques de cupins ou deterioração da camada pictórica; desmoronamento causado por desestabilização estrutural; deterioração causada pela interrupção da utilização cotidiana do edifício; incêndio provocado por instalações elétricas improvisadas. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Consolidação: Obras feitas em um edifício para assegurar a sua duração sem modificar seu aspecto. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Consultoria: A atividade que envolve matéria específica, em que o profissional, através de seus conhecimentos técnicos e de forma eventual, fornece parecer substanciado, restrito às matérias especificadas que tenham sido objeto da consulta. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Coordenação técnica: A atividade que envolve decisões técnicas de uma obra ou serviço, porém subordinados a uma direção. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Cumeeira: Parte mais alta do telhado, linha de cume, onde se encontram as superfícies inclinadas. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Demolição: Total derrubamento de uma edificação. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Edificação: Obra coberta destinada a abrigar atividade humana ou qualquer instalação, equipamento e material. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Elementos construtivos: Componentes básicos de uma edificação. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Empena: Nome de cada uma das paredes laterais de edifício de talhado de duas águas, em cujos vértices superiores apoia-se o pau de fileira ou cumeeira. Modernamente, no

linguajar comum, há quem chame de empena qualquer parede lateral, principalmente aquela construída sobre as divisas do terreno, mesmo que não tenha como função o apoio do pau de cumeeira. Flanco cego de um edifício. Nome que se dá aos elementos inclinados das tesouras, que vão da cumeeira aos frechais. Nome d cada uma das faces dos frontões. Fonte: Dicionário da Arquitetura Brasileira. Corona & Lemos. Edart-São Paulo Livraria Editora Ltda.

Ensaio: A atividade que envolve o estudo ou investigação sumária dos aspectos técnicos e/ou científicos. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Entorno: espaço, área delimitada, de extensão variável, adjacente a uma edificação, um bem tombado ou em processo de tombamento, mas reconhecido pelo significado às gerações presentes e futuras pelo poder público em seus diversos níveis por meio de mecanismos legais de preservação. Fonte: Decisão Normativa nº 83/2008 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0083-08.pdf

Espaços culturais: Espaços ou equipamentos destinados ao uso ou frequência coletivos, orientados principalmente para a produção, criação, prática, acolhimento, divulgação e/ou comercialização de bens e serviços culturais, geridos por instituições públicas ou particulares. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Estudo: A atividade que envolve simultaneamente a pesquisa, levantamento, a coleta, a observação, o tratamento de todos os elementos necessários para a análise de natureza técnica à obra ou serviço, ou desenvolvimento de métodos ou processos de produção e/ou à determinação de viabilidade técnica-econômica. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Fachada: Qualquer das faces externas de uma edificação principal ou complementar, tais como torres, caixas d'água, chaminés ou similares. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Fiscalização: A atividade que envolve o controle e a inspeção sistemática da obra ou serviço, com a finalidade de examinar ou verificar se o desenvolvimento da execução obedece às especificações e prazos estabelecidos ao projeto. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Frechal: Nome que se costuma dar à viga de madeira que, apoiada ao longo de uma parede, recebe e distribui uniformemente as pressões exercidas por elementos equidistantes, como por exemplo, caibros dos telhados, barrotes de sobrados, prumos, pés direitos ou esteios de frontais, etc. Diferencia-se dos baldrames devido ao modo de apoio. Fonte: Dicionário da Arquitetura Brasileira. Corona & Lemos. Edart-São Paulo Livraria Editora Ltda.

Frontão: Designa a face dianteira, o arremate superior que tem por função primeira vedar o espaço compreendido pelas duas águas da cobertura e pelo plano situado nos topos das paredes do pavimento da construção. Daí decorrente a forma triangular. Consta de três partes: da cimalha, que lhe forma a base; das empenas ou dos lados inclinados; e da superfície central triangular ou tímpano. Fonte: Dicionário da Arquitetura Brasileira. Corona & Lemos. Edart-São Paulo Livraria Editora Ltda.

Gabarito máximo: Em Urbanismo significa a altura máxima que a edificação pode atingir em determinados logradouros. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Inspeção: A atividade de vistoriar ou examinar ou inspecionar a obra ou serviço, acusando no laudo técnico o estado em que se encontra o objeto da inspeção. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Laudo técnico: A atividade que consiste em elaborar uma peça escrita, fundamental na qual o profissional expõe as observações de estudos efetuados, bem como as respectivas conclusões. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Levantamento: A atividade que envolve a observação, a mensuração e/ou a quantificação de dados de natureza técnica necessários à execução da obra ou serviço. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Manutenção: ato contínuo do conjunto de operações destinado a manter em bom funcionamento a edificação como um todo ou cada uma de suas partes constituintes, por meio de inspeções de rotina, limpeza, aplicação de novas pinturas, reparos nas instalações elétrica e hidráulica etc. Fonte: Decisão Normativa nº 83/2008 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0083-08.pdf

Marquise: Elemento da edificação, construído em balanço em relação à fachada que pretende dar cobertura e proteção. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Mecenato: Apoio econômico, por parte de um indivíduo, de uma organização particular ou do Estado, ao produtor cultural, de modo genérico, ou à produção de uma obra cultural, em particular. O termo deriva do nome próprio, Mecenas, Caio: Mecenas que serviu ao Imperador Augusto (63 a.C. – 14 d.C.). Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Memorial: Conjunto de estudos, definições, relatos e/ou descrições necessárias ao entendimento e complementação de projetos, laudos ou serviços. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Mobiliário urbano: É o conjunto de elementos que podem ocupar o espaço público, implantado, direta ou indiretamente, pela Administração Municipal, com as seguintes funções urbanísticas. a) circulação e transportes; b) ornamentação da paisagem e ambientação urbana; c) descanso e lazer; d) serviços de utilidade pública; e) comunicação e publicidade; f) atividade comercial; g) acessórios à infraestrutura. (Lei nº 14.223/06 - Cidade Limpa) Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Monumento: edificação isolada, conjunto de edificações, outras obras construídas ou lugares de interesse histórico ou cultural, tombados ou não, mas reconhecidos pelo significado às gerações presentes e futuras pelo poder público em seus diversos níveis por meio de mecanismos legais de preservação; Ou: 1. Carta de Veneza - Carta Internacional sobre Conservação e Restauração dos Monumentos e Lugares (1964) - conjunto de edificações ou edificações isoladas ou lugares de interesse histórico ou cultural, tombados ou não, mas reconhecidos pelo significado às gerações presentes e futuras, pelo poder público, em seus diversos níveis por meio de mecanismos legais de preservação dos mesmos; 2. Convenção de Paris - Convenção Relativa à Proteção do Patrimônio Mundial, Cultural e Natural (1972) - obras arquitetônicas, de escultura ou de pintura monumentais, elementos ou estruturas de natureza arqueológica, inscrições, cavernas e grupos de elementos que tenham um valor universal excepcional do ponto de vista da história, da arte ou da ciência. Fonte: Decisão Normativa nº 83/2008 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0083-08.pdf

Orçamento: Atividade que envolve apresentar ordenadamente o levantamento de todos os elementos pertinentes à obra ou serviço. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Paisagem urbana: O espaço aéreo e a superfície externa de qualquer elemento natural ou construído, tais como água, fauna, flora, construções, edifícios, anteparos, superfícies aparentes de equipamentos de infraestrutura, de segurança e de veículos automotores, anúncios de qualquer natureza, elementos de sinalização urbana, equipamentos de informação e comodidade pública e logradouros públicos, visíveis por qualquer observador situado em áreas de uso comum do povo (Lei nº 14.223/06 DE São Paulo). Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Parecer técnico: Atividade que implica em elaborar uma peça escrita, na qual contenha opinião fundamentada sobre determinado assunto, emitido pelo profissional. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Patrimônio cultural imaterial: conjunto de práticas, representações, expressões, conhecimentos e técnicas - junto com os instrumentos, objetos, artefatos e lugares culturais que lhes são associados - que as comunidades, os grupos e, em alguns casos, os indivíduos reconhecem como parte integrante de seu patrimônio cultural. Este patrimônio cultural imaterial, que se transmite de geração em geração, é constantemente recriado pelas comunidades e grupos em função de seu ambiente, de sua interação com a natureza e de sua história, gerando um sentimento de identidade e continuidade e contribuindo assim para promover o respeito à diversidade cultural e à criatividade humana (CONVENÇÃO PARA A SALVAGUARDA DO PATRIMÔNIO CULTURAL IMATERIAL. Paris, 17 de outubro de 2003, UNESCO).

Perícia: Atividade que envolve a apuração das causas reais ou mais prováveis que motivaram determinado evento ou da asserção de direitos, pelo que a perícia pressupõe uma vistoria anterior. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Preservação: conjunto de técnicas de restauração e de conservação que visam manter a integridade e perpetuidade de um bem cultural. Fonte: Decisão Normativa nº 75 Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0075-05.pdf

Reciclagem: A reciclagem é normalmente entendida como restauração ou reforma e visa um novo uso ou o resgate do edifício para uma nova função. Considerando a grande mudança nas dinâmicas sociais e modos de produção, a reciclagem se faz bastante presente na atualidade. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Reconstrução: conjunto de técnicas baseado em evidências históricas indiscutíveis e destinado a construir de novo uma edificação ou parte dela que se encontre destruída, em razão de cataclismos ou guerras, ou que estejam na iminência de ser destruída e que possa ser desmontada e transportada para local mais seguro. Fonte: Decisão Normativa nº 83/2008 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0083-08.pdf Ou: RECONSTRUÇÃO: A reconstrução acontece em casos de grande deterioração de imóveis ou após algum tipo de sinistro. Todo trabalho de reconstrução deve ser excluído a priori, admitindo-se, somente, a anastilose (recomposição das partes existentes, mas desmembradas). Os elementos de integração deverão, sempre, ser reconhecíveis e reduzir-se ao mínimo necessário para assegurar condições de conservação do monumento e restabelecer a continuidade de suas formas. No caso de monumento desaparecido, este somente poderá ser substituído por sua cópia se o seu remanescente, avaliado por juízo crítico rigoroso, justificar

tal reprodução. A reconstrução deve ser efetivada quando constituir condição *si ne qua non* de sobrevivência de um bem cuja integridade tenha sido comprometida por desgastes ou modificações ou quando possibilitar restabelecer ao conjunto de um bem uma significação cultural perdida. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Reforma: 1. Dicionário Aurélio - ato ou efeito de reformar, mudança, modificação, reformação, forma nova; 2. Ação pela qual se estabelece uma nova forma e condições de uso, sem compromisso com valores históricos, estéticos, formais, arquitetônicos, técnicos etc., ressalvados os aspectos técnicos e físicos de habitabilidade das obras que norteiam determinada ação; Fonte: Decisão Normativa nº 75/2005 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0075-05.pdf Ou: REFORMA: conjunto de técnicas pelo qual se estabelece uma nova forma e condições de uso, sem compromisso com valores históricos, estéticos, formais, arquitetônicos, técnicos etc., ressalvados os aspectos técnicos e físicos de habitabilidade das obras que norteiam determinada ação, não se aplicando, portanto, ao escopo desta decisão normativa. Fonte: Decisão Normativa nº 83/2008 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0083-08.pdf

Reinserção: A reinserção ou *infill*, para usarmos um termo conhecido universalmente, trata da recomposição de lacunas urbanas, visando, a um só tempo, recuperar a tessitura do ponto de vista da paisagem e do ponto de vista da dinâmica urbana. O *infill* pode ter importante papel na requalificação de trechos urbanos, funcionando como âncora para revitalizações ou como elemento de diversificação local e apontando para uma importante multiplicidade de usos. Uma correta utilização conjunta desse instrumento com políticas habitacionais pode garantir a vitalidade de trechos urbanos antes degradados. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Reintegração de fachadas: Obras de manutenção das fachadas dos imóveis. Todo trabalho de reforma da parede de uma fachada, como raspagem, limpeza de pedra, aplicação de um revestimento ou pintura. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Requalificação de edifícios: Compreende toda a gama de ações que, sob esse nome genérico, engloba desde a restauração propriamente dita até a reconversão da edificação para novos usos diferentes do original. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Requalificação de trechos urbanos: Como a noção de patrimônio cultural não se restringe apenas a edifícios, devemos considerar, também como campo de trabalho, os trechos urbanos definidos como conjuntos notáveis e os conjuntos paisagísticos, neste caso mais ligados ao ambiente natural. Da mesma forma que no caso da requalificação de edifícios, compreende toda uma gama de serviços que vai da reinserção em vazios urbanos até grandes obras urbanísticas. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Restauração ou restauro: 1. Dicionário Aurélio - conjunto de intervenções técnicas e científicas, de caráter intensivo, que visam a garantir, no âmbito de uma metodologia crítico-estética, a perenidade de um patrimônio cultural; 2. Carta de Lisboa - Carta da Reabilitação Urbana Integrada (1995) - obra especializada que tem por fim a conservação e consolidação de uma construção, assim como a preservação total ou reposição de parte de sua concepção original, correspondente aos momentos mais significativos da sua história; 3. ação sobre obras consideradas de interesse de preservação, por motivos diversos, tais como arquitetônico, histórico, técnicos etc, e consequentemente a aceitação de um conjunto de critérios que objetivam a preservação das características da obra; 4. C. Brandi – restabelecimento da unidade potencial da obra, muitas vezes perdida pela ação do tempo e, principalmente, pela ação inescrupulosa do homem, com a preservação de todos os valores implícitos e explícitos da obra, sem que nenhum seja mais importante que outros. Fonte: Decisão Normativa nº 75/2005 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0075-05.pdf

Reutilização: Indicada para aqueles bens em processo de degradação e que, por seu significado, justifiquem intervenção que vise sua requalificação e, principalmente, sua preservação. As obras de adaptação para novo uso devem se limitar ao mínimo indispensável à destinação, que deverá ser compatível com o bem. As destinações compatíveis são as que implicam em ausência de qualquer modificação ou, apenas, em modificação reversível em seu conjunto ou, ainda, em modificação cujo impacto sobre as partes da substância que apresentam significação cultural seja a menor possível. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Revitalização: A revitalização refere-se à recuperação e reutilização de trechos urbanos degradados ou sem vida, embora o senso comum aplique esse termo indiscriminadamente a qualquer requalificação urbana mesmo em locais plenos de atividades, que apenas necessitariam de um reordenamento físico-espacial e de usos. A revitalização tem sido o instrumento utilizado em diversos locais onde há um grande potencial de localização associado a um extensivo patrimônio construído. Muitas vezes, este é um instrumento de grande redução de deseconomias urbanas e de criação de novas áreas de importância e afluência turística ou da própria população das cidades. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural ou 2) **Revitalização** - Ação promovida pelos órgãos competentes a fim de readequar o uso e ocupação do solo urbano. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Salvaguarda: medidas que visam garantir a viabilidade do patrimônio cultural imaterial, tais como a identificação, a documentação, a investigação, a preservação, a proteção, a promoção, a valorização, a transmissão – essencialmente por meio da educação formal e não-formal - e revitalização deste patrimônio em seus diversos aspectos (CONVENÇÃO PARA A SALVAGUARDA DO PATRIMÔNIO CULTURAL IMATERIAL. Paris, 17 de outubro de 2003, UNESCO).

Sítio de valor cultural: conjunto de edificações que, por sua arquitetura, unidade e homogeneidade, possua, por si mesmo, valor histórico, artístico, documental ou arqueológico, incluindo os centros históricos de cidades, conjuntos urbanos fortificados e ainda perspectivas e tramas urbanas necessárias à valorização ou ambientação de

monumentos de valor cultural. Fonte: Decisão Normativa nº 75/2005 do CONFEA. Disponível em http://normativos.confea.org.br/downloads/0075-05.pdf

Supervisão: É a atividade que compreende o acompanhamento e orientação da obra ou serviço. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Testada: A linha divisória entre o imóvel de propriedade particular ou pública e o logradouro ou via pública (Lei nº 14.223/06 - Cidade Limpa). Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Traçado urbano: É o desenho geral da cidade, resultante da disposição de vias públicas e de outros logradouros, é composto de elementos como pontes, viadutos, arcos etc. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

Valorização: Conjunto de ações que interessam a um monumento, um conjunto monumental, um objeto de arte, uma paisagem, que visem tornar perceptíveis suas qualidades sem modificá-lo. Fonte: Acervo de estudos técnicos elaborados pela Coordenadoria das Promotorias de Justiça de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais. Disponível em: https://wiki.mpmg.mp.br/patrimoniocultural/doku.php?id=glossario_do_patrimonio_cultural

Vistoria: Atividade que envolve a constatação de um fato, mediante exame circunstanciado e descrição minuciosa dos elementos que o constituem, sem a indagação das causas que o motivaram. Fonte: CREA-RS. ART Manual de Procedimentos.

Volumetria: O conjunto das dimensões que determinam o volume de uma edificação ou de um grupo de edificações. Fonte: **Glossário de termos - Resoluções do CONPRESP – Prefeitura de São Paulo** (https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/cultura/conpresp/legislacao/resolucoes/index.php?p=3815

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.721:2006 - **Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edifícios – Procedimento**.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.653 - **Avaliação de bens** Partes 1 a 7.

ARAUJO, Romana Coelho de. **Valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público.** Brasília. Escola Superior do Ministério Público da União, 2011, 200p. Disponível em: **http://escola.mpu.mp.br/publicacoes/obras-avulsas/e-books-esmpu/valoracao-do-dano-ambiental-em-inquerito-civil-publico .** / Acesso em 17 de março de 2021.

BRASIL, Ministério Público Federal. 4ª Câmara de Coordenação e Revisão. **Valoração de danos em matéria de meio ambiente e patrimônio cultural. Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal**. Disponível em file:///C:/Users/usuario10/Documents/CNMP%20valora%C3%A7%C3%A3o/4a%20camara%20providecias%20e%20check%20list/14_006_dia_mundial_do_meio_ambiente_2_Livreto_ONLINE_CCR4_101.pdf

_____ Brasil. Conselho Nacional do Ministério Público – CNMP. **Cenários, Oportunidades e Desafios do Ministério Público Ambiental**. Brasília, CNMP, 2020, p. 108. Disponível em https://www.cnmp.mp.br/portal/images/noticias/2020/novembro/CMA_OK_2.pdf

_____ Lei nº 6938/81. **Lei da Política Nacional do Meio Ambiente**.

_____ Superior Tribunal de Justiça. **REsp 1.454.281/MG, Rel. Min. Herman Benjamin**, DJe 9/9/2016.

_____ Superior Tribunal de Justiça. **REsp 1677353/SC, Rel. Min. Mauro Campbell Marques**, DJe 9/9/2016.DJe 14/11/2017.

_____Superior Tribunal de Justiça. **REsp 1444459/SC, Rel. Min. Og Fernandes**, DJe 9/9/2016.DJe 06/08/2018.

_____ Superior Tribunal de Justiça. **REsp 1538384 / MG. Relator Min. Herman Benjamin.** Julgado em 08/11/2016. Disponível em: https://scon.stj.jus.br/SCON/pesquisar.jsp Acesso em 05.mar.2021.

CASINI, Lorenzo. La valorizzazione dei beni culturali**. Rivista trimestrale di diritto pubblico**, n. 3, p. 652p. 651-707, 2001.

CIRIACY-WANTRUP, Siegfried Von. Capital Returns from Soil-Conservation Practices. **Journal of farm economics**, 29, 1947, p. 1181-1196.

CORTESE, Wanda. **I beni culturali e ambientali**: profili normativi. 2. ed. Milão: Cedam, 2002, p. 113.

CURTIS, Júlio Nicolau de. **Patrimônio ambiental urbano de Porto Alegre. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE PATRIMÔNIO CULTURAL, 1**, 1979, Porto Alegre. Conferências realizadas no 1º Ciclo de Palestras sobre patrimônio cultural. Porto Alegre: Secretaria Municipal de Educação e Cultura, 1979, p. 52-53.

FREEMAN III, Anthony Myrick; HERRIGES, Joseph; KLING, Catherine. **The Measurement of environmental and resource values:** theory and methods. 2. ed. Washington, D. C.: Resources for the Future, 2003.

GOMES, Carla Amado. O dano cultural – pistas para a decifração de um enigma. In GOMES, Carla Amado e RAMOS, José Luis Bonifácio. **Direito da Cultura e do patrimônio cultural**. Lisboa: Instituto de Ciências Jurídico-Políticas da Faculdade de Direito de Lisboa, 2001, p.124.

KASKANTZIS, Georges Neto. **Desempenho de modelos de valoração econômica de danos ambientais decorrentes da contaminação do solo: CATES, VCP, HEA, DPRN**. In: MPMG Jurídico. Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, edição especial, 2013, p. 36.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. **Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente.** Dissertação de mestrado no programa de mestrado profissional em perícias criminais ambientais da UFSC, Florianópolis, 2013.

MARCHESAN, Ana Maria Moreira. **A tutela do patrimônio cultural sob o enfoque do direito ambiental**. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2007, p.39, 205, 210-211.MAZZILI, Hugo Nigro. **A defesa dos interesses difusos em juízo**. São Paulo, Revista dos Tribunais, 3. ed., 1991.

MENESES, Ulpiano T. Bezerra de. **O patrimônio cultural entre o público e o privado**. In: CUNHA, Maria Clementina Pereira (Org.). **O direito à memória**: patrimônio histórico e cidadania/DPH. São Paulo: DPH, 1992, p. 193-194.

MILARÉ, Édis. **Ação Civil Pública na nova ordem constitucional**. São Paulo Saraiva, 1990.

MIRANDA, Marcos Paulo de Souza. **A ação civil pública na defesa do patrimônio cultural**. In. MILARÉ, Édis (Coord.). **Ação civil pública após 35 anos**. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020, p. 501-527.

MIRANDA, Marcos Paulo de Souza e NOVAIS, Andrea Lanna Mendes. **Metodologias de valoração econômica de danos a bens culturais materiais utilizada pela Promotoria Estadual de Defesa do Patrimônio Cultural e Turístico de Minas Gerais**. In: MPMG Jurídico. Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, edição especial, 2013.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1997, 254p.

NOGUEIRA et all. Apud MAGLIANO, Mauro Mendonça. **Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente**. Dissertação de mestrado no programa de mestrado profissional em perícias criminais ambientais da UFSC, Florianópolis, 2013, p. 49.

RAWLS, John. **Uma teoria da justiça**. Lisboa: Presença, 1993, p.86.

RIEGL, Aloïs. **El culto moderno a los monumentos:** caracteres y origem. 2. ed. Visor: Madrid, 1999.

RIO GRANDE DO SUL. Tribunal de Justiça. **Recurso Cível nº 71007695489. Relatora Dra. Rosane Ramos de Oliveira Michels**, Julgado em: 14-12-2018. Disponível em: https://www.tjrs.jus.br/novo/buscas-solr/?aba=jurisprudencia&q=tombamento+e+n%C3%A3o+necessidade+e+valor+e+cultural&conteudo_busca=ementa_completa Acesso em 05.mar.2021.

_____Tribunal de Justiça. **Apelação Cível e Reex. Necessário nº 70071423750. Relator Des. Marcelo Bandeira Pereira**. Julgado em: 09-08-2017. Disponível em: https://www.tjrs.jus.br/novo/buscas-solr/?aba=jurisprudencia&q=tombamento+e+n%C3%A3o+necessidade+e+valor+e+cultural&conteudo_busca=ementa_completa Acesso em 05.mar.2021.

RODRIGUES, José Eduardo Ramos. **Meio ambiente cultural: tombamento, ação civil pública e aspectos criminais**. In: MILARÉ, Édis (Coord.). **Ação civil pública**. Lei 7.347/1985 – 15 anos. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2001, p. 309-360.

SALLES, Carlos Alberto de. **Execução específica e ação civil pública**. In: MILARÉ, Édis (Coord.). **A ação civil pública após 20 anos:** efetividade e desafios. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2005.

SÃO PAULO, **Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo- CONDEPHAAT**. Diário Oficial do Estado-DOE, Sec. I, 104 (232), 1994.

SOARES, Inês Virgínia Prado. **Proteção jurídica do patrimônio arqueológico no Brasil**. Fundamentos para efetividade da tutela em face de obras e atividades impactantes. Erechim: Habilis, 2007, p.55.

SOARES, Inês Virgínia Prado, **Direito ao (do) Patrimônio Cultural Brasileiro**, Belo Horizonte: Editora Fórum, 2009, págs. 47 e 48.

SOZZO, Gonzalo. El derecho fundamental al patrimonio cultural en estado gaseoso (la narrativa de los casos jurisprudenciales como solvente). **Revista de derecho ambiental**, Buenos Aires, nº 10, p. 49, abr./jun. 2007.

STEIGLEDER, Annelise Monteiro. Critérios de valoração econômica dos danos a bens culturais materiais. **Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico,** Ano V, nº 27, p. 57-82, 2010.

_____ **Valoração de danos ambientais irreversíveis**. In: Revista do Ministério Público de Minas Gerais. Edição especial meio ambiente, 2012, p. 30. Disponível em: https://www.mpmg.mp.br/conheca-o-mpmg/escola-institucional/publicacoes-tecnicas/revista-mpmg-juridico/ Acesso em 13 de abril de 2021.

TEIXEIRA, Carlos Adérito. **Da protecção do património cultural**. Disponível em: http://www.diramb.gov.pt . Acesso em: 17 set. 2004.

APÊNDICE

Pareceres da assessoria técnica do Ministério Público do Estado de Minas Gerais. Hiperlink: patrimônio cultural MG1; patrimônio cultural tabela MG1; patrimônio cultural parecer MG2, patrimônio cultural parecer MG3

Pareceres da assessoria técnica do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul. Hiperlink: patrimônio cultural parecer RS

APENSO

Metodologia para diagnosticar e implementar o manejo sustentável de bens culturais imateriais e museus de território. PLA, Jorge Hermosilla (Diretor). Evaluation of cultural heritage, geographic information system and territory museum. Tools for sustainable management. Valencia: Tirant Humanidades, 2020, p. 105. Hiperlink: apenso patrimônio cultural metodologia

CAPITULO IV

VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS À FLORA

Aline Valéria Archangelo Salvador[1]
Emerson Luiz Servello[2]
José Guilherme Roquette[3]
Luiz Cesar Ribas[4]
Luiz Fernando de Souza[5]
Luiz Humberto Edundino Ribeiro Coelho[6]
Margareth Silvia de Souza Carvalho[7]
Maria Betânia Figueiredo Silva[8]
Raquel Caroline Alves Lacerda[9]
Romana Coêlho de Araujo[10]
Rousyana Gomes de Araújo[11]
Vicente Fernando del Bianco Gulli[12]
Wagner de Moura Francisco[13]
Yalmo Correia Júnior[14]

SUMÁRIO

1. Introdução

2. O dano ambiental

2.1. Conceito jurídico

2.2. O dano ambiental à vegetação nativa

1 Promotora de Justiça (MPBA), MSc. em Conservação da Biodiversidade e Sustentabilidade pela Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade (ESCAS).
2 Analista Ambiental (IBAMA), Engenheiro Florestal.
3 Analista Ambiental (MPMT), Engenheiro Florestal, Especialista em Economia e Meio Ambiente (UPPR), MSc. em Ciências Florestais e Ambientais (UFMT).
4 Professor Assistente Doutor da FCA/UNESP, Botucatu/SP. Engenheiro Florestal.
5 Assessor Técnico do Gabinete de Assessoramento Técnico (MPRS), Biólogo, MSc. e Doutor em Ciências Biológicas -Bioquímica (UFRGS).
6 Assessor Técnico Pericial (CEAMA/MPBA), Engenheiro Civil/Ambiental.
7 Gerente de Estudos e Pesquisas, MSc. em Agronomia.
8 Assessora Técnica Pericial (CEAT/MPBA), Bióloga, MSc. em Ecologia e Biomonitoramento (UFBA).
9 Analista Ambiental (IBAMA), Eng. Agrônoma, MSc. Economia.
10 Assessora Econômica (6ª CCR/MPF), Bacharel em Direito (CEUB) e em Economia (UCB). Mestre em Economia (UnB).
11 Assessora Técnica Pericial (CEAMA/MPBA), Bióloga.
12 Analista Ambiental (IBAMA), Engenheiro Agrônomo, especialista em RAD (UFV).
13 Analista Pericial (MPAC), Engenheiro Agrônomo, Doutor em Produção Vegetal (UFAC).
14 Analista Ambiental (IBAMA), Engenheiro Florestal, MSc. em Engenharia Ambiental (UFES).

3. Serviços Ecossistêmicos e premissas da valoração do dano ambiental

4. Os Biomas brasileiros

4.1. Bioma Cerrado

4.1.1. Informações gerais

4.1.2. A vegetação

4.1.3. Ameaças ao bioma

4.1.4. O desmatamento no cerrado, emissões e compromissos internacionais no combate a mudanças climáticas

4.1.5. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais no Cerrado

4.2. Bioma Mata Atlântica

4.3. Bioma Pampa e Campos Sulinos

4.3.1. Corte de vegetação nativa arbórea e queimada da área

4.3.1.1 Estimativa econômica associada à degradação ambiental

4.3.1.1.1. Corte de Vegetação Nativa

4.3.1.1.2. Serviços Ecossistêmicos da Vegetação Nativa

4.3.1.1.3. Queimada

4.3.1.1.4. Total

4.3.1.2. Medidas reparatórias e compensatórias

4.3.2. Supressão de vegetação nativa campestre para conversão de uso do solo (lavouras e silvicultura)

4.3.2.1 Estimativa econômica associada à degradação ambiental

4.3.2.1.1. Serviços Ecossistêmicos da Vegetação Nativa

4.3.2.1.2. Produção Agrícola em Área Irregular (Mais Valia)

4.3.2.1.3. Total

4.3.2.2. Medidas reparatórias e compensatórias

4.3.3. Queimada de campos nativos como manejo para criação de gado

4.4. Bioma Pantanal

4.4.1. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais no Pantanal

4.5. Bioma Caatinga

4.6. Bioma Amazônico

4.6.1. Extensão territorial e cobertura

4.6.2. Biodiversidade amazônica

4.6.3. Desmatamento

4.6.4. Efeitos de Incêndios no Bioma Amazônico

4.6.5. Acordos internacionais de proteção da biodiversidade amazônica

4.6.6. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais na Amazônia

5. Restauração e recuperação do dano ambiental à flora (reparação *in situ*)

5.1. Considerações importantes acerca da degradação/alteração e restauração/recuperação ambiental

5.2. Processos sucessionais e regeneração da vegetação nativa

5.3. Métodos de restauração/recuperação: passiva, assistida ou ativa

6. Cenários ambientais de referência - definições e conceituações

7. Elementos preliminares para investigação extrajudicial - checklist pós-evento

8. A importância da Quesitação - Danos contra a Flora

8.1. Quesitos Periciais - Responsabilidade Civil – Danos contra a Flora

8.1.1. Sugestão de quesitação

8.2. Quesitos Periciais – Responsabilidade Penal - Danos contra a Flora - Lei nº 9.605/98

8.2.1. Sugestão de quesitação

9. Métodos valorativos: Subsídios da Economia à Valoração de Danos

9.1. Noções gerais

9.1.2. Dos métodos utilizados

9.1.3. Da equivalência de nomenclatura dos métodos

9.1.4. Considerações adicionais

9.2. Componentes e Premissas da Valoração do Dano à Flora

9.2.1. Valoração do Dano à Flora: Primeiro Componente

9.2.2. Valoração do Dano à Flora: Segundo Componente

9.2.3. Valoração do Dano à Flora: Terceiro Componente

9.2.4. Considerações finais

9.3. Taxa de Desconto, sob a ótica ambiental

10. Conclusão

Referências bibliográficas

Apêndices

Anexo

1. INTRODUÇÃO

Neste capítulo, trataremos da valoração do dano ambiental material irreversível, causado à vegetação nativa.

Por ser a valoração do dano ambiental uma temática diuturnamente enfrentada pelos órgãos especializados do Ministério Público, o Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP), por meio de sua Comissão de Meio Ambiente pretende, com esse manual: (i) de forma imediata, fornecer subsídios mínimos para o aprimoramento da atuação de membros e técnicos, visando à maior efetividade na responsabilização civil e penal dos degradadores; (ii) de forma mediata, e o quanto possível, favorecer uma maior uniformização de entendimentos, fomentando debates técnico-jurídicos que permitirão o acompanhamento da evolução do tema, não somente no contexto do Ministério Público, mas também do Brasil e do mundo.

A metodologia adotada partiu de uma prévia análise pela Comissão, de amostragem de laudos apresentados pelo Ministério Público de diversos estados, procurando compreender algumas das práticas utilizadas. Por ser essencial ao êxito da própria responsabilização, ocupou-se o capítulo, ainda, de relacionar sugestões de medidas de instrução de procedimentos extrajudiciais, previamente à própria valoração em si do dano. Decorrente deste, seguiu-se uma relação de quesitos voltados aos peritos, tendo por escopo tanto a responsabilização cível, quanto criminal.

Somente após, e especificamente quanto ao dano material causado à flora, o colegiado técnico discorreu acerca de algumas das metodologias praticadas pelos Ministério Público brasileiro, voltadas à quantificação econômica ou, se inviável, ao menos financeira, correspondente ao dano ambiental irreversível causado à flora.

O trabalho decorreu de profícua troca de experiências entre membros e servidores do Ministério Público e de demais órgãos públicos, bem como da academia especializada, reunindo conhecimentos afeitos não somente ao Direito Ambiental, mas também às Ciências biológicas, agrárias, florestais, ambientais, econômicas, da engenharia, dentre outros temas do saber humano. Ao final, consta um glossário com as definições dos principais termos técnicos utilizados ao longo do trabalho.

Para seguir nesse aprofundamento, antes é preciso reforçar as diferenças, ainda que tênues, dos conceitos de impacto (negativo) e de dano ambiental. No sentido comum, a definição de impacto é associada, na maioria das vezes, a algum dano à natureza. No entanto, a partir do texto constitucional em seu artigo 225, várias definições de impacto ambiental, quase todas elas largamente concordantes quanto a seus elementos básicos, vêm sendo formuladas de diferentes maneiras.

É importante então frisar, que o conceito de *impacto* está intimamente atrelado à possibilidade de uso de recursos naturais ou intervenção humana com efeitos no meio ambiente, passíveis de uma avaliação e autorização prévia pelo Estado, podendo variar quanto ao tipo (negativo ou positivo), à magnitude (pequeno, médio ou significativo impacto) e à reversibilidade, entre outros aspectos. Assim, é o conceito atualmente associado aos estudos prévios e avaliações ambientais exigidas para "instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente"[15], entendimento este replicado na literatura e nas normas infraconstitucionais, em especial na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama) nº 001/86.

Embora impactos negativos possam resultar em efeitos equivalentes ao dano ou à degradação decorrente de condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente, são os impactos negativos passíveis de medidas de prevenção, mitigação ou compensação ambiental no âmbito dos procedimentos de licenciamento ambiental. Assim, sugere-se tratar aqui como passível de reparação por meio de ferramentas econômicas de valoração apenas o ***dano ambiental***, que sujeitará ainda "os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados"[16].

2. O DANO AMBIENTAL

2.1. Conceito jurídico

A despeito do termo ser comumente encontrado em diversas normativas pátrias, não se desincumbiu o legislador de definir, de forma expressa, o que se deve entender por "dano ambiental", ora objeto deste trabalho. No entanto, ao definir a Lei nº 6.938/81, como sendo o "meio ambiente", o "conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas", para em seguida conceituar a degradação da qualidade ambiental, como sendo a "alteração adversa das características do meio ambiente" e a poluição como a "degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indiretamente: a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas; c) afetem desfavoravelmente a biota; d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente; e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos", acaba por fornecer uma noção ampla e suficiente para a compreensão do que se deve entender por "dano ambiental".

15 Inciso IV, § 1º, Art. 225 da Constituição Federal de 1988.

16 Art. 225, § 3º da Constituição Federal de 1988.

Como se observa dos parâmetros legais, a noção de dano ambiental é concebida de forma ampla e holística, referindo-se tanto à degradação ambiental, como de seus elementos naturais, impactando o homem e/ou todas as demais formas de vida, podendo, conforme pacífica jurisprudência[17] e doutrina majoritária[18], resultar em obrigações – de fazer, não fazer, e, se o caso, indenizar – cumulativamente entre si, sem que se possa falar em *bis in idem*.

Neste ponto, é oportuno registrar que o conceito de *dano ambiental* não se confunde com o de *impacto* ou *impactos* negativos. Ainda que tênue, a distinção é salutar.

Assim sendo, dentre as diversas definições doutrinárias, tão bem relacionadas por Sánchez (2013) em sua obra, pode-se citar que: impacto vem a ser "qualquer alteração no meio ambiente, em um ou mais de seus componentes, provocada por uma ação humana" (MOREIRA, 1992, *apud* SÁNCHEZ, 2013); ou ainda, por impacto, estende-se: "mudança em um parâmetro ambiental, num determinado período e numa determinada área, que resulta de uma dada atividade, comparada com a situação que ocorreria se essa atividade não tivesse sido iniciada" (WATHERN, 1988, *apud* SÁNCHEZ, 2013).

A recuperação ambiental, com a cessação da lesividade do ato ou com a paralisação da causa da degradação, de acordo com a solução técnica adequada e plano de recuperação, seria a prioridade, norteada pelo princípio da prevenção, frente aos impactos ecossistêmicos, como identificados no item 5, deste capítulo. Na falta ou na impossibilidade da restauração ecológica, a indenização é cabível, como forma de reparação do dano.

A percepção de impacto está, portanto, intimamente atrelada à possibilidade de uso de recursos naturais ou intervenções humanas que causam efeitos sobre o meio ambiente, passíveis de avaliação e autorização prévia pelo Estado, e cujo exercício é condicionado por medidas de prevenção, mitigação ou compensação ambiental, no âmbito dos procedimentos de licenciamento ambiental. Por esta razão, embora possam resultar em efeitos equivalentes ao dano decorrente de condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente, não são tidos, a princípio, por ilícitos[19], sendo este o entendimento consolidado na literatura e nas normas infraconstitucionais, em especial na Resolução Conama nº 001/86[20].

Neste capítulo, será tratado, especificamente, o dano à flora, quer decorrente de atividades não autorizadas – total ou mesmo parcialmente pelo Estado – quer resultante do inadequado exercício da autorização ou condicionantes impostas, abordando por meio de ferramentas econômicas, sua valoração monetária. Para mais informações gerais sobre os conceitos de danos ambientais e suas dimensões, recomenda-se a leitura da parte geral destas diretrizes.

17 Vide. Súmula 629/STJ, de 17/12/2018.

18 As definições doutrinárias acerca de dano constam tanto da introdução, como de diversos outros capítulos, de forma que se prescindiu de replicá-las.

19 Neste ponto, é de se registrar que não é nosso objetivo realizar qualquer consideração à obrigatória consistência e qualidade dos estudos submetidos pelos empreendedores aos órgãos (entidades) ambientais, tampouco discorrer acerca da necessária acurácia na análise destes, por parte dos técnicos, no contexto de um licenciamento ambiental de uma obra ou atividade; pretende-se apenas registrar que os atos administrativos que resultam em licenças e autorizações emanadas daqueles, gozam, a princípio, de presunção – relativa, e não absoluta – de legalidade e legitimidade.

20 Res. CONAMA nº 01/86: Art. 1º - Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

2.2. O dano ambiental à vegetação nativa

Tecidas as considerações gerais acerca do dano ambiental, sobretudo distinguindo-o de impacto, o presente subcapítulo voltará sua atenção ao dano específico à flora, quer se cuide de ambientes degradados por meio de supressão de vegetação nativa, a corte raso ou por meio da exploração madeireira, quer se cuide de ambiente em que o fogo é utilizado de forma isolada, ou associada à supressão.

A vegetação nativa figura como elemento singular para o equilíbrio ecológico e desenvolvimento humano. A legislação ambiental dedica-lhe especial proteção à vegetação nativa[21], prevendo responsabilidade a quem pratica ou concorre para causar danos a este bem. Ao intensificar o uso deste recurso natural, materializa-se o dano ecológico puro à flora nativa brasileira (LEITE e AYALA, 2020). Não é por outra razão, que o tratamento ao dano que envolve a perda de biodiversidade deve considerar a indenização pecuniária como o último recurso para reparação deste dano, devendo ser dada prioridade para reparação *in situ* ou *ex situ* (compensação).

Embora a maior parte dos danos à flora estejam associados ao corte, remoção/supressão e queimada de vegetação nativa, os efeitos danosos também se estendem à ausência de medidas reparadoras ou na permanência de obras de infraestrutura, de prática agropecuária ou de outras atividades econômicas em área convertida não autorizada ou especialmente protegida que comprometam a resiliência do ambiente.

A causa geratriz dos diferentes danos da situação investigada e todos os aspectos que a circundam, deverão ser considerados para a escolha dos diferentes critérios e metodologias, como forma de obter-se o melhor resultado valorativo possível. Para tanto, e independentemente do método escolhido, é importante a compreensão de alguns aspectos gerais, uma vez que irão repercutir diretamente na adequada avaliação, e consequentemente, na consistência da valoração do dano, conforme se passa a expor.

3. SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E PREMISSAS DA VALORAÇÃO DO DANO AMBIENTAL

A vegetação nativa como objeto de interesse para a valoração, se deve à ínsita capacidade de prestação de serviços ecossistêmicos. De Groot (2012) classifica em serviços de: i. regulação (manutenção dos ciclos biogeoquímicos como o carbono, nitrogênio e água, assegurando a estabilidade climática entre outros); ii. produção (diz respeito a capacidade de produção biológica do ambiente natural); iii. habitat (asseguram um refúgio natural para a fauna e flora nativos, assegurando a diversidade, a sucessão ecológica e os processos evolutivos); iv. informação (onde o ambiente natural oferta ao humano a possibilidade de uma experiência subjetiva, de enriquecimento espiritual, recreação desenvolvimento cognitivo, inspiração cultural, estética ou artística, além de informação histórica e científica). A ação que resulta em descontinuidade do serviço, resulta em dano ao ambiente.

Uma vez que os serviços ambientais não possuem mercados definidos, para internalizar os custos e benefícios gerados por sua manutenção ou degradação é necessário o exercício de valoração. A valoração é o exercício de estimar o quanto o bem-estar das pessoas será alterado devido às mudanças na quantidade e qualidade dos bens e serviços ambientais. A valoração atribui, portanto, um valor monetário equivalente aos ganhos ou perdas da sociedade causados pela variação do recurso ambiental (YOUNG, 2018).

21 Conforme Seção II da Lei nº 9.605/1998 c/c Lei nº 12.651/2012.

O dano é representado por alterações negativas e desequilíbrios nos ecossistemas e prejuízos aos serviços ecossistêmicos e ambientais correlatos. Os efeitos destes danos são de natureza direta (**dano ambiental direto**), que podem ser tipificados como a supressão de vegetação nativa, a extração de produtos e subprodutos florestais ou o corte de árvores sem autorização ou em desacordo com ela. Soma-se à ação direta de dano ambiental à vegetação as atividades irregulares correlatas ao desmatamento (para os casos de recepção, aquisição, intermediação, transporte, beneficiamento, armazenamento, comercialização, consumo de produtos florestais de origem nativa sem a licença obrigatória ou em desacordo com ela), ou seja, o **dano ambiental indireto.** O conjunto de ações abarcadas nessa classificação inicial podem ser agrupados em tipologias, das quais citam-se a seguir:

Perda de biodiversidade e habitat: corresponde a qualquer ação de natureza danosa (direta ou indireta) que resulte na perda de biodiversidade, habitat ou das relações intra e interespecíficas que ocorrem no meio natural. Estão associadas a esta conduta lesiva, o ato de destruir ou danificar áreas de vegetação nativa, ou mesmo a extração de produto florestal e subproduto florestal (orquídeas, cascas etc.); o corte de árvores que implicam em uma redução da população de indivíduos protegidos ou não, e a redução da área natural de um coletivo de biodiversidade. Esta tipologia pode ainda ser:

a) A afetação do ambiente ou individuo especialmente protegido: a unicidade ou função desempenhada pelo bem ambiental lhe conferem um caráter de unicidade e relevância para a prestação de serviços. Estão neste grupo a ação degradante que afete unidades de conservação, áreas de preservação permanente e demais espaços ambientalmente protegidos;

b) O reconhecimento do dano na cadeia do produto: venda, transporte, comércio e armazenamento de produto ou subproduto da biodiversidade.

c) A introdução de espécie vegetal contaminante no ambiente: OGM, gramíneas invasoras e espécies florestais invasoras sobre áreas de campos naturais.

Prejuízo cultural associado: relacionado ao valor subjetivo do bem lesionado pela comunidade que o integra e que lhe atribuem um caráter de pertencimento, usos e costumes. Como exemplo cita-se o dano a um indivíduo vegetal ou à árvore de especial proteção dotada de valor cultural, o prejuízo a local de culto, ou a espaço de uso tradicional de comunidade ou populações extrativistas para recreação, contemplação etc. O bem cultural como objeto de valoração poderá ser apreciado a luz do descrito no capítulo de valoração de bens culturais e para o uso de métodos que captem elementos de importância e significação.

Dano climático, alteração no estoque de carbono e demais efeitos atmosféricos: É a situação que resulta na alteração da qualidade do ar, dos estoques de carbono, seja pela perda de vegetação nativa que realiza a função de fixação ou pela queima de matéria orgânica. A fração do dano climático é aplicada para valorar o dano material intercorrente e residual. O elemento valorado é o custo do carbono. A expressão do prejuízo climático pela alteração da cobertura vegetal é objeto de relatório anual publicado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia – (BRASIL, 2020).

Alteração física e/ou química do solo: Condição em que, além da perda de vegetação, a camada fértil do solo é afetada e efeitos gravosos à perda de solo são evidenciados. Tal prática pode estar relacionada ao agravamento de processos erosivos, extração de solo ou manejo inadequado de solos suscetíveis. Soma-se a essa situação a contaminação de qualquer natureza por resíduos químicos depositados no ambiente (acidentes ambientais, resíduos de agrotóxicos, depósito irregular de agentes contaminantes) que demandam medidas adicionais de reparação e remediação de modo a criar no solo a condição de sustentação da vegetação nativa.

O tratamento ao dano que envolve a perda de biodiversidade deve considerar a indenização pecuniária como o último recurso para reparação deste dano, devendo ser dada prioridade para reparação *in situ* ou *ex situ (compensação)*. As tipologias de dano descritas indicam que há perda do Valor de Uso Direto (VUD), de Uso Indireto (VUI), de Existência (VE) e, dependendo do caso, de Opção (VO), que serão melhor tratadas abaixo.

4. OS BIOMAS BRASILEIROS

Considerando que as diversas tipologias de Biomas do Brasil apresentam especificidades determinantes na escolha da metodologia de restauração, o custo de execução de ações específicas, quer sejam estas promovidas pelo próprio infrator, quer se trate de política pública gerenciada pelos órgãos de controle, é uma ferramenta para valoração ambiental, por exemplo, quando se aplica o método do custo evitado para obter o valor de uso direto. Dessa forma, o conhecimento sobre o Bioma, usos comerciais, medicinais, e a presença de unidades de conversão orientam a atuação técnica na busca de ferramentas para estimar a intenção do indivíduo em pagar pelo benefício exclusivo proporcionado pelo bioma. A tarefa de precificar serviços cujo valor não encontra mercado se torna, então, fundamentada, razão pela qual opta-se por tecer sintéticos comentários a respeito de cada um deles.

Conforme o Livro de Biomas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (BRASIL, 2019), o bioma deve ser entendido como a unidade biótica de maior extensão geográfica, compreendendo várias comunidades em diferentes estágios de evolução, porém denominada de acordo com o tipo de vegetação dominante. Na formulação do Mapa de Biomas do Brasil, o referido instituto tomou as seguintes premissas como características de um bioma:

> I. Constitui um conjunto de tipos de vegetação, identificável em escala regional, com suas flora e fauna associadas;
>
> II. É definido pelas condições físicas predominantes, sejam climáticas, litológicas, geomorfológicas, pedológicas, assim como uma história evolutiva compartilhada;
>
> III. É dotado de diversidade biológica singular.

Na publicação supracitada, a denominação dos biomas continentais brasileiros tomou como base as tipologias vegetacionais registradas no Mapa de Vegetação do Brasil compatível com a escala 1:250.000, com exceção do bioma Pantanal, cuja delimitação está relacionada às áreas de inundação, dado que as tipologias vegetacionais são as mesmas do entorno.

A última versão do mapa de biomas brasileiros foi publicada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2019, sob o título “Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000” (BRASIL, 2019). Em conjunto com o mapa propriamente dito, foi publicado um Relatório Metodológico sob o mesmo título, onde o instituto presta esclarecimento, entre outros, sobre os procedimentos específicos, justificativas e tomadas de decisão atinentes ao desenvolvimento do traçado de cada um dos limites entres os seis biomas existentes – Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampa, Pantanal (Figura 1) e o ambiente recém-introduzido: o Sistema Costeiro-Marinho.

Figura 1 – Distribuição territorial dos Biomas brasileiros

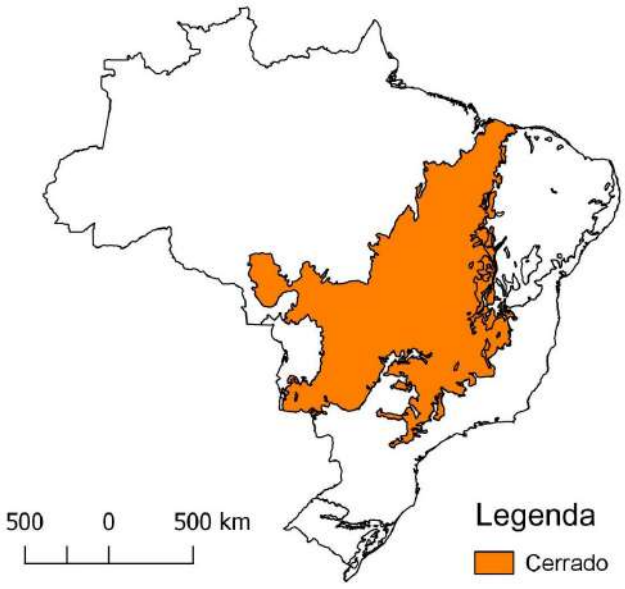


4.1. Bioma Cerrado

4.1.1. Informações gerais

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro (Figura 2) com área de 2.036.448 km2, ocupando cerca de 22% do território nacional) onde nascem os principais rios das maiores bacias hidrográficas da América do Sul: Amazonas-Tocantins (com os rios Juruena, Teles Pires, Xingu, Araguaia e Tocantins), do rio do Prata, e do rio São Francisco. Sua extensão abrange os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal, com presença de remanescentes inseridos no Amapá, Roraima e Amazonas. Tal distribuição faz com que este bioma possua fronteiras com os biomas do Pantanal, Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga, e suas zonas de transição registrem a presença de diferentes espécies, consolidando sua característica de megadiversidade e *hotspot* mundial (BRASIL, 2021).

Figura 2 – Localização do Cerrado no Brasil.



Fonte: CENIMA/IBAMA e IBGE.

4.1.2. A vegetação

Há no Cerrado três fisionomias principais, com seus respectivos tipos fitofisionômicos, assim distribuídos: as formações florestais, compostas por Matas de Galeria, Matas Secas e Cerradão; as savânicas, que incluem o Cerrado sentido estrito, o Parque de Cerrado, o Palmeiral e a Vereda; e as campestres, que abrangem os Campos Sujos, Campos Rupestres e Campos Limpos (RIBEIRO e VALTER, 1998).

As formações florestais do Cerrado se caracterizam pela predominância de espécies arbóreas com formação em dossel, sendo a Mata Ciliar e a de Galeria relacionadas a curso de água, enquanto a Mata Seca e o Cerradão são encontrados em áreas elevadas, em terrenos caracterizados como divisores de água. Nas formações savânicas, o Cerrado estrito é identificado pela presença de indivíduos lenhosos, de porte arbustivo-herbáceo no estrato arbóreo, com densidade variável e distribuição aleatória sobre o terreno; o Parque de Cerrado se caracteriza pela concentração de árvores localizadas em pontos específicos do terreno. O palmeiral, ocorre com a presença destacada de determinada espécie de palmeira no estrato arbóreo, em áreas bem ou mal drenadas, enquanto as veredas são marcadas pela presença específica do Buriti, em áreas de baixada, geralmente úmidas. Por sua vez, nas formações campestres, o Campo Sujo é marcado pela presença de arbustos e subarbustos no estrato herbáceo, enquanto o Campo Rupestre, embora similar ao Campo Sujo, se caracteriza pela presença de afloramentos de rocha e pela composição florística com elementos de endemismo. Por fim, o Campo Limpo é destacado pela mínima presença de arbustos e subarbustos (RIBEIRO e VALTER, 1998).

Quanto à importância do Cerrado para as populações tradicionais que sobrevivem dos seus recursos naturais e que detêm conhecimentos ancestrais sobre a sua biodiversidade, o Ministério do Meio Ambiente aponta:

> "Mais de 220 espécies têm uso medicinal e mais 416 podem ser usadas na recuperação de solos degradados, como barreiras contra o vento, proteção contra a erosão, ou para criar habitat de predadores naturais de pragas. Mais de 10 tipos de frutos comestíveis são regularmente consumidos pela população local e vendidos nos centros urbanos, como os frutos do Pequi (Caryocar brasiliense), Buriti (Mauritia flexuosa), Mangaba (Hancornia speciosa), Cagaita (Eugenia dysenterica), Bacupari (Salacia crassifolia), Cajuzinho do cerrado (Anacardium humile), Araticum (Annona crassifolia) e as sementes do Barú (Dipteryx alata) (BRASIL, 2016)".

4.1.3. Ameaças ao bioma

Apesar de sua relevância e importância, além da possibilidade de usos de sua biodiversidade, que lhe atribuem notório valor de opção, de acordo com o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (BRASIL, 2021), o Cerrado possui apenas o percentual de 8,21% do seu território protegido por unidades de conservação, contando com 2,85% do território constituído por unidades de proteção integral e 5,36% de uso sustentável.

Os principais fatores de risco ao Bioma Cerrado foram indicados na publicação "Cenários, Oportunidades e Desafios do Ministério Público Ambiental", da Comissão de Meio Ambiente do Conselho Nacional do Ministério Público (CMA/CNMP) que afirma que:

> "(...) dentre os fatores identificados como ameaças para o Cerrado se incluem o uso descontrolado do fogo durante a estiagem; desmatamentos para diversos objetivos, em especial para expansão da fronteira agrícola e pecuária, sem ordenamento ecológico-econômico; uso desordenado de agrotóxicos com a poluição das águas e do solo; processos erosivos, assoreamento de corpos d'água, lixiviação e

> perda de solos férteis, decorrentes de técnicas impróprias de uso do solo; predação de espécies animais e vegetais; impactos ambientais decorrentes de grandes obras de infraestrutura (rodovias, hidrovias, construção de hidrelétricas); e turismo desordenado" (BRASIL, 2020).

4.1.4. O desmatamento no cerrado, emissões e compromissos internacionais no combate a mudanças climáticas

O resultado obtido no combate ao desmatamento amazônico, a partir de políticas de combate instituídos na Política Nacional de Mudanças Climáticas, direciona especial atenção a atuação no cerrado e elaboração de protocolos para conter a pressão sobre o Bioma. O relatório do Plano de Ação de Combate e Prevenção ao Desmatamento no Cerrado do Ministério do Meio Ambiente registra a relevância para o cenário de mitigação as mudanças climáticas e metas brasileiras:

> "Na 15ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês), realizada em Copenhague, Dinamarca, em 2009, o Brasil assumiu o compromisso voluntário de reduzir as emissões brasileiras e, como parte desse esforço, reduzir o desmatamento na Amazônia e no Cerrado. No que diz respeito ao bioma Cerrado, a meta fixada é de reduzir em 40% os índices anuais de desmatamento em relação à média verificada entre os anos de 1999 a 2008. Por meio da Política Nacional sobre Mudança do Clima, instituída pela Lei nº 12.187/2009 e regulamentada pelo Decreto nº 7.390/2010, o Brasil deu força de lei ao compromisso voluntário assumido perante a UNFCCC".
>
> (...)
>
> "No Cerrado, o desmatamento ocorre de modo intenso em função de suas características propícias à agricultura, à pecuária e pela demanda por carvão vegetal, principalmente para a indústria siderúrgica. É no Cerrado, dentre todos os biomas brasileiros, que se configura mais emblematicamente o desafio de conciliar o binômio produção/proteção ambiental, tendo em vista seu regime jurídico de proteção (percentual de reserva legal de 20%) e a grande demanda por ocupação de suas terras, particularmente pela agropecuária. O Cerrado é conhecido como berço das águas, mas também como o maior "celeiro" do país. É a savana com a maior biodiversidade do mundo, mas também o maior exportador de soja". (BRASIL, 2019)

4.1.5. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais no Cerrado

Para a supressão de vegetação no bioma, o método frequentemente utilizado é método custo de reposição. A nota técnica nº 40/2019[22], produzida pelo Ibama, é uma das fontes que sintetiza a aplicação deste método e concentra diferentes referencias para o bioma, sintetizando os custos associados a intervenção de acordo com a fitofisionomia e método utilizado (reforçando que o método é determinado a partir do cenário da degradação). As buscas de informação contidas na nota resultaram no custo mínimo por hectare de recuperação do bioma cerrado, a partir de diferentes técnicas de recuperação.

Estes estudos indicam que o valor médio para a recuperação com plantio total de mudas por hectare no bioma é de R$ 16.140,50 (dezesseis mil cento e quarenta reais e cinquenta centavos), com valor máximo registrado de R$ 28.200,00/ha. Se a técnica empregada é com semeadura direta, o valor médio é de R$ 16.151, 11/ha. A técnica, no entanto, tem variação de custo de R$ 5.000,00/ha a R$ 36.103, 00/ha. A condução da regeneração natural no bioma indica custo médio de R$2.905,00 para formações florestais e de R$ 1.580,00/ha para a fisionomia savânica.

22 O acesso a este documento pode ser realizado no site https://sei.ibama.gov.br/autenticidade, informando o código verificador 5867844 e o código CRC 38EE2A97.

Os preços indicados são compostos por valores praticados no mercado, que não são estáticos, variam no tempo e demandam constantes atualizações. Vale destacar ainda o que conclui De Amorim Romacheli e Spinola (2011): "*os métodos de valoração ambiental possuem limitações na cobertura de valores, a qual estará associada ao grau de sofisticação do cálculo exigido, como os efeitos do consumo ambiental em outros setores da economia*".

Em inquérito civil conduzido na Promotoria de Justiça da Ordem Urbanística de Cuiabá, referente ao desmatamento de floresta de galeria no bioma Cerrado, pela ocupação irregular de uma área de preservação permanente (APP) de 386,15m², para ampliação de imóvel urbano, o Centro e Apoio Operacional do Ministério Público de Mato Grosso utilizou o método CATE II (danos contínuos), considerando que a proposta apresentada pelo investigado foi de indenização pelo uso permanente da área, sem proceder à reparação *in situ*. Assim, no âmbito do inquérito civil, foi feita a avaliação de imóvel urbano na região, e o custo de recuperação adotado foi extraído de projeto de recuperação de área degradada apresentado pelo próprio requerido, para fins de recuperação da faixa de 10m da mesma APP, até atingir o limite da área objeto de valoração do dano ambiental contínuo. Ainda, foi utilizado o fator 4 de conversão de danos diretos em indiretos (Fid), e uma taxa de juros de 6%, conforme extraído de Ribas (1996) em exemplo aplicado para caso semelhante. Os valores levantados foram então aplicados na seguinte equação:

$$\text{CATE II} = \frac{\text{Vc} + (\text{Cd} \times \text{Fid})}{\text{j}}$$

Em que:

CATE II = Valor presente dos custos ambientais esperados em função do dano ambiental contínuo, em reais;

Vc = Valor comercial da área, em reais;

Cd = custos ambientais (valor presente) para fins de reparação dos danos ambientais diretos, em reais;

Fid = Fator de conversão de custos ambientais diretos em indiretos, para efeito da consideração dos valores ambientais indiretos, numa escala de 1 à 9;

j = Taxa de juros, considerada igual a 6% a.a.

Assim, estimou-se o valor monetário dos danos ambientais contínuos de uma área de preservação permanente de 386,15m² no bioma Cerrado, considerando não haver reparação *in situ*, totalizando o valor de R$ 4.251.635,33.

4.2. Bioma Mata Atlântica

O Bioma Mata Atlântica (Figura 3) foi uma das maiores florestas tropicais da Américas, cobrindo originalmente cerca de 150 milhões de hectares, alcançando condições ambientais altamente heterogêneas com gradientes ambientais diversos, como os de pluviosidade, resultando em diferenças na composição da floresta, conforme aponta Câmara (2003).

Formado por um conjunto de ecossistemas diversos, que incluem desde Campos de Altitudes, Florestas de Coníferas (as Florestas de Araucárias), florestas ombrófilas, restingas a Manguezais, a Mata Atlântica apresenta padrões de filobetadiversidade (semelhança filogenética entre comunidades entre diferentes fisionomias vegetais dentro de um único bioma (DUARTE *et al.*, 2014).

Figura 3 – Localização do Bioma Mata Atlântica no Brasil



Fonte: CENIMA/IBAMA e IBGE

Assim, combinados com a grande amplitude atitudinal, fatores ambientais, evolutivos, históricos e neutros interagiram para determinar o padrão de composição das espécies e ecossistemas da Mata Atlântica, que o torna um dos biomas com um dos mais altos graus de riqueza de espécies e taxas de endemismo no planeta, incluindo mais de 20.000 espécies de plantas, 261 espécies de mamíferos, 688 espécies de pássaros, 200 espécies de répteis, 280 espécies de anfíbios e muitos mais. (MYERS *et al.*, 2000). Estima-se que neste bioma podem estar entre 1 e 8% do total de espécies do mundo (SILVA e CASTELETI, 2003; CAVENDER-BARES *et al.,* 2009).

Paradoxalmente, esse é um dos *hotspots* de biodiversidade mais ameaçados do mundo. A Mata Atlântica sofreu cinco séculos de desmatamento contínuo, relacionado a sucessivos ciclos econômicos, estando reduzida a 11,7% de sua cobertura original, distribuída em 245.000 ha de remanescentes florestais em diversos estados de regeneração (RIBEIRO *et al.,* 2009; DE REZENDE *et al.,* 2015).

As análises de cobertura vegetal indicam que mais de 80% dos fragmentos possuem tamanho menor que 50 ha, com uma grande distância média entre os fragmentos (1.140m). As reservas naturais para a proteção do Bioma, por sua vez, perfazem apenas 9% da floresta remanescente e cerca de 1% da floresta original (RIBEIRO *et al.,* 2009).

Frente a esse cenário extremamente fragmentado, dinâmico e sob alta pressão antrópica da Mata Atlântica, a importância dos últimos grandes remanescentes florestais aumenta exponencialmente, sua gestão deve ser planejada com cautela e a transformação em reservas naturais deve ser cuidadosamente considerada (*Secretaria to the Convention on Biological Diversity*, 2002).

Com a mesma preocupação, os pequenos fragmentos, suas conectividades, as matrizes nos quais estão inseridos são extremamente relevantes para a conservação da Mata Atlântica e precisam ser monitorados pelo poder público e sociedade, não apenas com o foco em sua conservação, mas também em sua ampliação tendo em vista que o estado atual de conservação, na maior parte da Mata Atlântica, atingiu limiares que comprometem a capacidade de manutenção das funções ecológicas do Bioma.

Deste modo, quaisquer intervenções no Bioma, feitas sem considerar questões relacionadas à ecologia de paisagem, manutenção de serviços ecossistêmicos e conservação da biodiversidade podem ocorrer subestimando os efeitos negativos da perda de habitat e outras ameaças importantes à biodiversidade, e colocar em risco a implementação de ações de conservação (DE COSTER *et al.,* 2015).

Na área de Mata Atlântica a supressão de vegetação é regulada pela Lei Federal nº 11.428/06 (Lei da Mata Atlântica) em florestas secundárias (com característica que permitem inferir que foram alteradas pelo homem ou por causas naturais, em condições que afetaram sua estrutura de forma significativa), em estágio inicial de regeneração, e, mesmo assim, com ressalvas.

Para os demais estágios de florestas secundários (Médio e Avançado) a Autorização de Supressão somente é concedida em casos específicos, quando não for possível alternativa locacional, devendo-se resguardar parte da vegetação.

No entanto, quando o desmatamento é feito de maneira irregular, essa conduta passa a se configurar em infração administrativa ou crime ambiental. Quando o desmatamento é tipificado como crime ambiental, caberá em princípio, ao perito criminal, quando da confecção do laudo, valorar os danos causados pelo desmatamento ilegal.

Existe uma grande variedade de técnicas que podem ser utilizadas para fins de expressar danos ou melhorias aos recursos naturais, de modo que não há definição da técnica mais adequada, e sim aquela que melhor atende a critérios estabelecidos com base em fatores chave.

É necessário enfatizar o caráter temporal de uma valoração de danos ambientais. As valorações são fotografias de um momento e refletem as os valores dos parâmetros utilizados para sua execução. Caso haja alguma modificação nesses parâmetros, certamente haverá a necessidade de reavaliação dessa valoração.

Dentre os fatores chave que necessitam ser considerados ao valorar a perda/perturbação/degradação/recuperação de um hábitat na área do Bioma Mata Atlântica, alguns necessitam ser pontuados, sem prejuízo, obviamente, da possibilidade de acréscimo de outros, quando a ampliação do conhecimento técnico científico assim o requerer, uma vez que ainda não somos capazes de alcançar o valor da reparação do Dano Ambiental por completo.

A valoração de danos ocasionados à Mata Atlântica, mesmo o dano tendo como motivação a exploração de uma única espécie (*e.g*. extração de plantas ornamentais como orquídeas; retirada de árvores para aproveitamento de madeira; captura de animais silvestres), deve-se sempre ter em consideração as interações ecológicas estabelecidas entre as comunidades que habitam a área fragmento e o impacto do dano sobre os demais componentes.

São fatores chave a serem considerados ao valorar porções de Habitat do Bioma Mata Atlântica desmatadas/queimadas/perturbadas/degradadas, sem ordem hierárquica: a) o estágio de conservação do fragmento; b) a ocorrência de espécies ameaçadas, c) o fragmento no contexto da Paisagem, d) a relevância do Bioma como "regulador climático", a e) Perda de Serviços Ambientais e o f) Custo de Recuperação/Restauração da Área, assim considerados.

a) O estágio (estádio) de conservação do fragmento

A determinação do estágio de conservação parte da premissa de que ambientes menos impactados por ações antrópicas suportam maior biodiversidade, possuem maior estabilidade e capacidade de resiliência e fornecem mais serviços ambientais.

Pela importância hierárquica, faz-se necessária a referência ao texto do Artigo 225, § 4º, da Constituição Federal, que eleva a Mata Atlântica a patrimônio Nacional e determina que a sua utilização deve ser realizada dentro de condições que assegurem a sua preservação.

A lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006) em seu Art. 2º, define, juntamente com o Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008 que integram o Bioma Mata Atlântica as seguintes formações florestais nativas e ecossistemas associados, com as respectivas delimitações estabelecidas em mapa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conforme regulamento: Floresta Ombrófila Densa; Floresta Ombrófila Mista, (Mata de Araucárias); Floresta Ombrófila Aberta; Floresta Estacional Semidecidual; e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste.

Nem todos esses ecossistemas e formações associadas possuem normativas estabelecidas para a classificação dos estágios sucessionais. De fato, no caso dos Manguezais, não é possível, nos termos estabelecidos para as florestas, estabelecer estágios sucessionais devido às características de composição vegetal bastante determinada e restrita (são poucas espécies, não há estratificação vegetal, mas fases de crescimento). De todo modo, esse é um ecossistema associado também protegido como Área de Preservação Permanente, pela Lei Federal nº 12.651/2012, em seu Art. 4ª VII.

Coube ao Conama estabelecer normativas com os parâmetros básicos para análise de estágios de sucessão da Mata Atlântica, os quais estão dispostos na Resolução Conama nº 10, de 1º de outubro de 1993, são eles: I - fisionomia; II - estratos predominantes; III - distribuição diamétrica e altura; IV - existência, diversidade e quantidade de epífitas; V - existência, diversidade e quantidade de trepadeiras; VI - presença, ausência e características das serapilheira; VII - subosque; VIII - diversidade e dominância de espécies; e IX - espécies vegetais indicadoras. (BRASIL, 1993)

A partir desses parâmetros, foram estabelecidas diversas Resoluções especificas para as diversas formações de florestais e ecossistemas associados, havendo também delimitações geográficas (geralmente para os estados, considerando características biogeográficas dessas formações ecossistêmicas).

Contudo, ainda existem formações florestais sem normativas, lacunas decorrentes da ausência de conhecimento relativos principalmente a espécies indicadores e padronizações metodológicas, o que, por vezes, criam subestimativas e equívocos na aplicação dessas normas. Essas deficiências são muitas vezes objeto de ações que questionam a subestimativa do estágio sucessional, como forma de estabelecer menores patamares de proteção para uma área ou mesmo autorizar sua supressão total. Desse modo, o fator (estágio de conservação) deve ser observado com muita atenção no momento de estabelecer a valoração ambiental.

Ao se adotar métodos de valoração que consideram apenas a extensão territorial de uma floresta tropical, como as do Bioma Mata Atlântica, também podemos estar negligenciando aspectos que tornam aquele ambiente ainda mais valioso para a conservação.

Constanza, por exemplo, ao estabelecer o valor dos serviços prestados, por hectare de floresta tropical em US$ 5,4 mil por hectare/ano (COSTANZA *et al.,* 1997; COSTANZA *et al.*, 2014) não abrange as especificidades de cada floresta e/ou ecossistema associado, apenas um valor médio global.

Do mesmo modo, ao reanalisar o valor para os Manguezais, Constanza incorporou serviços como proteção das regiões costeiras por eventos como, por exemplo, de maré,

derramamentos de óleo e outros. Atualmente esses valores estão, para Manguezais, em US$ 194 mil por hectare ao ano (COSTANZA *et al.*, 2014).

b) A ocorrência de espécies ameaçadas

Quanto vale uma espécie? Quais funções são afetadas ao retirar uma espécie de um ecossistema? Essas funções podem ser substituídas/compensadas por outras espécies (tanto do ponto de vista ecológico como econômico, para espécies que possuem esse "uso")? Quais serviços potenciais, ainda não conhecidos, poderiam advir do estudo de características dessa espécie? O que a humanidade perde ao permitir que uma espécie seja extinta? Ou mesmo que sua população se reduza à um nível que a torne vulnerável à eventos de extinção?

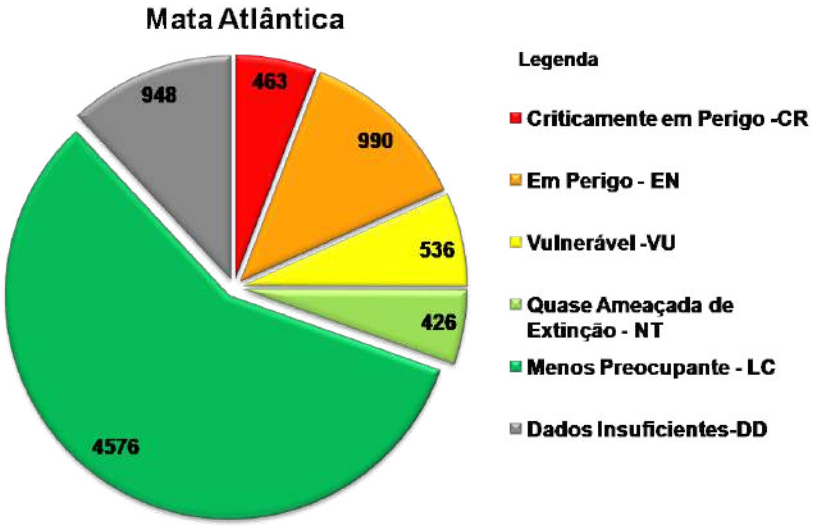
Esses questionamentos, e talvez outros, que não superam de modo algum o caráter ético da extinção em si de uma espécie, devem ser considerados ao se valorar uma área que sofreu um dano, passível ou não de recuperação que é habitat de uma população, ou mesmo decidir para modificação de um ambiente para implantação de um empreendimento.

Muito tem sido escrito durante as últimas décadas sobre o rápido declínio da biodiversidade e suas consequências, e muitos relatos têm sido dados sobre as razões para preservar a diversidade de espécies. A maioria desses relatos está focada em tentar demonstrar o valor intrínseco das espécies - um valor que todas as espécies têm, independente de nossa própria perspectiva humana - ou, mais recentemente, em demonstrar o valor utilitário da biodiversidade - em particular, no que diz respeito a os serviços ecossistêmicos que as espécies fornecem ou apoiam (JAX, 2013).

O Bioma Mata Atlântica é, de acordo com o IBGE (2020), o bioma brasileiro com o maior número de espécies ameaçadas de extinção. Foram relatadas que em 2014 havia 3.299 espécies de animais e plantas com risco de extinção no Brasil. Desse número, 1.989, estão na Mata Atlântica, 25% do total de espécies do bioma (Figura 4).

Quando consideramos que este é um dos cinco maiores *hotspots* de biodiversidade do planeta e que também é um bioma que possui muitas espécies endêmicas (somente encontradas nesse local), então elas são ainda mais sensíveis a esse tipo de impacto e a perspectiva é ainda mais crítica.

Figura 4 – Estado de Conservação da Fauna e Flora no Bioma Mata Atlântica em 2014



Fonte: IBGE – Contas de Ecossistemas (adaptado)

A crescente perda de biodiversidade é atualmente percebida por especialistas de importantes organizações internacionais multilaterais, como um risco ao sistema econômico, uma vez que gera desequilíbrio do ecossistema causando fortes implicações à humanidade, tais como, insegurança alimentar, riscos à saúde humana, mudanças climáticas, riscos ao negócio, dentre outros. Nesse contexto, as pressões sobre as espécies, levando a maiores riscos de extinção e o consequente colapso dos ecossistemas, implicam em elevados impactos à sociedade e à economia (IBGE, 2020).

O regime jurídico de proteção da Mata Atlântica - estabelecido pela Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, e por seu regulamento, o Decreto Federal nº 6.660, de 21 de novembro de 2008 - prevê a proteção das espécies ameaçadas de extinção. Porém, a aplicação prática de seus dispositivos, nestes casos, tem sido limitada, devido à necessidade de um correto entendimento do conceito de "risco à sobrevivência *in situ* de espécies" (PRADO *et al.,* 2014)

A aplicação desse conceito em termos práticos é prejudicada por questões como a ausência de bases de dados sobre a distribuição das espécies. Mesmo havendo levantamentos feitos em processos de licenciamento por todo o país essas informações estão geralmente depositadas fisicamente nos órgãos ambientais, sem haver ainda esforços significativos no sentido de compilar, gerir e disponibilizar essas bases de dados. Como exceção, tem-se os dados da Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN) (***https://www.iucnredlist.org/***) e a informações das bases de dados *speciesLink*, um sistema distribuído de informação que integra dados primários de coleções científicas (http://inct.splink.org.br/).

Deve-se observar que não se trata de apresentar um valor monetário para uma espécie e sim, incorporar ao método de valoração de uma área o fator "ocorrência de espécies ameaçadas" e a possibilidade de se inferir sobre o risco que há de ocupar uma área ou mesmo as necessidades inerentes de manejo de espécies no caso de ocupação dessa área com vista à conservação daquela espécie, seja com ações de não ocupação, recuperação, relocação da espécie, monitoramento/controle de populações, desenho de ferramentas de conectividade ou mesmo 'cultivo" e posterior reintrodução da espécie.

No caso de exploração comercial de espécies isoladas, à valoração da degradação ambiental podem também ser incorporados: i) o valor "comercial" da espécie ou derivados da espécie capturada/extraída; ii) os danos provocados àquela população por sua extração/captura; iii) os danos provocados à outras espécies para a retirada daquela espécime na natureza e também iv) os custos administrativos decorrentes de ações de fiscalização ambiental decorrentes da ação para combate ao crime ambiental ocorrido.

c) O fragmento no contexto da Paisagem

Vários métodos de valoração incorporam o fator "paisagem" como: o Custo de Viagem, Preços Hedônicos, Custos evitados e Método da Valoração Contingente. Na incorporação desse fator não foram abordados esses métodos, ao menos não em sua totalidade.

A incorporação de conceitos da ecologia de paisagem nas técnicas de valoração ambiental situa a área a ser valorada no espaço geográfico, incorporando não apenas os aspectos ambientais como também os socioeconômicos.

Ao integrar a ecologia da paisagem com as técnicas de valoração ambiental, usamos indicadores visuais para "transferir" as informações transmitidas pelas métricas de ecologia da paisagem em atributos da paisagem, compreensíveis

por indivíduos para tomar decisões de planejamento de ocupação dos espaços (TAGLIAFIERRO *et al.,* 2013).

Metzger (2006) propôs que a aplicação dessas "métricas" seriam uma boa opção para a realização de um diagnóstico rápido das condições mínimas necessárias para manter a biodiversidade em áreas fragmentadas, como é o caso da Mata Atlântica. Deste modo que ao elaborar/escolher/adotar um método de valoração para um fragmento de Mata Atlântica a ser suprimido, devem ser adotados parâmetros e métricas como permeabilidade da matriz, tamanho e forma do fragmento, existência de corredores; proximidade com outros fragmentos e ou unidades de conservação, pressões antrópicas (estradas, loteamentos, proximidades com centros urbanos ou áreas de ampliação de pecuária/agricultura/silvicultura); grau de isolamento, tamanho de borda, e outros, que permitam elaborar cenários futuros e tomar decisões não somente relacionadas ao valor atual, mas às perspectivas de valores futuros.

d) A relevância do Bioma como "regulador climático"

É sabido que a floresta amazônica possui importância indispensável para o equilíbrio climático terrestre, proporcionando inúmeros serviços ambientais, como a manutenção dos estoques de carbono e da ciclagem de água. O desmatamento é uma ameaça imediata ao bioma Amazônia, pois afeta os níveis de evapotranspiração da floresta, tornando o clima local mais quente e seco, influenciando no clima além de seus limites, devido à circulação atmosférica (AMORIM *et al.,* 2019).

Não existem, ainda, estudos suficientes, com modelagem de impactos do desmatamento e de mudanças climáticas, que permitam inferir com segurança o impacto da mudança do uso do solo, nas áreas de Mata Atlântica na regulação do clima global ou mesmo em impactos mais locais.

Há, contudo, de se refletir que, uma vez que mais de 60% da população brasileira vive no domínio da Mata Atlântica, as sociedades nas áreas rurais e urbanas também são altamente vulneráveis às mudanças climáticas (SCARANO e CEOTTO, 2015).

De fato, estudos observacionais mostraram que em áreas de pastagem há uma menor absorção de radiação solar à superfície e uma redução da evapotranspiração e da umidade do ar quando comparados a áreas florestadas (CORREIA *et al*., 2007),

Wanderley *et al.* (2019), por sua vez, analisaram a relação entre o grau de desmatamento e o aquecimento da temperatura local em remanescentes da Mata Atlântica situados na Serra do Mar, São Paulo, por meio de estimativas da temperatura da superfície terrestre. Os resultados indicaram que as áreas com menor cobertura florestal apresentam temperaturas mais altas. Cada aumento de 25% na retirada da cobertura vegetal nativa resultou no aquecimento de 1º C na temperatura local, chegando a 4º C no caso de desmatamento total. De acordo com os autores esse padrão detectado é interpretado como uma caracterização de impacto da perda de cobertura florestal no microclima do ambiente.

Assim, ao reconhecer a floresta de Mata Atlântica como elemento essencial para manter as temperaturas mais amenas em escalas local e regional, evidencia-se a necessidade de incorporar esse fator nas metodologias de valoração de danos ambientais.

e) Perda de Serviços Ambientais

Os serviços ambientais tornaram-se um tema relativamente comum na última década nas discussões sobre conservação ambiental, especialmente após a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (AEM, 2005).

O MEA considera os serviços ambientais como os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas, classificados como i) Serviços de provisão: alimentos, água, madeira, recursos genéticos; ii) Serviços de regulação: manutenção da qualidade do ar, regulação climática (global e local), manutenção da qualidade e vazão da água, controle da erosão, prevenção de desastres etc.; iii) Serviços culturais: benefícios espirituais, estéticos, e sociais, como senso de pertencimento, herança cultural; iv) Serviços de suporte: ciclagem de nutrientes e água, formação de solo.

As florestas tropicais estão entre os biomas mais relevantes em relação à prestação de serviços ambientais e são responsáveis pelo fornecimento de diversos bens ecossistêmicos, como alimentos, plantas medicinais, combustível, fibras de sementes, madeira e água.

A principal diferença entre serviços ambientais e serviços ecossistêmicos é que, no primeiro caso, os benefícios gerados estão associados a ações de manejo do homem nos sistemas naturais ou agroecossistemas. Os serviços ecossistêmicos por sua vez, refletem apenas os benefícios diretos e indiretos providos pelo funcionamento dos ecossistemas, sem a interferência humana.

Robert Constanza (1997) iniciou suas pesquisas em precificação de serviços ecossistêmicos e praticamente criou, no final da década de 1990, uma nova disciplina, a Economia Ecológica, ao calcular o valor total dos serviços ecossistêmicos do planeta. Entre eles, regulação climática, gestão da água, controle da erosão, polinização, controle biológico, fornecimento de alimentos, combustíveis e fibras, serviços culturais e recreativos

Atualmente é inconcebível não incorporar a utilização de indicadores de Serviços Ecossistêmicos ou de Serviços Ambientais na formulação, implementação e monitoramento de políticas públicas ambientais. Esses indicadores podem ser usados como uma ferramenta de apoio para a gestão de recursos naturais, como em áreas florestais.

No caso de danos ambientais decorrentes de supressão/degradação em áreas de Mata Atlântica, a avaliação de tais custos ecológicos precisam ser feitos, e os tomadores de decisão devem garantir que os serviços ecossistêmicos não sejam comprometidos.

Guimarães *et al.,* (2017) descreveu por meio de entrevista com *stakeholders* a concepção de indicadores ambientais e sociais de serviços ecossistêmicos em áreas de Floresta de Mata Atlântica em Pernambuco. Sugere-se que esses indicadores sejam tomados como referência para valoração de serviços ambientais em áreas de Mata Atlântica.

A exemplo foram descritos indicadores como: Volume de água captado pelo sistema público abastecimento de água; custo evitado de tratamento de água para consumo [R$/m^3]; Variação média de temperatura dentro e fora da área de estudo [°C]; Número de espécies nativas ameaçadas de extinção; Número de espécies de plantas encontradas [Unidades/ha]. Biomassa vegetal existente área de interesse [t/km^2]; Razão entre a resposta hídrica da bacia estudada e outra bacia com características fisiográficas semelhantes, mas sem cobertura vegetal [valor adimensional]; Área de floresta protegendo encostas [km^2] e outros que refletem os diversos tipos de serviços ambientais prestados**.**

O trabalho de Guimarães *et al.* (2017), por ter sido realizado em unidade de conservação, não incorpora outros serviços como a Produção de Alimentos, o Controle Biológico, a formação de solos, o controle de distúrbios, os quais também devem ser considerados na valoração ambiental.

Furlan (2010) descreve que existem algumas categorias de valoração dos serviços ecossistêmicos, as quais podem ser classificadas como: i) valor de uso direto (deriva do uso direto da biodiversidade em ações como extrativismo/pesca); ii) Valor de uso

indireto (abrange, de forma ampla, as funções ecológicas da biodiversidade); iii) valor de opção (decorre da opção de usar o recurso natural no futuro, podendo os usos futuros serem diretos ou indiretos); iv) valor de não-uso (atribuído pelas pessoas aos recursos ambientais, sem que estejam ligados a alguns de seus usos; inclui os valores de herança e de existência).

f) Custo de Recuperação/Restauração da Área

O Custo necessário para recuperação/restauração de um ambiente degradado/perturbado também pode ser considerado como um fator chave na valoração do dano ambiental. Há de se ressaltar, contudo, que dificilmente se conhecem a maior parte das características de ambientes degradados, tendo em vista que esses danos geralmente ocorrem de forma ilegal, sem ocorrência de estudos prévios e/ou levantamentos florísticos para a área.

Mesmo quando são autorizados, os estudos ambientais apresentados dificilmente abarcam a maioria das características do ambiente, sendo os processos de restauração, mesmo aqueles mais complexos, realizados como uma tentativa de recriar o ambiente num nível bem mais simples de complexidade, reservando ao potencial de regeneração do meio e ao *pool* de diversidade do entorno da área a tarefa de elevar a complexidade/diversidade daquele ambiente.

A recuperação/restauração de áreas florestadas por meio de intervenção humana pode ocorrer por meio de diferentes estratégias, seja pelo replantio de mudas e acompanhamento do processo de crescimento ou até mesmo pela "condução da regeneração natural" modalidade em que, com exceção de ações como cercamento, apenas o monitoramento é realizado.

De modo que, ao valorar a perda de um fragmento/área de Mata Atlântica, certamente devem ser inseridos:

1) os custos necessários para restaurar aquele ambiente;

2) os benefícios, incluindo sequestro de carbono, associados às diferentes estratégias de restauração,

3) os custos das perdas de estoque de carbono decorrentes da degradação florestal (principalmente em casos de incêndios florestais);

4) os custos decorrentes da emissão de carbono e demais gases de efeito estufa lançados em decorrência da degradação (*e.g*. incêndios) e

5) os custos de oportunidade perdidos decorrentes dos diversos serviços ambientais que deixaram de ser fornecidos pela degradação daquele ambiente desde o momento de sua degradação até a recuperação plena desses serviços.

Quadro 1 – Efeitos da Supressão de Vegetação/Alteração de Habitat sobre o Bioma Mata Atlântica

	Efeitos	Característica/Descrição	Referências
EFEITOS GLOBAIS	Acelera o Aquecimento Global	Ao liberar quantidades significativas e cumulativas de gases de efeito estufa na Atmosfera.	Ciais *et al.,* 2013; Magrin *et al.,* 2014.
	Altera Padrões de Precipitação	A evapotranspiração da umidade do solo e da vegetação é alterada, levando à redução da umidade atmosférica ao aumento da temperatura, e à diminuição da precipitação.	Bruijnzeel, 2006; Butt *et al.*, 2011; Spracklen, *et al.*, 2012; Salemi *et al.*, 2013.
	Aumento de Invasões Biológicas	Ambientes perturbados geralmente contêm muitas espécies exóticas ou não nativas que invadiram o ecossistema.	Rutt, *et al.*, 2019; ios, *et al.*, 2021.
EFEITOS LOCAIS	**BIODIVERSIDADE**		
	Efeitos	**Característica/Descrição**	**Referências**
	Potencializa eventos de Lixiviação/aceleração de erosão do solo	Sem a cobertura vegetal a chuva atinge o solo com muito mais força podendo ocasionar à perda da camada superficial, amplificar eventos erosivos. A lixiviação de minerais também ocorre e dificulta o uso da terra.	Bradshaw *et al.,* 2007; Salemi *et al.*, 2013; Ehigiator e Anyata, 2014; Guillaume *et al.*, 2015; Sartori *et al.*, 2019.
	Diminuição da fertilidade do solo	Ao converter florestas em outros usos, há diminuição de C orgânico e de Nitrogênio do Solo.	McGrath *et al.*, 2001; Murty, *et al.,* 2003; Guillaume *et al.*,2015; De Blecourt *et al.;* 2013.
	Criação/Aumento do Efeito de Borda e Perda de Conectividade	Ao fragmentar a paisagem a supressão cria bordas com características ecológicas distintas da floresta original.	Oliveira *et al.,* 2008; Freitas *et al.,* 2010; Pfeifer, *et al.,* 2017; Holm e Chambers, 2012.
	Extinção *in situ*	O desmatamento e a fragmentação promovem a perda/alteração de habitat, principais causas conhecidas de extinção não aleatória.	Laurance *et al.*, 2007; Arroyo-Rodríguez *et al.*, 2009; Leão *et al.,* 2014, Carugati *et al*, 2018.

	Diminuição/desconexão da População Viável Mínima	Os habitats que suplantam a floresta são inadequados para sustentar populações viáveis de espécies dependentes da floresta. Animais de grande porte são muito vulneráveis em florestas fragmentadas, sendo incapazes de sobreviver em pequenos fragmentos filogenéticos entre populações de indivíduos em fragmentos desconectados.	Silva e Tabarelli, 2000; Grant *et al.*, 2004; Girão *et al.*, 2007, Martinelli *et al.*, 2013; De Paula *et al.*, 2018; Morante-Filho, *et al.*, 2015; Rios, *et al.*, 2021.
	Aumento da probabilidade de extinção de espécies/ diminuição biodiversidade	A fragmentação de florestas está relacionada extirpação local de espécies vegetais e animais de florestas tropicais fragmentadas e a homogeneização biótica.	Brown e, Lugo, 1990; Santos *et al.*, 2010; Leão, *et al.*, 2014; Andrade *et al.*, 2015; Carugati, *et al.*, 2018.
	EFEITOS ECONÔMICOS		
	Efeitos	**Característica/Descrição**	**Referências**
	Risco à segurança alimentar	Áreas com mais cobertura florestal tendem a ter segurança alimentar superior em comparação com áreas com menos. A supressão de vegetação além do limitar de conservação cria externalidades que impactam negativamente a produção de alimentos.	Magrin *et al.*, 2014; FAO, 2018; Baer-Nawrocka, *et al.*, 2019; Flachsbarth *et al.*, 2019
	Abandono de Terras	Por diminuição de potencial extrativista, afeta-se os meios de subsistência locais, potencialmente expulsando os povos da floresta/tradicionais de suas terras. Gentrificação/Urbanização em áreas Turísticas.	Vanwey *et al.*, 2005; Mota, *et al.*, 2007; Brancalion *et al.*, 2014; FAO, 2018.
	Abandono de Terras	Por diminuição de potencial extrativista, afeta-se os meios de subsistência locais, potencialmente expulsando os povos da floresta/tradicionais de suas terras. Gentrificação/Urbanização em áreas Turísticas.	Vanwey *et al.*, 2005; Mota, *et al.*, 2007; Brancalion *et al.*, 2014; FAO, 2018.
	Deslizamentos de terra, instabilidade geológica	A retirada da cobertura vegetal potencializa o risco de a possibilidade de deslizamentos em encostas.	Bradshaw *et al.*, 2007; Sartori *et al.*, 2019

	Diminuição de recursos pesqueiros	Por perda de áreas de reprodução em áreas de manguezais; efeitos como assoreamento.	Peters e Meybeck, 2000; Mumby *et al.*, 2004; Wright e Flecker, 2004; Worm *et al.*, 2006; Cardinale *et al.*, 2012; Nagelkerken *et al.*, 2018.
	ASPECTOS HISTÓRICOS E CULTURAIS		
	Efeitos	**Característica/Descrição**	**Referências**
	Quebrar os laços culturais e espirituais entre as pessoas e as florestas, incluindo a perda do conhecimento tradicional sobre o valor das florestas.	Perdas de: áreas de extrativismo, locais de culto religiosos.	Mota, *et al.*, 2007; Zhouri, e laschefski, 2010.
	Desterritorialização e Fragmentação dos tecidos sociais de populações camponesas, indígenas, povos e comunidades tradicionais.	Por diminuição de potencial extrativista, zonas de grandes monoculturas geram desconexão cultural.	Kusimi, 2008
	EFEITOS SOBRE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS		
	Efeitos	**Característica/descrição**	**Referências**
	Escoamento de pesticidas e herbicidas em águas pluviais para os rios.	A perda de cobertura vegetal favorece, por meio de deflúvio superficial ou contaminação do lençol freático, o aporte de agroquímicos em recursos hídricos.	Bertoluzzi *et al.*, 2006; Cardinale, 2011; Dellamatrice e Monteiro, 2014.
	Declínio de Produtividade	O declínio da produtividade, ocasionada pela perda de áreas florestadas, pode ser atribuído a fatores como: diminuição na profundidade de enraizamento, perda de nutrientes do solo e redução nas reservas de água disponíveis para as plantas.	De Blecourt *et al.*;. 2013. Guillaume *et al.*, 2015; Flachsbarth *et al.*, 2019.

Fonte: elaboração própria dos autores.

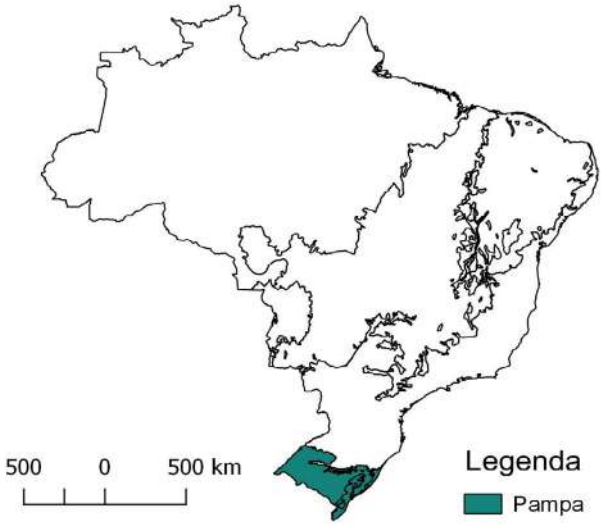
4.3. Bioma Pampa

O Bioma Pampa, último dos Biomas Brasileiros a ser reconhecido oficialmente em 2004, apresenta como característica a presença predominante e natural de ambientes campestres, com as formações florestais restritas às formações ciliares ao longo de cursos d'água ou em áreas com relevo acidentado que proporcionam condições de solo e umidade para o desenvolvimento de espécies arbóreas de maior porte. A presença marcante de campos naturais condiciona uma paisagem peculiar e marcante de grande beleza cênica e com grande potencial turístico. O Pampa, restrito no Brasil ao estado do Rio Grande do Sul (Figura 5), estende-se por uma superfície de 193.836 Km², os quais representam 68,8% da área do estado e 2,3% do país[23]. Os ecossistemas

23 Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 168 p. - (Relatórios metodológicos,

campestres característicos do Pampa fazem parte da ecorregião denominada Campos do Rio da Prata (*Pastizales del Río de la Plata – Río de la Plata Grasslands*) que se estende também pelo Uruguai, centro-leste da Argentina e sudeste do Paraguai. Tais formações apresentam grande biodiversidade, notadamente de espécies vegetais herbáceas e espécies da fauna associadas aos ambientes de campos naturais, incluindo diversas espécies endêmicas do Pampa (BENCK *et al.* 2016; ANDRADE *et al.* 2018; MENEZES *et al.* 2018).

Figura 5 – Localização do Bioma Pampa no território brasileiro



Fonte: CENIMA/IBAMA e IBGE

Historicamente, o Pampa teve como atividade antrópica tradicional a criação de gado e de outras espécies de pastoreio aproveitando-se das extensas pastagens naturais nos ambientes de campos nativos. Inclusive, a herbivoria, conjuntamente com o fogo, são discutidos como fatores condicionantes dos ecossistemas campestres não apenas no Pampa como em outras ecorregiões com campos naturais (PILLAR *et al.*, 2009; OVERBECK *et al.,* 2018). Mais recentemente, especialmente a partir de 1995, o Bioma Pampa tem sofrido uma redução acentuada dos seus ambientes naturais, principalmente pela expansão de áreas de cultivos anuais (lavouras, em especial soja) e de silvicultura. Entre os anos de 1975 e 2005 foi observada uma redução de 26% nas áreas de campos nativos (OLIVEIRA *et al.,* 2017). De acordo com as informações disponíveis na plataforma de análise de mudanças no uso e cobertura do solo no MapBiomas, os ambientes naturais no Pampa encontram-se reduzidos a 55,5% da área total do bioma.

O Bioma Pampa é muitas vezes unido aos campos de altitude da Mata Atlântica existentes no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, com a designação de Campos Sulinos, considerando as similaridades na presença de campos naturais e o histórico de uso e ocupação. No entanto, os campos naturais do Pampa e da Mata Atlântica apresentam diferenças na composição de espécies (PILLAR *et al.* 2009; ANDRADE *et al.* 2019). É importante destacar que os ambientes naturais campestres foram por muito tempo negligenciados em relação à sua proteção e conservação. Overbeck e colaboradores (2015) discutem a importância das estratégias de conservação no Brasil incluírem os ecossistemas não florestais, apontando a baixa representatividade de tais ambientes, incluindo os campos naturais, nas unidades de conservação existentes. Adicionalmente, existem poucos estudos e iniciativas para a restauração de campos

ISSN 0101-2843; v. 45).

naturais degradados, destacando-se a indisponibilidade comercial de sementes de espécies herbáceas nativas para uso em projetos de recuperação de áreas degradadas, a inaptidão para a recuperação dos campos nativos das técnicas utilizadas para os ambientes florestais, a reduzida compreensão do papel de fatores de distúrbios (herbivoria e fogo) na manutenção dos ambientes campestres e a dificuldade na condução da regeneração natural como estratégia de restauração de campos naturais (OVERBECK *et al.* 2013; TORCHELSEN *et al.* 2019).

Em que pese o uso histórico dos campos naturais para a criação de gado, tal atividade econômica apresenta um impacto reduzido, principalmente quando comparado com atividades que resultam na alteração completa do ambiente, caso da agricultura e da silvicultura. Dessa forma, a manutenção da criação de gado sobre os campos nativos associada ao uso de técnicas adequadas de manejo tem sido proposta como uma das formas para o desenvolvimento sustentável da região, agregando produção econômica e conservação dos campos. Existem extensas pesquisas em relação ao manejo de pastagens nativas no Rio Grande do Sul, destacando-se a compilação de trabalhos no livro Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade. No referido livro são descritas e analisadas diferentes técnicas para o manejo das pastagens nativas e a adequação da carga animal, ressaltando os benefícios tanto para a produção como para a conservação da biodiversidade. Develey e colaboradores (2008) abordam que a adequação do manejo na criação do gado em campos naturais pode contribuir para a conservação de aves e da biodiversidade.

Modernel e colaboradores (2016) avaliaram as mudanças no uso do solo no Pampa (ecorregião) e sua influência nos serviços ecossistêmicos providos pelos ambientes naturais. O aumento nas áreas de silvicultura e de cultivos anuais (lavouras) influenciam também na produção de gado, levando à sua intensificação tanto pelo uso de grãos para complementação da alimentação como pelo aumento da carga animal nas pastagens naturais. Estas alterações no uso do solo e no manejo do gado causam efeitos negativos no acúmulo de carbono (estoque de carbono), aumentam a erosão do solo e reduzem a diversidade de plantas, aves e mamíferos.

A seguir são abordados os impactos ambientais causados por intervenções/atividades comuns no Bioma Pampa e Campos Sulinos com a apresentação de propostas para a valoração econômica das degradações ambientais. Destaca-se que os valores apresentados pressupõem a recuperação integral da área degradada.

4.3.1. Corte de vegetação nativa arbórea e queimada da área

O corte de vegetação nativa sem licenciamento ambiental, ou seja, sem a anuência dos órgãos ambientais competentes, ocasiona a não realização da reposição florestal obrigatória, a redução dos estoques florestais e não observa a necessidade de preservação de espécies da flora ameaçadas de extinção ou protegidas por legislação específica. Além disso, também é prejudicial no sentido de que não prevê os impactos ambientais causados sobre a fauna (redução de abrigo e alimentação) e sobre o solo (erosão). A redução na cobertura vegetal do solo também contribui para o aumento no carreamento de partículas para os cursos d'água, prejudicando a qualidade da água e levando ao assoreamento dos corpos hídricos.

O uso do fogo em áreas agropastoris provoca significativa degradação ambiental, alterando tanto o meio físico como o biológico. No meio físico, o fogo reduz o teor de matéria orgânica presente no solo, a capacidade de retenção de umidade e as taxas de permeabilidade e de infiltração, além de liberar gases responsáveis pelo aumento do efeito estufa. No meio biológico, o fogo elimina diversos exemplares da fauna e flora, interrompe processos de sucessão ecológica e diminui a diversidade biológica pela seleção de espécies resistentes ao fogo. A prática da queimada também pode ser responsável pela produção de gases nocivos à saúde humana, por danos

sobre o patrimônio público ou privado e pela ocorrência de acidentes causados pela diminuição da visibilidade.

4.3.1.1. Estimativa econômica associada à degradação ambiental

4.3.1.1.1. Corte de Vegetação Nativa

O volume de madeira obtido no desmatamento pode ser utilizado como um dos componentes para valoração, na hipótese de indenização por parcela não recuperável da degradação ambiental.

Considerando o volume médio de madeira comercial para os estágios médio e avançado da bacia hidrográfica em questão (Vacacaí–Vacacaí Mirim, exemplo de uma das bacias hidrográficas localizadas no Bioma Pampa) como 145,92 m^3/ha, estando divididos em 18,42 m^3/ha de madeiras de primeira qualidade e 127,50 m^3/ha de madeiras de menor qualidade, mais o volume de lenha de 36,55 m^3/ha proveniente dos indivíduos jovens componentes da regeneração natural, segundo o Inventário Florestal Contínuo do Rio Grande do Sul, e considerando os valores de R$ 150,00/m^3 madeira, para madeiras de primeira qualidade, e R$ 40,00/m^3 de madeira, para madeiras de menor qualidade, obtém-se como valor econômico de referência R$ 9.325,00/hectare, para áreas degradadas pelo corte de vegetação nativa em estágios médio e avançado de regeneração.

4.3.1.1.2. Serviços Ecossistêmicos da Vegetação Nativa

Diversos estudos têm avaliado os valores dos serviços prestados pelos ecossistemas empregando diferentes metodologias, buscando identificar valores de referência pela perda dos serviços ecossistêmicos. Para as áreas de florestas tropicais um estudo publicado em 2012 por De Groot e colaboradores avaliou 96 estimativas econômicas para os serviços ecossistêmicos de tais ambientes naturais em todo o mundo, encontrando valores que variam de 1.581 a 20.851 US$/hectare/ano, com um valor médio de 5.264 US$/hectare/ano. Entre os serviços ecossistêmicos avaliados/valorados estão: regulação da atmosfera, regulação do clima, proteção e regulação das águas, controle de erosão, controle de perturbações, formação de solo, tratamento de rejeitos, polinização, produção de matéria prima, controle biológico e recreação.

Desse modo, estimando um período de 15 anos entre a degradação (corte da vegetação nativa) e a recuperação da área degradada (retorno da vegetação nativa ao estágio avançado de regeneração), o intervalo de referência para o valor econômico dos serviços ecossistêmicos prestados pela vegetação nativa varia de R$ 121.420,80 a R$ 1.601.356,80 (US$ 1.581 ou 20.851/hectare/ano X 15 anos X R$ 5,12 – valor cambial 1 US$ em 11/06/2021). Empregando o valor médio estimado pelo estudo anteriormente citado, o valor resultante é R$ 404.275,20/hectare (US$ 5.264/hectare/ano X 15 anos X R$ 5,12 – valor cambial 1 US$ em 11/06/2021).

4.3.1.1.3. Queimada

Uma alternativa para a valoração do dano causado pelo fogo é adotar como valor de referência o custo da matéria orgânica estável presente no solo, procedimento padrão adotado por esta Divisão. Esse componente é essencial para o desenvolvimento das plantas, sendo uma fonte de armazenamento de nutrientes de extrema importância, além de melhorar características do solo tais como resistência à erosão e o aumento da capacidade de retenção de água, aumentando a interceptação das chuvas de modo que haja uma menor variação entre períodos de enchente e baixa vazão dos rios. Os solos do Rio Grande do Sul apresentam conteúdo de matéria orgânica que varia de 2,5% nos solos férteis a 1,5% nos solos considerados de baixa fertilidade. Assim, considerando a estimativa de que uma camada de 1 (um) centímetro (0,01 metro) de solo é diretamente degradada pela queimada, tem-se um volume equivalente de 100 m^3 de solo degradado em uma área de 1 (um) hectare (10.000 m^2). Partindo-se do pressuposto de que os solos

utilizados para atividades agropastoris apresentam fertilidade baixa, com 1,5% de matéria orgânica estável, o volume de matéria orgânica correspondente ao volume de 100 m³ de solo degradado é de 1,5 m³ por hectare. Para converter este volume em massa, pode-se considerar uma densidade média de 0,6 m³/ton., o que resulta em 0,9 tonelada (900 kg) de matéria orgânica degradada por hectare. Como a matéria orgânica estável é um produto não comercializável, pode-se utilizar como referência o valor econômico associado a um bem substituto, como o produto denominado "cama de aviário", que é comumente comercializado com finalidade de adubação orgânica de solos. Esse produto é comercializado por um valor médio de R$ 65,00 por tonelada. Entretanto, é coerente afirmar que de cada tonelada de cama de aviário distribuída no solo, apenas 50 kg deste produto (5%) efetivamente irão se tornar matéria orgânica estável no solo. Assim, para que se atinja o conteúdo de 900 Kg/ha de matéria orgânica estável no solo, é necessário que sejam distribuídas 18 toneladas de cama de aviário por hectare, o que resulta em um valor de R$ 1.170,00/hectare.

4.3.1.1.4. Total

A estimativa econômica total associada à degradação ambiental pelo corte de vegetação nativa e queimada resulta em R$ 9.325,00 + R$ 404.275,20 + R$ 1.170,00 = R$ 414.770,20/hectare.

4.3.1.2. Medidas reparatórias e compensatórias

- Elaboração e implantação de projeto técnico de recuperação de área degradada, por profissional habilitado (mediante emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica de elaboração e execução de projeto), o qual deverá ser apresentado e aprovado pelo órgão ambiental competente;
- Isolamento e proteção da área degradada objetivando sua regeneração;
- Plantio de mudas de espécies vegetais nativas, referentes à mitigação da emissão de CO^2 pela queimada, considerando uma proporção de 100 mudas por hectare ou fração. As mudas deverão ser plantadas em locais com aptidão para floresta. Previamente, deve ser elaborado projeto técnico por profissional habilitado, o qual deverá ser apresentado e aprovado pelo órgão ambiental competente;
- Conversão do valor econômico de referência estimado para Unidades de Conservação existentes na região, visando a aquisição de áreas para regularização fundiária, a aquisição de bens e/ou equipamentos ou ainda a realização de outras atividades necessárias para o efetivo funcionamento da unidade de conservação.

4.3.2. Supressão de vegetação nativa campestre para conversão de uso do solo (lavouras e silvicultura)

A conversão dos campos nativos para o cultivo agrícola e silvicultura, altera totalmente a cobertura vegetal, muitas vezes de forma irreversível, diminuindo a disponibilidade de habitats para a fauna e flora nativas adaptadas aos ambientes dos campos nativos, muitas dessas espécies ameaçadas de extinção. A destruição de vegetação nativa sem licenciamento ambiental não observa a necessidade de preservação de espécies da flora ameaçadas de extinção ou protegidas por legislação específica, e é prejudicial no sentido de que não prevê os impactos ambientais causados sobre a fauna (redução de abrigo e alimentação) e sobre o solo (erosão). Adicionalmente, a alteração da cobertura vegetal campestre possui um efeito paisagístico muito grande, de modo que, atualmente, em muitos dos municípios do Pampa, famosos por suas vastas extensões de campos nativos, atrativo turístico

importante da região, a paisagem encontra-se alterada por vastos maciços florestais de espécies exóticas, principalmente *Pinus sp*. e *Eucalyptus sp*., e extensas lavouras.

4.3.2.1. Estimativa econômica associada à degradação ambiental

4.3.2.1.1. Serviços Ecossistêmicos da Vegetação Nativa

Diversos estudos têm avaliado os valores dos serviços prestados pelos ecossistemas empregando diferentes metodologias, buscando identificar valores de referência pela perda dos serviços ecossistêmicos. Um estudo publicado em 2012 por De Groot e colaboradores apresenta uma compilação de estimativas econômicas para os serviços ecossistêmicos prestados pelos diferentes ambientes naturais existentes no mundo. Para os ambientes de campos nativos, considerando 32 estimativas econômicas para os serviços ecossistêmicos de ambientes campestres naturais em todo o mundo, os valores de referência variam de 124 a 5.930 US$/hectare/ano, com um valor médio de 2.871 US$/hectare/ano. Entre os serviços ecossistêmicos avaliados/valorados estão: regulação da atmosfera, regulação do clima, regulação das águas, controle de erosão, formação de solo, tratamento de rejeitos, polinização, controle biológico e recreação.

Desse modo, estimando um período de cinco anos entre a degradação ambiental e a recuperação dos ambientes naturais (possibilitando o retorno, ainda que parcial, dos serviços ecossistêmicos), o intervalo de referência para o valor econômico dos serviços ecossistêmicos prestados pelos ambientes degradados varia de R$ 3.174,40 a R$ 151.808,00 (US$ 124 ou 5.930/hectare/ano X 5 anos X R$ 5,12 – valor cambial 1 US$ em 11/06/2021). Empregando o valor médio estimado pelo estudo anteriormente citado o valor resultante é R$ 73.497,60 (US$ 2.871/hectare/ano 5 anos X R$ 5,12 – valor cambial 1 US$ em 11/06/2021).

4.3.2.1.2. Produção Agrícola em Área Irregular (Mais Valia)

Os dados históricos[24] para o rendimento/produtividade das lavouras de soja em municípios do Pampa como Bagé, Caçapava do Sul, Dom Pedrito, Santana do Livramento e Uruguaiana variam em sua grande maioria entre 1.000 e 3.000 kg/hectare, com poucos dados indicando produtividade inferior a 1.000 kg/hectare. Assim, uma estimativa conservadora para a produtividade de soja no Bioma Pampa seria de 17 sacas de 60 kg por hectare (1.020 kg/hectare). Considerando o preço da soja como R$ 87,63/saca 60 kg, tendo por base a médias dos valores da série histórica (2016-2020)[25], o valor econômico estimado para a produção anual de soja em um hectare seria de R$ 1.489,71 (17 sacas de 60 kg/hectare x R$ 87,63/saca 60 kg). Tal valor pode ser utilizado como referência para o ganho econômico associado à produção agrícola em área irregular.

4.3.2.1.3. Total

A estimativa econômica total associada à degradação ambiental pela supressão de campos nativos para uso alternativo do solo (lavoura de soja) resulta em R$ 73.497,60 + R$ 1.489,71 (um ano) = R$ 74.987,31/hectare.

4.3.2.2. Medidas reparatórias e compensatórias

- Elaboração e implantação de projeto técnico, por profissional habilitado, contemplando a recuperação das áreas de campos nativos convertidas em lavouras (mediante emissão de Anotação de Responsabilidade Técnica – ART). Previamente, o projeto deve ser aprovado pelo órgão ambiental competente;
- Conversão do valor econômico de referência estimado para Unidades de Conservação existentes na região, visando a aquisição de áreas para

24 http://www.emater.tche.br/site/info-agro/serie_historica.php. Consulta em junho de 2021.
25 http://www.emater.tche.br/site/arquivos_pdf/precos/preco_11062021.pdf. Consulta em junho de 2021.

regularização fundiária, a aquisição de bens e/ou equipamentos ou ainda a realização de outras atividades necessárias para o efetivo funcionamento da unidade de conservação.

4.3.3. Queimada de campos nativos como manejo para criação de gado

Os efeitos gerais nocivos do uso do fogo em áreas agropastoris já foram amplamente descritos no item 4.3.1.

Com relação aos impactos negativos das queimadas sobre o solo e a vegetação, Jacques (2003), baseado na revisão da literatura e em trabalhos pessoais, conclui que a queima das pastagens naturais deve ser evitada como prática rotineira, pois deteriora as condições do solo e reduz o potencial produtivo e a qualidade da vegetação nativa. O autor descreve que as queimadas:

- aumentam os teores e saturação de alumínio, bem como a acidez;
- favorecem a seleção de espécies vegetais adaptadas ao fogo com menor potencial forrageiro, reduzindo a riqueza florística;
- reduzem a produção de forragem verde e mantilho (palha sobre a superfície do solo), mantendo uma superfície considerável do solo descoberto e aumentando a incidência de processos erosivos.

No livro "Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade" (2009) o fogo e o pastoreio por animais herbívoros são descritos como importantes fatores condicionantes da estrutura da paisagem dos campos nativos, influindo inclusive na biodiversidade. No entanto, os autores dos diferentes capítulos reiteradamente apontam a necessidade de diferenciar o fogo espontâneo e ocasional (natural), o qual atua como fonte de perturbação e condiciona a estruturação de diferentes ambientes naturais de campos, da queimada antrópica cíclica (anual ou bianual), a qual tem o objetivo de "renovação" da pastagem. Enquanto o primeiro tem efeitos benéficos para a biodiversidade e, em algumas situações, é inclusive recomendado o manejo com fogo para a conservação, no segundo caso a queimada rotineira e constante dos ambientes naturais de campos compromete a biodiversidade e a qualidade das pastagens naturais, com efeitos deletérios também no solo.

Além dos impactos sobre a biodiversidade pela degradação de habitat decorrente das queimadas dos campos nativos, a emissão de gases do efeito estufa e material particulado apresentam efeitos deletérios na qualidade do ar, com repercussões na saúde humana, bem como na alteração do clima. Diversos estudos têm buscado metodologias para estimar as emissões decorrentes das queimadas em ambientes naturais e/ou atividades agropecuárias com o objetivo de incorporar tais emissões nos modelos de previsão do clima e da qualidade do ar. As queimadas emitem uma variedade de gases e aerossóis para a atmosfera, incluindo o dióxido de carbono (CO_2), o monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NOX), compostos orgânicos voláteis e semivoláteis (VOC e SVOC), material particulado (PM), amônia (NH_3), dióxido de enxofre (SO_2) e metano (CH_4). Os gases emitidos nas queimadas dependem tanto das características do material combustível (tipo de vegetação e umidade, por exemplo) como da eficiência da queima. As emissões decorrentes das queimadas são transportadas através da atmosfera e degradam a qualidade do ar pela redução da visibilidade, pelo aumento dos níveis de material particulado e pela geração de gases nocivos como o ozônio (O_3) (WIEDINMYER e colaboradores, 2006). Os materiais particulados, especialmente os de pequeno diâmetro (< 2,5 micrometros), apresentam efeitos nocivos para a saúde humana, principalmente doenças respiratórias, existindo normativas quanto aos limites admitidos em áreas urbanas.

Em um estudo para a determinação das emissões decorrentes das queimadas com impacto na qualidade do ar nos Estados Unidos (WIEDINMYER e colaboradores, 2006), os autores consideraram tanto os incêndios de origem natural, comuns nas florestas temperadas, quanto o uso do fogo em atividades agropecuárias e na conversão do uso do solo. Tal estudo avaliou não apenas as emissões nos Estados Unidos, mas também as decorrentes de queimadas e incêndios no México e Canadá, evidenciando a amplitude territorial dos impactos negativos das emissões provocadas pelas queimadas. As queimadas nos municípios do Pampa e Campos Sulinos são perceptíveis em estudos dos focos de queimadas a partir de dados de satélites tanto em nível nacional como global. (SCHULTZ *et al.*, 2008; VAN DER WERF *et al.*, 2010; ARAÚJO *et al.*, 2012).

Embora parte das emissões de gases do efeito estufa decorrentes das queimadas em campos nativos seja novamente incorporada quando da regeneração da vegetação, as sucessivas queimadas em uma mesma área comprometem a incorporação de carbono tanto no solo, quanto na vegetação em regeneração (PEREIRA, *et al.,* 2009). Tal efeito é perceptível na comparação da forragem (pasto) disponível em áreas de pecuária em campo nativo manejadas com o uso do fogo, (294 kg/hectare no inverno e 3837 kg/hectare/ano), e sem o uso do fogo (890 kg/hectare no inverno e 8896 kg/hectare/ano), (JACQUES, HERINGER e SCHEFFER-BASSO, Aspectos do Manejo e Melhoramento da pastagem nativa. *In:* Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade). Segundo Schultz e colaboradores (2008) a emissão líquida de carbono (incluindo os equivalentes de carbono decorrentes da emissão de outros gases do efeito estufa) é de 2 toneladas por hectare de campo nativo queimado na América do Sul. Assim, empregando o valor da tonelada de carbono como R$ 34/tC (MEDEIROS e YOUNG, 2011), o valor pecuniário associado à emissão de gases do efeito estufa resulta em R$ 68/hectare (2 tC/hectare X R$ 34/tC).

O manejo adequado das áreas de pastagens em campos nativos tem sido descrito como um potencial alvo para a mitigação das emissões de gases do efeito estufa, aumentando a incorporação de carbono tanto na vegetação quanto no solo. As estimativas quanto ao potencial de mitigação (incorporação de carbono) pela melhoria no manejo de campos naturais discutidas por O'Mara (2012), considerando os campos naturais em diferentes regiões do mundo, e Pillar e colaboradores (2012), considerando os campos naturais do sul do Brasil, ficam em torno ou abaixo de 1 tC/hectare/ano. Destaca-se que O'Mara ressalta a importância do manejo do fogo para a redução e mitigação das emissões, apontando a necessidade de reduzir a frequência, extensão e intensidade (redução do volume de material combustível) das queimadas. Tornquist e Bayer (Serviços ambientais: oportunidades para a conservação dos Campos Sulinos. *In:* Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade, 2009) apontam uma diferença de 1,3 tC/ano nas taxas anuais de conservação de carbono no solo apenas pelo ajuste da pressão de pastejo, ou seja, a adoção de técnicas adequadas para o manejo do campo nativo com a adequação da carga animal. Assim, entende-se que uma medida técnica viável para a mitigação das emissões dos gases de efeito estufa pelas queimadas (emissão de 2 tC/hectare), seria a adoção de técnicas adequadas para o manejo do campo nativo, excluindo o uso de queimadas, ou mesmo a proteção de remanescentes de campos nativos. A proporção a ser adotada seria de 2 hectares de campo nativo preservado para cada hectare queimado.

Diversos estudos têm avaliado os valores dos serviços prestados pelos ecossistemas empregando diferentes metodologias, buscando identificar valores de referência pela perda dos serviços ecossistêmicos. Para as áreas de vegetação campestre, as quais melhor representam as áreas degradadas pelas queimadas, um estudo publicado em 2012 por De Groot e colaboradores avaliou 32 estimativas econômicas para os serviços ecossistêmicos de ambientes naturais campestres em todo o mundo, encontrando valores que variam de 124 a 5.930 US$/hectare/ano,

com um valor médio de 2.871 US$/hectare/ano. Entre os serviços ecossistêmicos avaliados/valorados estão: regulação da atmosfera, regulação do clima, regulação das águas, controle de erosão, formação de solo, tratamento de rejeitos, polinização, controle biológico e recreação.

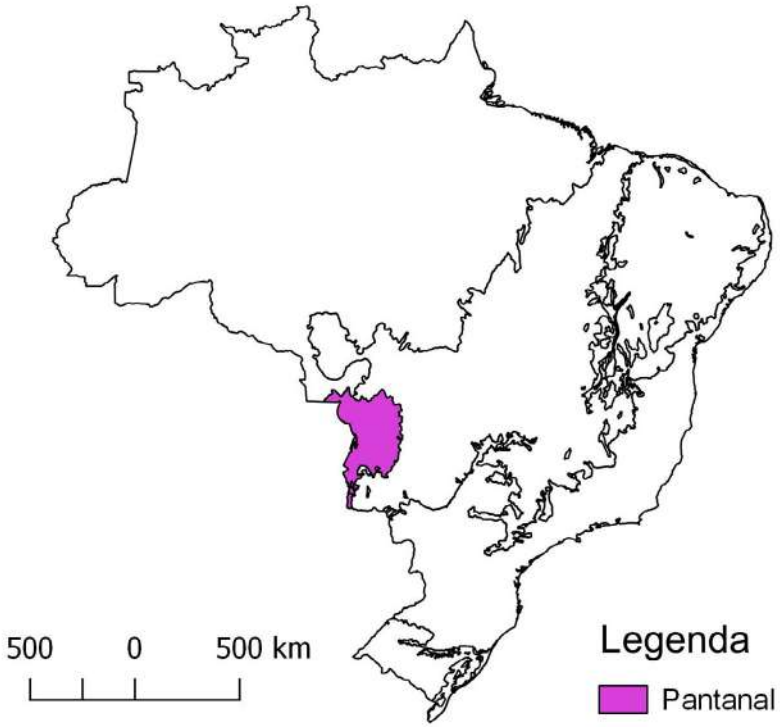
Dada a resiliência dos campos nativos aos impactos decorrentes das queimadas, geralmente a regeneração da vegetação nativa ocorre de forma espontânea, e, embora possam existir alterações nas condições do solo e na biodiversidade, após um ano, os ambientes naturais recuperam sua capacidade de prover, ao menos parcialmente, seus serviços ecossistêmicos. Desse modo, o intervalo de referência para o valor econômico dos serviços ecossistêmicos prestados pelos campos nativos degradados varia de R$ 634,88/hectare a R$ 30.361,60/hectare (US$ 124 ou 5.930/hectare/ano X 1 ano X R$ 5,12 – valor cambial 1 US$ em 11/06/2021). Empregando o valor médio estimado pelo estudo anteriormente citado, o valor resultante é R$ 14.699,52/hectare (US$ 2.871/hectare/ano X 1 ano x R$ 5,12 – valor cambial 1 US$ em 11/06/2021). Tal valor poderia ser utilizado como referência para a compensação da parcela não recuperável da degradação ambiental. Sugere-se a destinação para regularização fundiária de Unidades de Conservação existentes na região que contemplem a proteção de ambientes naturais de campos nativos.

4.4. Bioma Pantanal

O Pantanal é um bioma caracterizado por um mosaico de formações vegetais de espécies típicas dos biomas Cerrado e Amazônia, influenciadas por pulsos de inundações monomodais durante o período hidrológico, marcado por sazonalidade entre seca e chuva, que confere um equilíbrio frágil para esses ecossistemas. É uma área úmida ainda prístina localizada no centro da América do Sul, considerado como patrimônio nacional do Brasil pela Constituição Federal de 1988, e como uma área úmida de importância internacional pela Convenção de Ramsar. No ano 2000, foi designado como Reserva da Biosfera pela *U.N. Educational, Scientific, and Cultural Organization*, e parte dele como sítio de patrimônio mundial, sendo um local de oportunidade única para a conservação da natureza aliada ao desenvolvimento sustentável (HARRIS *et al.,* 2005; JUNK e CUNHA, 2005).

A região do Pantanal engloba uma área de aproximadamente 150.000 km² (Figura 6), contendo uma região de planalto (250-750 m acima do nível do mar) adjacente ao bioma Cerrado, e outra região de planície (180-250 m acima do nível do mar). As áreas no entorno e dentro do planalto do Pantanal não inundam, enquanto na planície pantaneira o período de inundação sofre um gradiente de até três meses desde as regiões mais próximas do planalto ao norte, até as regiões mais baixas ao sul. O nível das águas varia de acordo com a precipitação anual, o que faz com o que o regime de inundação varie de acordo com o ano, causando mudanças nos habitats. As áreas úmidas no Pantanal são classificadas desde áreas permanentemente inundadas, até áreas que inundam durante um curto período, ou nunca inundam. Dessa forma, uma série de categorias de solos, associados à umidade ou não, podem ser encontrados, assim como espécies de plantas adaptadas à umidade, exclusivamente de ambientes secos, ou que crescem em um ambiente de interface de umidade e seca (SILVA e GIRARD, 2004; CUNHA e JUNK, 2009).

Figura 6 – Representação espacial do Bioma Pantanal



Fonte: CENIMA/IBAMA e IBGE

A maior diversidade e abundância de vida selvagem ocorre nas áreas sujeitas a inundação parcial, provavelmente devido essas áreas oferecerem oportunidade tanto para espécies de hábitos terrestres, como aquáticos, ou de ambos os hábitos, ao menos durante uma fase da vida. A distribuição das unidades fitofisionômicas é significantemente influenciada pela geomorfologia local, que determina a magnitude, duração e frequência da inundação (FANTIN-CRUZ *et al.*, 2011). As formações campestres do Pantanal são principalmente formadas por espécies como A*xonopuspurpusii*, *Mesosetumloliiforme* e *Panicumlaxum*, *Desmodiumbarbatum*, e espécies do gênero *Paspalum*. A espécie arbórea *Vochysia divergens* também é características de algumas regiões que sofrem inundação, onde colonizam formando um estande monodominante, conhecido como cambarazal (ALHO e SILVA, 2012). Além dessas, diversas outras espécies, em sua maioria, típicas do Cerrado, podem ser encontradas nos diferentes macrohabitats do Pantanal, *Annona dioica*, *Bowdichia virgilioides*, *Buchenavia tomentosa*, *Curatella americana*, *Hymenaea stigonocarpa*, *Luehea paniculata*, entre outras, formando diferentes ranges de biomassa por unidade de área, que variam desde menos de cinco toneladas por hectare, como no caso das formações campestres, até mais de 200 toneladas por hectares em formações florestais de cambarazais (POZER e NOGUEIRA *et al.*, 2004; SCHONGART *et al.*, 2008). Além da flora, a maior parte das espécies animais da região são de origem do bioma Cerrado. Essas características compartilhadas, sobretudo com o Cerrado, fazem com o que o bioma Pantanal tenha uma baixa incidência de espécies endêmicas, embora abrigue grandes concentrações de indivíduos por espécie, incluindo a maior população de onças-pintadas do planeta, entre outras espécies em extinção (ALHO e SILVA, 2012).

Apesar da rica biodiversidade e reconhecimento como patrimônio natural nacional e internacional, o Pantanal está sob ameaça. O avanço do agronegócio, a instalação de usinas hidrelétricas nos rios do planalto, os projetos para modificação do principal rio que escoam as águas para construção de hidrovia (rio Paraguai), e para a industrialização na região, são as principais ameaças para a paisagem e biodiversidade do Pantanal.

4.4.1. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais no Pantanal

Para a estimativa monetária dos lucros cessantes ambientais pelo desmatamento da vegetação nativa em imóvel rural no Pantanal, o Centro de Apoio Operacional do Ministério Público de Mato Grosso aplicou o método do Custo de Reposição, combinado com fórmula da matemática financeira do valor futuro da série periódica temporária, constante, imediata e antecipada e, posteriormente, descontada para o valor presente. Na hipótese de não haver reparação *in situ* (restauração ou recuperação), para a estimativa dos danos ambientais irreversíveis, foi aplicada a fórmula do valor futuro da série periódica infinita, constante, imediata e antecipada para estimativa da perda perpétua de bens e serviços ambientais. O objetivo da valoração econômica foi estimar o valor dos danos ambientais materiais.

Os custos de reposição foram calculados a partir do levantamento dos custos de diferentes metodologias e espaçamentos de plantio para recuperação de áreas degradadas, feito no Estado de Mato Grosso pela ONG *The Nature Conservancy*. Assim, utilizou-se o custo de reposição considerando o plantio de mudas em espaçamento 5 m x 5 m, conforme padrão de distribuição espacial pouco adensado da vegetação local. O tempo de recuperação de 30 anos foi adotado de acordo com informação da literatura científica sobre o tempo de recuperação da biomassa em vegetação de fisionomia semelhante, devido à ausência de informações para o tipo de vegetação do local. No caso dos lucros cessantes ambientais, o custo de reposição foi divido pelo tempo de recuperação para calcular o valor da parcela anual. As fórmulas utilizadas foram as seguintes:

$$LC = \left\{\frac{CR}{t} \times [(1+i)^t - 1] \times (1+i)^n\right\} \times i^{-1} \times [(1+i)^t]^{-1}$$

Em que:

LC = Lucros cessantes (R$ ha-1);

CR = Custo recuperação (R$ ha-1);

i = taxa de juros (a.a.);

t = tempo de recuperação (anos);

n = número de períodos de capitalização dentro do período de ocorrência da parcela = 1.

$$VDA = [CR \times (1+i)^n] \times i^{-1}$$

Em que:

VDA = Valor monetário dos danos ambientais - sem possibilidade de recuperação dos bens e serviços ambientais (R$ ha-1);

CR = Custos totais de recuperação (R$ ha-1);

i = Taxa de Juros (a.a.);

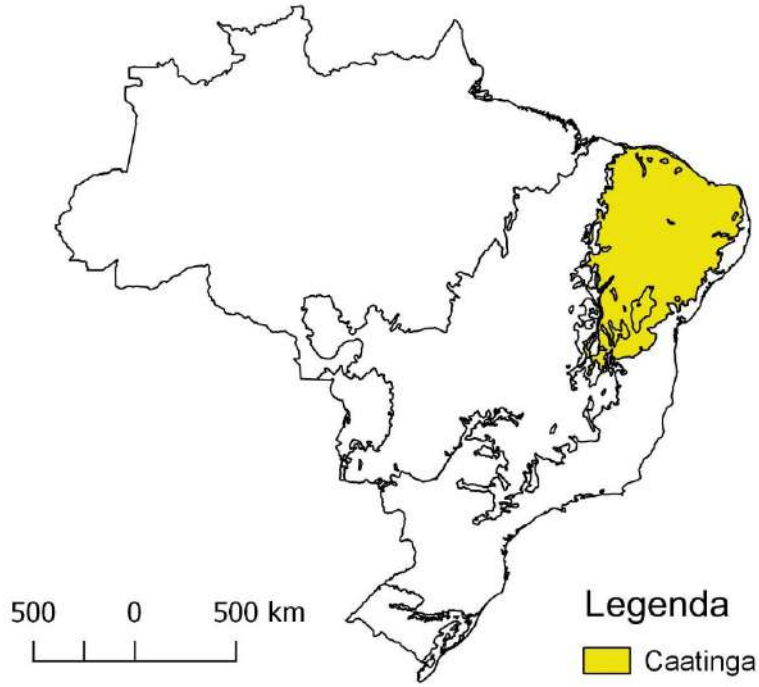
n = número de períodos de capitalização dentro do período de ocorrência da parcela = 1.

Assim, o valor monetário dos lucros cessantes ambientais resultou em R$ 3.605,81 por hectare, enquanto no caso de não haver reparação *in situ*, totalizou R$ 130.978,95 por hectare.

4.5. Bioma Caatinga

Único bioma exclusivamente brasileiro, o bioma Caatinga engloba os estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Sergipe e o norte de Minas Gerais. Segundo o Ministério do Meio Ambiente, a área ocupada por este bioma é de 844.453 km² (embora alguns estudiosos falem em mais de um milhão de km²), o que representa 11% do território nacional (Figura 7). Nesta vasta região vivem, de acordo com dados do Censo 2010 do IBGE (BRASIL, 2010), cerca de 27 milhões de brasileiros, dos quais 38% habitam áreas rurais.

Figura 7 – Delimitação geográfica do Bioma Caatinga



Fonte: CENIMA/IBAMA-IBGE

A Caatinga é uma região diversificada em paisagens e tipos vegetacionais devido às variações geomorfológicas, climáticas e topográficas (ANDRADE-LIMA, 1981). A altura e a densidade da comunidade vegetal desse ecossistema estão relacionadas, principalmente, com a precipitação (GOMES, 1979), mas também ocorre influências dos tipos de solos e relevo.

O bioma é rico em biodiversidade, abrigando 178 espécies de mamíferos, 591 de aves, 177 de répteis, 79 de anfíbios, 241 de peixes e 221 de abelhas" (FREIRE, 2018). A vegetação é constituída, especialmente, de espécies lenhosas e herbáceas, de pequeno porte, muitas são dotadas de espinhos, sendo, geralmente, caducifólias, perdendo suas folhas no início da estação seca, e de cactáceas e bromeliáceas. A catingueira, as juremas e os marmeleiros são as plantas mais abundantes. Estima-se que existam pelo menos 1.356 espécies de plantas na Caatinga, das quais 600 são plantas lenhosas, com cerca de 318 espécies endêmicas, distribuídas em 42 famílias (MAIA, 2004). Essas espécies são bastante exploradas para extração de madeira. Devido a essas características, a vegetação da Caatinga protege pouco o solo e, quando degradada, potencializa os efeitos da erosão e reduz o armazenamento de água no solo. Neste contexto é fundamental a adoção de um manejo adequado para evitar o agravamento da degradação e um possível quadro de desertificação.

O clima predominante na Caatinga é o semiárido e subúmido seco, com índices de aridez que varia entre de 0,65 e 0,21, com alta taxa de evaporação, o que provoca

grande déficit hídrico. A precipitação pluviométrica média anual é inferior a 800 mm, distribuída de forma irregular no tempo e no espaço, ocorrendo quase que totalmente durante cerca de 5 meses seguidos. E periodicamente ocorrem secas severas, de anos seguidos com chuvas abaixo da média histórica, causando grande impacto no aporte hídrico dos reservatórios. A temperatura média anual fica entre 24º e 28º C. Das terras recobertas com a Caatinga, 50 % são de origem sedimentar, ricas em águas subterrâneas. Os rios, em sua maioria, são intermitentes e o volume de água, em geral, é limitado.

Apesar das condições severas, o bioma apresenta uma grande diversidade de ambientes, com vários tipos de vegetação, solo e relevo, que formam diferentes ecorregiões. Cada unidades de paisagens tem suas especificidades, potencialidades e limitações que precisam ser consideradas em qualquer planejamento e gestão ambiental para a Caatinga.

Comumente, a Caatinga está associada ao fornecimento de recursos madeireiros e medicinais. Pelas formas de obtenção de alguns desses produtos da natureza, não se tem enxergado alternativa que não seja a proteção total das áreas remanescentes, principalmente quando se considera o uso intenso de algumas espécies que apresentam uma esparsa distribuição e/ou pequenas populações (ALBUQUERQUE, 2002).

A demanda de uso energético da vegetação da Caatinga tem gerado modificações nas paisagens e perda de diversidade biológica por insuficiência de informações sobre o manejo das espécies (FREIRE, 2018). A queimada tem sido secularmente utilizada pelo agricultor, como forma de preparo do solo para o plantio, tendo, entretanto, causado danos irreversíveis ao meio ambiente natural, acelerando a desertificação e agravando o desequilíbrio regional. A maior parte dos agricultores não observa as práticas apropriadas na preparação do solo, utilizando as queimadas durante o longo período de estiagem, que ocorre nos meses de julho a novembro. A frequência com que esta prática vem se repetindo está comprometendo a biodiversidade, uma vez que destrói a camada orgânica superficial do solo, contribuindo assim, para o aumento dos processos erosivos.

A Caatinga é muito resiliente, mesmo com a pressão de uma exploração não sustentável e com as adversidades do clima semiárido, característico dessa região, agravado pelas vulnerabilidades físicas do território.

A pressão sobre a vegetação nativa e sobre as terras com solos que exigem conhecimentos e cuidados técnicos específicos, expõe o bioma à degradação deixando grande parte das terras suscetíveis aos processos de desertificação.

Para a valoração do dano ambiental é importante compreender que “Por desertificação entende-se a degradação das terras nas zonas áridas, semiáridas e subúmido secas, resultante de vários fatores, incluindo as variações climáticas e as atividades humanas” (Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas - UNCCD, 1994). O Brasil publicou em 2004 o seu Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca - PAN-BRASIL (BRASIL, 2004), cumprindo com um dos compromissos firmados como signatário da UNCCD. O documento delimitou como Áreas Suscetíveis à Desertificação (ASD), a região Nordeste do país, incluindo os espaços semiáridos e subsumidos secos, além de algumas áreas afetadas pelo fenômeno da seca. Essa área coincide com o Bioma Caatinga.

A pressão para extração da vegetação nativa da Caatinga é muito forte e o plantio de espécies madeireira não apresentam resultados positivos. Seria importante estimular o uso da biomassa (partes aéreas de vegetais que possam ter uso energético) de modo sustentável. O Ceará tem grande disponibilidade proveniente, principalmente, dos cultivos do coqueiro e do cajueiro.

Dentre as causas da degradação das terras cita-se:

- Uso intensivo da agricultura - sem reposição dos elementos absorvidos pelos vegetais e sem um período de pousio adequado;
- Sobrepastoreio - é colocado uma quantidade de animais acima da capacidade de suporte do local;
- Densidade populacional - muitas famílias usufruem do mesmo espaço, o que pode provocar o esgotamento dos recursos naturais;
- Irrigação malconduzida - uso inadequado de sistemas de irrigação que podem provocar a salinização das terras tornando-as estéreis;
- Mineração - realizada sem planejamento. Além de remover toda a vegetação nas áreas de extração, provoca a poluição dos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, contamina os solos e causa inúmeros processos erosivos, podendo provocar a destruição completa do ambiente;
- Queimadas - uso do fogo nos primeiros ciclos de plantio ajuda na nutrição das plantas, deixando vários elementos disponíveis, mas com a utilização contínua, este tipo de manejo vai enfraquecendo a terra e os nutrientes vão se tornando escassos, provocando o desaparecimento da microfauna e microflora, tornando a terra totalmente improdutiva.

Como consequências dessas atividades, há o rompimento do equilíbrio espontâneo da natureza e o impacto incide diretamente na disponibilidade dos recursos hídricos, na perda da biodiversidade, no aumento das secas edáficas pela diminuição da retenção de água no solo, na redução de áreas cultiváveis e queda da produção e produtividade agrícola. Nos locais mais fortemente degradados só sobrevivem plantas mais rústicas e os efeitos negativos destas condições incidem diretamente na disponibilidade hídrica com o assoreamento, e na atmosfera causados pela liberação de gases que contribuem para o aquecimento global.

Para identificar áreas degradadas em processo de desertificação, de acordo com a Funceme (1992), podem-se usar os seguintes parâmetros:

- Ausência ou escassez de vegetação;
- Presença de erosão dos tipos laminar, em sulcos ou voçorocas;
- Ocorrência de plantas rústicas e pouco exigentes;
- Maior ou menor presença de afloramentos rochosos.

Apesar de toda a degradação que ocorre no bioma, sempre há muitas formas de recuperar áreas onde ocorrem danos ambientais, com a adoção de alternativas sustentáveis, visando reduzir os impactos no solo, na vegetação e nos recursos hídricos.

Diversas tecnologias podem ser implementadas na Caatinga. Em geral são simples, de baixo custo, mas com resultados bastante positivos e que podem envolver a mão de obra da própria comunidade.

4.5.1. Práticas de conservação, recuperação e manejo adequado - sugestão para reparação de danos ambientais na Caatinga

4.5.1.1. práticas conservacionistas de caráter mecânico

- **terraceamento** (aumento de retenção de água pelo solo; redução das enxurradas; aumento da profundidade do solo; melhoria na capacidade de uso e da aptidão agrícola; maior resistência às estiagens; possibilidade de usos múltiplos da vegetação plantada).
- **cordões de pedra em contorno** (diminui o volume e velocidade das enxurradas; induz o aumento da profundidade efetiva do solo, a infiltração e

armazenamento da água; melhora a capacidade de uso e a aptidão agrícola; aumenta a umidade e a fertilidade do solo).

4.5.1.2. Práticas conservacionistas de caráter vegetativo

- **cordões de vegetação em contorno** (aumenta a profundidade do solo; melhora a capacidade de uso e a aptidão agrícola; possibilita usos múltiplos da vegetação plantada nos cordões (forragem, lenha, frutos, estacas).
- **recuperação de mata ciliar** (redução do assoreamento dos cursos d'água e dos açudes; aumento da disponibilidade da água dos cursos d'água; redução das enxurradas; revigoramento da fauna e da flora; contribuição para a preservação ambiental).
- **recuperação da vegetação nativa - aplicação de serapilheira** (é o material existente na superfície do solo da Caatinga pouco antropizada - com sementes e propágulos vegetativos de ervas, arbustos e árvores – aplicada para recuperar a vegetação da área degradada).
- **reflorestamento** - é uma das principais ações na conservação e recuperação da Caatinga. Essa prática influencia na regularização do ciclo hidrológico, prevenção da erosão, proteção à fauna, melhoria das condições geoambientais, incentivo à apicultura, controla os níveis de degradação do solo e da vegetação, melhora a disponibilidade e qualidade os recursos hídricos, reduz os prejuízos na agricultura relacionados com enchentes, aumento do estoque sustentável de madeira legal e ainda promove o sequestro de CO_2 e redução do efeito estufa (EMBRAPA, 2016).

4.5.1.3. Práticas conservacionistas de caráter hidroambiental

- **barragens sucessivas de contenção de sedimentos**: Promove o ressurgimento da flora e fauna; melhora a qualidade da água dos tributários; diminui o assoreamento dos açudes e cursos d'água; retem solo agricultável; garante a umidade do solo por maior tempo na bacia hidrográfica. São Obras Hidroambientais:
  - Barragem de contenção de sedimentos,
  - Barragem subterrânea.

4.5.1.4. Técnicas associadas ao manejo e a conservação do solo e água

- **captação "*in situ*"**: Técnica de preparo de solo, associada à captação e ao armazenamento da água de chuva por meio de sulcos, favorecendo a retenção da umidade no perfil do solo por mais tempo, para melhor aproveitamento pelas plantas.
- **plantio direto na palha**: Técnica de plantio ou de cultivo de plantas, realizado sobre resíduos vegetais de culturas e/ou sobre a massa verde dessecada, cuja mobilização do solo ocorre apenas nas linhas de plantio, portanto, dispensando o preparo físico do solo.
- **adubação verde**: Se refere a produção de massa verde, a partir do cultivo de um misto de plantas, preferencialmente leguminosas, cuja massa é ceifada, incorporada ou deixada sobre a superfície do terreno, objetivando melhorar a fertilidade do solo.
- **quintal produtivo**: Modelo de exploração conduzido por agricultores (as) familiares, em pequenos espaços (áreas) definidos na unidade produtiva, os quais se caracterizam pelo cultivo diversificado de espécies produtivas, agrícola ou pecuária e plantas medicinais na mesma área, objetivando a melhoria do padrão alimentar da família e a geração de renda.

- **sistema mandala**: Cultivo em círculo, serve para plantar várias espécies e para a criação de peixes e aves.
- **sistema agroflorestal**: Se refere a forma de uso da terra, onde se processa uma ampla interação entre o cultivo de árvores, arbustos e explorações agrícolas ou pecuária, resultando em um sistema de manejo de produção economicamente viável e ecologicamente sustentado – pode ser:
  - Agrossilvicultura - sistema onde se combina as árvores e arbustos com os cultivos agrícolas;
  - Silvopastoril - combinação com a exploração pecuária;
  - Agrossilpastoril - onde há uma combinação de árvores, arbustos, cultivos agrícolas e pecuária.

A Funceme concluiu o mapeamento das áreas de risco de incêndios florestais no Estado do Ceará", estabelecendo níveis de vulnerabilidade para o território cearense, quanto aos aspectos físicos-ambientais, climáticos e atividades antrópicas. Esta informação poderá orientar ações de prevenção e monitoramento de queimadas e subsidiar os órgãos ambientais na decisão de liberar ou não a queima controlada, mantendo o alerta para os locais mais vulneráveis e para as florestas que ainda tem vegetação natural (FREITAS FILHO, 2019).

É preciso implementar ações de adaptação às vulnerabilidades climáticas e territoriais que proporcionem o desenvolvimento sustentável da região e busquem combater a degradação dos recursos naturais, recuperar áreas degradadas e mitigar os efeitos da seca.

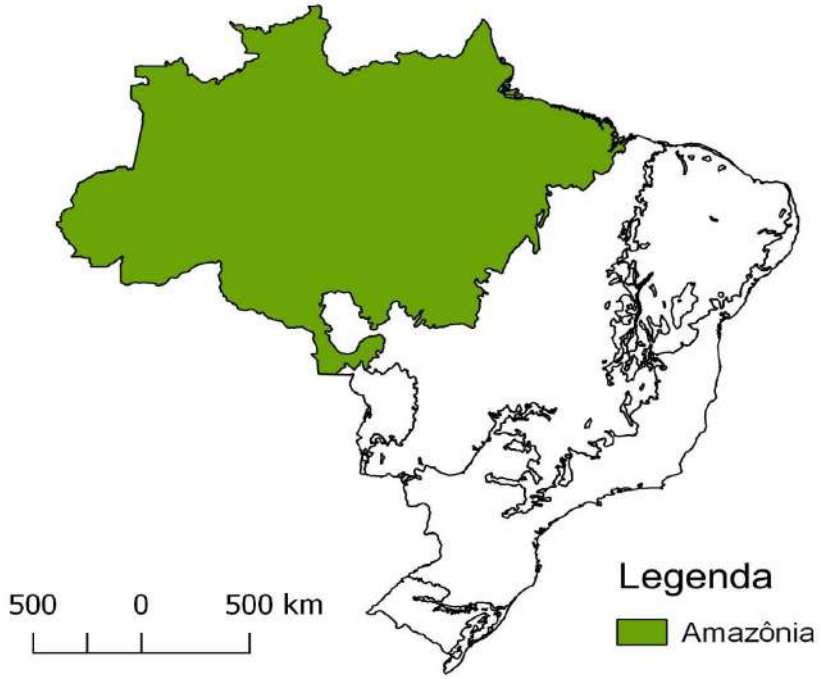
Neste sentido, a Funceme se propôs a recuperar uma área da Caatinga com degradação quase irreversível da cobertura vegetal, acentuada erosão dos solos, baixa capacidade produtiva das terras, além do empobrecimento generalizado da fauna e da flora, fruto de manejos totalmente inadequados do homem praticando agricultura, pecuária, desmatamentos e queimadas. Com base em estudos de solo e vegetação do local foram implementadas algumas técnicas conservacionistas usando serapilheira, que estão mostrando resultados bastante positivos, recuperando a vegetação e as características do solo.

4.6. Bioma Amazônico

4.6.1. Extensão territorial e cobertura

O limite do Bioma Amazônico está definido no mapa de biomas brasileiros produzido pelo IBGE, cuja última versão foi publicada no ano de 2019 sob o título "Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000" (IBGE, 2019a). Neste mapa o bioma é denominado "Bioma Amazônia" e representa 49.95 % do território brasileiro (IBGE 2019b) (Figura 8).

Figura 8 – Limites do Bioma Amazônico



Fonte: CENIMA/IBAMA-IBGE

4.6.2. Biodiversidade amazônica

Quando se trata da composição de indivíduos de diferentes naturezas como animais, plantas, fungos, bactérias etc., que coabitam em um ambiente, nos referimos à biodiversidade. Neste quesito, são encontradas na Amazônia Brasileira em torno 30 % de todas as espécies do mundo. Uma amostra desta relevância pode estar expressa em valores superiores a 40.000 espécies de plantas, 16.000 espécies de árvores, 3.000 espécies de peixes, 1.300 aves, 430 mamíferos, além de anfíbios e répteis.

Entre os números da biodiversidade florística é relevante citar espécies que possuem um grau de proteção, seja por sua superexploração, seja pelo valor não madeireiro que possuem para comunidades tradicionais e para a fauna nativa. Entre estas espécies estão a Garapeira, Mogno, Castanheira, Cedro-Rosa, Itaúba, Jatobá pequeno, Angelim-pedra-amarelo, Ucuúba, Cedro-Vermelho, Pau-roxo, Cerejeira, Jequitibá-branco, Pau-amarelo, Maçaranduba entre outras. Estas espécies possuem valor comercial associado, e por vezes tabelado junto as receitas estaduais (MATO GROSSO, 2018).

4.6.3. Desmatamento

O desmatamento e a degradação florestal correspondem à principal ameaça ao bioma, e as florestas tropicais brasileiras e contribuem significativamente para a perda de biodiversidade. O Bioma Amazônico perdeu 44 milhões de hectares de vegetação nativa entre os anos de 1985 e 2019, o que proporcionalmente corresponde a pouco mais de 50 % de toda vegetação nativa perdida no Brasil neste período (MAPBIOMAS, 2019).

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) tem monitorado o desmatamento da Amazônia Legal desde 1988 através do sistema PRODES. A taxa anual de desmatamento produzida pelo instituto tem sido usada como indicador para construção de políticas públicas, bem como na mensuração de sua efetividade (INPE,

2020). Segundo esta série histórica de dados do INPE, a taxa anual de incremento de desmatamento relativa ao período de 2008-2020 teve um decréscimo até o ano de 2012 e segue uma tendência de aumento a partir de 2013 (Figura 9).

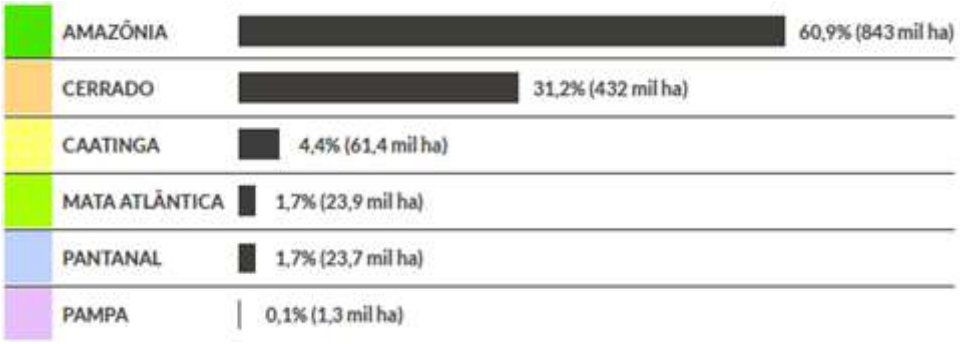
Figura 9 – Gráfico do incremento anual de desmatamento no Bioma Amazônico em Km2 no período de 2008 a 2020



Fonte: Terrabrasilis (INPE, 2020)

Segundo o Relatório Anual de Desmatamento – 2020 (MAPBIOMAS, 2021), o bioma Amazônico respondeu por 60,9 % de toda área desmatada no Brasil em 2020, sendo que Amazônia e Cerrado respondem por pouco mais de 90 % do desmatamento ocorrido em todo o país neste ano (Figura: 10).

Figura 10 – Percentual do quantitativo de áreas de desmatamento (Km2) por bioma para o ano de 2020



Fonte: Relatório Anual de Desmatamento (MAPBIOMAS, 2021)

Os estados do Pará, Mato Grosso, Amazonas e Acre foram, nesta ordem, os que mais desmataram no bioma Amazônico no ano de 2020 (MAPBIOMAS, 2021). O relatório também aponta que quase ¼ do desmatamento ocorrido no Brasil ano de 2020 (23 %) foi realizado em apenas 10 municípios, dos quais 9 estão localizados neste bioma (Quadro 2)

Quadro 2 – Municípios que respondem por quase ¼ do desmatamento do Brasil (23 %) em 2020

Nº	Municípios	Bioma	Área Desmatada em 2020 (Ha)
1	Altamira (PA)	Amazônico	60.608
2	São Félix do Xingu (PA)	Amazônico	45.587
3	Porto Velho (RO)	Amazônico	44.076
4	Lábrea (AM)	Amazônico	35.596
5	Balsas (MA	Cerrado	28.752
6	Novo Progresso (PA)	Amazônico	23.696
7	Itaituba (PA)	Amazônico	22.094
8	Apuí (AM)	Amazônico	21.739
9	Pacajá (PA)	Amazônico	20.789
10	Portel (PA)	Amazônico	18.612

Fonte: Dados do Relatório Anual de Desmatamento – 2020 (MAPBIOMAS, 2021).

Ao qualificar o desmatamento Amazônico, o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON, 2016), informa que a floresta suprimida está distribuída entre: a) imóveis particulares (privado, posse ou devoluta, 80 %), b) Assentamentos de Reforma Agrária (12 %), c) Unidades de Conservação (7 %), e d) Terras Indígenas (5 %). Nesta qualificação, 92 % dos imóveis com incidência de indicativos de desmatamento, são, passíveis de cadastro ambiental rural.

Vale destacar que o desmatamento, a degradação florestal e o uso do solo são apontados como agentes emissores dos gases estufa. No campo de controle do desmatamento, o Brasil detém a expertise e atinge resultados satisfatórios na redução de indicadores de desmatamento, apontados pelo INPE (Prodes, 2016). As ferramentas de monitoramento por sensoriamento remoto produzem o indicativo de alteração na cobertura da floresta. Por este meio, o estado brasileiro exerce o controle sobre o proprietário que transgrida a regra, resultando na infração administrativa produzida pela autarquia executora (SCHMITT, 2015). Assevera-se a infração reduz o capital do administrado, na perspectiva exemplar para os demais cidadãos. A relevância da informação remota já é reconhecida como elemento probatório nos tribunais e devem, sempre que possível, ser empregada.

4.6.4. Efeitos de Incêndios no Bioma Amazônico

Em florestas maduras não perturbadas e que não sofrem incêndios frequentes ou outros distúrbios em larga escala, a recuperação em longo prazo da estrutura e composição florestal parecem ser boas.

Até o momento não existem registros publicados da recuperação a longo prazo de florestas tropicais após incêndios, sendo que a maior parte do conhecimento sobre regeneração posterior a este evento se limita aos primeiros 10-15 anos. A maior parte dos estudos sobre os impactos de incêndios em florestais tropicais foram desenvolvidos em Bornéu e na Amazônia (CHAZDON, 2016).

Pouco se sabia sobre o efeito dos incêndios na fauna e flora das florestas topicais antes de 1988, sendo que estágios iniciais da regeneração florestal pós agricultura itinerante foram o alvo dos primeiros estudos (UHL *et al.,* 1988).

4.6.5. Acordos internacionais de proteção da biodiversidade amazônica

As sabidas consequências das emissões motivaram o acordo do clima de Paris em 2015 (UNFCCC. 2015). Para este acordo, o Brasil apresentou propostas para zerar o desmatamento líquido por meio da implementação do cadastro ambiental rural (CAR), mecanismos financeiros de estímulo a práticas sustentáveis e o aprimoramento das ferramentas socioeconômicas de controle.

Paralelo aos esforços concentrados no acordo do clima, o Brasil figura entre os signatários dos Objetivos do Desenvolvimento do Milênio (ODM). O ODM, estabelece em sua sétima meta o compromisso com o desenvolvimento sustentável. Para o Brasil, o desafio #7 está na preservação ambiental da floresta amazônica (RAJÃO, 2010) e conter o expressivo impacto danoso do desmatamento sobre a biodiversidade e os ecossistemas.

Notadamente, zerar o desmatamento líquido amazônico é uma meta "crítica", seja para o acordo de Paris ou para atender os objetivos do milênio (WEF, 2017, RAJÃO, 2010).

Neste ponto, o Brasil concentra esforços políticos na redução de áreas desmatadas (ARIMA, *et al.,* 2014). Após a implantação da Política Nacional de Mudanças do Climáticas (Lei Federal nº 7.390/2010), que instituiu o Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm), a atuação do Estado brasileiro deu início ao exercício de poder no cumprimento do conjunto regulamentar vigente.

4.6.6. Experiência de valoração monetária dos danos ambientais na Amazônia

A fim de avaliar o valor monetário dos danos ambientais materiais (valor de uso direto) causados por atividade de exploração florestal ilegal na Amazônia, comprovada por meio de auto de infração oriundo de apreensão de carga de madeira pelo IBAMA, sem comprovação da origem legal, Centro de Apoio Operacional do Ministério Público de Mato Grosso utilizou o método da produtividade marginal tendo como base o preço de mercado da madeira apreendida. O método da produtividade marginal pode ser utilizado quando o recurso ambiental afetado (neste caso considerado como as árvores) é um insumo ou fator de produção de algum bem ou serviço com preço de mercado (neste caso, a madeira), cujo valor pode ser utilizado como preço-sombra para estimar o valor monetário do recurso ambiental perdido. No caso em tela, utilizou-se o volume de madeira apreendida e o preço mínimo de comercialização das espécies por tipo de produto (tora ou serrada), conforme estabelecido em portaria da Secretaria de Fazenda do Estado de Mato Grosso. Assim, o valor monetário dos danos materiais devido a exploração ilegal de 260,69 m³ de tora e 29,61 m³ de madeira serrada, totalizou R$ 240.085,62. Cabe ressaltar que o valor estimado para indenização pelos danos ambientais em tela ainda se encontra subestimado, considerando que foi calculado apenas a parcela do uso direto do recurso ambiental atribuído a madeira, sem considerar, por exemplo, o valor dos recursos não madeireiros e o valor das funções ecossistêmicas (uso indireto), como a proteção do solo, regulação do clima, sequestro de CO2, produção de O2, entre outros, como valores de opção e existência.

5. RESTAURAÇÃO E RECUPERAÇÃO DO DANO AMBIENTAL À FLORA (REPARAÇÃO *IN SITU*)

5.1. Considerações importantes acerca da degradação/alteração e restauração/recuperação ambiental

A qualificação do dano ambiental tem relação direta com a intensidade da degradação/alteração ambiental. Lembrando que: dano ambiental = atividade lesiva ao meio ambiente, por não ter sido autorizada = fruto de auto de infração = necessidade de reparação, é oportuno apresentar tecnicamente as seguintes definições quanto a qualidade do impacto negativo ambiental e das formas de reparação *in situ*, em especial a restauração e recuperação ambiental:

a) Área alterada ou perturbada: área que após a alteração, perturbação ou modificação ainda mantém meios de regeneração biótica, ou seja, possui capacidade de regeneração natural;

b) Área degradada: área impossibilitada de retornar por uma trajetória natural, a um ecossistema que se assemelhe a um estado conhecido antes, ou para outro estado que poderia ser esperado;

c) Recuperação ambiental: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original, conforme art. 2º, inciso XIII, da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000;

d) Recuperação ambiental com possibilidade de utilização econômica: por exemplo, sistemas agroflorestais (MICCOLIS *et al.*, 2016);

e) Restauração ecológica: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original (Lei nº 9.985, BRASIL, 2000) ou processo de auxiliar na recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído (SER, 2004);

f) Espécie oportunista: uma espécie nativa pioneira que ocorre em alta densidade em uma área degradada ou alterada, a exemplo de samambaias e bambus;

g) Espécies exóticas invasoras: espécies, vegetais ou animais, que não são nativas de um ambiente natural e que, uma vez ali introduzidas, têm o potencial para se adaptar, reproduzir e dispersar além do ponto de introdução, trazendo prejuízos ambientais, sociais e/ou econômicos.

Nas normas legais, podemos encontrar definições gerais sobre recuperação e restauração na Lei nº 9985/208. Comparando-se áreas degradadas/alteradas de características (relevo, solo, fitofisionomia) e dimensões semelhantes, a recuperação ambiental se dará, portanto, distintamente em cada uma delas em função de fatores (variáveis) como **tipo e intensidade da degradação/alteração, intervalo de tempo ou período transcorrido no qual perdurou a degradação/alteração, características do entorno (trocas externas positivas e/ou negativas), isolamento frente a fatores de degradação/alteração**, **clima, dentre outros.**

Resumida e simplificadamente, conforme descrito no Quadro 3, a seguir (com ênfase na intensidade e no intervalo de tempo transcorrido):

Quadro 3 – Tempo x Intensidade

TEMPO VERSUS INTENSIDADE		INTENSIDADE		
		Baixa	Média	Elevada
INTERVALO DE TEMPO OU PERÍODO TRANSCORRIDO	Pequeno	1	4	7
	Médio	2	5	8
	Elevado	3	6	9

Onde:

(1) Baixa intensidade da degradação x pequeno intervalo de tempo ou período transcorrido.

(2) Baixa intensidade da degradação x médio intervalo de tempo ou período transcorrido.

(3) Baixa intensidade da degradação x elevado intervalo de tempo ou período transcorrido.

(4) Média intensidade da degradação x pequeno intervalo de tempo ou período transcorrido.

(5) Média intensidade da degradação x médio intervalo de tempo ou período transcorrido.

(6) Média intensidade da degradação x elevado intervalo de tempo ou período transcorrido.

(7) Elevada intensidade da degradação x pequeno intervalo de tempo ou período transcorrido.

(8) Elevada intensidade da degradação x médio intervalo de tempo ou período transcorrido.

(9) Elevada intensidade da degradação x elevado intervalo de tempo ou período transcorrido.

A variação da condição ou cenário identificado, de (1) a (9) resultará, consequentemente, em um grau ou nível crescente de degradação/alteração da área. Dessa forma, o cenário (9) demandará maiores esforços e intervenções na recuperação da área. As características do entorno (trocas externas) também deverão sempre ser consideradas. Um exemplo simplificado de intensidade crescente de alteração/degradação de uma área, pode ser apresentado hipoteticamente por meio de uma pastagem ou lavoura, pós-supressão da vegetação nativa sem autorização ou em área não passível de conversão do uso do solo).

Um exemplo de intensidade crescente de alteração/degradação (em consequência da implantação de uma pastagem ou lavoura, pós-supressão da vegetação nativa sem autorização ou em área não passível de conversão do uso do solo, é apresentado pelo Quadro 4:

Quadro 4 – Intensidade crescente de degradação ambiental

TIPO DE DANO	CONSEQUÊNCIAS DO DANO	CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA
Desmate	- Perda de espécies vegetais ameaçadas, raras e/ou endêmicas; - Cessação da produção de serviços ecossistêmicos e ambientais.	ÁREA DEGRADADA
Queima	- Destruição de propágulos da vegetação nativa; - Morte de representantes da fauna silvestre, inclusive ameaçados, raros e/ou endêmicos, polinizadores e dispersores de propágulos vegetais; - Destruição de seus respectivos habitats; - Emissão de gases de efeito estufa na atmosfera.	
Destoca	- Dentre outros danos, destruição de habitats da fauna silvestre.	
Arraste e enleiramento de tocos e galharia	- Dentre outros danos, destruição de habitats da fauna silvestre.	

Possível ou efetiva aplicação de herbicida	- Prejuízo à germinação do banco de sementes e à rebrota das espécies vegetais nativas; - Prejuízo aos macros e microrganismos do solo; - Contaminação do solo; - Contaminação do lençol freático e dos corpos e cursos d'água.	**ÁREA DEGRADADA**
Preparo físico do solo (subsolagem, aração e gradagem)	- Alterações das características físicas, especialmente, do solo.	
Preparo químico do solo (calagem para correção da acidez e adubação química)	- Alterações das características químicas e biológicas originais do solo.	
Preparo químico do solo (calagem para correção da acidez e adubação química)	- Alterações das características químicas e biológicas originais do solo.	
Semeadura de gramíneas exóticas ou de cereais	- Risco de inserção de espécies exóticas com potencial invasor.	
Presença de animais de criação na área	- Fator impeditivo à recuperação em função da herbívora à vegetação nativa.	
Sinais de pisoteio e compactação do solo por animais de criação e/ou por maquinário agrícola	- Fatores redutores ou impeditivos do desenvolvimento de plântulas nativas e da infiltração de água.	
Perda de cobertura morta e consequente exposição do solo	- Incidência direta dos raios solares; - Incidência direta das gotas de chuva e variações abruptas de umidade e temperatura.	
Constatação de processos erosivos em um ou mais de seus tipos	- Estes intensificados quando não adotadas técnicas de uso, manejo e conservação do solo ocasionando assim, perda da camada superficial, mais fértil e, inclusive, a exposição de horizontes subsuperficiais.	
Assoreamento de cursos e corpos d'água	- Redução da quantidade e da qualidade da água.	
Presença de espécies vegetais e/ou animais problema, exóticas invasoras e/ou hiperdominantes	- Dificultadoras ou impeditivas da recolonização da área pelas espécies vegetais nativas e subsequente processo de sucessão ecológica.	

Fonte: Elaborado pelo autor

Os fatores de degradação/alteração aqui exemplificados não necessariamente precisam se dar nessa ordem e, tampouco, em sua totalidade. Além disso, outros também podem ocorrer associados ou não a todos aqueles acima mencionados.

Somam-se, ainda, as possíveis degradações/alterações que podem já existir ou estar em curso no entorno, nos arredores da área considerada. Efeitos deletérios no entorno, como processos erosivos em curso e perda de biodiversidade, também interferirão diretamente no potencial, na capacidade e na qualidade da regeneração natural, e nos processos de recuperação ambiental da área já diretamente afetada pelos vários fatores de degradação. Assim, quanto mais próximos, maiores e mais íntegros os fragmentos de vegetação nativa remanescente no entorno de uma área degradada ou alterada, nestas maiores também serão, de forma correlata, as possibilidades de mais rápida e qualificada se dar a recuperação ambiental considerando-se, logicamente, que os fatores de degradação nelas instalados sejam interrompidos de imediato. Reveste-se de suma importância o contexto da paisagem (arredores), isto é, a quantidade e qualidade ou integridade dos remanescentes de vegetação nativa existentes no entorno e sua fauna silvestre associada, uma vez que, detentores estes de suas características originais, constituem o ecossistema de referência sendo, neste âmbito, imprescindíveis no processo de recrutamento pela área degradada/alterada quando da trajetória de sua recuperação.

Normalmente, quanto maior e mais prolongada se der a tecnificação (uso intensivo de maquinário e agrotóxicos, por exemplo) de uma cultura agrícola ou silvicultural implantada em uma determinada área, mais dificultado será o processo de restauração ecológica no local. Nessas situações, em função da continuada degradação/alteração ambiental de uma área, ocorrerá também redução e até perda de sua resiliência.

Portanto, quanto maiores a quantidade, a intensidade e o tempo (continuidade) em que os fatores de alteração/degradação se estabelecem em uma determinada área, proporcionalmente também maiores deverão ser as dificuldades em recuperá-la conduzindo, assim, à necessidade de se aplicar maiores quantidade e qualidade de intervenções e, muito provavelmente, também de tempo destinado à recuperação ambiental.

Em função das características inerentes à cada bioma (domínio fitogeográfico) brasileiro e neles, à cada fitofisionomia específica (formações florestais, savânicos, campestres) e ao arranjo produtivo e econômico local, os fatores de degradação ambiental poderão apresentar contornos próprios, específicos. Assim, o histórico de uso e exploração de uma área determinará seu grau de degradação/alteração e, por consequência, a definição das melhores estratégias para a elaboração e implantação de um projeto de recuperação ambiental.

Nesse contexto, um projeto de recuperação ambiental ou, mais especificamente, um projeto de recuperação de área degradada/alterada (PRAD) objetiva principalmente: recuperar áreas degradadas para a conservação da biodiversidade e para a melhoria da qualidade do meio ambiente; recuperar processos ecológicos essenciais; recuperar a vegetação nativa para a sua proteção; recuperar a recarga de aquíferos; proteger e manejar espécies da flora nativa e da fauna silvestre, dentre outros.

Entretanto, há riscos na execução de um PRAD. Quanto maior o grau de degradação, menor a resiliência do ecossistema, maior a imprevisibilidade dos resultados e, consequentemente, maior o risco de execução. O risco do método depende não só de suas características, mas também da escolha do método adequado para a situação a ser recuperada. Finalmente, salienta-se que a avaliação de risco impacta os custos do projeto e o alcance dos indicadores.

Por ocasião da avaliação da restauração da vegetação, na busca de resultados fundamentais, o executor do PRAD necessita, obrigatoriamente, amostrar indicadores mínimos. São eles:

a) Controle de ameaças (fogo, erosão, animais de criação etc.);

b) Cobertura de indivíduos de espécies não invasoras ou exclusivamente nativas regionais;

c) Regenerantes nativos regionais (densidade e riqueza);

d) Espécies-problema (densidade e riqueza de populações indesejáveis de plantas ou animais; invasoras).

Faz-se necessário lembrar que naquilo que se refere aos serviços ambientais, o uso dos recursos naturais pelo ser humano deve se dar de forma sustentada, sob pena de ocorrência de sua redução ou perda definitiva, não apenas para as atuais gerações, mas, em especial, para as gerações futuras. Dessa forma, a relevância da restauração ou recuperação de uma área alterada ou degradada é inequívoca, pois somente dessa forma nela poderão se restabelecer os serviços ecossistêmicos e ambientais que sofreram descontinuidade. Para Joly *et al.* (2018) a recuperação da vegetação nativa de um ecossistema degradado poderá levar a benefícios diretos e indiretos por serviços ecossistêmicos prestados pelo ambiente recuperado.

Por oportuno, definem-se, respectivamente, por recrutamento e resiliência acima tratados:

Recrutamento:

a) O recrutamento vegetal é um processo espacialmente estruturado e com muitos estágios, que determina a distribuição, a dinâmica e a estrutura genética das populações e comunidades vegetais (SCHUPP 1995; CLARK *et al.* 1999; NATHAN & MÜLLER-LANDAU 2000; LEVINE & MURRELL 2003);

b) Tem como processos de recrutamento: Dispersão, sobrevivência e germinação de sementes, e emergência de plântulas;

c) O recrutamento de plântulas é determinado por dois fatores: o número de sementes que chegam a um sítio propício para a germinação e estabelecimento das plântulas (limitação da dispersão), e o número de sítios propícios (limitação de microssítio; DE STEVEN & WRIGHT 2002, GARCÍA-FAYOS & VERDÚ 1998, JORDANO & HERRERA 1995, REY & ALCANTARA 2000, SCHUPP & FUENTES 1995, TURNBULL *et al.* 2000);

d) Os padrões de deposição das sementes são determinados pelo padrão espacial dos adultos reprodutivos, a produção de sementes destas plantas e a dispersão das sementes no ambiente, enquanto o recrutamento das plântulas depende em sua maioria da probabilidade da chegada da semente e da disponibilidade de um microssítio propício à germinação e ao estabelecimento da plântula (NATHAN & MULLER-LANDAU, 2000);

e) Incremento em indivíduos de uma população em determinado período, causado pela natalidade ou imigração. Frequentemente o conceito aplica-se apenas a adição de indivíduos reprodutivos;

f) Passagem de indivíduos de um estádio de vida para outro.

Resiliência:

a) Capacidade de um sistema de retornar à sua condição inicial após uma modificação; a resiliência é medida em função do tempo que o ambiente demora para retornar a uma situação de equilíbrio que tinha inicialmente (o sistema menos resiliente é o que demora mais tempo para retornar);

b) No contexto da ecologia, a resiliência é a aptidão de um determinado sistema que lhe permite recuperar o equilíbrio depois de ter sofrido uma perturbação. Este conceito remete para a capacidade de restauração de um sistema. A noção de

resiliência ambiental ficou conhecida a partir de 1970, graças ao trabalho do famoso ecologista canadense C. S. Holling;

c) Resiliência (*Resilience*): habilidade de um ecossistema natural em, após distúrbio, retornar à condição anterior sem intervenção humana (WESTMAN, 1978). Pode ser avaliada pelo tempo necessário para retorno à estrutura e riqueza anteriores. Em uma definição alternativa e de aceitação crescente (BRAND e JAX, 2007), que de certa maneira incorpora a noção de resistência (sensu WESTMAN, 1978), um ecossistema resiliente pode suportar impactos e se reconstruir ou persistir em determinada trajetória ou em determinado estado – regime, em sistemas nos quais múltiplos regimes são possíveis (WALKER e SALT, 2006).

5.1.1. Finalidade da restauração/recuperação

O sistema de responsabilidade civil ambiental, em verdade, não visa a compensação do ambiente e das vítimas, mas sim, a prevenção do dano ambiental e a recomposição do bem ambiental, ou preferencialmente, a evitação do dano com a cessão da lesividade dos impactos ou das condutas do degradador. Em outras palavras, o ideal não seria só reparar o dano, mas antes disso, buscar-se uma conduta proativa de cunho conservacionista, que ao final, repercutirá num proveito econômico e de educação ambiental. Isso por conta da relação ganha-ganha, própria do princípio provedor-recebedor insculpido na lei de pagamento por serviços ambientais, a Lei Federal nº 14.119/21 (BRASIL, 2021). Perde-se com a degradação ambiental e se ganha com a recomposição ou recuperação da qualidade ambiental e dos serviços ecossistêmicos.

A restauração ou recuperação pode ter como finalidade a conservação propriamente dita ou a obtenção de um proveito econômico.

Haverá a finalidade de conservação, conforme explicitado por Rodrigues, Brancalion e Isernhagen (2009) quando:

> (...) as iniciativas de restauração focadas (...) visam a restauração da diversidade vegetal regional, (...) com o propósito da conservação dessa diversidade nas matas ciliares (na maioria das vezes incluídas nas Áreas de Preservação Permanente), nas Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) e outras iniciativas de conservação.

Quanto à finalidade econômica da restauração, Rodrigues, Brancalion e Isernhagen (2009) consideram aquela na qual a:

> (...) implantação de reflorestamentos de espécies nativas visando algum tipo de produção florestal, em ambientes de elevada diversidade regional. Nessas últimas busca-se algum tipo de retorno econômico da restauração, como nas áreas alocadas como Reserva Legal e mesmo nas áreas agrícolas das propriedades, as quais não estão protegidas na legislação ambiental. Tais áreas encontram-se atualmente ocupadas com atividades de baixa sustentabilidade ambiental e econômica, tal como pastagens degradadas, que podem ser redefinidas para exploração florestal, pela possibilidade de maior retorno econômico e ambiental, como a produção de espécies nativas madeireiras, medicinais, frutíferas e melíferas, além de outros produtos florestais.

O artigo 41 da Lei nº 12.651/2012 previu o pagamento ou incentivo a serviços ambientais como retribuição, monetária ou não, às atividades de conservação e melhoria dos ecossistemas e que gerem serviços ambientais, tais como a conservação das águas e dos serviços hídricos.

5.2. Processos sucessionais e regeneração da vegetação nativa

Para entender o dano ambiental e o processo de reparação, é relevante tratar de aspectos ecológicos e sucessionais. Segundo Chazdon (2016), sucessão é o processo de alterações em um habitat recém-formado ou após um distúrbio que remove a vegetação existente.

Inicialmente acreditava-se numa visão de equilíbrio na natureza, onde sistemas naturais retornavam a um estado estável e previsível após distúrbios (WU e LOUCKS, 1995). No entanto, Chazdon (2016) informa que vários autores publicaram teorias de não-equilíbrio, criando perspectivas sobre a natureza dos processos de sucessão e respostas após distúrbios na vegetação nativa. De forma geral, o autor afirma que as trajetórias sucessionais se correlacionam aos tipos e tamanhos dos distúrbios, à disponibilidade de espécies para colonizar essas áreas, às histórias de vida, às características ecofisiológicas dessas espécies, e às interações entre as espécies colonizadoras. Adicionalmente, Foster (1998) afirma que trajetórias sucessionais podem ser modificadas posteriormente por distúrbios naturais ou antrópicos.

Regeneração é um termo genericamente empregado para caracterizar a recuperação, após um distúrbio da vegetação natural em qualquer escala. A regeneração natural pode relacionar-se a uma única árvore ou uma população, uma espécie arbórea, um remanescente florestal, uma comunidade ou um ecossistema, e significa a recuperação ou restabelecimento dessas entidades (CHAZDON, 2016).

Segundo FAO (2010), a definição de florestas em regeneração natural é compatível com florestas em processo de regeneração, após uma extração seletiva de madeira, ou mesmo em áreas que foram totalmente desmatadas, e estão em regeneração em áreas agrícolas abandonadas.

Conforme MacDonald *et al.* (2016), para que a recuperação seja obtida na regeneração natural é necessário:

a) que os danos sejam relativamente baixos ou o cronograma do projeto deve ser longo o suficiente com populações próximas para permitir a recolonização da área;

b) o término das ações de degradação;

c) que haja condições que permitam a migração de animais para o local em restauração;

d) que haja condições para espécies vegetais se desenvolvam por meio de:

d.1. rebrota;

d.2. germinação do banco de sementes remanescente no solo;

d.3. germinação por meio de sementes originadas de áreas próximas.

Diferente da Regeneração Natural, o supracitado autor define que a Regeneração Assistida envolve intervenções que incluem a remoção de pragas, restabelecimento dos regimes de distúrbios e ações que favoreçam a colonização em áreas que podem apresentar um alto nível de degradação.

Citando as definições dos **Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica**, MacDonald et al. (2016) aponta as seguintes conceituações:

> **Regeneração assistida** – "uma abordagem particular para a restauração que foca em aproveitar ativamente a capacidade de regeneração da biota remanescente local ou próxima, sendo distinta de reintroduzir a biota no local ou de deixar o local para regenerar naturalmente (Clewell & McDonald 2009). Enquanto esta abordagem é comumente aplicada em locais com níveis de degradação baixos ou intermediários, algumas áreas muito degradadas provaram-se capazes de regenerar com os tratamentos adequados e dado tempo suficiente (Prach & Hobbs 2008). As intervenções incluem a remoção de pragas,

> restabelecimento dos regimes de distúrbios e ações que favoreçam a colonização";
>
> **Regeneração (espontânea) natural** – "germinação, nascimento ou outras formas de recrutamento da biota incluindo plantas, animais e microbiota, sejam oriundos da colonização ou de processos in situ. A abordagem da "regeneração natural" para a restauração conta com o aumento da abundância de indivíduos sem plantio ou semeadura, após a remoção dos fatores de degradação somente. Difere da abordagem de "facilitação da regeneração natural", a qual depende de intervenções ativas (Prach & Hobbs 2008; Clewell & McDonald 2009).

Por outro lado, a regulamentação da Política Nacional para Recuperação da Vegetação Nativa (Proveg), feita por meio do Decreto nº 8.972/2017 (BRASIL, 2017), definiu regeneração natural da vegetação como o "processo pelo qual espécies nativas se estabelecem em área alterada ou degradada a ser recuperada ou em recuperação, sem que este processo tenha ocorrido deliberadamente por meio de intervenção humana".

5.3. Métodos de restauração/recuperação: passiva, assistida ou ativa

A restauração ou recuperação ambiental podem depender ou não de intervenções antrópicas, podendo desse modo serem classificadas da seguinte forma:

a) Passiva: Consiste na regeneração natural, sem intervenção humana. Nesse caso, o simples abandono da área e a emergência do banco de sementes do solo (já presente ou chuva de sementes) e/ou rebrota de estruturas subterrâneas, poderão levar ao recobrimento gradativo e à dinâmica de substituição das espécies e grupos funcionais, com ganho estrutural e de diversidade, podendo-se com o tempo atingir o objetivo proposto.

b) Assistida: Corresponde à condução da regeneração natural, mediante o controle de plantas competidoras, formigas, adubação etc., e em situações em que não há necessidade de plantio ou semeadura. Com esse método, as atividades de condução por um período variável são suficientes para o estabelecimento inicial e/ou ganho estrutural e de diversidade com o passar do tempo. Esse método é possível somente em locais que apresentam média a alta densidade de regenerantes de espécies nativas regionais das formas de vida típicas da vegetação a ser restaurada. Demanda um nível maior de intervenção do que o método de restauração passiva, sendo aplicado em locais com presença de plantas competidoras, notadamente gramíneas exóticas agressivas, árvores invasoras, plantas regionais hiperdominantes com necessidade de controle, dentre outras. As ações de condução são essenciais para favorecer a emergência, estabelecimento e desenvolvimento dos regenerantes. Exemplos: Condução da regeneração natural; Condução da regeneração natural e adubação verde.

c) Ativa: Existem diversos níveis de intervenção em projetos de restauração ativa, desde níveis mais intermediários, tais como, o uso de técnicas de irradiação de diversidade por meio da nucleação, até níveis mais elevados como o plantio de alta diversidade de espécies arbóreas em área total. Esse método é baseado na introdução de indivíduos de espécies regionais por meio de plantio ou semeadura (mudas, sementes e outros materiais de propagação vegetal). Deve ser usado nas situações com baixo potencial de regeneração natural, evidenciado pela ausência ou baixa densidade de regenerantes nativos. O método admite a adoção de diferentes técnicas, dependendo das condições locais. Exemplos: Plantio de adensamento; Plantio de enriquecimento; Plantio total de mudas; Plantio total não escalonado; Plantio total escalonado; Transplante de plântulas; Técnicas de nucleação; Sistemas Agroflorestais (SAFs); Uso de plantas nativas regionais com grande diversidade de espécies. (Souza, M.P. *et al.*, 2009).

Por oportuno, pode-se ainda acrescentar como exemplos de Técnica(s) de recuperação, os seguintes métodos: condução da regeneração natural; adensamento; enriquecimento; semeadura direta; plantio de mudas conjugado à regeneração natural; nucleação; Sistemas Agroflorestais (SAF); outras, isoladamente ou de forma conjugada.

6. CENÁRIOS AMBIENTAIS DE REFERÊNCIA – DEFINIÇÕES E CONCEITUAÇÕES

Os cenários refletem a realidade da área ser recuperada e seu entorno. A caracterização de um cenário, associada à análise de risco, traz previsibilidade às ações do projeto, orienta a escolha dos métodos, insumos e/ou serviços a serem utilizados e auxilia na construção de expectativas (otimistas, prováveis e pessimistas) sobre o alcance dos resultados.

Oliveira e Rodrigues (2009) afirmam que a proposição de cenários ambientais se baseia na análise e representação de situações de evolução de um ambiente, levando-se em conta o tempo, espaço, interação entre variáveis e a lógica intuitiva. Essa metodologia é de grande importância para o planejamento ambiental, já que analisa em uma perspectiva futura a eficácia das diretrizes propostas, **planejamento** com base no diagnóstico da **realidade** e das situações **passadas e futuras** (SOUZA, M.P. *et al.*, 2013).

Destacando o viés do planejamento, Santos (2004: p.50) enfoca que cenários nada mais são do que

> "***interpretações de momentos em uma paisagem dentro de uma escala temporal, visando auxiliar agentes de planejamento a compreender a dinâmica da área e os problemas ambientais consequentes***".

Assim considerando que o estudo da dinâmica da paisagem permite o conhecimento de sua evolução, de maneira geral, pode-se dizer que **investigar a evolução da paisagem é tratar da análise de cenários.** (OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Em linhas gerais, os cenários podem ser assim classificados:

a) Cenário A – Áreas com alto potencial de regeneração (pouco degradadas ou alteradas):

São áreas com presença de vegetação regenerante abundante ou próximas a remanescentes de vegetação nativa com alta diversidade e densidade, solos pouco compactados e baixa presença e competição exercida por espécies invasoras.

Para cenários com características iguais ou semelhantes a essas, a regeneração natural tende a exigir pouco manejo, normalmente cabendo intervenções incrementais, bem como, quando for o caso, enriquecimento com espécies-alvo.

Os resultados esperados são: aumento relevante da diversidade de espécies, do crescimento de regenerantes (rebrota e plântulas) e, quando for o caso, da densidade de espécies-alvo.

b) Cenário B – Áreas com médio potencial de regeneração (medianamente degradadas ou alteradas):

São áreas com alguma presença de vegetação regenerante, próximas a remanescentes de vegetação nativa, solos pouco compactados, possível presença de espécies invasoras.

Para cenários com características iguais ou semelhantes, a regeneração natural poderá demandar manejo por plantio de mudas ou semeadura direta de espécies nativas além de, quando for o caso, do enriquecimento com espécies-alvo.

Podem ser aplicadas ainda, separada ou conjuntamente, alternativas que demandam insumos distintos, como essas:

- **Controle de espécies invasoras**. Nesse caso, os resultados esperados são: diminuição da densidade das invasoras, aumento da densidade e do desenvolvimento de regenerantes nativos.
- **Adensamento e enriquecimento com plantio/semeadura de espécies nativas**. Nesse caso, os resultados esperados são: aceleração da cobertura da vegetação na área, aumento da densidade da vegetação, aumento da riqueza de espécies, redução das invasoras agressivas, redução de processos erosivos.
- **Nucleação**. Nesse caso, os resultados esperados são: aumento da riqueza de espécies e vegetação adensada nos núcleos estabelecidos.

c) Cenário C – Áreas com baixo potencial de regeneração (muito degradadas ou alteradas):

São áreas sem regenerantes, sem vegetação nativa próxima, com possibilidade de solo degradado e/ou com domínio de invasoras.

Cenários com características iguais ou semelhantes demandarão plantio em área total, individual ou conjuntamente, podendo incluir as técnicas do cenário B caso necessário:

- **Semeadura direta.** Nesse caso, os resultados esperados são: cobertura vegetal em toda a área, aumento da riqueza de espécies nativas, melhoria da estrutura do solo e, quando for o caso, alcance das situações ambientais propícias à sobrevivência de espécies-alvo.
- **Plantio heterogêneo de mudas.** Nesse caso, os resultados esperados são: domínio de espécies de recobrimento tendendo à plena cobertura do solo; diminuição da densidade das invasoras e, quando for o caso, alcance das situações ambientais propícias à sobrevivência de espécies-alvo.

Em todos os cenários acima, deve-se prever o controle de eventuais riscos e ameaças ao desenvolvimento da vegetação, bem como atividades de manutenção das áreas em recuperação, tais como: ressemeadura, replantio, coroamento de mudas, adubação de manutenção, controle de plantas invasoras, combate a formigas cortadeiras, presença de gado, controle de fogo e controle de processos erosivos. Os resultados esperados para cada uma das técnicas dos cenários acima deverão ser aferidos por meio de indicadores ambientais devidamente elencados.

As técnicas e procedimentos a serem propostos para o monitoramento/acompanhamento das unidades de implantação devem atentar para os CENÁRIOS a eles associados e os INDICADORES de resultados propostos, com atenção aos critérios e respectivos resultados esperados, conforme orientação do Ibama (IBAMA, 2018).

Para a elaboração de cenários, os levantamentos pós-degradação têm o importante objetivo de caracterizar os diferentes ambientes do sistema degradado, procurando classificá-los em termos de grau de degradação, riscos ambientais, estratégias de mitigação de impactos e potencialidade de uso. Assim, a construção do **cenário pós-degradação** passa a ser uma ferramenta de extrema importância não só para o estabelecimento dos **objetivos da recuperação**, como também para

a determinação de **estratégias de recuperação** compatíveis com os objetivos pré-determinados.

Independentemente do processo de degradação ou mesmo das características do ambiente degradado, o estabelecimento de **cenários pré e pós-degradação** mostra-se como ferramenta de grande importância para a escolha dos **objetivos da recuperação ambiental** (DIAS, 2015).

Dentre os indicadores (variáveis) importantes ao levantamento de cenários, pode-se apontar:

a) Conectividade e fluxos da paisagem: Conectividade entre os elementos da paisagem (presença, distância e tamanho de fragmentos próximos; existência de corredores ecológicos e funcionais etc.). Esta se classifica em:

Alta: Muitos/grandes fragmentos e/ou corredores próximos, na mesma pequena bacia hidrográfica. Entorno bastante íntegro, sem a presença ou indícios de processos erosivos.

Média: Fragmentos e/ou corredores medianamente distribuídos na mesma pequena bacia hidrográfica ou próximos a ela. Entorno cujas características geomorfológicas se mostram parcialmente íntegras, com a presença ou indícios de processos erosivos.

Baixa: Poucos/pequenos fragmentos e/ou corredores antropizados na mesma pequena bacia hidrográfica, distantes da área vistoriada. Entorno pouco íntegro, com presença elevada de processos erosivos.

b) Usos ou ameaças externas: Presença e proximidade do projeto a fatores externos que representem ameaças ao projeto, tais como: áreas urbanas e loteamentos residenciais, industriais e de lazer; ocorrência de invasões e de ocupações irregulares de terra (problemas fundiários) no entorno; áreas com atividades agropecuárias (uso indiscriminado de queimadas, agrotóxicos etc.); obras civis diversas; rodovias de tráfego intenso; potenciais alterações no ordenamento territorial local e regional, dentre outras]. Poderão também ser classificada como:

Altas: Presença e proximidade altas a fatores externos que podem representar ação deletéria e que, portanto, ameaçam significativamente a integridade da área em recuperação e o próprio sucesso do projeto.

Médias: Presença e proximidade moderadas a fatores externos que podem representar alguma ação deletéria e que, portanto, podem ameaçar a integridade da área em recuperação e o próprio sucesso do projeto.

Baixas: Presença e proximidade pouco significativas a fatores externos que, quando presentes, não ameaçam a integridade da área em recuperação e o próprio sucesso do projeto.

c) Atividades de recuperação ambiental: descrição de algumas técnicas de recuperação, as quais deverão estar fundamentadas no cenário observado, no diagnóstico da área, nos objetivos da recuperação e no uso futuro da área recuperada, como:

- Condução da regeneração natural da vegetação nativa;
- Enriquecimento;
- Nucleação;
- Plantio de espécies nativas;

- Plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas;
- Plantio misto de espécies nativas e exóticas, estas últimas em caráter temporário;
- Sistema Agroflorestal (SAF);
- Semeadura associada ao plantio de espécies nativas;
- Semeadura direta de espécies nativas;
- Transposição de solo superficial ou serapilheira.

Embora para os fins do presente capítulo, os levantamentos de Cenários tenha por principal finalidade prognosticar a viabilidade ou não da recuperação de uma área, reunindo, por conseguinte, os elementos necessários ao cálculo do dano ambiental total ou parcialmente irreversível – cujos montantes deverão ser somados, conforme será oportunamente tratado abaixo – faz-se imprescindível ressaltar que, na recuperação ambiental de uma área, os custos devem ser considerados, efetivamente, como investimentos. Toda recuperação objetiva a obtenção de benefícios, sejam eles diretos como indiretos. Dessa forma, seguem elencados alguns benefícios providos pelo ecossistema (LACERDA, 2017 – adaptado de MEA, 2005; extraído de Lacerda, R.C.A., 2017 – "O uso do PSA como Instrumento Econômico na Recuperação Ambiental da bacia do Rio Doce"):

- Bens como alimentos (frutos, raízes, pescado, caça, mel), matéria-prima (madeiras, cordas, têxteis), fonte de energia (lenha, carvão, resíduos, óleos), fitofármacos, recursos genéticos e bioquímicos, plantas ornamentais e a água (inseridos na categoria de **serviços de provisão**);
- Bens relacionados aos processos que regulam as condições ambientais que sustentam a vida humana, como a purificação do ar, regulação do clima, controle de enchentes e de erosão, tratamento de resíduos, controle de pragas e doenças (inseridos na categoria de **serviços reguladores**);
- Benefícios recreacionais, educacionais, estéticos e espirituais (inseridos na categoria de **serviços culturais**);
- Ciclagem de nutrientes, produção primária, formação de solos, polinização e dispersão de sementes (inseridos na categoria de **serviços de suporte**, necessários a existência dos demais serviços).

7. ELEMENTOS PRELIMINARES PARA INVESTIGAÇÃO EXTRAJUDICIAL - *CHECKLIST* PÓS-EVENTO

O sucesso da instrução de um procedimento extrajudicial (Procedimento Preparatório de Inquérito Civil – PPIC ou Inquérito Civil Público – ICP) está diretamente vinculado à qualidade e suficiência dos elementos de convicção que venham a ser produzidos e amealhados aos autos, no transcorrer das investigações. Por "sucesso", deve-se compreender sempre, a ética busca da verdade real, que concorrerá para uma justa composição junto ao infrator, seja por meio de um Termo de Ajustamento de Conduta, a procedência de uma Ação Civil Pública quando necessária, ou, se for o caso, um fundamentado arquivamento do procedimento.

Por conseguinte, ao tomar conhecimento de um possível dano ambiental, quer por meio de Notícia de Fato, disciplinada pelo Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP) por meio da sua Resolução nº 174/2017, ou mesmo de ofício, o órgão do Ministério Público que preside as investigações, detém, como bem explanado por Mazzilli (2000), uma série de "poderes instrutórios gerais próprios à atividade

inquisitiva", podendo, nesta qualidade, "praticar atos administrativos executórios, de caráter preparatório, próprios do inquérito civil". E segue, ponderando que uma gama imensa de medidas poderá ser adotada por ocasião da ciência dos fatos (CNMP, 2017).

Atestar a efetividade do fato – e do dano – é medida que se impõe liminarmente. Neste sentido, o próprio CNMP normatizou, por meio da Resolução nº 23/2007, o Procedimento Preparatório de Inquérito Civil, instrumento importante para uma coleta preliminar de dados e informações, voltados à formação do convencimento do órgão do Ministério Público. A medida otimiza a instrução, evitado a instauração desnecessária de Inquérito Civil fadado desde o nascedouro, ao arquivamento. Via de regra, e em se tratando de danos à flora, empiricamente percebe-se que essa medida acaba sendo mais utilizada em situações em que a informação é apresentada sob a forma de notícias genéricas, não raro por meio de cidadãos desguarnecidos de conhecimento técnico. Diferente ocorre quando veiculada em documentos fiscalizatórios, remetidos oficialmente pelos próprios agentes de Estado (CNMP, 2007).

Não sendo disciplina da qual se desincumbiu pormenorizadamente a Lei da Ação Civil Pública, Lei Federal nº 7.347/85 (BRASIL, 1985), pode-se usar por analogia normas de outros regramentos, a exemplo dos Códigos Civil e Penal, naquilo que não houver tratamento distinto. Registre-se, aqui, que a temática contou com grande avanço a partir de recentes publicações de Resoluções do CNMP.

Dentre as medidas instrutória que apenas a título contributivo se relaciona, muitas prescindem de análise de campo, e podem ser obtidas até mesmo de forma remota; outras, por meio de meras requisições a órgãos oficiais. No entanto, é salutar que se valha o órgão ministerial de peritos, quer próprios, quer de outros órgãos técnicos, para que se possa alçar com efetividade e eficiência toda a dimensão, gravidade, reversibilidade, e demais consequências socioambientais decorrentes do dano praticado.

Em recente levantamento realizado pela Comissão de Meio Ambiente (CMA) do CNMP no ano de 2020, constatou-se que a quase totalidade das Promotorias Especializadas em Meio Ambiente se encontram municiadas por técnicos especializados para a realização das vistorias e elaboração de laudos ambientais, em atendimento à requisição do órgão ministerial, voltados à instrução de investigações extrajudiciais. Embora não se possa negar que se cuide de um alto percentual, considerando-se as distintas realidades do país, a quase indissociável dependência do órgão a temáticas que escapam ao conhecimento meramente jurídico para uma adequada condução das instruções procedimentais, recomenda que se busque o assessoramento técnico da totalidade dos Ministérios Públicos, quer por servidores próprios, quer por meio de parcerias junto a outros órgãos de especialistas ou até mesmo universidades (CNMP, 2020).

Pontue-se, ainda assim, que dada à complexidade e especificidade da matéria, comumente apresentados em casuísticas concretas submetidas à apreciação do órgão ministerial, não raro, mesmo as mais estruturadas assessorias técnicas necessitarão do apoio conjugado de peritos externos, ou mesmo de colegiados de *experts* que congreguem em especialidade e multidisciplinaridade de diversos ramos do saber humano, o conhecimento necessário a um bom termo dos trabalhos do Ministério Público.

Feitas essas observações preliminares, apresenta-se a título meramente contributivo às investigações extrajudiciais referentes à flora, algumas sugestões:

a) De forma preliminar, conforme acima apontado, a própria comprovação *in locu*, ou, de forma remota ou presencial, da existência efetiva do dano;

b) A existência de histórico de imagens, por meio da utilização de tecnologia de sensoriamento remoto;

c) Visitas ou inspeções *in locu*, sobretudo por peritos especialistas, inclusive para validação dos dados apropriados em sensoriamento remoto;

d) A identificação precisa do tipo penal, em tese, praticado;

e) Dados referentes à individualização do responsável direto ou, eventualmente, indireto, pelo dano;

f) Qual o vínculo do responsável, com a área: se existe, e em caso afirmativo, se este é o proprietário, possuidor;

g) A existência/validade/vigência de prévia licença/autorização obtida junto aos órgãos ambientais;

h) Outras autuações ambientais perante os órgãos ambientais;

i) A tramitação da autuação administrativa, que poderá fornecer subsídios importantes à própria instrução da investigação do procedimento ministerial;

j) A causa precípua que motivou o dano e/ou a fonte do dano em caso de prática não cessada;

k) A situação financeira do responsável, aferida por via direta (declarada) ou indireta (avaliação patrimonial constatada pelo agente);

l) A existência de veículos e demais maquinários, com a devida identificação do motorista e de seu proprietário;

m) A existência de animais na área;

n) Busca e apreensão de maquinários, documentos e outros;

o) A existência de financiamentos obtidos junto a instituições financeiras para investimentos na área investigada;

p) A existência de certificações ambientais – sobretudo em se tratando de empresas.

Comprovada a existência do dano, é essencial que se identifique precisa e rapidamente o autor ou responsável. É evidente que a medida é necessária à responsabilização do correto infrator, sobretudo a criminal, consideradas as baixas penas previstas para os crimes ambientais. Neste ponto, importante que sejam identificados tanto o autor mediato, quanto o imediato, bem como o eventual vínculo existente entre eles e, se possível, qual a medida de culpabilidade que cada agente concorre para o dano: v.g., o condutor e o dono do veículo apreendido com a madeira nativa; o vendedor e o comprador da madeira, o desmatador/incendiário e o dono da área; o proprietário da área ilegalmente loteada e os vendedores, dentre outros.

Embora a necessidade de individuação da autoria seja de certa obviedade, não raro depara-se o Ministério Público com situações em que apenas existem os vestígios do dano, sem qualquer sinalização quanto ao seu autor ou autores, sobretudo em áreas rurais mais distantes de centros urbanos, ou mesmo de difícil acesso. Neste caso, o inquérito civil ou mesmo criminal, acaba muitas vezes por concentrar-se sobre o proprietário da área, ainda que em um momento introdutório.

Conhecidos os autores do dano – possuidores ou proprietários – deve ser analisado ainda de forma preliminar, se a intervenção – supressão/queimada – foi precedida de licença, permissão ou autorização junto os órgãos ambientais competentes, requisitando-se junto a estes, cópia do ato autorizativo. A obtenção do próprio procedimento autorizativo junto aos órgãos ambientais permitirá a avaliação da adequação das intervenções, aos limites autorizativos constantes das condicionantes.

Limitando-se a presente observação exclusivamente às hipóteses de supressão de vegetação, chama-se a atenção a mais um aspecto: conjuntamente às licenças, é imperioso que sejam requisitados também, (i) a cópia do próprio inventário florestal que, uma vez elaborado pelo empreendedor/requerente, foi submetido ao órgão ambiental; e o (ii) parecer técnico que deu ensejo àquela autorização. Neste especial ponto, chama-se aqui atenção para a seguinte situação: a formal existência de autorização para supressão de vegetação concedida pelo órgão competente, por si só, não é, necessariamente, garantia de legalidade e legitimidade da intervenção na área.

Se de um lado a destruição ilegal de vegetação nativa exige forte combatividade, é necessário também atentar-se para o fato de que nem sempre a mera concessão formal de Autorização de Supressão Vegetal (ASV) pelo órgão competente, é garantia legalidade e legitimidade da intervenção na área, gerando, por conseguinte, dano ambiental passível de reparação e valoração.

Para exemplificar o que ora se sustenta, ilustra-se com um estudo realizado por Figueiredo e Salvador (2017) a partir da análise técnica de todos os inventários florestais constantes dos requerimentos de autorizações de supressão de vegetação do bioma Mata Atlântica submetidos à autarquia ambiental Estadual da Bahia (Instituto do Meio Ambiente do Estado da Bahia - INEMA), no período compreendido entre os anos de 2012 e 2017, tendo por área, a circunscrição territorial da Promotoria de Justiça Regional de Meio Ambiente de Ilhéus, área de domínio do bioma Mata Atlântica[26]. A conclusão a que se chegou, foi preocupante: ainda que submetida a um rígido e restrito regramento legal ditado pela Lei Federal nº 11.428/06, a análise da totalidade dos inventários avaliados apresentou uma a várias inconsistências técnicas e metodológicas, cujas principais abaixo relacionamos:

a) Uso inadequado de imagens e de técnicas de sensoriamento remoto;

b) Metodologias inadequadas de identificação de fitofisionomias e estádios sucessionais;

c) Não validação em campo dos dados de sensoriamento remoto;

d) Ausência de pontos amostrais em todas as fitofisionomias do fragmento;

e) Delineamento amostral enviesado, com insuficiência de pontos amostrais;

f) Influência do efeito de borda nas amostras, sem qualquer metodologia de isolamento;

g) Ausência de pontos amostrais em áreas de mais difícil acesso (normalmente as mais conservadas), enviesando os dados para estádios sucessionais menos avançados;

h) Inadequada aplicação das Resoluções CONAMA de referência do Estado;

i) Inadequada identificação e/ou aplicação das Resoluções CONAMA específicas das fitofisionomias, com confusão entre as normas de ombrófilas e restingas;

j) Desconsideração das datas de conversão das áreas rurais em urbanas, de modo a não distinguir as hipóteses constantes dos artigos 30 e 31 da Lei nº 11.428/06, em casos de loteamentos.

Conclui-se, portanto, que a prévia análise da consistência técnica dos inventários florestais é medida também recomendável nas hipóteses de supressão de vegetação do bioma Mata Atlântica, não devendo o promotor se limitar a anuir à autorização emanada do órgão ambiental competente. Um inventário inconsistente poderá refletir situação completamente distinta da realidade, permitindo a supressão de vegetação em qualidade e quantidade de forma ilegal, dando, portanto, ensejo à responsabilidade

26 As análises foram realizadas por laudos do corpo técnico da Promotoria de Justiça, bem como em Pareceres do IBAMA e do órgão ambiental Estadual do INEMA, e do Laboratório de Ecologia Aplicada da UESC – Universidade Estadual de Santa Cruz – Ilhéus/BA.

civil e até mesmo à valoração ambiental nas hipóteses de danos não passíveis de restauração ou compensação *in natura ex situ*.

As informações fornecidas pelos órgãos ambientais poderão fornecer esclarecimentos importantes sobre a própria conduta do próprio infrator: se useiro infrator ambiental. Muitas vezes, autuações isoladas acabam maquiando verdadeiras associações criminosas, que sob o manto das baixas penas estipuladas aos crimes ambientais, passam muitas vezes total ou quase ilesos à justiça. Amealhar junto às investigações todas as autuações administrativas, folhas de antecedentes, e as possíveis conexões entre vários autores, pode ser extremamente útil para a estratégia de condução dos trabalhos e o desmantelamento da própria prática delitiva.

Os órgãos ambientais também poderão fornecer importantes informações acerca da área investigada: se sobre esta, pende embargos ou a execução de Plano Recuperação de Áreas Degradada (PRAD). Sobre os primeiros, é evidente que a ilícita reutilização da área resultará no agravamento do dano – e das correlatas consequências, quer criminais, quer cíveis, repercutindo sobre sua valoração. Acerca do segundo ponto, é conveniente requisitar do órgão ambiental ou exigir diretamente do infrator o PRAD, a fim de que seja possível aferir-se a consistência técnica do plano apresentado, que pela mesma razão influirá no cômputo do dano irreversível a ser valorado.

Por sua vez, é também importante considerar a causa precípua que deu ensejo ao dano. Esse fator constitui-se em elemento de avaliação da menor ou maior reversibilidade do dano, e até mesmo sinalizará a situação financeira do infrator. Como sabido, algumas atividades (pisoteio de gado, uso de fogo, dentre outros), são capazes de causar compactação do solo, aniquilamento do banco de semente, acabando por comprometer o êxito de medidas de regeneração natural por mero isolamento da área. Por via de consequência, haverá direta influência no cômputo da valoração do dano.

Por semelhantes razões, a existência de veículos e demais maquinários, ou mesmo animais por ocasião da fiscalização, são variáveis importantes a serem consideradas, fornecendo elementos importantes à investigação, pois descortina a própria atividade desenvolvida, o grau de profissionalismo e o poder aquisitivo do infrator. Assim, a descrição do bem e se houve utilização para o cometimento da infração/delito, não só impacta na gravidade do ato, como na valoração do dano, de produtos e subprodutos florestais, em que se emprega o custo climático da atividade por emissões em cada elo da cadeia.

Inquirir acerca de financiamentos àquela atividade, ou rastrear os destinatários do produto obtido com a infração praticada, é também medida importante para a responsabilização da cadeia de infratores. Exemplos não faltam, dentre estes, pode-se apontar o frigorífico que adquire o gado, a madeireira que adquire a madeira, o supermercado que adquire o carvão, todos, provenientes de áreas ilegalmente desmatadas, dentre outros. Soma-se a aplicação recente de responsabilização a instituições financeiras que fomentam o dano ou a continuidade deste. Em se tratando a responsabilidade ambiental de natureza objetiva e solidária, a informação poderá será útil para a efetividade do ressarcimento do dano.

Por fim, o uso de imagens de satélite é uma das medidas instrutórias mais importantes e úteis na condução das investigações do Ministério Público. Com grande margem de segurança, os dados de sensoriamento remoto estão cada dia mais indissociáveis da instrução dos procedimentos investigativos, permitindo a análise de diversos fatores, dentre estes, o acompanhamento do estado da qualidade ambiental da área investigada, antes e depois da ocorrência dos danos, identificando intervenção em APPs, Reservas Legais e até mesmo o cumprimento das medidas exigidas pelos

acordos. As ferramentas de sensoriamento remoto em sua maioria são disponíveis no ambiente virtual e conferem transparência ao processo de apuração do dano[27].

Às sugestões acima, somam-se uma gama infindável de outras medidas de instrução, sendo pinçadas apenas algumas que possam contribuir junto à elaboração de laudos de valoração econômica do dano ambiental, na medida influem na análise de sua dimensão, gravidade, extensão e reversibilidade.

Na sequência, o capítulo trata de sugestão de quesitações voltadas à responsabilidade cível e criminal do dano à flora, previstos pela Lei nº 9.605/98.

8. A IMPORTÂNCIA DA QUESITAÇÃO – DANOS CONTRA A FLORA

Muito embora se pretenda com este trabalho, principalmente, conferir parâmetros gerais visando a alguma uniformidade e uma melhor resolutividade da atuação especificamente do Ministério Público brasileiro, observa-se que este interesse é também compartilhado por outras instituições, sobretudo órgãos públicos, que experimentam idênticas dificuldades de atuação. Não por outra razão, considerando a notável experiência técnica e prática acumulada, o GT propositalmente conta com a participação tanto de acadêmicos, como de servidores de outras instituições públicas.

Considerando-se que a responsabilidade civil e a penal pelo dano ambiental não se confundem – tampouco estas, com a responsabilidade administrativa – o capítulo trata de elaborar uma quesitação que também possa respaldar a atuação do Ministério Público frente à responsabilidade penal dos crimes contra a flora previstos na Seção II do Capítulo V da Lei Federal nº 9.605/98 (Lei de Crimes Ambientais). Para tanto, os quesitos partiram dos próprios tipos penais, com base em materiais também elaborado por Centros de Apoio de Ministérios Públicos[28], e complementados por debates entre os integrantes do grupo de flora da Comissão de Meio Ambiente. O objetivo da quesitação é servir de sugestão mínima que possa inspirar tanto os membros do Ministério Público, como os próprios órgãos administrativos de gestão do meio ambiente.

8.1. Quesitos Periciais – Responsabilidade Civil – Danos contra a Flora

A quesitação referente à responsabilidade cível que ora se apresenta, foi elaborada tendo por base uma minuta de trabalhos iniciados pela equipe técnica do IBAMA[29], denominada de "Formulário de Coleta de Informações em Áreas Alteradas/ Degradadas por Processo de Supressão de Vegetação Nativa". A esta, foram acrescidas quesitações já elaboradas por manuais de Ministérios Públicos dos Estados e Federal, bem como contribuições do GT[30].

A troca de experiências entre todos certamente contribuirá com o fortalecimento não somente a atuação dos próprios técnicos do Ministério Público, mas também a de todo e qualquer órgão ambiental.

8.1.1. Sugestão de quesitação

27 Entre as ferramentas disponíveis vale registrar a atuação do Ministério Público Federal (http://www.amazoniaprotege.mpf.mp.br/), do INPE (http://www.inpe.br/), IBAMA (http://www.ibama.gov.br/dados-abertos e http://siscom.ibama.gov.br/), MAPBiomas (https://mapbiomas.org/) e CNJ (Painel das Ações Ambientais na Região Amazônica).

28 Utilizou-se, em parte, o Guia Prático de Requisições de Perícias Ambientais, do Ministério Público do Estado de Minas Gerais.

29 IBAMA - Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas – Coordenação Geral de Gestão da Biodiversidade, Floresta e Recuperação Ambiental coordenação de Recuperação Ambiental. Quesitos 1 a 30. Anexo Minuta Formulário Supressão_v1 (8239691) SEI 02001.016994/2020-53.

30 Ministério Público do Estado de Minas Gerais. "A Valoração de Danos e Serviços Ambientais". In MPMG Jurídico Especial. Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais.

Quadro 5 – Quesitos para caracterização da responsabilidade civil por danos à flora

DA CARACTERIZAÇÃO E TIPOLOGIA DE DANO	
Quesito(s)	**Justificativas**
Quesito 1. Houve desmatamento/queimada na área, resultando dano ambiental? Descreva indicando: a) Se se tratou de dano direto; b) Se se tratou de dano indireto; c) Se se tratou de ambos.	a) A determinação do tipo de dano ocorrido, poderá repercutir, dentre outros: b) Na aceleração do aquecimento global, com alteração do microclima local, regional ou global – aquecimento global, em vista da liberação de quantidades significativas e cumulativas de fases de defeito estufa na atmosfera; c) Na alteração dos padrões de precipitação, em vista; d) Na delimitação do local (*in situ, ex situ*) e abrangência do dano; e) Na ocorrência de efeito de borda; f) No aumento de invasões biológicas, em vista da perturbação dos ambientes, com a introdução/invasão de espécies exóticas ou não nativas; g) No montante do passivo ambiental; **h) No cálculo da valoração do dano.**
DATA/PERÍODO/ÉPOCA DO DANO[31]	
Quesito(s)	**Justificativas**
Quesito 2. Qual a data aproximada do desmatamento/queimada que causou o dano (dia ou mês ou data da ação de fiscalização)? **Quesito 2.1.** O desmatamento/queimada foi cometido no período de queda das sementes ou no período de formação das vegetações? **Quesito 2.2.** O desmatamento/queimada ocorreu em época de seca ou inundação? **Quesito 2.3.** O desmatamento/queimada ocorreu em durante a noite, em domingo ou feriado?	a) A indicação precisa ou aproximada da data, período, e época do fato, poderá interferir, dentre outros: b) No cálculo de atualização do custo de reparação; c) No cálculo de atualização de lucro auferido com madeira extraída da área; d) No cálculo de atualização de lucro auferido com culturas agrícolas e/ou criação de animais na área alterada/degradada; e) No êxito de execução e custo do PRAD; f) Na possibilidade de se caracterizar períodos específicos, como queda das sementes ou formação de vegetações; g) Na possibilidade de se caracterizar períodos de seca ou inundação, inclusive quando decorrentes de estresse hídricos anormais; a) No maior ou menor dolo do agente, como noite, domingos, feriados, sabidamente quando a fiscalização é menor ou até mesmo inexistente; h) No montante do passivo ambiental; **i) No cálculo da valoração do dano**.
NATUREZA JURÍDICA DO IMÓVEL	
Quesito(s)	**Justificativas**

31 Não estamos nos referindo à parte criminal, razão pela qual não apresentamos dentre as justificativas, os reflexos na prescrição da pretensão punitiva.

Quesito 3. Em que imóvel onde está inserida a área degradada/alterada? Descreva, indicando: a) Se o imóvel é público; b) Se o imóvel é privado, indicando seu nome, proprietário e seu endereço urbano, se houver; c) Indeterminado, por não ser possível a identificação desses aspectos.	A natureza pública ou privada da área poderá interferir, dentre outros: a) Na responsabilização do ente, solidariamente aos particulares causadores do dano, se o caso; b) Caracterização de indícios de ocupação irregular; c) Definição de critérios diferenciados para proteção, uso e ocupação; d) Definição de qual ente estabelecerá orientações e normas técnicas para elaboração de PRAD em área de uso alternativo do solo; e) No êxito de execução e custo do PRAD; f) No montante do passivo ambiental; **g) No cálculo da valoração do dano.**
DOMINIALIDADE DO IMÓVEL	
Quesito	**Justificativas**
Quesito 4. Domínio da terra (área) degradada/alterada se refere a qual ente federativo? Descreva, indicando: a) Se o imóvel é Federal; b) Se o imóvel é Estadual; c) Se o imóvel é Municipal; d) Se o imóvel é Distrital.	A definição da dominialidade da área, poderá interferir, dentre outros: a) Na determinação de qual ente é responsável pelo processo autorizativo de supressão ou processo de licenciamento, se for o caso. b) Na responsabilização do ente, solidariamente aos particulares causadores do dano, se o caso; c) Caracterização de indícios de ocupação irregular; d) Na definição de critérios diferenciados para proteção, uso e ocupação; e) Na definição de qual ente estabelecerá orientações e normas técnicas para elaboração de PRAD em área de uso alternativo do solo; f) No êxito de execução e custo do PRAD; g) No montante do passivo ambiental; **h) No cálculo da valoração do dano.**
MUNICÍPIO	
Quesito(s)	**Justificativas**

Quesito 5. Em qual Município está localizada a área Degradada/Alterada?	A definição do Município onde se encontra a área Degradada/Alterada poderá interferir, dentre outros: a) Na definição do módulo fiscal; b) Na classificação da propriedade como pequena propriedade ou posse rural familiar (V e § único do art. 3º da Lei nº 12.651/2012) - altera uso permitido da propriedade; c) Na determinação de qual ente é responsável pelo processo autorizativo de supressão ou processo de licenciamento, se for o caso; d) Na responsabilização do ente, solidariamente aos particulares causadores do dano, se o caso; e) Na caracterização de indícios de ocupação irregular; f) Definição de critérios diferenciados para proteção, uso e ocupação; g) Na definição de qual ente estabelecerá orientações e normas técnicas para elaboração de PRAD em área de uso alternativo do solo; h) No êxito de execução e custo do PRAD; i) No montante do passivo ambiental; **j) No cálculo da valoração do dano.**
POLÍGONO, COORDENADAS E DIMENSÃO	
Quesito(s)	**Justificativas**
Quesito 6. Qual a localização geográfica, descrição, dimensões e confrontações da Área Degradada/Alterada? Indicar, ainda, pontos de referência conhecidos pelas adjacências. **Quesito 6.1.** Qual a extensão total da área desmatada (em hectares ou metros quadrados)? **Quesito 6.2.** Se possível, indicar a área total da propriedade onde ocorreu o desmatamento; *OBS.: os laudos deverão ser instruídos com imagens de satélite da melhor resolução possível, e com histórico retroativo para melhor precisão da época da degradação.	A definição precisa das coordenadas geográficas da área degradada ou alterada, poderá interferir, dentre outros: a) Na caracterização e delimitação temporal do passivo, via sensoriamento remoto; b) No acompanhamento da evolução da recuperação ou desrespeito a eventuais embargos; c) Criação ou no aumento do efeito de borda e Perda de Conectividade, em vista da fragmentação d) Ao fragmentar a paisagem a supressão cria bordas com características ecológicas distintas. e) Na maior ou menor velocidade da recuperação da área. f) No êxito de execução e custo do PRAD; g) No montante do passivo ambiental; **h) No cálculo da valoração do dano.**
SITUAÇÃO CADASTRAL RURAL	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 7. O imóvel possui CAR – Cadastro Ambiental Rural? Sim? Não? **7.1.** O imóvel possui reserva legal (RL) averbada na matrícula do imóvel em Cartório, com a identificação do perímetro e localização da RL? Sim? Não? *OBS.: 1) O CAR deve ser um dos documentos a serem exigidos para comprovação de regularidade - Art. 34, IN Conjunta nº 2/2020. 2) O artigo 30 da Lei nº 12.651/2012, desobriga a declaração do CAR no caso de RL averbada na matrícula do imóvel, se esta identificar o perímetro e localização da reserva, devendo ser apresentada ao órgão ambiental a certidão onde conste a averbação ou termo de compromisso de averbação para o caso de posse.	A existência ou não de CAR, poderá interferir no seguistes aspectos, dentre outros: a) Na delimitação da RL e APP - recuperação da área degradada por proteção legal (APP e RL); b) No uso alternativo do solo, IBAMA não pode embargar (vide: § 4º, art. 31 e art. 34 da IN Conjunta nº 2/2020); c) No processo erosivo do solo; **d) No cálculo da valoração do dano.**
BIOMA	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 8. Qual o Bioma atingido pelo dano? (Pampa, Mata Atlântica, Cerrado, Pantanal Caatinga e Amazônico).	A identificação do bioma atingido pelo dano, poderá interferir no seguistes aspectos, dentre outros: a) Na aplicação da lei, visto haver restrição legal de uso específica no bioma Mata Atlântica; b) A compensação de Reserva Legal só poderá ocorrer no mesmo bioma; c) A Cota de Reserva Ambiental – CRA só pode ser utilizada no mesmo bioma ao qual está vinculado; d) O tamanho da Reserva Legal – RL pode variar conforme o bioma Cerrado.
FITOFISIONOMIA	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 9: Qual a Fitofisionomia da vegetação atingida pelo dano? Indicar qual (ombrófila, restinga, ou demais ecossistemas associados à Mata Atlântica).	A fitofisionomia atingida pelo dano poderá interferir, dentre outros: a) Na Mata Atlântica: Há restrição de intervenção baseado no estágio sucessional: - estádio inicial: - estádio médio: - estádio avançado: b) Na possibilidade ou não de regularização via compensação ecológica da ilegalmente área suprimida – art. 5º, c.c. art. 17, da Lei nº 11.428/06; c) Pode se caracterizar como um fator agravante; d) No êxito de execução e custo do PRAD; e) No montante do passivo ambiental; **f) No cálculo da valoração do dano.**
ESTÁGIO SUCESSIONAL	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 10. Qual o estágio sucessional da vegetação atingida pela supressão/queimada? Descrever, indicando: **Quesito 10.1.** Qual o estádio de desenvolvimento da vegetação a) Capoeira; b) Vegetação Primária; c) Vegetação em estágio secundário inicial de regeneração; d) Vegetação em estágio secundário médio de regeneração; e) Vegetação em estágio secundário avançado de regeneração; **Quesito 10.2.** Se possível, indicar o porte (altura) da floresta atingida; **Quesito 10.3.** Se possível, indicar o porte (altura) da floresta remanescente no entorno da área atingida; **Quesito 10.4**. Se possível, indicar o diâmetro das árvores da floresta atingida (DAP); **Quesito 10.5.** Se possível, indicar o diâmetro das árvores da floresta remanescente no entorno da área atingida (DAP); **Quesito 10.6.** Se possível, indicar a circunferência das árvores da floresta remanescente no entorno da área atingida (CAP).	O estádio sucessional da vegetação suprimida/queimada poderá intervir, dentre outros: a) Na Mata Atlântica: Há restrição de intervenção baseado no estágio sucessional: - estádio inicial: - estádio médio: - estádio avançado: b) Na possibilidade ou não de regularização via compensação ecológica da ilegalmente área suprimida – art. 5º, c.c. art. 17, da Lei nº 11.428/06; c) É um fator agravante; d) No êxito de execução e custo do PRAD; e) No montante do passivo ambiental; **f) No cálculo da valoração do dano.**
PRESENÇA DE ESPÉCIES AMEAÇADAS OU IMUNES AO CORTE	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 11. A supressão/queimada de vegetação ilegal ocorreu em área de ocorrência de espécimes: a) Raras, constantes em lista oficial, ainda que ocorra somente no local da infração? b) Ameaçadas de extinção, constantes em lista oficial, ainda que ocorra somente no local da infração? Espécies vegetais imunes de corte ou áreas de domínio da Mata Atlântica? **Quesito 11. 1.** Responda, indicando: a) Sim? Indique quais, podendo haver explicações ou justificativas complementares; b) Não. **Quesito 11.2.** Houve algum dano afetando Unidade de Conservação de Proteção Integral ou de Uso Sustentável?	A existência na área degradada, de espécies ameaçadas de extinção, raras, imunes ao corte ou protegidas por Lei, poderá intervir, dentre outros: a) Na diminuição do fluxo gênico entre estas, prejudicando a capacidade dessa vegetação reagir a ameaças; b) No maior comprometimento da biodiversidade de flora e fauna; c) No êxito de execução e custo do PRAD; d) No montante do passivo ambiental; **e) No cálculo da valoração do dano.**
CORPOS HÍDRICOS E ÁREAS ÚMIDAS	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 12. É possível a caracterização no local, de danos a corpo(s) hídrico(s) e áreas úmidas? Descrever, indicando: a) Nascente(s): Diâmetro - Indicar a dimensão estimada em m²; b) Trechos de cursos d'água (rios, igarapés, córregos, riachos, arroios. Indicar largura/dimensão média estimada em m²; c) Lagos, lagoas naturais. Indicar a dimensão estimada em m²; d) Veredas: Indicar a dimensão média estimada em m²; e) Áreas úmidas (pântanos, charcos etc.): Indicar a dimensão média estimada em m²; f) Não houve constatação na área durante a vistoria; g) Não foi possível verificar.	A caracterização de impactos em corpo(s) hídrico(s)s e áreas úmidas no local, podem intervir, dentre outros: a) No carreamento de resíduos sólidos; b) No assoreamento; c) Na poluição hídrica (agroquímicos); d) No processo erosivo do solo; e) No escorrimento superficial; f) Na compactação e permeabilidade dos solos; g) No montante do passivo ambiental; **h) No cálculo da valoração do dano.**
PROTEÇÃO LEGAL DA ÁREA	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 13. O desmatamento/queimada causou e/ou vem causando danos diretos ou indiretos à área, espaço territorial especialmente protegido, assim entendido como: a) Qualquer unidade de conservação (Lei Federal nº 9.985/2000); b) Área de preservação permanente (Lei Federal nº 12.651/2012). Descrever, neste caso: b.1. Há comprometimento de floresta (mata) ciliar? b.2. Qual a condição topográfica da área afetada? b.3. As áreas de preservação permanente são mantidas ou reabilitadas? Há evidências de tais procedimentos? b.4. Há comprometimento de vereda. c) Reserva legal obrigatória (Lei Federal nº 12.651/2012), esclarecendo: c.1. A RL foi estabelecida efetivamente; c.2. As áreas de reserva legal são mantidas ou reabilitadas? Há evidências de tais procedimentos? d) Outra(s) área(s) descrita(s) na legislação federal, estadual ou municipal vigente? Especificar. (ex.: ZPV – Zona de Proteção Visual, APR: Área de Proteção Rigorosa, dentre outros). *OBS.: Se possível, delimitar APP e RL, e caracterizar danos nos limites estabelecidos na Lei nº 12.651/2012 ou Lei nº 11.428/2006.	As características dos aspectos visuais do recobrimento do solo, interferir, dentre outros: a) Possibilidade de regularização da área; b) Compensação ambiental; c) Inserção de outro órgão no processo de recuperação (ICMBio; FUNAI); d) No custo de PRAD; e) No montante do passivo ambiental; f) Na dimensão dos danos socioambientais (Indígenas, comunidades quilombolas etc.); **g) No cálculo da valoração do dano.**
RESERVATÓRIOS ARTIFICIAIS	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 14. Foi detectada a presença de reservatórios artificiais na área afetada? Responder, identificando: a) Sim (açude, represa, cacimba, barragem de captação etc.). Quais as dimensões estimadas? (m^2). b) Não	A presença de reservatórios artificiais na área afetada, poderá interferir, dentre outros: a) No carreamento de resíduos sólidos; b) No assoreamento; c) Na poluição hídrica (agroquímicos); d) No processo erosivo na área degradada no entorno do reservatório (carreamento de sólidos); e) No escorrimento superficial; f) No montante do passivo ambiental; **g) No cálculo da valoração do dano.**
TIPO DE EXPLORAÇÃO	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 15. Qual a finalidade do desmatamento/queimada (o tipo de exploração)? Responder indicando se está sendo desenvolvida alguma atividade econômica na área desmatada, a saber: a) Atividade de exploração de madeira. Informar se a ação caracterizou corte raso ou corte seletivo; b) Atividade de agricultura; c) Atividade de silvicultura d) Atividade de pastoreio; e) Atividade de mineração; f) Atividade de corte seletivo de madeira; g) Atividade de exploração de madeira para produção de carvão, esclarecendo se a finalidade é industrial, energética ou qualquer outro fim; h) Atividade de criação de animais; i) Ocorrências de exploração ilegal de madeira; j) Outros; k) Não. **Quesito 15.1.** É possível constatar-se se o responsável pelo dano auferiu vantagem econômica com a exploração da lenha ou de outros produtos vegetais extraídos irregularmente? Em caso positivo, qual o valor aproximado da vantagem, em pecúnia? Tecer outras considerações que entender pertinentes. **Quesito 15.2.** Na hipótese "a", em caso de corte seletivo, informar: a) Qual o número de árvores cortadas (com diâmetro da base superior a 10 cm); b) Se existe identificação das espécies cortadas; c) Se o desmatamento produziu toras ou somente lenha, e caso tenha produzido toras, indicar a espécie, o diâmetro (das duas extremidades) e o comprimento destas; d) Se existe identificação das espécies atingidas e/ou remanescentes no entorno. **Quesito 15.3.** Na hipótese "k", esclarecer se a madeira apreendida foi utilizada para consumo próprio na propriedade rural do produtor. **Quesito 15.4.** Houve Impedimento de regeneração?	A finalidade visada pelo infrator, pode interferir: a) No êxito de execução e custo do PRAD; b) No montante do passivo ambiental; **c) No cálculo da valoração do dano.**
ANIMAIS DE CRIAÇÃO	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 16. No momento da fiscalização, foi possível observar a presença de animais de criação na área? Sim? Não? **Quesito 16.1.** Em caso afirmativo, especificar se os animais se referiam a: a) Criação extensiva – corte ou leite; b) Criação de Subsistência. **Quesito 16.2**. Em caso negativo, foi possível observar pegadas/pisoteio de animais de criação na área, de modo a indicar o seu uso?	A presença de animais na área, poderá interferir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa; b) Na matéria orgânica (MO) no solo; c) Na fertilidade do solo; d) No carreamento de sólidos; e) No escoamento superficial de água de chuva, com escoamento/carreamento de sólidos/matérias para lençóis freáticos; f) Na compactação e permeabilidade dos solos (pisoteio e sobrepastejo); g) No êxito e custo de restauração da área, afetando o custo do PRAD. h) No montante do passivo ambiental; i) Na sinalização do poder aquisitivo do infrator; **j) No cálculo da valoração do dano.**
USO DE FOGO	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 17. Há evidências de incêndio? Em que grau de extensão? a) Sim; b) Não; c) Não foi possível verificar. **Quesito 17.1**. Considerando uma probabilidade estatística de susceptibilidade a incêndio natural, nesta área e no mesmo período, pode-se inferir sobre a possibilidade de incêndio provocado?	A ocorrência de fogo na área, pode interferir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa; b) Na matéria orgânica (MO) no solo; c) Na atividade microbiológica do solo; d) Na viabilidade do banco de sementes, na fauna e, consequentemente, na resiliência da área degradada/alterada; e) No pH do solo; f) No processo erosivo do solo; g) No escorrimento superficial. h) Nas características de fertilidade e disponibilidade de nutrientes no solo; i) Na compactação e permeabilidade dos solos; j) No desenvolvimento radicular; k) No êxito de execução e custo do PRAD; l) No montante do passivo ambiental; **m) No cálculo da valoração do dano.**
MAQUINÁRIOS	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 18. Foram encontrados de equipamentos/maquinário no local? a) Sim. Descreva. b) Não.	A existência de materiais, equipamentos ou maquinários no local da abordagem, pode influenciar, dentre outros: a) No tipo de exploração/desmatamento realizado; b) No êxito de execução e custo do PRAD; c) No montante do passivo ambiental; **d) No cálculo da valoração.**
EXPOSIÇÃO DE SOLO	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 19. A atividade de desmatamento e alteração da área, resultou em solo exposto? a) Sim, predominantemente; b) Sim, parcialmente; c) Não.	As características de solo exposto, pode interferir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa; b) Na quantidade matéria orgânica (MO) no solo; c) Na atividade microbiológica do solo; d) Na viabilidade do banco de sementes, na fauna e, consequentemente, na resiliência da área degradada/alterada; e) No pH do solo; f) No processo erosivo do solo; g) No escorrimento superficial - lixiviação; h) No processo de desertificação do solo; i) Nas características de fertilidade e disponibilidade de nutrientes no solo; j) Na compactação e permeabilidade dos solos; k) No desenvolvimento radicular; l) No êxito de execução e custo do PRAD; m) No montante do passivo ambiental; **n) No cálculo da valoração do dano.**
DESTOCA	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 20. Houve atividade de destoca na área? Sim? Não? Parcialmente? Justifique.	As características de destoca, pode intervir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa; b) Na matéria orgânica (MO) no solo; c) Na atividade microbiológica do solo; d) Na viabilidade do banco de sementes, na fauna e, consequentemente, na resiliência da área degradada/alterada; e) No pH do solo; f) No processo erosivo do solo; g) No escorrimento superficial; h) nas características de fertilidade e disponibilidade de nutrientes no solo; i) Na compactação e permeabilidade dos solos; j) No desenvolvimento radicular; k) No êxito de execução e custo do PRAD; l) No montante do passivo ambiental; **m) No cálculo da valoração do dano.**
ALTERAÇÃO DO SOLO	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 21. Houve alteração da camada superficial do solo? Responda, informando: a) Sim, predominantemente: houve alteração por aterro/remoção de solo de toda a área. b) Sim, parcialmente: houve alteração por queima, preparo do solo ou aterro/remoção de solo da maioria da área. c) Não: não houve alteração perceptível preparo do solo ou aterro/remoção de solo. - Ex.: Atividades agropecuárias, garimpo, obras de engenharia civil etc.	As características dos aspectos visuais do recobrimento do solo, interferir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa; b) Na matéria orgânica (MO) no solo; c) Na atividade microbiológica do solo; d) Na viabilidade do banco de sementes, na fauna e, consequentemente, na resiliência da área degradada/aalterada; e) No pH do solo; f) No processo erosivo do solo; g) No escorrimento superficial; h) nas características de fertilidade e disponibilidade de nutrientes no solo; i) Na compactação e permeabilidade dos solos; j) No desenvolvimento radicular; k) No êxito de execução e custo do PRAD; l) No montante do passivo ambiental; **m) No cálculo da valoração do dano.**
ENLEIRAMENTO	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 22. Houve a prática de enleiramento? Sim? Não? Parcialmente? Justifique.	A prática de enleiramento pode interferir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa do solo; b) na matéria orgânica (MO) no solo; c) No processo erosivo do solo; d) No escorrimento superficial; e) Na compactação e permeabilidade dos solos; f) No desenvolvimento radicular; g) No êxito de execução e custo do PRAD; h) No montante do passivo ambiental; **i) No cálculo da valoração do dano.**
LIMPEZA DA ÁREA	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 23. Houve a prática de alguma limpeza da Área? Sim? Não? Descreva, indicando (se o caso, indicar mais de um item): a) Arraste; b) Uso de fogo para queima de biomassa.	A ocorrência de limpeza da área, pode interferir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa; b) na matéria orgânica (MO) no solo; c) No processo erosivo do solo; d) No escorrimento superficial; e) Na compactação e permeabilidade dos solos; f) No desenvolvimento radicular; g) No êxito de execução e custo do PRAD; h) No montante do passivo ambiental; **i) No cálculo da valoração do dano.**
PREPARO FÍSICO DO SOLO	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 24. Houve alguma ação de preparo físico do solo (subsolagem, aração e gradagem)? Descreva, indicando: a) Sim, houve preparo; b) Não, não houve preparo; c) Não foi possível verificar.	As ações de preparo físico do solo, podem interferir, dentre outros: a) No processo erosivo do solo; b) No escorrimento superficial; c) Na compactação e permeabilidade dos solos; d) No desenvolvimento radicular; e) No êxito de execução e custo do PRAD; f) No montante do passivo ambiental; **g) No cálculo da valoração do dano.**
PREPARO QUÍMICO DO SOLO	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 25. Houve alguma ação de preparo químico do solo (correção de acidez, adubação química)? Descreva, indicando: a) Sim, houve preparo; b) Não, não houve preparo; c) Não foi possível verificar.	As ações de preparo físico do solo, podem interferir, dentre outros: a) No PH do solo; b) Nos nutrientes e fertilidade do solo; c) Nas características da microbiota do solo; d) Na eutrofização de cursos d'água e barragens próximos; e) No desenvolvimento radicular; f) No êxito de execução e custo do PRAD; g) No montante do passivo ambiental; **h) No cálculo da valoração do dano.**
RECOBRIMENTO DO SOLO	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 26. Quais as características da cobertura do solo com vegetação na área degradada/alterada no momento da ação fiscalizatória (aspectos visuais do recobrimento do solo por vegetação)? Descreva, indicando: a) Presença de Vegetação nativa alterada com presença predominante de espécies regenerantes nativas (capoeira, indivíduos arbóreo/arbustivos de forma espaçada, plântulas); b) Presença de Vegetação nativa degradada com presença predominante de espécies regenerantes nativas (capoeira, plântulas, estágio inicial de regeneração); c) Presença de vegetação nativa regenerante conjuntamente à presença de espécies exóticas, inclusive invasoras (ex. pasto sujo); d) Implantação de cultura agrícola, pastagem, silvicultura ou atividades de subsistência em parte (≤50%) da área degradada/alterada; e) Implantação de cultura agrícola, pastagem, silvicultura ou atividades de subsistência na maior parte (≥50%) da área degradada/alterada; f) Sem vegetação.	As características dos aspectos visuais do recobrimento do solo, interferir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa; b) Na matéria orgânica (MO) no solo; c) No processo erosivo do solo; d) No escoamento superficial; e) Nos processos de recarga hídrica; f) Na compactação e permeabilidade dos solos; g) No desenvolvimento radicular; h) No êxito de execução e custo do PRAD; i) No montante do passivo ambiental; **j) No cálculo da valoração do dano.**
PROCESSOS EROSIVOS	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 27. Foi observada na área, processos erosivos decorrentes da supressão de vegetação? Sim? Não? **Quesito 27.1**. Em caso afirmativo, especificar qual o tipo de processo erosivo ocorrido: a) Laminar; b) Ravinar; c) Voçoroca; d) Eólica – ex. restinga; e) Não foi possível classificar. *OBS.: Na hipótese do item “e”, ainda que o agente não consiga diferenciar o tipo de processo erosivo, deverá descrever sua ocorrência.	A existência de processos erosivos, poderá interferir, dentre outros: a) Na quantidade de biomassa; b) Na matéria orgânica (MO) no solo; c) Na fertilidade do solo; d) No carreamento de sólidos; e) No escoamento superficial; f) Nos processos de recarga hídrica; g) Na compactação e permeabilidade dos solos; h) Na formação das nas dunas e praias; i) No êxito e custo de restauração da área, afetando o custo do PRAD; j) No montante do passivo ambiental; **k) No cálculo da valoração do dano.**
QUESITOS SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS	
Quesito	**Justificativa**

Quesito 28. Em razão da ação antrópica perpetrada pelos Requerentes no meio ambiente local, houve a liberação de gases de efeito estufa, gasosos, naturais ou antrópicos, na atmosfera, de modo a acarretar a absorção ou reemissão de radiação infravermelha? **Quesito 28.1.** Caso afirmativo, a liberação de gases de efeito estufa acarretaram ou podem vir a acarretar efeitos ambientais adversos, a exemplo de mudanças no meio físico ou biota de maneira a acarretar efeitos deletérios significativos sobre: a) composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais e manejados? b) sobre o funcionamento de sistemas socioeconômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humanos, no ambiente local, regional ou mesmo macrorregional? c) Explique. **Quesito 28.2.** Caso afirmativo, qual a fonte de liberação destes gases de efeito estufa e, portanto, destes efeitos ambientais adversos? **Quesito 28.3.** É possível avaliar o grau de vulnerabilidade ambiental do meio ambiente degradado com respeito à eventual emissão de gases de efeito estufa e aos efeitos ambientais adversos que, porventura, tenham sido acarretados? **Quesito 28.4.** Quais os efeitos (impactos) ambientais adversos, sociais e econômicos ocasionados por conta da emissão de gases de efeito estufa? **Quesito 28.5.** Qual o valor econômico dos danos ambientais associados a estes efeitos adversos? **Quesito 28.6.** Quais seriam as medidas de adaptação e mitigação destes efeitos ambientais adversos? **Quesito 28.7.** É possível recomendar medidas visando ao fortalecimento das remoções antrópicas por sumidouros dos gases de efeito estufa liberados no local: a) Visando à preservação, à conservação e à recuperação dos recursos ambientais, com particular atenção aos grandes biomas naturais tidos como Patrimônio Nacional? b) Visando à consolidação e à expansão das áreas legalmente protegidas e ao incentivo aos reflorestamentos e à recomposição da cobertura vegetal em áreas degradadas. Visando ao estímulo ao desenvolvimento do Mercado Brasileiro de Redução de Emissões – MBRE? c) Visando, por fim, o desenvolvimento sustentável, o crescimento econômico, a erradicação da pobreza e a redução das desigualdades sociais?	A determinação do tipo de dano ocorrido, poderá repercutir, dentre outros: a) Na aceleração do aquecimento global, com alteração do microclima local, regional ou global – aquecimento global, em vista da liberação de quantidades significativas e cumulativas de fases de defeito estufa na atmosfera; b) Na alteração dos padrões de precipitação, em vista; c) Na delimitação do local (in situ, ex situ) e abrangência do dano; d) Em mudanças no meio físico ou biota de maneira a acarretar efeitos deletérios significativos sobre a composição, resiliência ou produtividade de ecossistemas naturais e manejados; e) Em mudanças no meio físico ou biota de maneira a acarretar efeitos deletérios significativos sobre o funcionamento de sistemas socioeconômicos ou sobre a saúde e o bem-estar humanos, no ambiente local, regional ou macrorregional. f) No montante do passivo ambiental; **g) No cálculo da valoração do dano.**

ECOLOGIA DA PAISAGEM	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 29. O desmatamento ocorreu no interior, na zona de amortecimento ou nas proximidades de unidade de conservação? Em caso afirmativo, indicar a categoria da unidade. **Quesito 29.1.** Qual o tamanho da área impactada pelo dano? **Quesito 29.2.** A área impactada pelo dano, é um fragmento isolado, ou se liga através de corredor a outros fragmentos florestais? **Quesito 29.3.** Qual a matriz de entorno da área impactada pelo dano? **Quesito 29.4.** É possível verificar a presença de ninhos e tocas na vegetação de entorno da área degradada?	A localização do dano na paisagem; a matriz de entorno do maciço florestal; a maior ou menor fragmentação de florestas; e distanciamento, desconexão e isolamento de maciços florestais, pode interferir, dentre outros: a) Na conectividade e características de integridade da paisagem, comprometendo o fluxo gênico de biodiversidade em virtude da fragmentação, impedindo ou dificultando a dispersão e movimentação das espécies; b) Na população viável mínima, tornando a área inviável para conservação, que tenderá ao colapso genético e populacional; c) No aumento da probabilidade de extinção de espécies vegetais e animais de florestas; d) Na capacidade da área alterada/degradada de se recuperar ambientalmente; e) Na criação ou aumento do efeito de borda, resultando em características ecológicas distintas e empobrecidas; f) No maior risco de espécies invasoras; g) No risco de extinção in situ – o desmatamento e a fragmentação promovem a perda/alteração de habitat, principais causas conhecidas de extinção não aleatória; h) Na presença de bancos de sementes, bem como na maior ou menor presença de agentes dispersores (vide observação abaixo); i) No montante do passivo ambiental; **j) No cálculo da valoração do dano.** *OBS.: A presença de ninhos e tocas no entorno da área degradada é de salutar importância, pois os animais são responsáveis pela dispersão de sementes de grande parte das espécies vegetais do Bioma Mata Atlântica – são, portanto, Zoocóricas. (MARTIGNAGO, 2017).

DEMAIS RISCOS E DANOS AMBIENTAIS	
Quesito	**Justificativa**
Quesito 30. Quais os demais riscos e danos ambientais ocasionados, direta e indiretamente, aos meios físico (solo, ar e água), biótico (flora e fauna) e antrópico, em decorrência do desmatamento/queimada? *OBS.: Especificar se houve diminuição de águas naturais, erosão do solo ou modificação do regime climático e danos a quaisquer outros serviços ambientais afetados pela atividade.	Os demais riscos e danos ambientais ocasionados, direta ou indiretamente aos meios físicos, bióticos e antrópicos deverão ser narrados de forma complementar à quesitação acima, e poderá ter repercussão em todas as variáveis acima já descritas. Dentre outros: a) Risco à segurança alimentar - áreas com mais cobertura florestal tendem a ter segurança alimentar superior em comparação com áreas com menos. A supressão de vegetação além do limitar de conservação cria externalidades que impactam negativamente a produção de alimentos. b) Abandono de Terras - por diminuição de potencial extrativista; prejudica os meios de subsistência locais, potencialmente expulsando os povos da floresta/tradicionais de suas terras. Gentrificação em áreas Turísticas c) Deslizamentos de terra - A retirada da cobertura vegetal potencializa a possibilidade de deslizamentos em encostas. d) Devasta a pesca de água doce e costeira - Por efeitos de assoreamento dos rios que carregam grandes quantidades de sedimentos para o oceano e perda de berçários em áreas de manguezais e) Perdas de: áreas de extrativismo, locais de culto religiosos. f) Quebra de laços culturais e espirituais entre as pessoas e as florestas, incluindo a perda do conhecimento tradicional sobre o valor das florestas. g) Fragmentação" de Comunidades Tradicionais, por diminuição de potencial extrativista, zonas de grandes monoculturas geram desconexão cultural h) Escoamento de pesticidas e herbicidas em águas pluviais para os rios i) Sufocamento de recifes de coral e poluir as áreas de reprodução de baleias, por eventos de assoreamento e diminuição do solo/ vegetação como filtro natural de poluentes como agroquímicos. j) Perda de Produtividade. **k) No cálculo do valor do dano.**

QUESITOS VALORATIVOS GERAIS
Quesito 31. As áreas direta e/ou indiretamente afetadas (degradadas) são passíveis de comportar recuperação ambiental (física e biológica)? Com que qualidade? Explique.
Quesito 31.1. Em caso afirmativo, quais as medidas devem ser adotadas para viabilizar a recuperação do meio ambiente? A descrição das medidas deve abranger, no mínimo:
a) projeto/cronograma a ser executado;
b) a exigência de apresentação de profissional qualificado, com recolhimento e anotação de ART;
c) a possibilidade de condução da regeneração natural da área, apenas com seu isolamento físico (instalação de cercamentos ou outros, em hipóteses em que não houve comprometimento do banco de sementes)
d) em sendo insuficiente a hipótese "c", informar acerca das medidas necessárias à condução da regeneração (preparo da terra, plantio de essências nativas em caráter heterogêneo, respeitada biodiversidade local, trato cultural, substituição de espécies perdidas por prazo razoável inclusive após findos os serviços etc.).
Quesito 31.2. Nas hipóteses acima, apresentar estimativa de valor do projeto executivo a ser realizado, bem como demais medidas necessárias para custear a reparação dos danos mencionados (expor o processo utilizado para o cálculo).
Quesito 31.3 Caso seja impossível uma reparação – parcial ou total – significativa das condições anteriores, informar quais as medidas de cunho compensatório podem ser adotadas, nos seguintes aspectos:
a) Revegetação;
b) Medidas e obras de controle de erosão;
c) Outras.
Quesito 31.4. Na eventual hipótese de restar tecnicamente impossível a recuperação – parcial ou total – das áreas degradadas, apresentar estimativa de valoração monetária dos danos ambientais direta ou indiretamente causados. Justificar, expondo o método de valorativo escolhido. Considerar o lapso temporal entre a ocorrência do dano e o tempo necessário para a recomposição dos serviços ambientais afetados (valoração do dano).
Quesito 31.5. Tecer outras considerações eventualmente necessárias.
QUESITOS COMPLEMENTARES
Quesito 32. Tecer outras considerações eventualmente necessárias.

8.2. Quesitos Periciais – Responsabilidade Penal – Danos contra a Flora - Lei nº 9.605/98

A responsabilidade no âmbito penal é a última *ratio* de que se vale o Estado para coibir as ações que contariam o ordenamento jurídico, sob a forma do cometimento de crime ou de contravenção, assim tipificados na forma definida em lei.

Embora comumente não se tem observado nos laudos realizados pelos órgãos periciais de Estado, o cálculo do valor econômico do dano ambiental, esta medida é oportuna para uma adequada *persecutio criminis* e encontra respaldo legal expressado pelo art. 19 da Lei nº 9.605/98, ao prever que "A perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa."

Além de servir, de forma imediata, de balizamento de forma mais técnica e proporcional ao cálculo de fianças e multas, o art. 20 da Lei nº 9.605/98, estabelece ainda que:

> "Art. 20. A sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente".

E segue-se em seu parágrafo único:

> "Parágrafo único. Transitada em julgado a sentença condenatória, a execução poderá efetuar-se pelo valor fixado nos termos do caput, sem prejuízo da liquidação para apuração do dano efetivamente sofrido".

Observe-se, portanto, e conforme Magliano (2013), que o laudo produzido pela perícia ambiental deve descrever, quantificar, caracterizar e, sempre que necessário, valorar economicamente o crime ambiental. Sua importância repercute tanto na fase inquisitorial, fornecendo parâmetros para a fixação de fianças e multa, como na fase derradeira da *persecutio criminis*, permitindo a fixação de valores mínimos de

reparação do dano por ocasião da sentença. O autor ainda prossegue ensinando que a falta de metodologias de valoração consagradas no meio forense, tem servido de justificativa para a não valoração e a ausência de uniformidade entre as metodologias utilizadas, o que conduz a controvérsias e dúvidas que muitas vezes comprometem ou amesquinham a gravidade dos danos, comprometendo a eficiência da persecução penal.

Com o escopo de contribuir com a elaboração dos laudos quando das perícias, com uma mais acurada descrição e caracterização do fato e permitindo alçar-se à quantificação e valoração dos danos ambientais, abaixo elaboramos, a título sugestivo, um rol de quesitos a serem dirigidos aos órgãos encarregados de sua elaboração.

8.2.1. Sugestão de quesitação

Quadro 6 – Quesitos para caracterização da responsabilidade penal por danos à flora

TIPOS PENAIS	QUESITOS
Art. 38. Destruir ou danificar floresta considerada de preservação permanente, mesmo que em formação, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção: **Pena** - detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente. **Parágrafo único.** Se o crime for culposo, a pena será reduzida à metade.	**Quesito 1.** O agente destruiu ou danificou floresta considerada de preservação permanente ou mesmo em formação? **Quesito 1.2.** Qual a forma utilizada para a destruição ou o dano? **Quesito 1.3.** O agente utilizou floresta considerada de preservação permanente, mesmo que em formação, com infringência das normas de proteção? Neste caso, em que se consistiu na infringência, e quais as normas de proteção infringidas? Explique. **Quesito 2.** No caso de desmatamento, este foi feito com emprego de motosserra? **Quesito 2.1**. Havia licença ou registro da motosserra, perante a autoridade competente para tanto? **Quesito 3.** O crime foi praticado com finalidade de lucro? **Quesito 3.1.** No caso de exploração com finalidade econômica (lucro), como esta era praticada? É possível identificar os destinatários/envolvidos? **Quesito 4.** Qual a localização geográfica da área destruída ou danificada? **Quesito 4.1.** Qual a extensão da área destruída ou danificada? **Quesito 4.2.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) a área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal; **Quesito 5.** Qual a estimativa, em medida adequada (m³ ou outro), do material explorado? **Quesito 5.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 6.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 6.1**. Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 6.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?

Art. 38-A. Destruir ou danificar vegetação primária ou secundária, em estágio avançado ou médio de regeneração, do Bioma Mata Atlântica, ou utilizá-la com infringência das normas de proteção: **Pena -** detenção, de 1 (um) a 3 (três) anos, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente. **Parágrafo único**. Se o crime for culposo, a pena será reduzida à metade.	**Quesito 1.** O agente destruiu ou danificou vegetação primária ou secundária de regeneração do Bioma Mata Atlântica? **Quesito 1.1.** Qual a tipologia (fitofisionomia) da vegetação atingida (ombrófila, restinga ou ecossistema associado)? **Quesito 1.2.** Em se tratando de vegetação secundária, qual o estádio sucessional de regeneração da vegetação atingida? **Quesito 1.3.** Qual a forma utilizada para a destruição ou o dano? **Quesito 2.** O agente utilizou vegetação primária ou secundária, em estágio avançado ou médio de regeneração, com infringência das normas de proteção? **Quesito 2.1.** Neste caso, em que se consistiu na infringência, e quais as normas de proteção infringidas? Explique. **Quesito 3.** No caso de desmatamento, este foi feito com emprego de motosserra? **Quesito 3.1**. Havia licença ou registro do motosserra, perante a autoridade competente para tanto? **Quesito 4.** O crime foi praticado com finalidade de lucro? **Quesito 4.1.** No caso de exploração com finalidade econômica (lucro), como esta era praticada? É possível identificar os destinatários/envolvidos? **Quesito 5.** Qual a localização geográfica da área destruída ou danificada? **Quesito 5.1.** Qual a extensão da área destruída ou danificada? **Quesito 5.2.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) a área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal; **Quesito 6.** Qual a estimativa, em medida adequada (m³ ou outro), do material explorado? **Quesito 6.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 7.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 7.1**. Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 7.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?
Art. 39. Cortar árvores em floresta considerada de preservação permanente, sem permissão da autoridade competente: **Pena -** detenção, de um a três anos, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente.	**Quesito 1.** O agente cortou árvores em área de preservação permanente? **Quesito 2.** Qual a localização geográfica da área periciada? **Quesito 3.** Qual a quantidade das árvores suprimidas? **Quesito 4.** No caso de desmatamento, este foi feito com emprego de motosserra? **Quesito 4.1.** Havia licença ou registro do motosserra, perante a autoridade competente para tanto? **Quesito 5.** O crime foi praticado com finalidade de lucro? **Quesito 5.1.** No caso de exploração com finalidade econômica (lucro), como esta era praticada? É possível identificar os destinatários/envolvidos? **Quesito 6.** Qual a estimativa, em medida adequada (m³ ou outro), do material explorado? **Quesito 6.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 7.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 7.1**. Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 7.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?

Art. 40. Causar dano direto ou indireto às Unidades de Conservação e demais áreas normativamente protegidas, , independentemente de sua localização: **Pena** - reclusão, de um a cinco anos. **§ 1º** Entende-se por Unidades de Conservação de Proteção Integral as Estações Ecológicas, as Reservas Biológicas, os Parques Nacionais, os Monumentos Naturais e os Refúgios de Vida Silvestre. (Redação dada pela Lei nº 9.985, de 2000) **§ 2º** A ocorrência de dano afetando espécies ameaçadas de extinção no interior das Unidades de Conservação de Proteção Integral será considerada circunstância agravante para a fixação da pena. (Redação dada pela Lei nº 9.985, de 2000) **§ 3º** Se o crime for culposo, a pena será reduzida à metade. _____ **Art. 40-A.** (VETADO) (Incluído pela Lei nº 9.985, de 2000) **§ 1º** Entende-se por Unidades de Conservação de Uso Sustentável as Áreas de Proteção Ambiental, as Áreas de Relevante Interesse Ecológico, as Florestas Nacionais, as Reservas Extrativistas, as Reservas de Fauna, as Reservas de Desenvolvimento Sustentável e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural. (Incluído pela Lei nº 9.985, de 2000) **§ 2º** A ocorrência de dano afetando espécies ameaçadas de extinção no interior das Unidades de Conservação de Uso Sustentável será considerada circunstância agravante para a fixação da pena. (Incluído pela Lei nº 9.985, de 2000) **§ 3º** Se o crime for culposo, a pena será reduzida à metade. (Incluído pela Lei nº 9.985, de 2000)	**Quesito 1.** O agente causou danos afetando espécie ameaçada de extinção no interior de Unidade de Conservação de Proteção Integral[1] ou de Uso Sustentável[32]? **Quesito 2.** O dano (desmatamento/queimada/outros) atingiu espécies ameaçadas de extinção, no interior de unidades de conservação? **Quesito 2.1.** O desmatamento/queimada atingiu espécies vegetais imunes de corte ou áreas de domínio da Mata Atlântica? **Quesito 2.3.** O dano (desmatamento/queimada/outros) atingiu outros espaços territoriais especialmente protegidos, por qualquer normativa federal, estadual ou municipal vigente (APP, RL ou outros)? Especificar. **Quesito 3.** No caso de desmatamento, este foi feito com emprego de motosserra? **Quesito 3.1.** Havia licença ou registro do motosserra, perante a autoridade competente para tanto? **Quesito 4.** O crime foi praticado com finalidade de lucro? **Quesito 4.1.** No caso de exploração com finalidade econômica (lucro), como esta era praticada? É possível identificar os destinatários/envolvidos? **Quesito 5.** Qual a localização geográfica da área destruída ou danificada? **Quesito 5.1.** Qual a extensão da área destruída ou danificada? **Quesito 5.2.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) a área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal; **Quesito 6.** Qual a estimativa, em medida adequada (m³ ou outro), do material explorado? **Quesito 6.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 7.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 7.1**. Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 7.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?
Art. 41. Provocar incêndio em mata ou floresta: **Pena** - reclusão, de dois a quatro anos, e multa. **Parágrafo único**. Se o crime é culposo, a pena é de detenção de seis meses a um ano, e multa.	**Quesito 1.** O agente provocou incêndio em mata ou floresta? **Quesito 2.** O crime foi praticado com finalidade de lucro? **Quesito 2.1.** No caso de exploração com finalidade econômica (lucro), como esta era praticada? É possível identificar os destinatários/envolvidos? **Quesito 3.** Qual a localização geográfica da área destruída ou danificada? **Quesito 3.1.** Qual a extensão da área destruída ou danificada? **Quesito 3.2.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) a área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal; **Quesito 4.** Qual foi a causa do incêndio? *OBS.: Se o incêndio foi causado por balão, verificar os quesitos complementares abaixo.

32 (i) Estações Ecológicas, Reservas Biológicas, Parques Nacionais, Monumentos Naturais e Refúgios da Vida Silvestre. (ii) Áreas de Proteção Ambiental, Áreas de Relevante Interesse Ecológico, Florestas Nacionais, Reservas Extrativistas, Reservas de Fauna, Reservas de Desenvolvimento Sustentável, Reservas Particulares do Patrimônio Natural.

Art. 42. Fabricar, vender, transportar ou soltar balões que possam provocar incêndios nas florestas e demais formas de vegetação, em áreas urbanas ou qualquer tipo de assentamento humano. **Pena** - detenção de um a três anos ou multa, ou ambas as penas cumulativamente.	Em se confirmando que o incêndio foi ocasionado por balão, indaga-se, ainda: **Quesito 1.** É possível identificar o fabricante ou vendedor do balão? **Quesito 1.2.** Se sim, pelas circunstâncias do crime, é possível concluir se a fabricação e/ou venda do balão é uma atividade costumeira do autor, ainda que em determinados períodos (como festividades juninas, ou outros)? Explique. *OBS.: Recomenda-se neste caso, a oitiva de pessoas da comunidade ou vizinhança, se possível. **Quesito 2.** Acaso não se trate da mesma pessoa que tenha fabricado o balão, é possível identificar o responsável ou responsáveis pela soltura do balão? **Quesito 3**. É possível identificar a localização da soltura do balão, sobretudo se a área: a) é rural; b) é próxima de cultivares; c) é próxima de florestas ou demais formas de vegetação; d) é próxima de áreas urbanas ou assentamentos. *OBS.: Nas hipóteses de "b" a "d", mencionar de forma estimada, a distância entre os pontos de soltura e a área apontada. **Quesito 4.** Houve incêndio? Se sim, ocasionou este: a) danos e/ou causou prejuízos financeiros a terceiros? Explique. b) ofensa à saúde ou a integridade corporal de seres humanos ou outros seres vivos? Explique. c) resultou em morte de seres humanos ou outros seres vivos? Explique.

Art. 44. Extrair de florestas de domínio público ou consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização, pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais: **Pena** - detenção, de seis meses a um ano, e multa.	**Quesito 1.** O agente extraiu de florestas de domínio público, sem prévia autorização, pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais? Qual ou quais os minerais extraídos? Explique. **Quesito 2**. O agente extraiu de florestas consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização, pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais? Explique. **Quesito 3.** Qual a localização geográfica da área explorada? **Quesito 3.1.** Qual a extensão da área explorada? **Quesito 3.2.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de apresentar histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal. **Quesito 4.** Qual a estimativa, em medida adequada, do material explorado? **Quesito 4.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 5.** Pelas circunstâncias do crime, é possível identificar se os minerais extraídos pelo agente: a) destinavam-se ao próprio autor do delito, sem fim de lucro (utilização em sua própria casa, por exemplo)? b) destinava-se ao próprio autor do delito, com fim de lucro (loteamento próprio, por exemplo)? c) destinava-se a terceiros, com fim de lucro (venda)? **Quesito 6.** Pelas circunstâncias do crime, é possível identificar se o agente agiu a mando ou em coautoria com outrem? Explique a relação entre eles, sobretudo esclarecendo se o autor imediato era empregado do autor mediato, ou coautores. **Quesito 7.** Em caso afirmativo ao quesito 5, o mandante ou coautor (ou coautores), é/são: a) pessoa(s) física(s). Identifique. b) pessoa jurídica de direito privado, ainda que informal ou irregular (responsável ou preposto de empresa ou outros, por exemplo). c) pessoa jurídica de direito público (agente público em sentido amplo, quer exerça cargo eletivo, de confiança, concursado ou contratado de qualquer ente dos três federativo, suas entidades ou órgãos; ainda, empresa prestadora de serviços a qualquer um dos três entes federativos, entidades ou órgãos destes, seja qual a forma da contratação). *OBS.: é muito comum a ilegal exploração de areia por municípios, desprovido de licenciamento ambiental ou autorização do DNPM.

Art. 44. Extrair de florestas de domínio público ou consideradas de preservação permanente, sem prévia autorização, pedra, areia, cal ou qualquer espécie de minerais: **Pena** - detenção, de seis meses a um ano, e multa.	**Quesito 8.** Em se tratando de mandante ou coautor pessoa física, é possível identificar se os minerais extraídos pelo agente: a) destinavam-se ao próprio mandante ou coautor, sem fim de lucro? (utilização em sua própria casa, por exemplo) b) destinava-se ao próprio mandante ou coautor, com fim de lucro? (loteamento próprio, por exemplo) c) destinava-se a terceiros, com fim de lucro? (venda, por exemplo) **Quesito 9.** Em se tratando de mandante ou coautor pessoa jurídica de direito privado, ainda que informal ou irregular (responsável ou preposto de empresa ou outros, por exemplo), indaga-se: a) é possível concluir que exploração mineral ilegal é uma atividade costumeira do(s) autor(s), voltadas ao lucro? Explique. b) na hipótese de existência de ponto empresarial, ainda que informal ou irregular, identificar. *OBS.: Recomenda-se neste caso, a oitiva de pessoas da comunidade ou vizinhança, se possível, pois o "ponto" pode se referir até mesmo a uma casa residencial. **Quesito 10.** Na hipótese acima, em se tratando de mandante ou coautor pessoa jurídica de direito público, (agente público em sentido amplo, quer exerça cargo eletivo, de confiança, concursado ou contratado de qualquer ente dos três federativo, suas entidades ou órgãos; ainda, empresa prestadora de serviços a qualquer um dos três entes federativos, entidades ou órgãos destes, seja qual a forma da contratação), identificar se o destino do mineral extraído. **Quesito 11.** Na hipótese de apresentação de autorização, indaga-se: a) a autorização ainda se encontra válida? Sim? Não? b) em qualquer das hipóteses, as coordenadas geográficas da autorização, coincidem exatamente com a área efetivamente explorada? Sim? Não? **Quesito 12.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de apresentar histórico de imagens eficientes a identificar: a) área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) os mapas comparativos entre a área efetivamente autorizada, e a que àquela foi extrapolada; c) a extensão da área extrapolada; d) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal; e) a estimativa em medida adequada, da quantidade do material explorado; f) apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e/ou da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 13.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 13.1.** Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 13.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?

Art. 45. Cortar ou transformar em carvão madeira de lei, assim classificada por ato do Poder Público, para fins industriais, energéticos ou para qualquer outra exploração, econômica ou não, em desacordo com as determinações legais: **Pena -** reclusão, de um a dois anos, e multa.	**Quesito 1.** Houve corte ou transformação para carvão de madeira de lei, assim classificada por ato do Poder Público, em desacordo com as determinações legais? Identificar se a madeira era de lei, classificada por ato do poder público. **Quesito 2.** Qual a finalidade da atividade criminosa: a) fins industriais; b) fins energéticos; c) outras formas de exploração econômicas. Identificar. d) outras formas de exploração, não econômicas. Identificar. **Quesito 3.** O corte (desmatamento) foi levado a efeito com emprego de motosserra? **Quesito 3.1.** Havia licença ou registro do motosserra, perante a autoridade competente para tanto? **Quesito 4.** Em se tratando e finalidade industrial, energética ou outra exploração econômica, é possível identificar os destinatários? **Quesito 5.** Qual a localização geográfica da área explorada? **Quesito 5.1.** Qual a extensão da área explorada? **Quesito 5.2.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de apresentar histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal; **Quesito 6.** Qual a estimativa, em medida adequada (m³ ou outro), do material explorado? **Quesito 6.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 7.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 7.1.** Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 7.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?

Art. 46. Receber ou adquirir, para fins comerciais ou industriais, madeira, lenha, carvão e outros produtos de origem vegetal, sem exigir a exibição de licença do vendedor, outorgada pela autoridade competente, e sem munir-se da via que deverá acompanhar o produto até final beneficiamento: **Pena** - detenção, de seis meses a um ano, e multa. **Parágrafo único.** Incorre nas mesmas penas quem vende, expõe à venda, tem em depósito, transporta ou guarda madeira, lenha, carvão e outros produtos de origem vegetal, sem licença válida para todo o tempo da viagem ou do armazenamento, outorgada pela autoridade competente	**Quesito 1**. O agente recebeu ou adquiriu para fins comerciais ou industriais, madeira lenha, carvão e outros? **Quesito 2.** O agente exigiu a exibição de licença do vendedor, expedida ou outorgada pela autoridade competente? **Quesito 3.** O agente muniu-se da via que deverá acompanhar até o final do beneficiamento? **Quesito 4**. O agente vendeu, expôs à venda, ou tinha em depósito, transportou ou guardou madeira, lenha, carvão e outros produtos de origem vegetal? **Quesito 5**. O crime foi praticado com finalidade de lucro? **Quesito 5.1.** No caso de exploração com finalidade econômica (lucro), como esta era praticada? **Quesito 6**. É possível identificar a origem do e os demais envolvidos? Se sim, informar: a) nome da propriedade rural e forma de ser localizada; b) nome do proprietário e endereço urbano se for o caso; c) características do local origem do produto – usar, se o caso, os demais quesitos. **Quesito 7.** É o fornecedor do produto detentor de autorização para o desmatamento e o transporte do produto? **Quesito 8.** Qual a estimativa, em medida adequada (m³ ou outro), do material explorado? **Quesito 8.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a atividade ilegal. **Quesito 9.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 9.1**. Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 9.2**. Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?
Art. 48. Impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação: **Pena -** detenção, de seis meses a um ano, e multa.	**Quesito 1.** O agente impediu ou dificultou a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação? **Quesito 1.1.** Quais as práticas utilizadas pelo agente para impedir ou dificultar a regeneração? **Quesito 2.** Qual a finalidade da atividade criminosa? a) criação de animais (pecuária). b) culturas (agricultura). c) outros. **Quesito 3.** No momento da fiscalização, foi possível observar a atividade de criação de animais de criação na área? Sim? Não? **Quesito 3.1.** Em caso afirmativo, especificar o que segue: a) quais animais; b) se se referem à criação extensiva – corte ou leite; c) se se referem à criação de subsistência; d) estimativa quantitativa de animais; e) estimativa de quantidade de área ocupada pelos animais. **Quesito 3.2.** Em caso negativo, foi possível observar pegadas/pisoteio de animais de criação na área, de modo a indicar o seu uso para essa atividade? **Quesito 4.** No momento da fiscalização, foi possível observar atividade de plantio de culturas (agricultura)? **Quesito 4.1.** Em caso afirmativo, especificar: a) qual ou quais as culturas; b) se possível, o tempo do plantio; c) se possível, o tempo da colheita; d) a quantidade de área utilizada para a atividade.

Art. 48. Impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas e demais formas de vegetação: **Pena -** detenção, de seis meses a um ano, e multa.	**Quesito 5.** Houve supressão de vegetação? **Quesito 5.1.** Se sim, a supressão foi levada a efeito com emprego de motosserra? **Quesito 5.2.** Neste caso, havia licença ou registro do motosserra, perante a autoridade competente para tanto? **Quesito 6.** Qual a localização geográfica da área em questão? **Quesito 6.1.** Qual a extensão da área em questão? **Quesito 6.2.** Havia sobre a área, embargo de órgão ambiental? **Quesito 6.3.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de apresentar histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) área anterior e posteriormente à intervenção ilegal que esteja impedindo ou dificultando a regeneração; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal que esteja impedindo ou dificultando a regeneração. **Quesito 7.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, em razão da atividade ilegal que esteja impedindo ou dificultando a regeneração. **Quesito 8.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 8.1.** Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 8.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?
Art. 49. Destruir, danificar, lesar ou maltratar, por qualquer modo ou meio, plantas de ornamentação de logradouros públicos ou em propriedade privada alheia: **Pena** - detenção, de três meses a um ano, ou multa, ou ambas as penas cumulativamente. **Parágrafo único.** No crime culposo, a pena é de um a seis meses, ou multa.	**Quesito 1.** O agente destruiu, danificou, lesou ou maltratou plantas de logradouro público ou propriedade privada? Onde e quando? Informar as coordenadas geográficas. **Quesito 2**. Quantas e quais árvores foram danificadas? **Quesito 3.** Foram danificadas árvores declaradas como imunes ao corte? **Quesito 4.** Quais as exigências legais para a supressão das árvores objeto deste laudo? **Quesito 5.** A supressão foi precedida de autorização do órgão competente? **Quesito 6.** A supressão foi feita para a execução de obras, de planos, de atividades ou de projetos de utilidade pública ou de relevante interesse social? **Quesito 7.** As árvores danificadas estavam mortas ou doentes? **Quesito 8.** Houve reposição das espécies danificadas? Quantas e como? **Quesito 9.** Quais os danos ambientais e urbanísticos constatados? **Quesito 10.** Quais as medidas necessárias para a reparação do dano? Quais os danos ambientais e urbanísticos constatados? **Quesito 11.** Qual a quantificação dos danos faticamente irreparáveis?

Art. 50. Destruir ou danificar florestas nativas ou plantadas ou vegetação fixadora de dunas, protetora de mangues, objeto de especial preservação: **Pena -** detenção, de três meses a um ano, e multa.	**Quesito 1.** O agente destruiu ou danificou florestas nativas ou plantadas? **Quesito 1.1.** Qual a forma utilizada para a destruição ou o dano? **Quesito 2**. O agente destruiu vegetação fixadora de dunas, protetora de mangues, objeto especial de preservação? **Quesito 2.1.** Qual a forma utilizada para a destruição ou o dano? **Quesito 3.** No caso de desmatamento, este foi feito com emprego de motosserra? **Quesito 3.1**. Havia licença ou registro do motosserra, perante a autoridade competente para tanto? **Quesito 4**. O crime foi praticado com finalidade de lucro? **Quesito 4.1.** No caso de exploração com finalidade econômica (lucro), como esta era praticada? É possível identificar os destinatários/envolvidos? **Quesito 5.** Qual a localização geográfica da área destruída ou danificada? **Quesito 5.1.** Qual a extensão da área destruída ou danificada? **Quesito 5.2.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) a área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal; **Quesito 6.** Qual a estimativa, em medida adequada (m³ ou outro), do material explorado? **Quesito 6.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 7.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 7.1**. Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 7.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo?

Art. 50-A. Desmatar, explorar economicamente ou degradar floresta, plantada ou nativa, em terras de domínio público ou devolutas, sem autorização do órgão competente: (Incluído pela Lei nº 11.284, de 2006) **Pena -** reclusão de 2 (dois) a 4 (quatro) anos e multa. **§ 1º** Não é crime a conduta praticada quando necessária à subsistência imediata pessoal do agente ou de sua família. **§ 2º** Se a área explorada for superior a 1.000 ha (mil hectares), a pena será aumentada de 1 (um) ano por milhar de hectare.	**Quesito 1.** O agente desmatou, explorou economicamente ou degradou floresta plantada em terras de domínio público ou devoluta? **Quesito 1.1.** Qual o ente federativo titular da área? **Quesito 1.2.** Qual a forma utilizada para o desmatamento ou degradação? **Quesito 2.** O agente desmatou, explorou economicamente ou degradou floresta nativa em terras de domínio público ou devoluta? **Quesito 2.1.** Qual o ente federativo titular da área? **Quesito 2.2.** Qual a forma utilizada para o desmatamento ou degradação? **Quesito 3.** No caso de desmatamento, este foi feito com emprego de motosserra? **Quesito 3.1**. Havia licença ou registro do motosserra, perante a autoridade competente para tanto? **Quesito 4.** O crime foi praticado com finalidade de lucro? **Quesito 4.1.** No caso de exploração com finalidade econômica (lucro), como esta era praticada? É possível identificar os destinatários/envolvidos? **Quesito 5.** Qual a localização geográfica da área desmatada, explorada ou degradada? **Quesito 5.1.** Qual a extensão da área desmatada, explorada ou degradada? **Quesito 5.2.** As respostas à quesitação deverão vir acompanhadas de histórico de imagens de sensoriamento remoto, aptas a demonstrar com eficiência: a) área anterior e posteriormente à intervenção ilegal; b) o quantitativo estimado de vegetação suprimida em razão da atividade ilegal; **Quesito 6.** Qual a estimativa, em medida adequada (m³ ou outro), do material explorado? **Quesito 6.1.** Apresentar, se possível, uma estimativa do valor de mercado e da lucratividade dos agentes, com a extração ilegal. **Quesito 7.** Foram encontrados maquinários, equipamentos ou veículos na exploração ilegal da área? **Quesito 7.1**. Quem era ou eram proprietários dos maquinários, equipamentos e veículos? **Quesito 7.2.** Quem eram os responsáveis pela condução ou utilização dos maquinários, equipamentos e do veículo? **Quesito 8**. O agente possuía autorização do órgão competente? Essa foi apresentada? *OBS.: requerer a apresentação da autorização formal da autoridade concedente da autorização, ainda que inválida, ou o declínio por parte do agente, do nome da suposta autoridade responsável por eventual autorização verbal.
Art. 51. Comercializar motosserra ou utilizá-la em florestas e nas demais formas de vegetação, sem licença ou registro da autoridade competente: **Pena -** detenção, de três meses a um ano, e multa.	**Quesito 1.** O agente comercializou, motosserra, sem licença ou registro da autoridade competente? **Quesito 1.1.** O autor mantém ou trabalha em ponto empresarial que tem, dentre os produtos comercializados, motosserras? Identificar precisamente o ponto empresarial. **Quesito 2.** Pelas circunstâncias do crime, é possível concluir que o comércio de motosserra sem registro da autoridade competente, é uma atividade costumeira do autor? Explique. **Quesito 3.** O agente utilizou a motosserra em florestas ou demais formas de vegetação, sem licença ou registro da autoridade competente?

Art. 52. Penetrar em Unidades de Conservação conduzindo substâncias ou instrumentos próprios para caça ou para exploração de produtos ou subprodutos florestais, sem licença da autoridade competente: **Pena** - detenção, de seis meses a um ano, e multa.	**Quesito 1.** O agente penetrou em unidade de conservação, conduzindo substâncias ou instrumentos próprios para caça? Explique. **Quesito 1.1.** Informar qual a Unidade de Conservação, esclarecendo se pertence ao grupo de proteção integral ou de uso sustentável, e qual o ente federativo responsável por sua gestão. **Quesito 2.** O agente penetrou em unidade de conservação, conduzindo substâncias ou instrumentos próprios para exploração de produtos ou subprodutos florestais? Explique. **Quesito 2.1.** Informar qual a Unidade de Conservação, esclarecendo se pertence ao grupo de proteção integral ou de uso sustentável, e qual o ente federativo responsável por sua gestão. **Quesito 3.** Nas hipóteses acima, o agente possuía licença da autoridade competente? *OBS.: requerer a apresentação da autorização formal da autoridade concedente da autorização, ainda que inválida, ou o declínio por parte do agente, do nome da suposta autoridade responsável por eventual autorização verbal.
Art. 53. Nos crimes previstos nesta Seção, a pena é aumentada de um sexto a um terço se: I - do fato resulta a diminuição de águas naturais, a erosão do solo ou a modificação do regime climático; II - o crime é cometido: a) no período de queda das sementes; b) no período de formação de vegetações; c) contra espécies raras ou ameaçadas de extinção, ainda que a ameaça ocorra somente no local da infração; d) em época de seca ou inundação; e) durante a noite, em domingo ou feriado.	**Quesito 1.** Da conduta resultou a diminuição de águas naturais, a erosão do solo ou a modificação do regime climático? Explique. **Quesito 2.** A conduta resultou foi cometida no período de queda das sementes ou no período de formação das vegetações? Explique. **Quesito 3.** A conduta resultou foi cometida contra espécies raras ou ameaçadas de extinção (ainda que a ameaça ocorra somente no local da infração)? Explique. **Quesito 4.** A conduta ocorreu em época de seca ou inundação? Explique. **Quesito 5.** A conduta resultou ocorreu durante a noite, em domingo ou feriado? Explique.

Fonte: elaboração própria dos autores.

Chama-se a atenção ao fato de que, muito embora o ideal seja que os laudos de natureza criminal já prevejam a valoração do dano pelas razões acima já expostas, à míngua de sua elaboração, o Ministério Público pode se valer do disposto no parágrafo único do mesmo art. 19 da Lei de Crimes Ambientais: "Art. 19 (...) Parágrafo único. A perícia produzida no inquérito civil ou no juízo cível poderá ser aproveitada no processo penal, instaurando-se o contraditório", buscando, sempre que necessário, uma justa e proporcional pena crime praticado.

9. MÉTODOS DE VALORAÇÃO: SUBSÍDIOS DA ECONOMIA À VALORAÇÃO DE DANOS

9.1. Noções gerais[33]

Entende-se que a valoração econômica do dano ambiental resulta de identificação, coleta e análise de informações e dados sobre mudanças nas características físicas e biológicas de um bem ou serviço ambiental, bem como sobre mudanças no nível do bem-estar humano, decorrentes de alterações causadas ao capital natural (patrimônio ambiental) (ARAÚJO, 2003, p. 12). Em complemento – e como parte essencial deste processo – há, também, a observação de mudanças no nível do bem-estar humano decorrentes das alterações do patrimônio ambiental. Deve-se enfatizar que a ausência desses procedimentos pode limitar, ou mesmo inviabilizar, a estimativa do valor econômico do dano ambiental (ARAÚJO, 2011).

33 O conteúdo foi baseado em palestra ministrada pela autora Romana Coêlho Araujo, na Oficina "Valoração de Danos Socioambientais decorrentes de garimpo ilegal de ouro na Amazônia", em Manaus, em dezembro de 2018. E após, com adaptações, no Curso "Direito Aplicado ao MPF", XII CIV/MPF - 2ª Fase, nos dias 6 a 10, e após, de 13 a 17 de maio de 2019, na cidade de Manaus e no município de Novo Airão.

Muitas dessas "mudanças" não se refletem em "preços de mercado" de bens, serviços e ativos ambientais. Por isso, precisamos dos métodos de valoração econômica ambiental. Assim, lidamos com procedimentos para identificar, coletar e analisar dados e informações, e atentar que estes, necessários a esses cálculos, dizem respeito às variações ocorridas no ambiente físico que sofreu o dano, bem como às variações ocorridas no bem-estar humano afetado. Então estaremos diante de dois danos: o ambiental e o social.

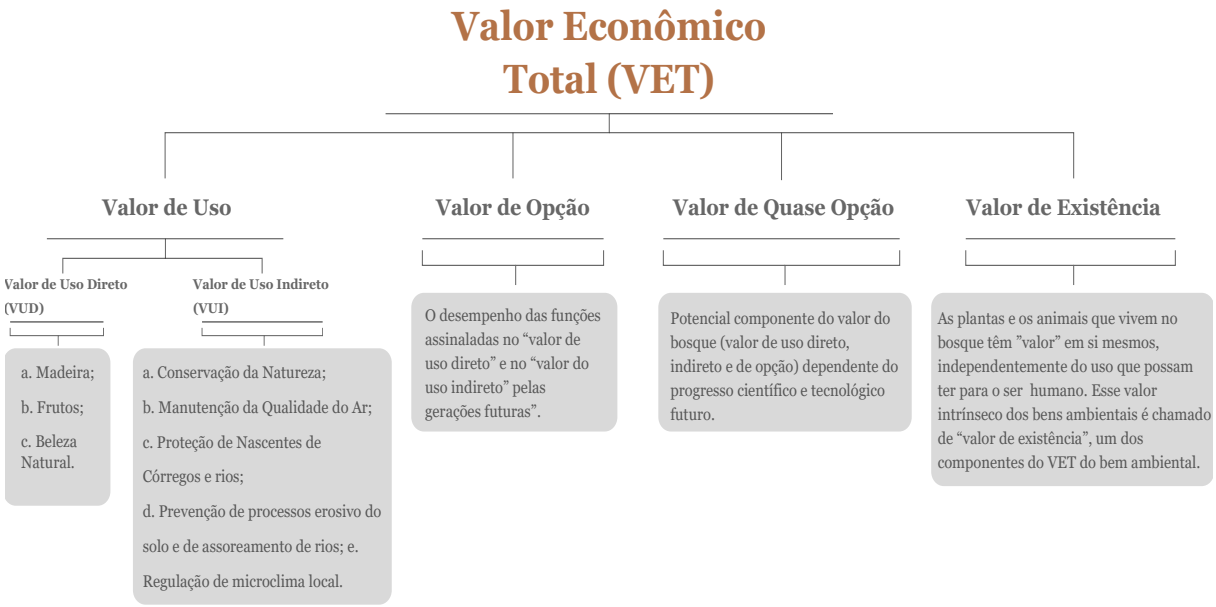
Os métodos e procedimentos propostos por economistas para estimar valor econômico de bens e serviços (mais ou menos) intangíveis já são aplicados há muitas décadas. Para certos métodos, como é o caso do Método Preço Hedônico (MPH), sua primeira aplicação já completou 100 anos. Esses métodos e procedimentos, no entanto, foram aplicados originalmente para equacionar certas problemáticas distantes da questão ambiental: a) alguns métodos foram inicialmente pensados para evidenciar o "valor econômico" da educação sobre o bem-estar do indivíduo e da sociedade (MPH, MDR/MPM); b) outros métodos (MVC) para demonstrar a viabilidade econômica de projetos de usos alternativos do solo e da água; c) outros, ainda, para justificar os efeitos positivos de coleta e tratamento de esgoto sobre a saúde da comunidade (MVC, MCE). Isso, para mencionar apenas alguns exemplos.

O ponto relevante a se frisar, é que métodos de valoração econômica foram "importados" de outras preocupações, para a problemática ambiental. Dessa forma, é importante ter em mente que há uma vasta literatura – teórica/conceitual e aplicada/empírica – relacionada com esses métodos. Entretanto, usualmente, é veiculado a ideia da busca de instrumentos que permita encontrar a "solução mais adequada e rápida" para um determinado problema. Contudo, a busca da "prática" precisa ser feita em bases lógicas rigorosas, sob pena de nossos instrumentos serem superados por outros com base em maior rigor lógico.

9.1.1. Dos métodos utilizados

A Economia Ambiental propõe que devemos iniciar o "pensar da valoração econômica" determinando conceitualmente o Valor Econômico Total (VET) do ativo ambiental alterado, em termos de seus componentes de "uso direto", "uso indireto" e "existência". Para tanto, na Figura 11, exemplifica-se com o ativo ambiental "bosque".

Figura 11 – Valor Econômico total de um Bosque



Fonte: Adaptado dos materiais de aulas ministradas pelo Professor Dr. Jorge M. Nogueira, UnB/2003

A partir da Figura 11, o exercício seria identificar todos os valores da afetação do bem ou serviço ambiental. Ou seja, seus valores de uso (direto e indireto), valor de opção, valor de quase-opção, e o valor de existência. O ideal e desejável é que uma Ação Civil Pública (ACP) ou um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), veicule todos esses componentes, com seus valores econômicos estimados em termos monetários. No entanto, o desejável nem sempre é possível.

A literatura especializada em valoração econômica de danos ambientais indica a utilização dos seguintes métodos para arranjar os componentes possíveis do Valor Econômico Total (VET) de um bem ou serviço ambiental[34]:

VET = valor de uso + valor de não uso

VET = (valor de uso direto + valor de uso indireto + valor de opção + valor de quase-opção) + valor de existência

Onde:

- Valor de uso: uso efetivo ou potencial que o recurso pode prover;
- Valor de não uso/valor intrínseco/valor de existência: valor que os recursos ambientais possuem, independentemente, da relação com os seres humanos[35].

Para estimar o VET como um todo ou cada um de seus componentes, a literatura analisa seis métodos de valoração econômica ambiental. Esses métodos e suas características básicas podem ser verificadas na extensa referência bibliográfica apresentada tanto em Bardelha Castro (2019), como em Seroa da Motta (1998) e Nogueira (2000). Interessante apontar que esses métodos, se diferem por propiciar suas funções de demanda ou de produção, como apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Métodos para valoração monetária do meio ambiente

Métodos para valoração monetária do meio ambiente segundo Bateman e Turner (1992, p. 123 – adaptado)		
Tipo de Abordagem	**Tipos de Métodos**	**Observações**
A) Abordagens com Curva de Demanda	1) Métodos de Preferência Expressas 1.1) Método de Valoração Contingente (MVC)	a) Curva de Demanda de Renda Compensada (hicksiana) . Medida de bem-estar de Variação Compensatória . Medida de bem-estar de variação Equivalente
	2) Método de Preferência Reveladas 2.1) Método de Custos de Viagem (MCV) 2.2) Método de Preços Hedônicos (MPH)	b) Curva de demanda Não-Compensada (marshalliana) . Medida de bem-estar de Excedente do Consumidor
B) Abordagem sem Curva de Demanda	3) Método Dose-Resposta (MDR)	
	4) Método de Custos de Reposição (MCR)	c) Não se obtém Curva de demanda (apenas estimativas de dose de valor)
	5) Métodos de Comportamento Mitigatório[74] (MCE)	. Medidas de bem-estar não confiáveis

[1] – Por Exemplo, o Método de Custos Evitados.

Fonte: Adaptado de Baterman e Turner (1992)

34 Com base em Freeman III (2003), ou pelo Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA), como pontua Ronaldo Seroa da Motta (1998).

35 Para melhor entendimento ver Araújo (2011, p. 41).

Atentar-se que os três métodos função demanda (MVC, MCV e MPH) são desenvolvidos com base em pressupostos teóricos do comportamento do Demandante ("consumidor") – na perspectiva do consumo, comportamento, utilidade, necessidade etc. – de um bem ou serviço derivado do patrimônio ambiental. Aplicando um desses métodos função demanda, tentaremos capturar as manifestações diretas (MVC) e/ou indiretas (MCV ou MPH) que um conjunto de demandantes tem por um dano (impacto negativo) causado a um bem ou serviço ambiental que lhe interessa, (se não lhe interessa, o valor econômico para ele ou ela será próximo a R$ 0,00) ou por um ganho (impacto positivo) causado a um bem ou serviço ambiental que lhe interessa (se não lhe interessa, o valor econômico para ele ou ela também será próximo a R$ 0,00).

As aplicações mais frequentes dos três métodos função demanda são:

- MVC: "conhecimento tradicional", "recursos hídricos", "patrimônio histórico-cultural" e "impactos sobre a saúde humana";
- MCV: "locais de visitação ou para lazer";
- MPH: "saneamento", "áreas verdes urbanas", "urbanização" e "erosão no meio rural".

Contudo, dado suas exigências em termos de recursos (humanos, financeiros e materiais) necessários para suas aplicações, esses três métodos (MVC, MCV e MPH) devem ser usados apenas em situações muito excepcionais, para orientar procedimentos do Ministério Público. Além disso, esses métodos exigem extremo rigor conceitual e metodológico, nem sempre dominado por seus aplicadores.

Isto posto, caberia, na maior parte das vezes, de resultados obtidos pelos métodos função de produção, para ajuizamento de uma Ação Civil Pública (ACP), por exemplo, ou do estabelecimento de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), uma vez que a função de produção não necessariamente se baseia na teoria econômica da firma, mas são obtidas funções técnicas de produção (em termos físicos) e adicionados valores monetários. Esses métodos são:

- Método Dose-Resposta ou Método Produtividade Marginal;
- Método Custo de Reposição ou Método Custo de Recuperação ou Método Custo de Substituição;
- Método Custos Evitados ou Método Gastos Preventivos;
- Método Custo de Oportunidade.

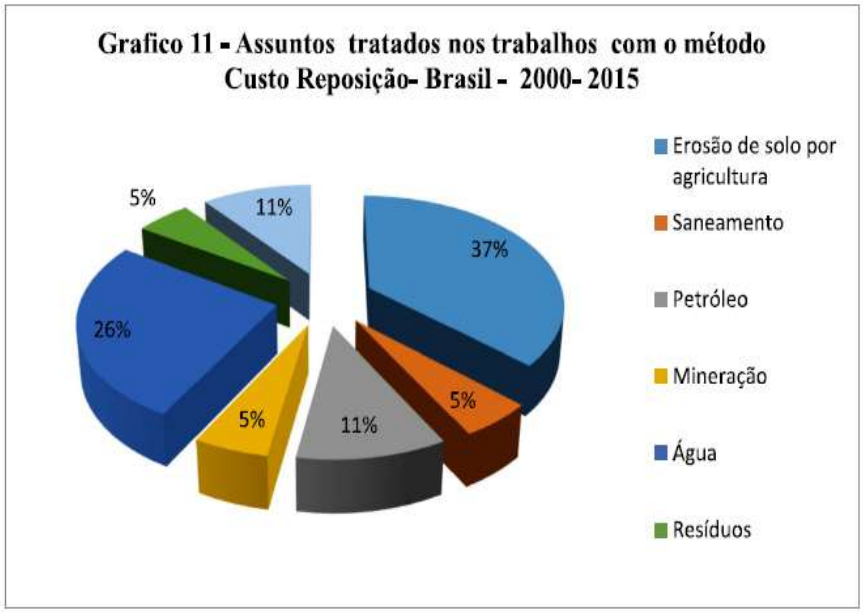
Característica em comum de todos esses métodos é que o raciocínio científico da Economia é adicionado às informações científicas originárias de outras áreas de Ciência (como Antropologia, Medicina, Agronomia, Engenharia, Ecologia, entre outras). Portanto, há uma dependência dessas informações científicas, além da ausência do comportamento humano como ponto de partida, como tínhamos nos métodos de função demanda[36].

Atentar que cada método apresenta limitações em suas estimativas a depender do seu grau de sofisticação; da necessidade de dados e informações; ou das hipóteses sobre o comportamento dos indivíduos e da sociedade. Contudo, o desafio maior, quando da utilização dos métodos, é perceber que o dano ambiental pode afetar outros valores que não possuem referência em nossa sociedade, seja no mercado, seja em nossa percepção de perdas.

Os métodos da função produção (MDR, MCR, MCE, MCO) têm sido aplicados para iluminar decisões em diversas áreas, como apontado por Bardella Castro e Nogueira (2019), conforme descrevem as Figuras 13 e 14, a seguir:

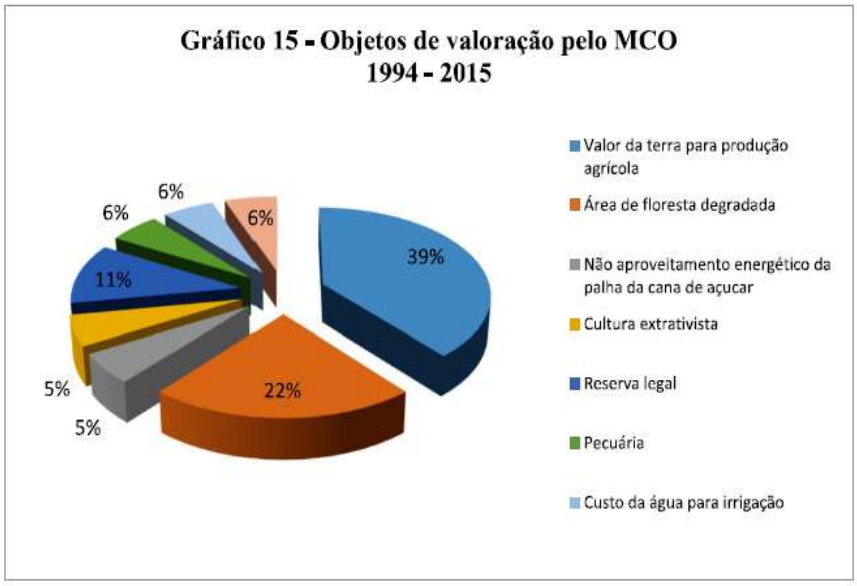
36 As características básicas dos métodos podem ser verificadas na Tabela A3 do Subgrupo Mineração, localizada em seu Apêndice 3. Ou ainda, em Araújo (2011), p. 42 a 48.

Figura 13 – Gráfico de assuntos tratados com o método Custo Reposição no Brasil de 2000 a 2015.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em levantamento primário de informações.

Figura 14 – Gráfico com objetos de valoração pelo método Custo de Oportunidade, de 1994 a 2015



Fonte: Elaborado pelos autores com base em levantamento primário de informações.

Desse feito, aborda-se que esses métodos tanto da função demanda, como da função de produção derivam da Economia Ambiental ou da Economia do Meio Ambiente. E, portanto, diferem do único método apresentado pela Economia Ecológica, qual seja, o método emergia. Trata-se de um método simplificado mediante o conceito de produção primária bruta de um ecossistema que utiliza uma medida da energia solar utilizada pelas plantas para fixar carbono; ao final, após identificar a perda da energia solar, da energia fóssil, é feita a equivalência em unidades monetárias, o que remete a estabelecer e relacionar perdas e cifras monetárias.

9.1.2. Da equivalência de nomenclatura dos métodos

Como já apontado em outros capítulos, não há uma classificação universalmente aceita dos métodos e técnicas de valoração econômica (socioambiental). Os métodos mais usuais, normalmente recebem distintas denominações por parte de diferentes estudiosos e autores, gerando a falsa impressão de que se está a tratar de uma grande variedade de métodos de valoração econômica. Uma classificação usualmente referenciada na literatura especializada, é a de Bateman e Turner (1992, p.123), justamente pelo fato de realizarem uma distinção entre os métodos de valoração econômica entre si, pela utilização ou não, das curvas de demanda e, assim, explicitam a moldura conceitual de Economia na qual os métodos se enquadram. Apontamos suas possíveis equivalências de nomenclatura no Quadro 7, conforme a literatura contemporânea.

A utilização do quadro abaixo se deve ao fato de que a flora constitui um dos bens jurídicos ambientais que possivelmente mais sofrem com danos decorrentes de ações antrópicas, representando uma parte significativa das demandas do Ministério Público. Além da maior facilidade na consulta, o quadro possui também o propósito de chamar a atenção para o eventual surgimento de novos rótulos para métodos ou procedimentos estabelecidos há muitas décadas.

Quadro 7 – Métodos de Valoração Equivalentes

Método de Valoração	Métodos Equivalentes	Autores
MVC	Disposição a pagar	3
	Aceitação e Compensação	3
	Valoração Contingente	1/4/5/6/7/9
	Estado de Preferência	8
MCV	Método Custos de Viagem	1/3/4/5/6/7/8/9
MPH	Valor de Propriedade	3
	Abordagem Diferencial de Salário	3
	Preços de Casas ou Terras	4
	Salários pelo Risco	4
	Preço Hedônico	1/5/6/7/8/9
MDR	Mudança no valor da Produção	3
	Dose-Resposta	4/5
	Função Produção	6/8
	Produtividade Marginal	1/7
	Mudança na Propriedade	9
MCR	Custo de Reposição	3/4/7/8/9/
	Projeto Sombra	Sem equivalência

Método de Valoração	Métodos Equivalentes	Autores
MCE	Perda de Salários/Lucros	3
	Gastos Preventivos	3/9
	Gastos Evitados	4/7
	Custo de Controle	7
	Comportamento Evitado	6/8
MPM	Análise Custo Eficiência	3
	Bens de Mercado como substitutos	3/1
	Preço de Mercado	9
	Proxy/Produtos Substitutos	9
	Custos de Oportunidade	7/9
Sem Equivalente	Escolha sem custos	3
	Ordenação contingente (preferência estabelecida/fixa)	4

Fonte: Castro e Nogueira (2019, p. 31- Quadro 1.4 no original). Nesta Tese, a abordagem dos métodos será feita com base em Bateman e Turner (1992).” Portanto, esses autores correspondem a 1ª coluna.

Nota: (1) Motta (1998); (2) Bateman e Turner (1992); (3) Hufschidt *et al.* (1983); (4) Pearce (1993); (5) Hanley e Spash (1993); (6) Nunes e Van Den Bergh (2001); (7) Maia, Romeiro e Reydon (2004); (8) Barbier (2007); (9) David e Richards (1998).

9.1.3. Considerações adicionais

Dados e informações nos possibilitam escolher qual o melhor método para valorarmos um dano ambiental, diante de um caso concreto e suas múltiplas variáveis. Havendo uma inquestionável interface entre o Direito e a Economia, esta não somente pode, mas realmente deve contribuir com aquele, fornecendo um valor econômico o mais próximo possível do que aquele ambiente afetado perdeu.

Um laudo metodologicamente consistente de valoração, não só se presta à instrução de ações e acordos finalísticos do Ministério Público, ACP e TAC, mas também pode se consistir em um eficaz instrumento de cunho pedagógico – àqueles instados a arcar com os custos dos danos causados – e principalmente, de intimidação social geral àqueles que intencionam fazê-lo.

Por sua indissociável interface econômica, a valoração ambiental tem o potencial de influenciar a tomada de decisões sobre a escolha de projetos, programas, políticas públicas, e até mesmo em normas legais. Mas, para além dos prejuízos financeiros decorrentes do “cálculo”, ou das consequências criminais que fatalmente podem incidir sobre os infratores, os componentes metodológicos intrínsecos da valoração, expressos pela importância dos bens e serviços ambientais, tem sua relevância cada dia mais perceptível à sociedade, em um mercado cada vez mais globalizado: neste ponto, seu mérito é incomensurável, podendo repercutir, dentre outros, sobre a imagem de uma marca, padrões de consumo, e na sensibilização da própria consciência cidadã ecológica[37].

37 Como exemplo, pode-se mencionar os episódios de Mariana e Brumadinho, e sua grande repercussão negativa sobre a imagem da empresa, na imprensa nacional e internacional.

9.2. Componentes e Premissas da Valoração do Dano à Flora

Tecidas as considerações gerais acerca da própria Economia Ambiental, perpassando por alguns dos métodos valorativos mais praticados, o presente subitem voltará atenção especificamente à valoração dos danos causados à flora.

Conforme visto acima, o Capítulo inicialmente tratou acerca das medidas voltadas à própria classificação dos danos considerando-se as principais variáveis que irão repercutir na viabilidade de regeneração/restauração do ambiente perturbado ou degradado. Neste item, portanto, apenas tangenciaremos quando necessário e de forma conceitual a classificação geral das tipologias de danos, sendo o foco deste subitem apenas a metodologia de valoração dos danos que se qualificarem – total ou parcialmente – como irreversíveis.

9.2.1. Valoração do Dano à Flora: Primeiro componente

Superadas as premissas acima, como primeiro componente a compor a valoração relativo ao ambiental, objetiva compensar os prejuízos já causados, portanto, pretérito, convertendo-os em valor pecuniário:

Valor do dano pretérito = P1 + P2+P3 (queimadas)

Onde:

P1: Valor de Uso/Não Uso: Referente ao valor de mercado de bens ambientais degradados. Pode representar a soma de parcelas referentes a diferentes bens ambientais como:

- solo orgânico: estimativa do volume da camada superficial orgânica do solo removida/degradada. Valor de mercado de terra orgânica (preta) ou equivalente;
- solo: estimativa do volume da camada de solo removido/degradado por nivelamento/corte do terreno. Valor de mercado de material de aterro/saibro;
- madeira: volume comercial de madeira e lenha obtido pelo corte de vegetação nativa arbórea (medido pelos órgãos de fiscalização ou estimado a partir de dados de estudos técnicos-científicos). Valor de mercado da madeira e lenha;
- outros produtos vegetais: estimativa econômica da produção de espécies vegetais com potencial de exploração econômica (espécies frutíferas, sementes etc.);
- outros bens ambientais degradados com valor de mercado: por exemplo, espécies vegetais com interesse econômico, áreas de lazer/turismo etc.

P2: Impacto Ecossistêmico: Referente à perda dos serviços ecossistêmicos pela destruição dos remanescentes de vegetação nativa: Calculado a partir do valor dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos ambientes naturais anteriormente existentes (floresta, campo, banhado/áreas úmidas etc.), considerando a área total degradada e o período desde o corte/supressão da vegetação nativa. O valor de referência dos serviços ecossistêmicos pode ser baseado em De Groot *et al.* (2012) ou outra publicação técnica-científica aplicável ao local/bioma degradado.

P3: Poluição Atmosférica/Emissão de gases causadores do efeito estufa: Estimativa da emissão líquida de carbono (incluindo os equivalentes de carbono decorrentes da emissão de outros gases do efeito estufa), a partir do volume de biomassa queimado, o qual pode ser obtido a partir de dados da literatura. O cálculo da estimativa econômica associada à quantidade de toneladas de equivalentes

de carbono emitidos, pode ser realizado utilizando informações do valor comercial da tonelada de carbono em mercados/bolsas ou publicações.

9.2.2. Valoração do Dano à Flora: Segundo Componente

O segundo componente a compor a valoração relativa ao dano ambiental, refere-se ao dano futuro a partir do cenário a ser adotado para resolução de cada caso concreto. Este segundo componente avalia as medidas a serem adotadas para recuperação da área, o uso futuro do local e a eventual compensação em área equivalente ou conversão em perdas e danos.

Este componente foi tratado também acima no Quadro 3, sob a forma de "Cenários", onde foram escalonadas as possibilidades maiores e menores de êxito em medidas de reversão (em sentido lato) do dano, com consequentes repercussões na valoração de parte ou totalidade do dano irreversível. Em linhas gerais, tem-se que:

Cenário 1:

Recuperação integral da área degradada:
Valor do dano futuro = P1

Onde:

P1: Impacto Ecossistêmico: Se referente justamente à perda dos serviços ecossistêmicos pelo dano, ao longo do tempo transcorrido para execução das medidas de recuperação da área degradada (PRAD). É calculado a partir do valor dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos ambientes naturais anteriormente existentes (floresta, campo, banhado/áreas úmidas etc.), considerando a área total degradada e o período necessário para sua recuperação. O valor de referência dos serviços ecossistêmicos pode ser baseado em De Groot *et al.* (2012) ou outra publicação técnica-científica aplicável ao local/Bioma degradado.

De Groot (2012) classifica esses serviços ecossistêmicos da seguinte forma (Quadro 8):

Quadro 8 – Classificação dos serviços ecossistêmicos, segundo De Groot (2012)

Serviço Ecossistêmico	Definição/Implicações
Regulação	Manutenção dos ciclos biogeoquímicos como o carbono, nitrogênio e água, assegurando a estabilidade climática, entre outros;
Produção	Diz respeito a capacidade de produção biológica do ambiente natural;
Habitat	Asseguram um refúgio natural para a fauna e flora nativos, assegurando a diversidade, a sucessão ecológica e os processos evolutivos;
Informação	Onde o ambiente natural oferta ao humano a possibilidade de uma experiência subjetiva, de enriquecimento espiritual, recreação desenvolvimento cognitivo, inspiração cultural, estética ou artística, além de informação histórica e científica. A ação que resulta em descontinuidade do serviço resulta em dano ao ambiente.

Neste sentido, a degradação ambiental se dá por alterações negativas e desequilíbrios nos ecossistemas e prejuízos aos serviços ecossistêmicos e ambientais correlatos. Os efeitos destes danos são de natureza:

Direta – **dano ambiental direto** – como a supressão de vegetação nativa, a extração de produtos e subprodutos florestais ou o corte de árvores sem autorização ou em desacordo com ela;

Indireta – **dano ambiental indireto –** estes, somados ao primeiro, refere-se à todas as atividades irregulares correlatas ao desmatamento – casos de recepção, aquisição, intermediação, transporte, beneficiamento, armazenamento, comercialização, consumo de produtos florestais de origem nativa sem a licença obrigatória ou em desacordo com ela.

O conjunto de ações abarcadas nessa classificação inicial pode ser agrupados em tipologias, conforme segue (Quadro 9):

Quadro 9 – Tipologias de serviços ecossistêmicos

Serviço Ecossistêmico	Definição/Implicações
Perda de biodiversidade e habitat	Corresponde a qualquer ação de natureza danosa (direta ou indireta) que resulte na perda de biodiversidade, habitat ou das relações intra e interespecíficas que ocorrem no meio natural.
	Estão associadas a esta conduta lesiva: - o ato de destruir ou danificar áreas de vegetação nativa; - a extração de produto florestal e subproduto florestal (orquídeas, cascas etc.); - o corte de árvores que implicam em uma redução da população de indivíduos protegidos ou não; - a redução da área natural de um coletivo de biodiversidade.
	Nesta tipologia, pode ser qualificado da seguinte forma: - dano que afete ao ambiente ou individuo especialmente protegido: a unicidade ou função desempenhada pelo bem ambiental lhe conferem um caráter de unicidade e relevância para a prestação de serviços. Estão neste grupo a ação degradante que afete unidades de conservação, áreas de preservação permanente e demais espaços ambientalmente protegidos; - dano à cadeia do produto: venda, transporte, comércio, armazenamento de produto ou subproduto da biodiversidade; - à introdução de espécie vegetal contaminante no ambiente: OGM[38], gramíneas invasoras, espécies florestais invasoras sobre áreas de campos naturais.
Prejuízo cultural associado[39]	Relacionado ao valor subjetivo do bem lesionado pela comunidade que o integra e que lhe atribuem um caráter de pertencimento, usos e costumes, como: - dano a um indivíduo vegetal ou árvore de especial proteção dotada de valor cultural; - prejuízo a local de culto, ou espaço de uso tradicional de comunidade ou populações extrativistas; - recreação, contemplação etc.

38 Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005.

39 O bem cultural como objeto de valoração poderá ser apreciado a luz do descrito no capítulo de valoração de bens culturais e para o uso de métodos que captem elementos de importância e significação.

Serviço Ecossistêmico	Definição/Implicações
Dano climático, alteração no estoque de carbono e demais efeitos atmosféricos	Dano que resulta na alteração adversa: - da qualidade do ar; - dos estoques de carbono; - pode ser provocado pela perda de vegetação nativa que realiza a função de fixação ou pela queima de matéria orgânica. *OBS.1.: A fração do dano climático é aplicado para valorar o dano material intercorrente e residual. O elemento valorado é o custo do carbono. *OBS.2.: A expressão do prejuízo climático pela alteração da cobertura vegetal é objeto de relatório anual publicado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (BRASIL, 2020).
Alteração física e/ou química do solo	Condição em que além da perda de vegetação, a camada fértil do solo é afetada, e efeitos gravosos à perda de solo são evidenciados. Tal prática pode estar relacionada ao/à: - agravamento de processos erosivos; - extração de solo ou manejo inadequado de solos suscetíveis; - (ainda) contaminação de qualquer natureza por resíduos químicos depositados no ambiente (acidentes ambientais, resíduos de agrotóxicos, depósito irregular de agentes contaminantes) que demandam medidas adicionais de reparação e remediação de modo a criar no solo a condição de sustentação da vegetação nativa;

Cenário 2:

Continuidade do uso da área degradada[40]:
Valor do dano futuro = P1 ou P2 ou P3

Onde:

P1: Impacto Ecossistêmico: Referente à perda permanente dos serviços ecossistêmicos da área, pela manutenção da atividade. É calculado a partir do valor dos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos ambientes naturais anteriormente existentes (floresta, campo, banhado/áreas úmidas etc.), considerando a área total degradada e integralizando o dano futuro a partir de uma taxa de juros apropriada. O valor de referência dos serviços ecossistêmicos pode ser baseado em De Groot *et al.* (2012) ou outra publicação técnica-científica aplicável ao local degradado. O tema será melhor tratado abaixo.

P2 – Compensação em Área Equivalente: Recuperação de área equivalente em local indicado pelo órgão ambiental competente, com relevância ambiental ou mesmo regularização fundiária de unidade de conservação. Nesse caso poderá ser incluído/exigido o valor associado à perda dos serviços ecossistêmicos descrito no Cenário 1.

P3 – Conversão em Perdas e Danos: Estimativa econômica do custo associado à elaboração e implantação de projeto de recuperação de área degradada que deveria ser realizado. Nesse caso poderá ser incluído/exigido o valor associado à perda dos serviços ecossistêmicos descrito no Cenário 2 - P1.

40 OBS.: Nesse caso é necessária a avaliação quanto à possibilidade jurídica regularização/manutenção do uso da área degradada, e se serão adotadas medidas para compensação em área equivalente, ou a conversão em perdas e danos, substituindo a recuperação da área degradada.

9.2.3. Valoração do Dano à Flora: Terceiro Componente

Por sua vez, o terceiro e último Componente, envolve o ganho pecuniário indevido (conceituado como mais valia), pela exploração/uso irregular da área degradada ou bens com valor comercial:

> Produção agrícola (ou outra atividade) na área degradada e/ou os custos evitados em medidas que deveriam ter sido adotadas para a exploração regular.

Onde:

Produção agrícola (ou outra atividade) na área degradada: é estimativa econômica associada à produção/safra da cultura agrícola realizada na área degradada. Pode ser estimada a partir de dados históricos da produtividade/safras na região investigada e o valor comercial do produto agrícola; e

Custos evitados em medidas que deveriam ter sido adotadas para a exploração regular do(s) bem(ns) ambiental(is): especialmente importante em situações de exploração ou comercialização irregular de madeira nativa. Pode ser estimado a partir dos custos para a exploração comercial regular em regime de manejo sustentável incluindo taxas de licenciamento, e projeto por técnico habilitado.

9.2.4. Considerações finais

Não se pode perder de vistas, que o cálculo do valor econômico associado à degradação ambiental poderá incluir um ou mais dos componentes descritos acima, a partir das informações disponíveis nas investigações e do cenário proposto para solução extrajudicial ou judicial de cada caso. Assim, existem outras metodologias para a valoração dos componentes ambientais descritos acima, de modo que a utilização dos exemplos citados ou alternativas dependerá da avaliação do técnico responsável e das informações disponíveis. Na medida do possível, trouxemos em itens anteriores, diversas variáveis de danos comumente ocorrentes, a partir da experiência dos membros do próprio Ministério Público especializados na matéria e dos órgãos ambientais que integraram as equipes; ainda assim, não há pretensão de esgotarmos o assunto, diante da infindável possibilidade de danos e suas combinações.

9.3. Taxa de Desconto, sob a ótica ambiental

A ideia de desconto de valores monetários no tempo não é trivial. A literatura especializada sobre desconto e taxa de desconto é vasta, com especialistas analisando a justificativa para a sua existência, a escolha da taxa correta e as consequências de sua aplicação de uma determinada taxa de desconto em situações concretas.

Em termos lógicos (e matemáticos), a taxa de desconto é o inverso da taxa de juros. Ambas refletem o tratamento dado pelo ser humano à escolha por esperar por algo ao longo do tempo. Se eu tenho R$ 100,00 hoje, eu devo gastá-lo agora ou devo guardá-lo (poupá-lo, no jargão econômico) para usá-lo daqui a dois anos?

Mesmo em um país com inflação zero, a maioria dos seres humanos só estará disposta a poupar se receber um acréscimo aos R$ 100,00. Isto é, R$ 100,00 acrescidos de uma taxa de juros. Ou seja, esses seres humanos preferem o uso no presente, a não ser que haja uma compensação (a taxa de juros) pela espera para usar no futuro (daqui a 2 anos).

O raciocínio para descontar valores monetários no tempo é o inverso. Eu vou receber R$ 120,00 daqui a 2 anos. Entretanto, alguém me oferece R$ 100,00 hoje em troca dos R$ 120,00 que eu receberia daqui a 2 anos. Devo aceitar a oferta? Depende de quanto eu desconto o futuro em relação ao presente. Se 20% (120,00/100,00) for

uma taxa de desconto aceitável para mim (pois reflete minha preferência temporal), eu aceito a oferta.

E o meio ambiente? Com a inserção da variável ambiental, como aponta Mueller (2012), a prática da taxa de desconto - ou seja, comparar valores monetários em diferentes pontos do tempo - mantém-se como assunto controverso na literatura. Há economistas que são favoráveis à prática, como há outros contrários, ou ainda, os intermediários que aceitam a ferramenta, mas com ressalvas. No entanto, todos são unânimes de que não há uma estimação de desconto universal para todos os tipos de bens e serviços ambientais, como aborda CAMPOS (2021). A taxa de desconto depende das características da sociedade e da ação em que ela será aplicada.

A taxa de desconto é o cálculo sobre um valor futuro para conhecer seu valor equivalente no presente. Tal cômputo é necessário quando se quer comparar valores em momentos distintos – presente e futuro. Assim, descontar valores seria posicionar todos eles em um mesmo período visando medir o bem-estar da sociedade e o equilíbrio entre as gerações presentes e futuras. Portanto, como determiná-la?

Isso depende de vários fatores e não está, diretamente, atrelada à taxa de inflação. Para países (ou comunidades) pobres que não vislumbram um largo período no futuro, somados a uma elevada necessidade desse mesmo bem ambiental no presente, esse país (ou comunidade) irá optar por taxas de desconto baixa, zero ou mesmo negativas. Já os países ricos que podem esperar, pois há outras opções e expectativas do futuro, optariam por taxas de desconto elevadas. Assim, a matéria envolve tanto a preferência temporal social dos indivíduos, quanto o custo de oportunidade social do capital.

No âmbito ambiental, Almansa e Martínez-Paz (2011) indicam duas propostas metodológicas para fins de estabelecer as taxas de desconto. Os autores apontam que além do uso de taxas de desconto abaixo do desconto padrão para os ativos ambientais, pode-se transpor o pensamento convencional, e considerar uma função com taxas de desconto decrescentes, ou ainda, uma taxa dupla de desconto para diferentes tipos de variáveis.

Por fim, cabe destacar que o argumento ambientalista de preocupação prioritária com bem-estar das gerações futuras só faz sentido se a geração presente aceitar taxa de desconto igual a zero ou negativa. Qualquer taxa de desconto maior do que zero significa que a geração presente dá mais importância ao presente do que ao futuro. Em decisões que envolvam os benefícios da conservação do meio ambiente, taxas de desconto devem ser bem próximas a zero. Em decisões que envolvam custo da degradação do meio ambiente, taxas de desconto devem ser maiores do que as taxas de poupança da economia em tela.

10. CONCLUSÃO

O presente capítulo abordou, de maneira sintética, a temática da valoração do dano ambiental à flora, quando não mais possível a restauração ou a compensação ambiental *in natura*, ao menos em sua forma integral. Sendo um tema de grande impacto na prática cotidiana dos promotores de justiça e procuradores da república, o trabalho procurou descrever algumas práticas comumente adotadas, com o objetivo de auxiliar nos trabalhos de valoração, retirando muitos técnicos da perplexidade da escolha, diante de um caso concreto.

Conforme já pontuado em outros capítulos, os trabalhos iniciaram-se a partir da análise de uma pequena amostragem de laudos encaminhados colaborativamente por alguns Ministérios Públicos à equipe de trabalho de Valoração, constituída no bojo da Comissão de Meio Ambiente do Conselho Nacional do Ministério Público. O material

permitiu relacionar, dentro desse universo, os danos ambientais mais ocorrentes à flora, bem como as principais metodologias que vem sendo praticadas.

Neste ponto, é essencial que se destaque que não se valeu a equipe de trabalho, da análise da totalidade das práticas adotadas pelo Ministério Público brasileiro, tampouco foi utilizada qualquer metodologia estatística capaz de refleti-la com margem fidedigna. Implica dizer, portanto, que embora a maior parte dos laudos avaliados tivesse sido encaminhada por Ministérios Públicos useiros e vezeiros na prática da valoração, é de extrema importância registrar, que a falta de descrição de algum método, não tem o condão de invalidar ou de lhe amesquinhar a importância.

Acrescente-se que é critério discricionário da assessoria técnica de cada Ministério Público, a escolha do método a ser seguido ou desenvolvido, quer como praxe daquele órgão, ou mesmo diante de cada caso concreto submetido à análise.

Não se olvida de que possivelmente nenhum método valorativo de dano ambiental seja isento de críticas, ou não possa vir a ser aperfeiçoado. Acalorados são os debates, sobretudo entre os especialistas e acadêmicos que se debruçam sobre o tema. Ciente disso a Comissão de Meio Ambiente optou de forma deliberada por não realizar qualquer juízo de valor, escalonamento ou ranqueamento, quer qualitativo quer quantitativo, entre os métodos avaliados.

Dentre as infindáveis discussões voltadas ao quase impossível consenso acadêmico e a realidade que urge, há um hiato, por vezes, insuplantável. Juridicamente tratando, ainda que se sustente imperativamente ser o bem jurídico ambiental indisponível, com obrigação institucional de se buscar a reparação integral dos danos, não há previsão legal de qualquer método valorativo. Por outro lado, a realidade social, quer se apresente como tragédias ambientais de repercussão nacional, quer por meio de danos ambientais que diuturnamente pululam aos gabinetes, demanda do órgão do Ministério Público a tomada de decisões muitas vezes incompatíveis com o tempo para alçar-se o consenso ou, ainda mais utopicamente, a certeza científica.

É nesse ponto que reside o maior mérito da iniciativa do CNMP ao eleger dentre os projetos da atual Comissão de Meio Ambiente, o tratamento do tema da valoração, sensível à necessidade cotidiana dos membros do Ministério Público. As limitações e críticas que fatalmente um e outro método possam ter ou receber, não terão o potencial de diminuir a importância prática desse trabalho: ao contrário disso, apenas tenderão a contribuir com seu aperfeiçoamento.

Nesse sentido, é de todo interesse do Ministério Público Nacional acompanhar a evolução do tema, de forma que que venha a ser constantemente revisitada e aprimorada, quer pelos técnicos, quer pelos próprios membros do Ministério Público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALHO, Cleber J. R.; DA SILVA, João Santos Vila. **Effects of severe floods and droughts on wildlife of the Pantanal wetland (Brazil)** - a review. Animals, v. 2, n. 4, p. 591-610, 2012. Disponível em: https://www.mdpi.com/2076-2615/2/4/591. Acesso em: 20 abr. 2021.

ALVES, Bruna de Oliveira; CASTRO, Joana D'Arc Bardella. Valoração ambiental: uma análise dos métodos de valoração contingente e preços hedônico. **ANAIS - Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação, Ensino e Extensão do CCSEH – SEPE** O cenário econômico nacional e os desafios profissionais – 29/08/16 a 03/09/2016. ISSN 2447-9357 Universidade Estadual de Goiás – Campus Anápolis de Ciências Socioeconômicas e Humanas. Disponível em: https://anais.ueg.br/index.php/sepe/article/view/7059. Acesso em: 30 abr. 2021.

AMORIM, Tamiris Xavier; SENNA, Mônica Carneiro Alves; CATALDI, Marcio. Impactos do desmatamento progressivo da Amazônia na precipitação do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 24, 2019. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58303. Acesso em: 05 maio 2021.

ANDRADE, Bianca Ott *et al.* Vascular plant species richness and distribution in the Río de la Plata grasslands. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 188, n. 3, p. 250-256, 2018. Disponível em: https://academic.oup.com/botlinnean/article/188/3/250/5125667?login=true. Acesso em: 05 maio 2021.

ANDRADE, Bianca Ott. *et al.* Classification of South Brazilian grasslands: Implications for conservation. **Applied Vegetation Science**, v. 22, n. 1, p. 168-184, 2019. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/avsc.12413. Acesso em: 25 abr. 2021.

ANDRADE, Evelyn. Rabel. *et al.* Effects of habitat loss on taxonomic and phylogenetic diversity of under story Rubiaceae in Atlantic forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 349, p. 73-84, 2015. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112715001899. Acesso em: 20 abr. 2021.

ARAUJO, Romana Coêlho de. Valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público. **Brasília. Escola Superior do Ministério Público da União**, 2011. Disponível em: http://escola.mpu.mp.br/publicacoes/obras-avulsas/e-books-esmpu/valoracao-do-dano-ambiental-em-inquerito-civil-publico./. Acesso em: 18 abr. de 2021.

ARROYO-RODRÍGUEZ, Víctor *et al.* Value of small patches in the conservation of plant-species diversity in highly fragmented rainforest. **Conservation Biology**, v. 23, n. 3, p. 729-739, 2009. Disponível em: https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1523-1739.2008.01120.x. Acesso em: 18 abr. de 2021.

AVALIAÇÃO ECOSSISTÊMICA DO MILÊNIO. Forest and Woodland Systems. In: MEA (Org). **Ecosystem and Human Well-being**: current state and trends. Washington: Island Press, 2005. p. 587-614. Disponível em: https://grist.org/wp-content/uploads/2011/10/document.290.aspx.pdf. Acesso em: 25 abr. 2021.

ALBUQUERQUE, Ulysses Paulino de; ANDRADE, Laise de Holanda Cavalcanti. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de Caatinga no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 3, p. 273-285, 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/j/abb/a/XV7B6sK4TM7VHWGm7cSprWr/?lang=pt. Acesso em: 12 jun. 2021.

BAER-NAWROCKA, Agnieszka; SADOWSKI, Arkadiusz. Food security and food self-sufficiency around the world: A typologyof countries. **PloS one**, v. 14, n. 3, p. e0213448, 2019. Disponível em: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0213448. Acesso em: 21 abr. 2021.

BARLOW, Jos *et al.* Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, v. 535, n. 7610, p. 144-147, 2016. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nature18326?mobile&width=320. Acesso em: 18 abr. 2021.

BATEMAN, I.; TURNER, R. Kerry. Valuation of the Environmental, Methods and Techinics: **The Contingent Valuation Method**. 1992.

BENCKE, Glayson Ariel; CHOMENKO, Luiza; SANT'ANNA, Danilo Menezes. O que é o Pampa. **Nosso Pampa desconhecido. Porto Alegre: Fundação Zoobotânica do Rio Grande do Sul**, p. 61-75, 2016. Disponível em: https://

ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/154231/1/Nosso-Pampa-Desconhecido-1.pdf. Acesso em: 18 abr. de 2021.

BERTOLUZZI, Edson. C. *et al*. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo. **RS Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 881-887, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/pMfxfNkczLS6VWDYZVdM4Hd/?lang=pt. Acesso em: 27 abr. de 2021.

BRADSHAW, Corey J. A. *et al*. Global evidence that de forestation amplifies flood risk and severity in the developing world. **Global Change Biology**, v. 13, n. 11, p. 2379-2395, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01446.x. Acesso em: 19 abr. 2021.

BRANCALION, Pedro Henrique Santin *et al*. Cultural ecosystem services and popular perceptions of the benefits of na ecological restoration project in the Brazilian Atlantic Forest. **Restoration Ecology**, v. 22, n. 1, p. 65-71, 2014. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/rec.12025. Acesso em: 09 abr. de 2021.

BRANCALION, Pedro Henrique Santin; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; GANDOLFI, Sergius. **Restauração Florestal**. São Paulo, SP: Oficina de Textos Ed. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Justiça – CNJ. **Recomendação nº 99, de 21 de maio de 2021**. Recomenda a utilização de dados de sensoriamento remoto e de informações obtidas por satélite na instrução probatória de ações ambientais. DJe/CNJ, nº 134/2021, Brasília, DF, 25 maio 2021, p. 2-3. Disponível em: https://atos.cnj.jus.br/atos/detalhar/3940. Acesso em: 03 jun. 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Ministério Público – CNMP. **Resolução 23, de 17 de setembro de 2007**. Regulamenta os artigos 6º, inciso VII, e 7º, inciso I, da Lei Complementar nº 75/93 e os artigos 25, inciso IV, e 26, inciso I, da Lei nº 8.625/93, disciplinando, no âmbito do Ministério Público, a instauração e tramitação do inquérito civil. DJe/CNMP, nº 214/2007, Brasília, DF, 07 nov. 2007, Seção 1, p. 959-960. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Resolucoes/Resoluo-0231.pdf. Acesso em: 16 maio 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Ministério Público - CNMP. **Resolução 174, de 04 de julho de 2017**. Disciplina, no âmbito do Ministério Público, a instauração e a tramitação da Notícia de Fato e do Procedimento Administrativo. DJe/CNMP, Brasília, DF, 21 jul. 2017, Caderno Processual, p. 3-5. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/images/Resolucoes/Resoluo-174-2.pdf. Acesso em: 16 maio 2021.

BRASIL. Conselho Nacional do Ministério Público – CNMP. **Cenários, Oportunidades e Desafios do Ministério Público Ambiental**. Brasília, DF, CNMP, 2020. Disponível em: https://www.cnmp.mp.br/portal/images/noticias/2020/novembro/CMA_OK_2.pdf. Acesso em: 30 abr. 2021.

BRASIL. Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei n. 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24 nov. 2008, P 1. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/d6660.htm. Acesso em: 26 abr. 2021.

BRASIL. Decreto nº 8.972, de 23 de janeiro de 2017. Institui a Política Nacional de Recuperação da Vegetação Nativa. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 24

jan. 2017, P 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Decreto/D8972.htm. Acesso em: 26 maio 2021.

BRASIL. ESTIMATIVAS ANUAIS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL. 5° Edição 2020. Disponível em: http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/Estimativas-Anuais-5-2020.pdf. Acesso em: 28 abr. de 2021.

BRASIL, FEDERATIVE REPUBLIC OF BRAZIL, Intended Nationally Determined Contribution Towards Achieving. The Objective of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2015. 10p. Disponível em: http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Brazil/1/BRAZIL%20iNDC%20english%20FINAL.pdf. Acesso em: 10 jun. 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro, RJ, 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br. Acesso em: 24 maio 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Contas de Ecossistemas Espécies Ameaçadas de Extinção no Brasil**. Rio de Janeiro, RJ, 2014. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101754_folder.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística** – IBGE. 2ª ed. Rio de Janeiro, RJ, 2004. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv4730.pdf. Acesso em: 03 jun. 2021.

BRASIL. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. **Livro vermelho de espécies ameaçadas.** Disponível em: http://dspace.jbrj.gov.br/jspui/handle/doc/26. Acesso em: 16 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 02 set. 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 02 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 fev. 1998, P. 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm. Acesso em: 02 mar. 2021.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 19 jul. 2000, p 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em: 11 maio 2021.

BRASIL. Lei nº 11.105, de 24 de março de 2005. Regulamenta os incisos II, IV e V do § 1º do art. 225 da Constituição Federal, estabelece normas de segurança e mecanismos de fiscalização de atividades que envolvam organismos geneticamente modificados – OGM e seus derivados, cria o Conselho Nacional de Biossegurança – CNBS [...] e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 marc. 2005, P 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13153.htm. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União,** Brasília, DF, 26 dez. 2006, P 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm. Acesso em: 23 maio 2021.

BRASIL. Lei nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009. Institui a Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMC e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 29 dez. 2009, P 109 (EDIÇÃO EXTRA). Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12187.htm. Acesso em: 02 jun. 2021.

BRASIL. Lei nº. 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 maio 2012, P 1, TEXTO ORIGINAL. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 24 maio 2021.

BRASIL. Lei nº 13.153, de 30 de julho de 2015. Institui a Política Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca e seus instrumentos; prevê a criação da Comissão Nacional de Combate à Desertificação; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 31 jul. 2015, P 1. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2015-2018/2015/Lei/L13153.htm. Acesso em: 15 jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA. *In*: **Dia Mundial de combate à desertificação – alternativas para o semiárido brasileiro**. **Notícias.** Brasília, DF: Ministério da Agricultura, 17 jun. 2016. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/13598120/. Acesso em: 14 abr. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Conversão de Multas Ambientais**. Chamamento Público nº 02/2018: Restauração de populações da flora ameaçadas de extinção do bioma Mata Atlântica no Estado de Santa Catarina, Brasília, 31 ago. 2018.. (Modificado). Disponível em: https://www.gov.br/ibama/pt-br/assuntos/notas/2020/conversao-de-multas-ambientais-ibama-divulga-resultado-final-do-chamamento-publico-n-2-2018. Acesso em: 30 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. O Bioma Cerrado. 2016. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/biomas/cerrado.html. Acesso em 18 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Planos de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal e no Cerrado – Balanço de Execução. PPCDAm e PP Cerrado. 2016-2019. Disponível em http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/images/Doc_ComissaoExecutiva/Balano-PPCDAm-e-PPCerrado_2019_aprovado.pdf. Acesso em: 13 jun. 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Resolução CONAMA Nº. 01, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para o Relatório de Impacto Ambiental – RIMA. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 17 fev. 1986. Disponível em https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0001-230186.PDF. Acesso em: 21 maio 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Resolução CONAMA n. 10, de 01 de outubro de 1993**, convalidada pela Resolução CONAMA nº 388, de

23.02.2007. Estabelece os parâmetros básicos para análise dos estágios de sucessão de Mata Atlântica. DOU, Brasília, DF, 03 nov. 1993. Retificado no DOU 02 dez. 1993. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0010-011093.PDF. Acesso em: 21 maio 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Secretaria de Recursos Hídricos. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca** – PAN – Brasília, DF, ago. 2004. Disponível em: https://antigo.mma.gov.br/estruturas/sedr_desertif/_arquivos/pan_brasil_portugues.pdf Acesso em: 18 abr. de 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Balanço 2019 do PPCDAm e PPCerrado**. Disponível em: http://combateaodesmatamento.mma.gov.br/images/Doc_ComissaoExecutiva/Balano-PPCDAm-e-PPCerrado_2019_aprovado.pdf. Acesso em 13 de junho de 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (2. Turma). **Recurso Especial 1.454.281-MG**. Recurso Especial. Ação Civil Pública - Direito Ambiental - Construção em Área de Preservação Permanente - Bem Público - Ausência de Autorização - Mera detenção - Desocupação e demolição da Edificação - Possibilidade - Dignidade da Pessoa Humana, Proporcionalidade e Razoabilidade - Dilação do Prazo - Recomposição da Área onde ocorreu a ocupação indevida - Dano Ambiental não comprovado - impossibilidade - Recurso parcialmente provido. Brasília: DF. Relator Min. Herman Benjamin, 9 de setembro de 2016. Disponível em: https://stj.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/387066711/recurso-especial-resp-1454281-mg-2013-0380616-4. Acesso em: 28 maio 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (2. Turma) – STJ. **Recurso Especial 11677353-SC.** Recurso Especial. Ação Civil Pública. Corte Ilegal de Floresta Nativa. Obrigação de Fazer. Recuperação da Área Degradada. Pagamento de Indenização. Cumulação. Possibilidade. Recurso Especial Provido. Decisão. Brasília: DF. Relator Min. Mauro Campbell Marques, 14 de novembro de 2017. Disponível em: https://stj.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/520677712/recurso-especial-resp-1677353-sc-2017-0136658-7?s=paid. Acesso em: 28 maio 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça – STJ. **Responsabilidade Civil Ambiental, Princípio do Poluidor Pagador, Princípio da Reparação Integral, Princípio da Melhoria da Qualidade Ambiental e Princípio in Dubio pro Natura**. Revista do Superior Tribunal de Justiça, a. 27, (239): 23-424, julho/setembro 2015. Brasília/DF, 2015. Disponível em: https://ww2.stj.jus.br/docs_internet/revista/eletronica/stj-revistaeletronica-2015_239_1.pdf. Acesso em: 28 maio 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. – SJT. Súmula n. 629. Quanto ao dano ambiental, é admitida a condenação do réu à obrigação de fazer ou à de não fazer cumulada com a de indenizar. In **Súmula n. 629**. Brasília, DF, DJe 17 dez. 2018. Disponível em https://www.stj.jus.br/publicacaoinstitucional/index.php/sumstj/author/proofGalleyFile/5059/5185. Acesso em: 12 maio 2021.

BRUIJNZEEL, L. A. Hydrological impacts of converting tropical montane cloud forest to pasture, with initial reference to northern Costa Rica. Final Technical Report DFID-FRP Project no. R7991. 2006. Disponível em: https://research.vu.nl/en/publications/hydrological-impacts-of-converting-tropical-montane-cloud-forest-. Acesso em: 28 maio 2021.

BUTLER, Rhett Ayers. The Amazon Rainforest: The World's Largest Rainforest. **Mongabay. Com, 2017.** Disponível em: https://rainforests.mongabay.com/amazon/. Acesso em: 28 abr. 2021.

BUTT, Nathalie; DE OLIVEIRA, Paula Afonso; COSTA, Marcos Heil. Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondônia, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 116, n. D11, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1029/2010JD015174. Acesso em: 28 maio 2021.

CÂMARA, Ibsen de Gusmão. *et al.* Brief history of conservation in the Atlantic Forest. **The atlantic forest of South America: biodiversity status, threats and outlook**, p. 31-42, 2003.

CAPOBIANCO, João Paulo R.; LIMA, A. A evolução da proteção legal da Mata Atlântica. **Mata Atlântica:** avanços legais e institucionais para sua conservação,. Documentos do ISA, v. 4, p. 7-18, 1997. Disponível em: https://acervo.socioambiental.org/acervo/publicacoes-isa/mata-atlantica-avancos-legais-e-institucionais-para-sua-conservacao. Acesso em: 18 jun. 2021.

CARDINALE, Bradley J. Biodiversity improves water quality through niche partitioning. **Nature**, v. 472, n. 7341, p. 86-89, 2011. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nature09904. Acesso em: 28 maio 2021.

CARDINALE, Bradley J. *et al.* Biodiversity loss and its impact on humanity. **Nature**, v. 486, n. 7401, p. 59-67, 2012. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nature11148?report=reader. Acesso em: 18 abr. 2021.

CARUGATI, Laura. *et al.* Impacto da degradação das florestas de mangue na biodiversidade e no funcionamento do ecossistema. **Sci Rep**8**,** 13298.2018.. Disponível em: https://doi.org/10.1038/s41598-018-31683-0. Acesso em: 18 abr. 2021.

CASTRO, Joana D'arc Bardella; NOGUEIRA, Jorge Madeira. **Valoração econômica do meio ambiente** – teoria e prática, Curitiba, PR: CRV Ed. 2020.

CHAZDON, Robin L. Renascimento de florestas. **Regeneração na era do desmatamento**. São Paulo : Oficina de Textos, 2016. Disponível em: http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Renascimento-de-florestas-DEG.pdf. Acesso em 11 abr. 2021.

CIAIS, Philippe *et al.* Carbon and Other Biogeochemical Cycles. *In*. **Climate Change 2013: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY. 2013. Disponível em: https://pure.mpg.de/rest/items/item_2058766/component/file_2058769/content. Acesso em: 10 abr. 2021.

CORRÊA, Rodrigo Studart; SOUZA, Álvaro Nogueira de. Valoração de danos indiretos em perícias ambientais. *In*: **Revista Brasileira de Criminalística**, vol. 2(1), 7-15, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.15260/rbc.v2i1.23. Acesso em: 20 maio 2021.

CORREIA, Francis Wagner Silva *et al.* Balanço de umidade na Amazônia e sua sensibilidade às mudanças na cobertura vegetal. **Ciência e Cultura**, v. 59, n. 3, p. 39-43, 2007. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252007000300016. Acesso em: 23 abr. 2021.

COSTANZA, Robert *et al*. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1038/387253a0. Acesso em: 18 abr. 2021.

COSTANZA, Robert *et al*. Changes in the global value of ecosystem services. **Global environment al change**, v. 26, p. 152-158, 2014. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378014000685. Acesso em: 13 maio 2021.

CAVENDER-BARES, Jeannine *et al*. The merging of Community ecology and phylogenetic biology. **Ecology letters**, v. 12, n. 7, p. 693-715, 2009. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1461-0248.2009.01314.x. Acesso em: 18 abr. 2021.

D'ANTONIO, Carla M.; VITOUSEK, Peter M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/firecycle, and global change. **Annual review of ecology and systematics**, v. 23, n. 1, p. 63-87, 1992. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev.es.23.110192.000431. Acesso: 28 abr. 2021.

DA MOTA, Dalva Maria *et al*. As catadoras de mangaba: problemas e reivindicações. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2007. Disponível em: http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/372540. Acesso em: 18 jun. 2021.

DA MOTTA, Ronaldo Seroa. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. IPEA/MMA/PNUD/CNPq, 1998. Disponível em: http://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2012/12/21-manual_20serroa_20motta-2.pdf. Acesso em: 16 maio 2021.

DA SILVA, José Maria Cardoso; TABARELLI, Marcelo. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest o north east Brazil. **Nature**, v. 404, n. 6773, p. 72-74, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1038/35003563. Acesso em: 18 abr. 2021.

DA SILVA MENEZES, Luciana *et al*. Plant species richness record in Brazilian Pampa grasslands and implications. **Brazilian Journal of Botany**, v. 41, n. 4, p. 817-823, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s40415-018-0492-6. Acesso em: 15 maio 2021.

DE AMORIM ROMACHELI, Regina; SPINOLA, Conrado Martignoni. **Quanto vale o cerrado goiano? Uma proposta de valoração econômica para a fitofissionomia cerrado típico**. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. 2011. Disponível em: https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/VI-007.pdf. Acesso em: 23 jun. 2021

DE A. V. SANTOS, Maria de Fátima; RIBEIRO, Mateus R.; SAMPAIO, Everardo Valadares de Sa Barretto. Semelhanças vegetacionais em sete solos da Caatinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 305-314, 1992. Disponível em: https://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/3651. Acesso em: 18 abr. 2021.

DE BLÉCOURT, Marleen *et al*. Soil carbon stocks decrease following conversion of secondary forests to rubber (Hevea brasiliensis) plantations. **PloS one**, v. 8, n. 7, p. e69357, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0069357. Acesso em: 18 abr. 2021.

DE COSTER, Greet; BANKS-LEITE, Cristina; METZGER, Jean Paul. Atlantic forest Bird communities provided ifferent but not fewer functions after habitat loss. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 282, n.

1811, p. 20142844, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1098/rspb.2014.2844. Acesso em: 18 abr. 2021.

DE GROOT, Rudolf *et al.* Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. **Ecosystem services**, v. 1, n. 1, p. 50-61, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005. Acesso em : 13 abr. 2021.

DE OLIVEIRA, Tamara Esteves *et al.* Agriculturall and use change in the Brazilian Pampa Biome: The reduction of natural grasslands. **Land use policy**, v. 63, p. 394-400, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.02.010. Acesso em: 18 abr. 2021.

DE PAULA MATEUS, Dantas *et al.* De faunation impacts on seed survival and its effect on the biomass of future tropical forests. **Oikos**, v. 127, n. 10, p. 1526-1538, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1111/oik.05084. Acesso em: 18 abr. 2021.

DE REZENDE, Camila Linhares *et al.* Atlantic Forest spontaneous regeneration atlands capescale. **Biodiversity and conservation**, v. 24, n. 9, p. 2255-2272, 2015. Disponível em: . https://doi-org.ez10.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10531-015-0980-y. Acesso em: 18 abr. 2021.

DEVELEY, Pedro Ferreira *et al.* Conservação das aves e da biodiversidade no bioma Pampa aliada a sistemas de produção animal. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 16, n. 4, p. 308-315, 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Robberson-Setubal/publication/266519529_Conservacao_das_aves_e_da_biodiversidade_no_bioma_Pampa_aliada_a_sistemas_de_producao_animal/links/5433d6590cf294006f71db49/Conservacao-das-aves-e-da-biodiversidade-no-bioma-Pampa-aliada-a-sistemas-de-producao-animal.pdf. Acesso em: 14 maio 2021.

DIAS, Luciano; FERREIRA, Marco Aurélio. **A nova política em tempos de redes sociais**. Brasília: Fundação Milton Campos, 2019. Disponível em: www.fundacaomiltoncampos.com.br. Acesso em: 20 mar. 2020.

DIAS, L.E. Apostila de Uso do Solo e Recuperação Ambiental**. Curso de Pós-Graduação Lato sensu em Recuperação de Áreas Degradadas**. Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, MG, 2015.

DUARTE, Leandro Da Silva *et al.* Phylobeta diversity among forestty pesin the Brazilian Atlantic Forest complex. **PloS one**, v. 9, n. 8, p. e105043, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105043. Acesso em: 13 abr. 2021.

EHIGIATOR, O. A.; ANYATA, B. U. Effects of land clearing techniques and tillage systems on runoff and soil erosion in a tropical rain forest in Nigeria. **Journal of environmental management**, v. 92, n. 11, p. 2875-2880, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.06.015. Acesso em: 12 abr. 2021.

FAO. World food security: a reappraisal of the concepts and approaches. Roma: FAO, 1983. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=2300119&pid=S1607-050X200700030000300020&lng=es. Acesso em: 15 maio 2021.

DUARTE, Leandro Da Silva *et al.* Phylobetadiversity among forest types in the Brazilian Atlantic Forest complex. **PloS one**, v. 9, n. 8, p. e105043, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105043. Acesso em 15 maio 2021.

FAO and UNEP. **The state of the world's forests:** forests, biodiversity and people. Rome, Italy: 2020. Disponível em: https://doi.org/10.4060/ca8642en. Acesso em: 18 abr. 2021.

FANTIN-CRUZ, Ibraim *et al.* Historical reconstruction of floodplain inundation in the Pantanal (Brazil) using neural networks. **Journal of Hydrology**, v. 399, n. 3-4, p. 376-384, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.01.014. Acesso em: 17 maio 2021.

FIGUEIREDO, Maria Betânia; SALVADOR, Aline Valéria Archangelo. Inventários florestais no Bioma Mata Atlântica: Equívocos Metodológicos que comprometem a conservação. P. 68-87. *In*: **A proteção da sociobiodiversidade na mata atlântica e na Caatinga.** ARAÚJO, Alana Ramos; *et al.*(Org.) Disponível em: http://www.ccj.ufpb.br/sda/contents/documentos/e-book-ii-simposio-de-direito-ambiental-da-regiao-nordeste-min.pdf. Acesso em: 24 maio 2021.

FLACHSBARTH, Insa *et al.* **The role of Latin America's land and water resources for global food security:** environmental trade-offs of future food producti on path ways. **PloSone**, v. 10, n. 1, p. e0116733, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0116733. Acesso em: 18 abr. 2021.

FOLEY, Jonathan A. *et al.* Amazonia revealed: forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. **Frontiers in Ecology and the Environment**, v. 5, n. 1, p. 25-32, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2. Acesso em: 12 abr. 2021.

FOLKE, Carl *et al.* Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. **Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.**, v. 35, p. 557-581, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.021103.105711. Acesso em: 23 abr. 2021.

FREEMAN III, A. Myrick; HERRIGES, Joseph A.; KLING, Catherine L. **The measurement of environmental and resource values: theory and methods**. Routledge, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.4324/9781315780917. Acesso em: 22 jun. 2021.

FREIRE, Neison Cabral Ferreira (Org.). Atlas das Caatingas – o único bioma exclusivamente brasileiro. Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2018. p.200: il. ISBN: 978-85-7019-679-8.

FREITAS, Simone R.; HAWBAKER, Todd J.; METZGER, Jean Paul. Effects of roads, topography, and land use on forest cover dynamics in the Brazilian Atlantic Forest. **Forest Ecology and Management**, v. 259, n. 3, p. 410-417, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.10.036. Acesso em: 18 abr. 2021.

FREITAS FILHO, Manuel Rodrigues de; CARVALHO, Margareth S.B.S; SOARES, Ana M. L. MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS NO ESTADO DO CEARÁ. *In*: **XII Congresso da Geografia Portuguesa - Tema: Geografias de Transição para a Sustentabilidade. 13 a 15 de novembro de 2019**, Universidade do Minho – Guimarães, Portugal. LIVRO ATLAS. 1a. edição: 2020. ISBN: 978-989-98857. Páginas 496-501.

FUNCEME. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Áreas Degradadas Suscetíveis aos Processos de Desertificação no Estado do Ceará. *In:* ICID – **Conferência internacional sobre impactos de variações climáticas e desenvolvimento sustentável em regiões semiáridas**. Fortaleza, 1992.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA. São Paulo, 2013. Disponível em: http://www.sosma.org.br/nossa-causa/a-mata-atlantica. Acesso em: 11 jun. 2021.

FURLAN, Melissa. **Mudanças climáticas e valoração econômica da preservação ambiental**: o pagamento por serviços ambientais e o princípio do protetor-recebedor. Curitiba, PR: Juruá Ed. 2010.

GIRÃO, Luciana Coe *et al.* Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic forest landscape. **PloS one**, v. 2, n. 9, p. e908, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0000908. Acesso em: 11 abr. 2021.

GOMES, M.A.F. **Padrões de Caatinga nos Cariris Velhos**, Pernambuco, Recife. 1979. 88 p.

GUILLAUME, Thomas; DAMRIS, Muhammad; KUZYAKOV, Yakov. Losses of soil carbono by converting tropical forest to plantations: erosion and decomposition estimated by δ13C. **Global change biology**, v. 21, n. 9, p. 3548-3560, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1111/gcb.12907. Acesso em: 15 abr. 2021.

GUIMARÃES, Helder *et al.* Indicators of ecosystem services in a military Atlantic Forest area, Pernambuco—Brazil. **Ecological Indicators**, v. 80, p. 247-257, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.030. Acesso em: 10 abr. 2021.

HARRIS, Grant M.; PIMM, Stuart L. Bird species' tolerance of secondary forest habitats and its effects on extinction. **Conservation Biology**, v. 18, n. 6, p. 1607-1616, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00336.x-i1. Acesso em: 18 abr. 2021.

HARRIS, Monica B. *et al.* Safe guarding the Pantanal wetlands: threats and conservation initiatives. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 714-720, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00708.x. Acesso em: 14 abr. 2021.

HIROTA, Marina *et al.* Global resilience of tropical forest and savana to critical transitions. **Science**, v. 334, n. 6053, p. 232-235, 2011.Disponível em: DOI: 10.1126/science.1210657. Acesso em: 11 abr. 2021.

HOLM, Jennifer A.; CHAMBERS, Jeffrey Q. Regional impacts of Atlantic Forest deforestation on climate and vegetation dynamics. *In*: **AGU Fall Meeting Abstracts**. 2012. p. A32E-08. Disponível em: https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2012AGUFM.A32E..08H/abstract. Acesso em: 18 abr. 2021.

HÓRUS, **I. Base de dados de espécies exóticas invasoras do Brasil**. Disponível em: http://bd.institutohorus.org.br/www. Acesso em: 11 jun. 2021.

HUGHES, Flint; VITOUSEK, Peter M. Barriers to shrub reestablishment following fire in the seasonal submontane zone of Hawai'i. **Oecologia**, v. 93, n. 4, p. 557-563, 1993. Disponível em: https://doi.org/10.1007/BF00328965. Acesso em: 19 abr. 2021.

IMAZON. Boletim do desmatamento da Amazonia - SAD. 2016. Disponível em: http://imazon.org.br/PDFimazon/Portugues/transparencia_florestal/amazonia_legal/SAD-Janeiro2015.pdf. Acesso em: 25 abr. 2021.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Notas Técnicas. Censo Agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, RJ, 2009. Disponível em: www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/notatecnica.pdf. Acesso em: 24 maio 2021.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. **Conversão de Multas Ambientais. Chamamento Público nº 02/2018: Restauração de populações da flora ameaçadas de extinção do bioma Mata Atlântica no Estado de Santa Catarina**. IBAMA, MMA. Brasília, 31 ago. 2018.. Disponível em: http://www.ibama.gov.br/notas/2197-conversao-de-multas-ambientais-ibama-divulga-resultado-final-do-chamamento-publico-n-2-2018. Acesso em: 01 jun. 2021.

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO. Disponível em https://www.icmbio.gov.br/portal/unidadesdeconservacao/biomas-brasileiros/cerrado. Acesso em: 13 jun. 2021.

IPCC. Summary for policymakers. *In*: **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A**: Global and Sectoral Aspects. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32. 2014.

JACQUES, Aino Victor Avila. A queima das pastagens naturais: efeitos sobre o solo e a vegetação. **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p. 177-181, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000100030. Acesso em: 18 abr. 2021.

JACQUES, Aino Victor; HERINGER, Ingrid; BASSO, Simone M. Scheffer. Aspectos do manejo e melhoramento da pastagem nativa. Campos Sulinos, p. 237, 2009. *In:* PILLAR, Valério de Patta *et al.* **Campos Sulinos:** conservação e uso sustentável da biodiversidade. Brasília, 2009.

JAX, KURT. The Value of Species. **BioScience** 63(1), 56-57, (1 January 2013). Disponível em: https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.1.12. Acesso em: 12 abr. 2021.

JUNK, Wolfgang J.; DE CUNHA, Catia Nunes. Pantanal: a large South American wetland at a crossroads. **Ecological Engineering**, v. 24, n. 4, p. 391-401, 2005. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2004.11.012. Acesso em: 17 abr. 2021.

KUSIMI, John Manyimadin. Assessing land use and land cover change in the Wassa West District of Ghana using remote sensing. **Geo Journal**, v. 71, n. 4, p. 249-259, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10708-008-9172-6. Acesso em: 11 abr. 2021.

LACERDA, Raquel Caroline Alves. **O uso do PSA como instrumento econômico na recuperação ambiental da bacia do Rio Doce**. 2017. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade de Brasília, Brasília, p. 208. 2017. Disponível em: https://repositorio.unb.br/handle/10482/31025. Acesso em: 28 maio 2021.

LAURANCE, William F. *et al.* Habitat fragmentation, variable edge effects, and the landscape-divergence hypothesis. **PloS one**, v. 2, n. 10, p. e1017, 2007. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0001017. Acesso em: 18 maio 2021.

LEAO, Tarciso CC *et al.* Predicting extinction risk of Brazilian Atlantic Forest angiosperms. **Conservation Biology**, v. 28, n. 5, p. 1349-1359, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1111/cobi.12286. Acesso em: 18 abr. 2021.

LEITE, F.R.B., SOARES, A. M.L., MARTINS, M.L.R. Áreas degradadas susceptíveis aos processos de desertificação no Estado do Ceará. 2ª aproximação. *In:* SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO. Disponível em http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte@80/2008/05.19.18.22/doc/156-161.pdf. Acesso em: 15 maio 2021.

LEITE, José Rubens Morato; AYALA, Patrick. **Dano Ambiental**: conceito, responsabilidade civil e reparação. 8ª ed. Rio de Janeiro, RJ. Forense Ed. 2020.

LIBONATI, Renata *et al.* Rescue Brazil's burning Pantanal wetlands. **Nature: comment**, v. 588, p. 217-219, 2020. Disponível em: https://www.nature.com/articles/d41586-020-03464-1. Acesso em: 04 maio 2021.

LIMA, D. Andrade. The Caatinga dominium. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 4, p. 149-163, 1981. Disponível em: https://ci.nii.ac.jp/naid/10009662595/. Acesso em: 20 abr. de 2021.

LIRA, Paula K. *et al.* Land-use and land-cover change in Atlantic Forest landscapes. **Forest Ecology and Management**, v. 278, p. 80-89, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2012.05.008. Acesso em: 26 abr. 2021.

LN WANDERLEY, Raianny *et al.* Relationship between land surface temperature and fraction of anthropized area in the Atlantic forestregion, Brazil. **PloS one**, v. 14, n. 12, p. e0225443, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0225443. Acesso em: 24 abr. 2021.

LÔBO, Diele *et al.* Forest fragmentation drives Atlantic forest of northeastern Brazil to biotichomo genization. **Diversity and Distributions**, v. 17, n. 2, p. 287-296, 2011. Disponível em: https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00739.x. Acesso em: 14 abr. 2021.

LOOMIS, John B.; WHITE, Douglas S. Economic benefits of rare and endangered species: summary and meta-analysis. **Ecological Economics**, v. 18, n. 3, p. 197-206, 1996. Disponível em: https://doi.org/10.1016/0921-8009(96)00029-8. Acesso em: 18 abr. 2021.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. **Valoração Econômica em Laudos Periciais de Crimes contra o Meio Ambiente**. 2013. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/130888. Acesso em: 01 abr. 2021.

MAIA G. N. **Caatinga:** árvores e arbustos e suas utilidades. São Paulo, SP: D&Z, Computação Gráfica Ed. 2004.

MAPBIOMAS BRASIL. Observatório do Clima. (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa SEEG/OC). **Cobertura vegetal. Plataforma de dados e mapas**. 2016. Disponível em: https://mapbiomas.org/. Acesso em: 12 abr. 2021.

MARENGO, Jose A. *et al.* **Extreme drought in the Brazilian Pantanal in 2019–2020: characterization, causes, and impacts. Frontiers in Water**, v. 3, p. 1-20, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.3389/frwa.2021.639204. Acesso em: 04 abr. 2021.

MARTIGNAGO, Filipe Milak. **Elaboração e aplicação de um protocolo para avaliação do efeito ambiental para as infrações ambientais contra a flora, com base na portaria 170/2013/FATMA/BPMA – SC**. Dissertação (Mestrado no programa de mestrado profissional em perícias criminais ambientais), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/188994/PPCA0027-D.pdf?sequence=-1&isAllowed=y. Acesso em: 01 abr. 2021.

MARTINELLI, G. *et al.* Avaliações de risco de extinção de espécies da flora brasileira. **Livro vermelho da flora do Brasil**, v. 1, 2013. Disponível em: http://www.cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha. Acesso em: 15 jun. 2021.

MARTINS, V. F. **A Influência da Dispersão de Sementes na Estrutura Espacial de Populações Vegetais**. Monografia. Universidade Estadual de Campinas – Instituto de Biologia - NT 238 – Ecologia de Populações de Plantas. Disponível em https://www2.ib.unicamp.br/profs/fsantos/nt238/2007/Monografias/Monografia-Valeria.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.

MATO GROSSO. PORTARIA Nº 052/2018-SEFAZ/MT. Disponível em: http://app1.sefaz.mt.gov.br/0325677500623408/7C7B6A9347C50F55032569140065EBBF/3C0D59CDCFAA809B84258286005D5179. Acesso em: 22 maio 2021.

MAZZILLI, Hugo Nigro. **O Inquérito Civil: Investigações do Ministério Público, compromissos de ajustamento e audiências públicas** – 2. ed. ver., ampl. e atual. – São Paulo, SP: Saraiva, 2000.

MCDONALD, T. GANN, GD, JONSON, J. e DIXON, KW. Padrões Internacionais para a Prática da Restauração Ecológica – Incluindo Princípios e Conceitos Chaves. Society for Ecological Restoration – SER. Washington, DC. USA. 2016. Disponível em https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/SER_Standards_Portuguese.pdf. Acesso em: 18 abr. 2021.

MEDEIROS, Rodrigo; YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. **Contribuição das unidades de conservação brasileiras para a economia nacional**: Relatório Final. Brasília: UNEP-WCMC. 2011. Disponível em: https://scholar.google.com/scholar?cluster=4269100589197987125&hl=pt-BR&as_sdt=0,5. Acesso em: 18 abr. 2021.

MCGRATH, Deborah A. *et al*. Effectsofland-use change on soil nutrient dynamics in Amazonia. **Ecosystems**, v. 4, n. 7, p. 625-645, 2001.Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10021-001-0033-0. Acesso em: 18 maio 2021.

MCTI-Ministério da Ciência e Tecnologia, ESTIMATIVAS ANUAIS DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA NO BRASIL. 5º Edição 2020. Disponível em: http://educaclima.mma.gov.br/wp-content/uploads/2020/06/Estimativas-Anuais-5-2020.pdf. Acesso em: 13 jun. 2021.

METZGER, Jean Paul. Como lidar com regras pouco óbvias para conservação da biodiversidade em paisagens fragmentadas. **Natureza & Conservação**, v. 4, n. 2, p. 11-23, 2006.Disponível em: http://www.lauxen.net/conecte/referencias/Metzger_2006a.pdf. Acesso em: 18 abr. 2021.

BAHIA. Ministério Público do Estado da Bahia. Nota Técnica 01/2021 – Metodologia de Valoração Econômica do Dano Ambiental – Fundamentos Legais e Técnicos. de danos ambientais irreversíveis. Salvador, BA, 2021.

MATO GROSSO. Ministério Público do Estado de Mato Grosso. (MPMT). Roquette, J.G. Relatório técnico n. 208/2015, SIMP 000886-053/2014

MATO GROSSO. Ministério Público do Estado de Mato Grosso. (MPMT). Roquette, J.G. Relatório técnico n. 271/2020, SIMP 000314-061/2019.

MATO GROSSO. Ministério Público do Estado de Mato Grosso. (MPMT). Roquette, J.G.; Oliveira, E.J.; Nery, J.A. Relatório técnico n. 598/2015. SIMP 000074-002/2012.

MINAS GERAIS. Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG). JÚNIOR, Jarbas Soares *et al*. (Coord.). PINHEIRO, Zilmar Celestino *et al*. (Org.). **Guia prático de requisição de Perícias Ambientais**. Belo Horizonte/MG, 2006. Disponível em: http://www.mpmg.mp.br/portalweb/hp/9/docs/guia_pratico_de_requisicao_de_pericias_ambientais.pdf. ou http://www.mp.go.gov.br/portalweb/

hp/9/docs/guia_pratico_de_requisicao_de_pericias_ambientais.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021.

MINAS GERAIS. Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG). Valoração de danos ambientais irreversíveis. *In*: **Revista do Ministério Público de Minas Gerais. Edição especial meio ambiente.** Belo Horizonte, MG, 2012. Disponível em: https://www.mpmg.mp.br/conheca-o-mpmg/escola-institucional/publicacoes-tecnicas/revista-mpmg-juridico/. Acesso em: 20 de abr. 2021.

MODERNEL, Pablo *et al.* Land use change and ecosystem service provision in Pampas and Campos grasslands of southern South America. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 11, p. 113002, 2016. Disponível em: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/11/113002. Acesso em: 18 abr. 2021.

MORANTE-FILHO, Jose Carlos *et al.* Birds in anthropogenic landscapes: the responses of ecological groups to forest loss in the Brazilian Atlantic Forest. **PloS One**, v. 10, n. 6, p. e0128923, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0128923. Acesso em: 19 abr. 2021.

MOREIRA DE ARAÚJO, Fernando; FERREIRA, Laerte Guimarães; ARANTES, Arielle Elias. Distribution patterns of burned areas in the Brazilian biomes: An analysis based on satellite data for the 2002–2010 period. **Remote Sensing**, v. 4, n. 7, p. 1929-1946, 2012. Disponível em: https://www.mdpi.com/2072-4292/4/7/1929. Acesso em: 13 abr. 2021.

MOUTINHO, Paulo *et al.* Achieving zero deforestation in the Brazilian Amazon: What is missing? Zero deforestation in the Brazilian Amazon. **Elementa: Science of the Anthropocene**, v. 4, 2016. Disponível em: https://online.ucpress.edu/elementa/article/doi/10.12952/journal.elementa.000125/112859. Acesso em: 17 abr. 2021.

MUMBY, Peter J. *et al.* Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. **Nature**, v. 427, n. 6974, p. 533-536, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nature02286. Acesso em: 18 abr. 2021.

MURTY, Danuse *et al.* Does conversion of forestto agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. **Global Change Biology**, v. 8, n. 2, p. 105-123, 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1046/j.1354-1013.2001.00459.x. Acesso em: 13 abr. 2021.

MYERS, Norman *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1038/35002501. Acesso em: 15 abr. 2021.

MORLEY, Robert J. *et al.* **Origin and evolution of tropical rainforests**. John Wiley & Sons, 2000.

NAGELKERKEN, I. *et al* . A função de habitat dos manguezais para a fauna terrestre e marinha: Uma revisão. **Aquat. Robô**. 89, 155–185. 2008.

NOGUEIRA, Jorge Madeira; DE MEDEIROS, Marcelino Antonio Asano; DE ARRUDA, Flávia Silva Tavares. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo? **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 2, p. 81-115, 2000. Disponível em: http://dx.doi.org/10.35977/0104-1096.cct2000.v17.8870. Acesso em: 19 abr. 2021.

NUNES DA CUNHA, Cátia; JUNK, Wolfgang J. A preliminary classification of habitats of the Pantanal of Mato Grosso and Mato Grosso do Sul, and its relation to national and international wetland classification systems. *In*: **The Pantanal:**

Ecology, biodiversity and sustainable management of a large neotropical seasonal wetland. Pensoft, 2011. p. 127-141. Disponível em: https://pure.mpg.de/pubman/faces/ViewItemOverviewPage.jsp?itemId=item_1505049. Acesso em 17 jun. 2021.

OLIVEIRA, Anízia Conceição Cabral de A. *et al.* Dinâmica da paisagem e proposição de cenários ambientais: um estudo da planície costeira de Estância, Sergipe, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coast al Zone Management**, v. 12, n. 2, p. 175-193, 2012. Disponível em: https://www.redalyc.org/pdf/3883/388340137004.pdf. Acesso em: 20 abr. 2021

OLIVEIRA, M. A.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M. Profound impoverishment of the large-tree stand in a hyper-fragmented landscape of the Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 11, p. 1910-1917, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.07.014. Acesso em 18 abr. 2021.

OLIVEIRA, Paula Cristina Almeida de; RODRIGUES, Silvio Carlos. Utilização de cenários ambientais como alternativa para o zoneamento de bacias hidrográficas: estudo da bacia hidrográfica do Córrego Guaribas, Uberlândia, -MG. **Sociedade & Natureza**, v. 21, p. 305-314, 2009. v. 21, p. 305-314, 2009.

O'MARA, Frank P. The role of grasslands in food security and climate change. **Annals of botany**, v. 110, n. 6, p. 1263-1270, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1093/aob/mcs209. Acesso em: 18 abr. 2021.

DA MOTA, Dalva Maria *et al.* As catadoras de mangaba: problemas e reivindicações. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, 2007. Disponível em: https://core.ac.uk/download/pdf/15434059.pdf. Acesso em: 26 maio 2021.

OVERBECK, Gerhard E. *et al.* Restoration ecology in Brazil-time to step out of the forest. **Embrapa Pecuária Sul-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2013. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/980057. Acesso em: 11 maio 2021.

OVERBECK, Gerhard E. *et al.* Conservation in Brazil needs to include non-foreste cosystems. **Diversity and distributions**, v. 21, n. 12, p. 1455-1460, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.1111/ddi.12380. Acesso em: 14 abr. 2021.

OVERBECK, G. E. *et al.* The South Brazilian grasslands–A South American tallgrass prairie? Parallels and implications of fire dependency. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 1, p. 24-30, 2018. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.pecon.2017.11.002. Acesso em: 18 jun. 2021.

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. **Economics of natural resources and the environment**. JHU press, 1990. Disponível em: https://library.uog.edu.gy:81/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=63664. Acesso em: 15 jun. 2021.

PEREIRA, Gabriel *et al.* Análise das áreas queimadas e das emissões dos gases do efeito estufa no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro–Santa Catarina. **Geosul**, v. 24, n. 47, p. 113-130, 2009. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2009v24n47p113. Acesso em: 12 jun. 2021.

PETERS, Norman E.; MEYBECK, Michel. Water quality degradation effects on fresh water availability: impacts of human activities. **WaterInternational**, v. 25, n. 2, p. 214-221, 2000. Disponível em: https://doi.org/10.1080/02508060008686817. Acesso em: 12 jun. 2021.

PFEIFER, M. *et al*. Creation of forest edges has a global impact on forest vertebrates. **Nature**, v. 551, n. 7679, p. 187-191, 2017. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nature24457. Acesso em: 13 jun. 2021.

PELLINI, Ana. **Resiliência Ambiental**. Gestão de riscos e desastres; Sistema de outorga de água; Desassoreamento; Gestão de resíduos sólidos. Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Governo do Rio Grande do Sul. Disponível em http://www.al.rs.gov.br/FILEREPOSITORY/REPDCP_M505/COMESPRESILIENTE/RESILI%C3%AANCIA%20AMBIENTAL%20-%20ANA%20PELLINI.PDF. Acesso em: 11 jun. 2021.

PILLAR, Valério de Pilar *et al*. **Campos Sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2009. Disponível em: http://ecoqua.ecologia.ufrgs.br/arquivos/Livros/CamposSulinos.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.

PILLAR, Valério de; TORNQUIST, Carlos Gustavo; BAYER, Cimelio. The southern Brazilian grassland biome: soil carbon stocks, fluxes of greenhouse gases and some options for mitigation. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 673-681, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1519-69842012000400006. Acesso em: 12 jun. 2021.

POZER, C.G.; NOGUEIRA, F. Flooded native pastures of the northern region of the Pantanal of Mato Grosso: biomass and primary productivity variations. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 4, p. 859-866, 2004. Disponível em: https://www.scielo.br/j/bjb/a/gSn79vdssXs3thBSRXgx6sk/?format=pdf&lang=en. Acesso em 14 maio 2021.

PRADO, Fernanda Bloise; VASCONCELOS, Fernanda Carla Wasner; CHIODI, Cristina Kistemann. Regime jurídico da Mata Atlântica e o risco à sobrevivência in situ de espécies ameaçadas. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 1-16, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S1414-753X2014000200002. Acesso em: 12 jun. 2021.

RIBAS, L. C. **Metodologia para avaliação de danos ambientais - o caso florestal**. Tese (Doutorado em Engenharia), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo/SP, 244 p., 1996. Disponível em: https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/docentes/metodologia-para-avaliacao-de-danos-ambientais.pdf. Acesso em: 19 maio 2021.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado Teles. **Fitofisionomias do bioma Cerrado.** *In:* SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de (Ed.). Cerrado: ambiente e flora. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998, p. 89-166.

RIBEIRO, MC; METZGER, JP; MARTENSEN, AC; PONZONI, FJ; HIROTA, MM **Mata Atlântica brasileira**: quanto resta e como se distribui o restante da floresta? Implicações para a conservação. Biol. Conserv.,142(2009), pp. 1141 – 1153.

RIO GRANDE DO SUL. Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul – Emater-RS. Informações Agropecuárias. Série Histórica. Disponível em: http://www.emater.tche.br/site/info-agro/serie_historica.php. Acesso em 18 jun. 2021.

RIOS, Elaine *et al*. Testing the habitat amount hypothesis and fragmentation effects for medium-and large-sized mammals in a biodiversity hotspot. **Landscape Ecology**, v. 36, n. 5, p. 1311-1323, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10980-021-01231-9. Acesso em: 12 jun. 2021.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro (Ed.). **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. LERF; Piracicaba: ESALQ, 2009.

RUTT, Cameron L. *et al.* Avian ecological succession in the Amazon: A long-term case study following experimental deforestation. **Ecology and evolution**, v. 9, n. 24, p. 13850-13861, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ece3.5822. Acesso em: 14 maio 2021.

SALEMI, Luiz Felippe *et al.* Land-use change in the Atlantic rain forest region: Consequences for the hydrology of small catchments. **Journal of Hydrology**, v. 499, p. 100-109, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.049. Acesso em: 12 jun. 2021.

SÁNCHEZ, Luís Enrique. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2ª ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos Ed. 2013.

SANTOS, Bráulio A. *et al.* Edge-related loss of tree phylogenetic diversity in the severely fragmented Brazilian Atlantic forest. **PloS one**, v. 5, n. 9, p. e12625, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012625. Acesso em: 12 jun. 2021.

SANTOS, Maria de Fátima de A. V; RIBEIRO, Mateus R.; SAMPAIO, Everaldo Valadares de Sá Barretto. Semelhanças vegetacionais e, sete solos da Caatinga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.27, p 305-314. 1992.

SÃO PAULO. Instituto Florestal - Secretaria do Meio Ambiente. **Conceitos e Definições Correlatos à Ciência e à Prática da Restauração Ecológica**. IF Sér. Reg., nº 44. São Paulo. 2011. Disponível em: http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/aronson2011.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.

SARTORI, Martina *et al.* A link age between the biophysical and the economic: Assessing the global Market impacts of soil erosion. **Land use policy**, v. 86, p. 299-312, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.05.014. Acesso em: 12 jun. 2021.

SCARANO, Fabio Rubio; CEOTTO, Paula. Brazilian Atlantic forest: impact, vulnerability, and adaptation to climate change. **Biodiversity and Conservation**, v. 24, n. 9, p. 2319-2331, 2015.Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10531-015-0972-y. Acesso em: 19 jun. 2021.

SCARIOT, Aldicir; FELFILI, Jeanine M.; SILVA, José Carlos Sousa. **Cerrado**: ecologia, biodiversidade e conservação. 2005. Disponível em: http://biblioteca.cl.df.gov.br/dspace/bitstream/123456789/630/1/Cerrado_Parte1.pdf. Acesso em: 19 jun. 2021.

SCHEFFER, Marten *et al.* Early-warningsignals for critical transitions. **Nature**, v. 461, n. 7260, p. 53-59, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nature08227. Acesso em: 12 abr. 2021.

SCHÖNGART, J., *et al.* Carbon dynamics in aboveground coarse wood biomass of wetland forests in the northern Pantanal, Brazil. **Biogeosciences Discussions**, v. 5, p. 2103-2130, 2008.

SCHULTZ, Martin G. *et al.* Global wildland fire emissions from 1960 to 2000. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, n. 2, 2008. Disponível em: https://doi.org/10.1029/2007GB003031. Acesso em: 17 jun. 2021.

SILVA, Carolina Joana; GIRARD, Pierre. New challenges in the management of the Brazilian Pantanal and catchment area. **Wetlands Ecology and Management**, v.

12, p. 553–561, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s11273-005-1755-0. Acesso em: 28 jun. 2021.

DA SILVA, José Maria Cardoso *et al*. Status of the biodiversity of the Atlantic Forest of Brazil. **The Atlantic Forest of South America: Biodiversity Status, Threats, and Outlook. CABS and Island Press, Washington**, p. 43-59, 2003.

SOUZA, Marcelo Pereira, *et al*. Cenários ambientais para o planejamento estratégico do Campus Ribeirão Preto - **USP. FFCLRP, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto**, SP, 2013, Disponível em: http://www.hu.usp.br/wp-content/uploads/sites/103/2017/06/50-Cen%C3%A1rios-ambientais-para-o-planejamento-estrat%C3%A9gico-do-Campus-Ribeir%C3%A3o-Preto.pdf. Acesso em: 23 jun. 2021.

SPRACKLEN, Dominick V.; ARNOLD, Steve R.; TAYLOR, C. M. Observation sofin creased tropical rainfall preceded by air passage over forests. **Nature**, v. 489, n. 7415, p. 282-285, 2012. Disponível em: https://doi.org/10.1038/nature11390. Acesso em: 12 jun. 2021.

STEIGLEDER, Annelise Monteiro. **Responsabilidade Civil Ambiental**: as dimensões do dano ambiental no Direito brasileiro. 2ª ed. Porto Alegre, RS: Livraria do Advogado Ed. 2011.

SECRETARIAT OF THE CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY, 2002. **Global Strategy for Plant Conservation.** Secretariat of the Convention on Biological Diversity. CBD, UMEP, Botanical Gardens Conservation International, Montreal.

SOS Mata Atlântica, INPE (2014). **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica**: período 2012–2013. SOS Mata Atlântica, São Paulo. Disponível em: http://mapas.sosma.org.br/site_media/download/atlas_2012-2013_relatorio_tecnico_2014.pdf. Acesso em: 17 jun. 2021.

TAGLIAFIERRO, Carolina *et al.* Landscape economic valuation by integrating landscape ecology into landscape economics. **Environmental science&policy**, v. 32, p. 26-36, 2013. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2012.12.001. Acesso em: 14 jun. 2021.

TORNQUIST, Carlos Gustavo; BAYER, Cimelio. Serviços ambientais: oportunidades para a conservação dos Campos Sulinos. In: Campos Sulinos – conservação e uso sustentável da biodiversidade. Valério De Patta Pillar... [et al.]. Editores. – Brasília: MMA, 2009.

TORCHELSEN, Fábio Piccin; CADENAZZI, Monica.; OVERBECK, Gerhard Ernst. Do subtropical grasslands recover spontaneously after afforestation? **Journal of Plant Ecology**, 12, n.2, p. 228-234, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jpe/rty011. Acesso em: 16 jun. 2021.

UNFCCC, COP. Decision 1/CP.21 Adoption of the Paris Agreement. *In:* **Report of the Conference of the Parties on Its Twenty First Session, Held in Paris from 30 November to 13 December 2015 Addendum Part Two: Action Taken by the Conference of the Parties at Its Twenty-First Session** (FCCC/CP/2015/10/Add.1). 2015. Disponível em: https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf. Acesso em: 15 jun. 2021.

UNCCD. United Nations Convention to Combat Desertification - (Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos das Secas). ONU, Organização das Nações Unidas. 1994.

Universidade de São Paulo - USP. **Ecologia - Ecossistemas: conservação e restauração.** Disponível em https://midia.atp.usp.br/impressos/redefor/EnsinoBiologia/Ecologia_2011_2012/Ecologia_v2_09_TextoComplementarIII.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.

VALLEJOS, Marcelo Alejandro Villegas *et al*. Effects of crowding due to habitat loss on species assemblage patterns. **Conservation Biology**, v. 34, n. 2, p. 405-415, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1093/jpe/rty011. Acesso em: 12 jun. 2021.

VAN DER WERF, Guido R. *et al*. CO 2 emissions from forest loss. **Nature geoscience**, v. 2, n. 11, p. 737-738, 2009. Disponível em: https://doi.org/10.1038/ngeo671. Acesso em: 19 jun. 2021.

VAN DER WERF, Guido R. *et al*. Global fire emissions and the contribution of de forestation, savanna, forest, agricultural, and peatfires (1997–2009). **Atmospheric chemistry and physics**, v. 10, n. 23, p. 11707-11735, 2010. Disponível em: https://doi.org/10.5194/acp-10-11707-2010. Acesso em: 11 jun. 2021.

VANWEY, L. K.; E. OSTROM, V. MERETSKY. **Teorias subjacentes ao estudo das interações humano-ambiente.** EF Moran; E. Ostrom (Eds.), Ver a floresta e as árvores: Humana-Ambiente interacções nos ecossistemas florestais , MIT Press, Cambridge. 2005., pp. 23 de 56.

WIEDINMYER, Christine *et al*. Estimating emissions from fires in North America for air quality modeling. **Atmospheric Environment**, v. 40, n. 19, p. 3419-3432, 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.02.010. Acesso em: 12 jun. 2021.

WORM, B. *et al* . Impactos da perda de biodiversidade nos serviços do ecossistema oceânico. **Science** 314, 787–790 (2006).

WRIGHT, Justin P.; FLECKER, Alexander S. Deforesting the river scape: theef fect sofwood on fish diversity in a Venezuelan piedmont stream. **Biological Conservation**, v. 120, n. 3, p. 439-447, 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2004.02.022. Acesso em: 12 maio 2021.

YOUNG, Carlos Eduardo Frickmann. Apostila: Valoração Econômica do Meio Ambiente e Recursos Naturais. Política e Economia Ambiental II. PPED/UFRJ. GEMA/UFRJ. 2018.

ZHOURI, Andréa; LASCHEFSKI, Klemens. **Desenvolvimento e conflitos ambientais**. Belo Horizonte, MG: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) Ed. 2010.

APÊNDICE

Glossário

Destoca – ação ou efeito de destocar; ação de limpar a terra para o cultivo. (Dicio – Dicionário online de Português. (Disponível em: https://www.dicio.com.br/destoca./).

Destocamento – a destoca do solo remoção dos restos de tocos de árvores cortada anteriormente. (Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/glossrio_bndes_textodoc_46.pdf).

Enleiramento – ato que consiste basicamente em amontoar ou empilhar o material vegetal derrubado, em leiras ou camadas contínuas, cujo espaçamento depende da declividade do terreno, da densidade do material derrubado e do tipo de equipamento

utilizado. (Vocabulário Básico de Recursos Naturais e Meio Ambiente. IBGE. 2. ed., 2004. (Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv4730.pdf).

Fenologia – refere-se à parte da botânica que estuda as diferentes fases do crescimento e desenvolvimento das plantas, tanto a vegetativa (germinação, emergência, crescimento da parte aérea e das raízes) como a reprodutiva (florescimento, frutificação e maturação), demarcando-lhes as épocas de ocorrência e as respectivas características (Disponível em: http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va05-planta-e-ambiente01.pdf).

Fisionomia – característica morfológica da comunidade vegetal. (GRABHERR, G. & KOJIMA, S. 1993. Op. Cit., Pp. 218-232. *In*: A.M. Solomon & H.H. Shugart (eds.). Vegetation Dynamics & Global Change. New York, Chapman & Hall).

Fitofisionomia – é uma característica morfológica da comunidade vegetal. Ela vem a ser a primeira impressão causada pela vegetação, representando suas características e aspectos. (ALLEN, T.F.H. 1998. Community Ecology. Pp. 315-383. *In*: S.I. Dodson; N.E. Langston; M.G. Turner; S.R. Carpenter; J.F. Kitchell; R.L. Jeanne; A.R. Ives & T.F.H. Allen, (Contrib.). Ecology. Oxford University Press Inc. Oxford).

Impacto ambiental – alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que, direta ou indiretamente, afetem: a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (Resolução CONAMA 001/86, art. 1º).

Sedimento – material originado pela destruição de rochas pré-existentes, susceptível de ser transportado e depositado. Os sedimentos classificam-se segundo o ambiente de sedimentação, ou segundo o tipo de sedimentação. Os sedimentos continentais podem ser subdivididos em: fluviais, lacustres, eólios, glaciais; os marinhos, segundo a zona que ocupam, em nerítico, batial e abissal. Quanto ao tipo de sedimentação temos: clástico ou mecânico, químico e biológico (Dicionário geológico-geomorfológico/IBGE).

Sensoriamento remoto – é a ciência e a arte de obter informação sobre um objeto (alvo), área ou fenômeno através da análise de dados adquiridos por um dispositivo (sensor) que não está em contato direto com o objeto, área ou fenômeno sob investigação. (LILLESAND, T.M.; R.W. KIEFER. 1994. Remote Sensing and Photo Interpretation, 3rd. ed. John Wiley& Sons: New York. 750 p.).

Zoocóricas – é o modo de dispersão das sementes de uma planta pelos animais, normalmente por aves e roedores. (Dicionário informal. Disponível em: https://www.dicionarioinformal.com.br/zooc%C3%B3rica/).

ANEXOS

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DA BAHIA. NOTA TÉCNICA 01/2021 – METODOLOGIA DE VALORAÇÃO ECONÔMICA DO DANO AMBIENTAL – FUNDAMENTOS LEGAIS E TÉCNICOS. DE DANOS AMBIENTAIS IRREVERSÍVEIS. SALVADOR, BA, 2021.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MATO GROSSO DO SUL. RELATÓRIO TÉCNICO Nº 1348/2019.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MATO GROSSO. ROTEIRO DE VALORAÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS MATERIAIS E EXTRAPATRIMONIAIS NO ÂMBITO DO PROJETO OLHOS DA MATA - VERSÃO 0.03.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MATO GROSSO. RELATÓRIO TÉCNICO N. 208/2015.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MATO GROSSO. RELATÓRIO TÉCNICO N. 271/2020.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MATO GROSSO. RELATÓRIO TÉCNICO N. 598/2015.

METODOLOGIA CATE DAI.

CAPÍTULO V

A VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS À FAUNA SILVESTRE

Meri Cristina Amaral Gonçalves[1]
Romana Coêlho de Araujo[2]
Annelise Monteiro Steigleder[3]

SUMÁRIO

1. Introdução

2. Da valoração de dano

3. Dos métodos utilizados para valoração

4. Da equivalência de nomenclatura dos métodos

5. Nota técnica MPMS Valoração de Dano Ambiental, sobre fauna

5.1. Custos de reabilitação e destinação da fauna silvestre

5.2 Custo de reposição da fauna silvestre

6. Valoração econômica de danos ambientais, coletânea da Central de Apoio Técnico - CEAT do Ministério Público de Minas Gerais

7. Valoração de danos à avifauna: a contribuição do Ministério Público de São Paulo

8. A aplicação da Emergia em valoração de danos à fauna

9. Valoração de danos decorrentes da pesca clandestina

10. Valoração de danos em matéria de meio ambiente e patrimônio cultural roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do ministério público federal

11. Considerações finais

Referências bibliográficas

1 Promotora de Justiça no Estado do Acre, Mestre em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais (UFAC), e em Direito e Desenvolvimento Sustentáveis (UNIPÊ).

2 Assessora Econômica 6ª CCR/MPF, Bacharel em Direito (CEUB) e em Economia (UCB). Mestre em Economia (UnB).

3 Promotora de Justiça no Estado do Rio Grande do Sul, Mestre em Direito pela UFPR; Doutora em Planejamento Urbano e Regional pelo PROPUR/UFRGS.

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo é o resultado da análise do subgrupo[4] que tratou dos métodos para valoração de danos ambientais à fauna silvestre e contém algumas experiências de quatro Ministérios Públicos (MPMS, MPMG, MPSP e MPF), que já se adiantaram no enfrentamento dessa temática, com a apresentação de notas técnicas oriundas de pareceres e estudos técnicos elaborados para instrumentalizar perícias em inquéritos civis públicos e ações judiciais. Adotou como metodologia a revisão de casos concretos, já testados pelo Ministério Público brasileiro, trazendo algumas inciativas de estudos de valoração já publicadas.

E o que significaria valorar? Atribuir valor monetário às características ambientais da área, considerando seus atributos físico-químicos, bióticos e antrópicos.

No tocante à fauna brasileira, conforme informa o Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção, são quase 9.000 espécies de vertebrados descritas e cerca de 94.000 artrópodos, números em permanente mudança, visto as constantes revisões taxonômicas e a descoberta frequente de novas espécies. A maior parte dessa diversidade é de insetos, com cerca de 83.000 espécies reconhecidas no Brasil. Destacam-se também em diversidade os aracnídeos, com cerca de 6.200 espécies, e os moluscos, com aproximadamente 3.100 espécies. No tocante aos vertebrados, algumas publicações recentes, indicam que há no Brasil cerca de 4.545 espécies de peixes, 1080 de anfíbios, 773 de répteis, 1.919 de aves e 701 mamíferos.

Ressalte-se que estes números estão em constante revisão, especialmente para os peixes, já que novas espécies continuam sendo descritas sempre que áreas pouco conhecidas e novos estudos de revisões taxonômicas são realizados. Mesmo para grupos bem conhecidos e estudados, como os mamíferos, ainda são frequentes descrições ou revalidações de novas espécies. Esses números colocam o Brasil na posição de país com maior número de espécies de anfíbios e primatas em todo o mundo, o 2º em mamíferos e o 3º em aves e répteis. Também é o sexto país em endemismos[5] de vertebrados, sendo as taxas mais altas para os anfíbios, com 57%, e os répteis, com 37%.

Porém, apesar dessa abundância de espécies da fauna, e apesar do apelo pela grandiosidade da biodiversidade, quando comparado com o provável valor financeiro da floresta em evitar o aquecimento global, é menos provável que a biodiversidade se transforme em um fluxo monetário significativo na escala de tempo necessária para evitar grandes perdas por desmatamento (FEARNSIDE, 2018).

E, embora se saiba que a fauna brasileira está legalmente protegida, na prática essa tutela legal não garante sua integridade e continuidade de seu ciclo de vida, com a manutenção dos processos ecológicos e serviços ecossistêmicos que realizam. A fauna está sempre à mercê da utilização econômica que se dê ao seu *habitat* natural. Assim sendo, ainda que esteja em vigor a Lei 5.197/65, que traz um conceito bem abrangente de fauna, em seu art. 1º, com um viés de proteção, assim como o texto constitucional que também faz menção à fauna como objeto de especial atenção, destacando-se o Capítulo VI, artigo 225, parágrafo 1º, inciso VII, da Constituição da República, que determina como responsabilidade do Poder Público "proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção das espécies ou submetam os animais à crueldade".

4 Integram este subgrupo de fauna: Promotora de Justiça Meri Cristina Amaral Gonçalves (Coordenadora), Promotora de Justiça Annelise Monteiro Steigleder, Procuradora da República Sandra Kishi, Procuradora de Justiça Silvia Cappelli, e os especialistas Romana Coêlho de Araujo, Economista; Ana Paula Felício, Zootecnista; Bruna de Almeida, Bióloga; Cláudia Lage Michalaros, Gláucia Helena Fernandes Seixas, doutora em Ecologia e Cons. da Natureza; Iria de Souza Pinto, Bióloga; Juliana Pierobom Lopez, Bióloga; Luiz Fernando Souza, Doutor em Ciências Biológicas; Maria Isabel Miranda, Bióloga; Rafael Vieira Nunes, doutor em Ecologia; Thais Catalani.

5 Endemismo refere-se a espécie restrita a determina área ou região geográfica.

Há, ainda, o texto da Lei 9.605/98 que dedica um capítulo voltado à proteção da fauna, estabelecendo tipos penais para condutas lesivas à fauna, entretanto, essa proteção legal não tem sido capaz de impedir a destruição de populações inteiras, fato que ocorre com frequência, seja pela destruição dos ambientes naturais (imagine-se numa queimada na Amazônia?), seja pela forte captura para o tráfico, abate esportivo, perseguição e tentativas de apropriação como *pet*.

Diante desse cenário, justifica-se buscar métodos de valorar esse bem tão valioso. Afinal, nossa fauna silvestre (e flora) são fundamentais para manutenção dos processos ecológicos, que são negligenciados, dizimados, quando os ecossistemas são destruídos, considerados empecilhos para atividades econômicas, sendo que representam alicerces para a continuidade da vida no planeta, por suas funções ecossistêmicas no ambiente.

Após serem apresentados diversos métodos de valoração, a realização da análise de laudos já existentes, que auxiliou na elaboração deste documento, que nasce com o intuito de subsidiar as decisões sobre a fauna, em situações reais enfrentadas por órgãos voltados à conservação da fauna silvestre, e que cotidianamente se deparam com a demanda de perda desse patrimônio. São recorrentes, como mostra o estudo, os trabalhos de apreensões e resgate, exigindo ações planejadas para não só socorrer espécimes apreendidos ainda vivos, com todo o custo que isso representa. Há ainda a necessidade de estimar o custo da perda da biodiversidade e dos serviços ambientais, a cada agressão sofrida pela fauna, para que a reparação seja compatível com o custo de ações reparadoras.

2. DA VALORAÇÃO DE DANOS[6]

Entende-se que a valoração econômica do dano ambiental resulta de identificação, coleta e análise de informações e dados sobre mudanças nas características físicas e biológicas de um bem ou serviço ambiental, bem como sobre mudanças no nível do bem-estar humano, decorrentes de alterações causadas ao capital natural (patrimônio ambiental) (ARAUJO, 2003, p. 12). Em complemento – e como parte essencial deste processo – há, também, a observação de mudanças no nível do bem-estar humano decorrentes das alterações do patrimônio ambiental. Deve-se enfatizar que a ausência desses procedimentos pode limitar, ou mesmo inviabilizar, a estimativa do valor econômico do dano ambiental (Araujo, 2011).

Muitas dessas "mudanças" não se refletem em "preços de mercado" de bens, serviços e ativos ambientais. Por isso, precisamos dos métodos de valoração econômica ambiental. Assim, lidamos com procedimentos para identificar, coletar e analisar dados e informações. Atentar que os dados e informações necessários nesses cálculos dizem respeito às variações ocorridas no ambiente físico que sofreu o dano, bem como das variações ocorridas no bem-estar humano afetado. Então estaremos diante de dois danos: o ambiental e o social.

Os métodos e procedimentos propostos por economistas para estimar valor econômico de bens e serviços (mais ou menos) intangíveis já são aplicados há muitas décadas. Para certos métodos, como é o caso do Método Preço Hedônico (MPH), sua primeira aplicação já completou 100 anos. Esses métodos e procedimentos, no entanto, foram aplicados originalmente para equacionar certas problemáticas distantes da problemática ambiental: a) alguns métodos foram inicialmente pensados para evidenciar o "valor econômico" da educação sobre o bem-estar do indivíduo e da sociedade (MPH, MDR/MPM); b) outros métodos (MVC) para demonstrar a

6 Com base na palestra ministrada por Romana Coelho de Araujo, na Oficina "Valoração de Danos Socioambientais decorrentes de garimpo ilegal de ouro na Amazônia", em Manaus, em dezembro de 2018. E após, com adaptações, no Curso "Direito Aplicado ao MPF", XII CIV/MPF - 2ª Fase, nos dias 6 a 10, e após, de 13 a 17 de maio de 2019, na cidade de Manaus e no município de Novo Airão.

viabilidade econômica de projetos de usos alternativos do solo e da água; c) outros para justificar os efeitos positivos de coleta e tratamento de esgoto sobre a saúde da comunidade (MVC, MCE). Isso, para mencionar apenas alguns exemplos. (Nogueira et all,. 2000)

O ponto relevante é que métodos de valoração econômica foram "importados" de outras preocupações para a problemática ambiental. Assim, é importante ter em mente que há uma vasta literatura - teórica/conceitual e aplicada/empírica - relacionada com esses métodos. Entretanto, usualmente, é veiculado a ideia da busca de instrumentos que permita encontrar a "solução mais adequada e rápida" para um determinado problema. Contudo, a busca da prática precisa ser feita em bases lógicas rigorosas, pois caso contrário nossos instrumentos serão superados por aqueles propostos com base em maior rigor lógico.

Conforme Mota (2001), a valoração ambiental significa atribuir preço para algo que tem dimensão transcendental, sistêmico e sujeito às ações antrópicas e contingências econômicas, portanto, a valoração deve permear as decisões públicas ambientais, servindo de subsídio para analisar custos imputados ao meio ambiente, estimar benefícios daqueles que desfrutam dos recursos naturais, e ainda auxiliar o gestor público na tomada de decisões.

Logo, a valoração ambiental deve ser vista como um instrumento para otimizar o uso dos recursos naturais, de modo que passem a ser vistos como algo de valor holístico, por não estarem disponíveis no mercado.

3. DOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA VALORAÇÃO

Para facilitar a compreensão do capítulo, *per si*, discorre-se a seguir de maneira geral sobre alguns conceitos e métodos bastante usados em valoração de danos.

A Economia Ambiental propõe que devemos iniciar o "pensar da valoração econômica" por determinar conceitualmente o Valor Econômico Total (VET) do ativo ambiental alterado, em termos de seus componentes de "uso direto", "uso indireto" e "existência". Para tanto, exemplifica-se com o ativo ambiental "bosque", no Quadro I:

Valor Econômico Total de um Bosque Principais Componentes dos Bens e Serviços Ambientais Considerações Qualitativas				
Valor de Uso		Valor de Opção	Valor de Quase-opção	Valor de Existência
Valor de Uso Direto	Valor de Uso Indireto			
Madeira Frutos Beleza natural para lazer e turismo	Conservação da diversidade biológica. Manutenção da qualidade do ar. Proteção a nascentes de córregos e rios. Prevenção do processo erosivo do solo e de assoreamento de rios. Regulação de microdima local.	O desempenho das funções assinaladas no "valor de uso direto" e no "valor do uso indireto" pelas gerações futuras,	As funções indicadas em "valor de uso direto", "valor de uso indireto" e "valor de opção" são definidos com base no conhecimento científico e tecnológico existente hoje. Entretanto, o conhecimento científico e tecnológico aumenta com o passar dos anos. Assim, algo disponível em um bosque que não tenha utilidade alguma para o ser humano hoje, poderá ser identificado como a fonte de um incremento significativo do bem estar humano daqui a dez anos. O valor de quase opção é, portanto, um potencial componente do valor do bosque dependente do progresso científico e tecnológico futuro.	As plantas e os animais que vivem no bosque têm "valor" em si mesmos, independentemente do uso que possam ter para o ser humano. Esse valor intrínseco dos bens ambientais é chamado de "valor de existência", um dos componentes do VET do bem ambiental.

Fonte: Aulas ministradas pelo Professor Dr. Jorge M. Nogueira, UnB/2003.

A partir do Quadro I, o exercício seria identificar todos os valores da afetação do bem ou serviço ambiental. Ou seja, seus valores de uso (direto e indireto), valor de opção, valor de quase-opção, e o valor de existência. Gostaríamos que, em uma Ação Civil Pública (ACP) ou em um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), todos esses componentes tivessem seus valores econômicos estimados em termos monetários. No entanto, o desejável nem sempre é possível.

A literatura especializada em valoração econômica de danos ambientais indica a utilização dos seguintes métodos para arranjar os componentes possíveis do Valor Econômico Total (VET) de um bem ou serviço ambiental[7]:

VET= valor de uso + valor de não uso

VET= (valor de uso direto + valor de uso indireto + valor de opção + valor de quase-opção + valor de existência)

Onde:

Valor de uso: uso efetivo ou potencial que o recurso pode prover;

Valor de não uso/valor intrínseco/valor de existência: valor que os recursos ambientais possuem, independentemente, da relação com os seres humanos[8].

Para estimar o VET como um todo ou cada um de seus componentes, a literatura analisa seis métodos de valoração econômica ambiental. Esses métodos e suas características básicas podem ser verificadas na extensa referência bibliográfica apresentada tanto em Bardelha Castro (2019), como em Seroa da Motta (1998) e Nogueira (2000). Interessante apontar que esses métodos, se diferem por propiciar suas funções de demanda ou de produção, como apresentado no Quadro II.

7 Com base em Freeman III (2003), ou pelo Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA), como pontua Ronaldo Seroa da Motta (1998).

8 Para melhor entendimento ver Araujo (2011, p. 41).

Métodos para valoração monetária do meio ambiente segundo Bateman e Turner (1992, p. 123 – adaptado)		
Tipo de Abordagem	**Tipos de Métodos**	**Observações**
A) Abordagens com Curva de Demanda	1) Métodos de Preferência Expressas 1.1) Método de Valoração Contingente (MVC)	a) Curva de Demanda de Renda Compensada (hicksiana) . Medida de bem-estar de Variação Compensatória . Medida de bem-estar de variação Equivalente
	2) Método de Preferência Reveladas 2.1) Método de Custos de Viagem (MCV) 2.2) Método de Preços Hedônicos (MPH)	b) Curva de demanda Não-Compensada (marshalliana) . Medida de bem-estar de Excedente do Consumidor
B) Abordagem sem Curva de Demanda	3) Método Dose-Resposta (MDR)	
	4) Método de Custos de Reposição (MCR)	c) Não se obtém Curva de demanda (apenas estimativas de dose de valor) . Medidas de bem-estar não confiáveis
	5) Métodos de Comportamento Mitigatório[74] (MCE)	

[1] – Por Exemplo, o Método de Custos Evitados.

Fonte: Nogueira (2000)

Atentar-se que os três métodos função demanda (MVC, MCV e MPH) são desenvolvidos com base em pressupostos teóricos do comportamento do Demandante ("consumidor") – na perspectiva do consumo, comportamento, utilidade, necessidade etc – de um bem ou serviço derivado do patrimônio ambiental. Aplicando um desses métodos função demanda tentaremos capturar as manifestações diretas (MVC) e/ou indiretas (MCV ou MPH) que um conjunto de demandantes tem por um dano (impacto negativo) causado a um bem ou serviço ambiental que lhe interessa (se não lhe interessa, o valor econômico para ele ou ela será próximo a R$ 0,00) ou por um ganho (impacto positivo) causado a um bem ou serviço ambiental que lhe interessa (se não lhe interessa, o valor econômico para ele ou ela também será próximo a R$ 0,00).

As aplicações mais frequentes dos três métodos função demanda são:

- MVC: "conhecimento tradicional", "recursos hídricos", "patrimônio histórico-cultural" e "impactos sobre a saúde humana".
- MCV: "locais de visitação ou para lazer"
- MPH: "saneamento", "áreas verdes urbanas", "urbanização" e "erosão no meio rural".

Contudo, dado suas exigências em termos de recursos (humanos, financeiros e materiais) necessários para suas aplicações, esses três métodos (MVC, MCV e MPH) devem ser usados apenas em situações muito excepcionais para orientar procedimentos do MP. Além disso, atentar-se que quando aplicados, esses métodos exigem rigor conceitual e metodológico usualmente esquecidos por seus aplicadores.

Isto posto, caberia, na maior parte das vezes, de resultados obtidos pelos métodos função de produção para ajuizamento de uma Ação Civil Pública (ACP), por exemplo, ou do estabelecimento de um Termo de Ajustamento de Conduta (TAC). Uma vez que a função de produção não necessariamente se baseia na teoria econômica da firma,

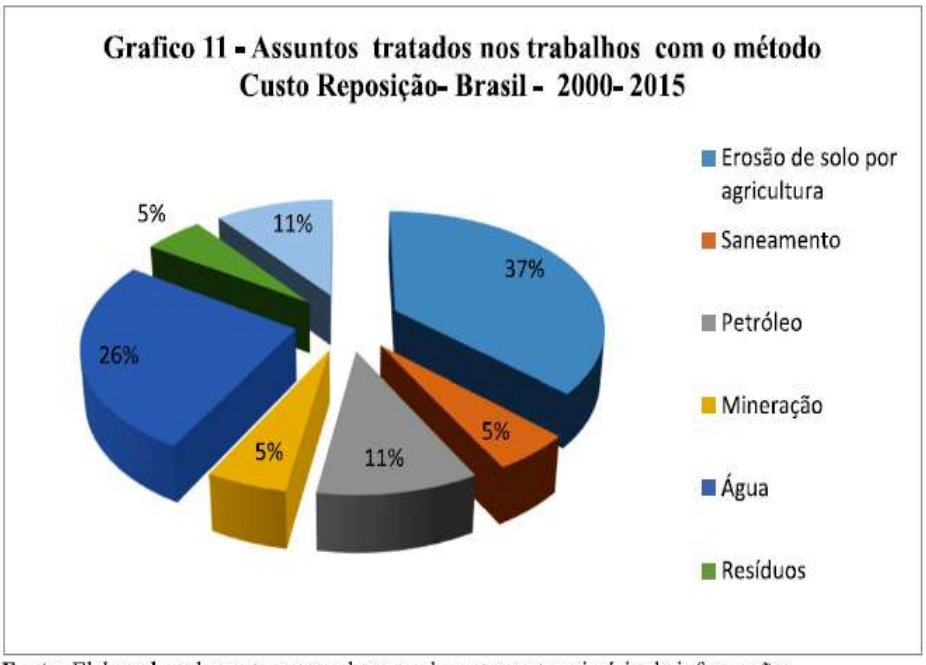
mas são obtidas funções técnicas de produção (em termos físicos) e adicionados valores monetários. Esses métodos são:

- Método Dose-Resposta ou Método Produtividade Marginal;
- Método Custo de Reposição ou Método Custo de Recuperação ou Método Custo de Substituição;
- Método Custos Evitados ou Método Gastos Preventivos;
- Método Custo de Oportunidade.

Característica em comum desses métodos é que o raciocínio científico da Economia é adicionado a informações científicas originárias de outras áreas de Ciência (como Antropologia, Medicina, Agronomia, Engenharia, Ecologia, entre outras). Portanto, há uma dependência dessas informações científicas. Além da ausência do comportamento humano como ponto de partida, como tínhamos nos métodos de função demanda[9].

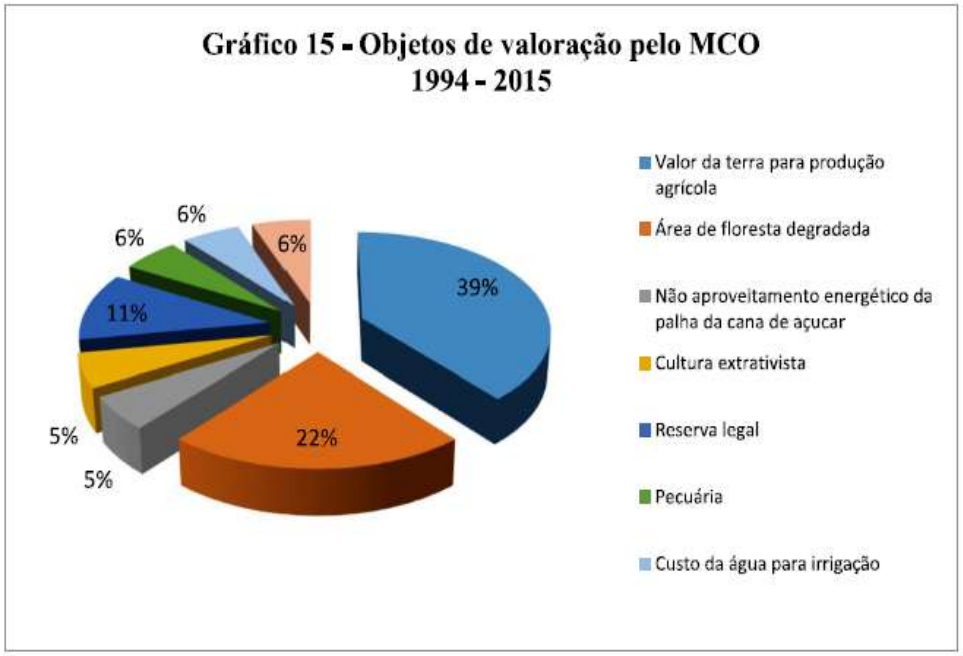
Atentar que cada método apresenta limitações em suas estimativas a depender do seu grau de sofisticação; da necessidade de dados e informações; ou das hipóteses sobre o comportamento dos indivíduos e da sociedade. Contudo, o desafio maior, quando da utilização dos métodos, é perceber que o dano ambiental pode afetar outros valores que não possuem referência em nossa sociedade, seja no mercado, seja em nossa percepção de perdas.

Os métodos da função produção (MDR, MCR, MCE, MCO) têm sido aplicados para iluminar decisões em diversas áreas, como apontado por Bardella Castro e Nogueira (2019):



Fonte: Elaborado pelos autores com base em levantamento primário de informações.

9 As características básicas dos métodos podem ser verificadas na Tabela A.3.1 do Subgrupo Mineração, localizada em seu Apêndice III. Ou ainda, em Araujo (2011), pg. 42 a 48.



Fonte: Elaborado pelos autores com base em levantamento primário de informações.

Desse feito, aborda-se que esses métodos tanto da função demanda, como da função de produção derivam da Economia Ambiental ou da Economia do Meio Ambiente. E, portanto, diferem do único método apresentado pela Economia Ecológica, qual seja, o método emergia. Trata-se de um método simplificado mediante o conceito de produção primária bruta de um ecossistema que utiliza uma medida da energia solar utilizada pelas plantas para fixar carbono. E ao final, após identificar a perda da energia solar, da energia fóssil, faz a equivalência em unidades monetárias. O que remete a estabelecer e relacionar perdas e cifras monetárias.

4. DA EQUIVALÊNCIA DE NOMENCLATURA DOS MÉTODOS

Não existe uma classificação universalmente aceita dos métodos e técnicas de valoração econômica (socioambiental). Uma delas que é usualmente referenciada na literatura especializada é a de Bateman e Turner (1992, p.123). O aspecto relevante da classificação de Bateman e Turner (1992) é que eles propõem uma classificação dos métodos de valoração econômica distinguindo-os pela utilização ou não das curvas de demanda e, assim, explicitam a moldura conceitual de Economia na qual os métodos se enquadram.

Assim, cada um desses métodos é denominado de maneira distinta por diferentes estudiosos, gerando a impressão incorreta que existem dezenas de métodos de valoração econômica. Apontamos suas possíveis equivalências de nomenclatura no Quadro 2, conforme a literatura contemporânea. Não obstante, o surgimento de novos nomes para esses métodos exige que tenhamos maior atenção para não colocarmos novos rótulos em procedimentos estabelecidos há muitas décadas. Algumas dessas denominações já foram abordadas no levantamento do Estado da Arte de como o Ministério Público vem utilizando a valoração de dano ambiental. Além de elucidarmos quais os métodos que abordam o mesmo conceito e forma de calcular às diferentes disciplinas técnicas aqui reunidas.

Quadro 3 – Métodos de Valoração Equivalentes

Método de Valoração	Métodos Equivalentes	Autores
MVC	Disposição a pagar	3
	Aceitação e Compensação	3
	Valoração Contingente	1/4/5/6/7/9
	Estado de Preferência	8
MCV	Método Custos de Viagem	1/3/4/5/6/7/8/9
MPH	Valor de Propriedade	3
	Abordagem Diferencial de Salário	3
	Preços de Casas ou Terras	4
	Salários pelo Risco	4
	Preço Hedônico	1/5/6/7/8/9
MDR	Mudança no valor da Produção	3
	Dose-Resposta	4/5
	Função Produção	6/8
	Produtividade Marginal	1/7
	Mudança na Propriedade	9
MCR	Custo de Reposição	3/4/7/8/9/
	Projeto Sombra	Sem equivalência
MCE	Perda de Salários/Lucros	3
	Gastos Preventivos	3/9
	Gastos Evitados	4/7
	Custo de Controle	7
	Comportamento Evitado	6/8
MPM	Análise Custo Eficiência	3
	Bens de Mercado como substitutos	3/1
	Preço de Mercado	9
	Proxy/Produtos Substitutos	9
	Custos de Oportunidade	7/9
Sem Equivalente	Escolha sem custos	3
	Ordenação contingente (preferência estabelecida/fixa)	4

Fonte: Castro e Nogueira (2019, p. 31, Quadro 1.4 no original). "Nesta Tese, a abordagem dos métodos será feita com base em Bateman e Turner (1992)." Portanto, esses autores correspondem a 1ª coluna.

Nota: (1) Motta (1998); (2) Bateman e Turner (1992); (3) Hufschidt et al. (1983); (4) Pearce (1993); (5) Hanley e Spash (1993); (6) Nunes e Van Den Bergh (2001); (7) Maia, Romeiro e Reydon (2004); (8) Barbier (2007); (9) David e Richards (1998).

5. NOTA TÉCNICA DO MINISTÉRIO PÚBLICO DO MATO GROSSO DO SUL: VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL, SOBRE FAUNA SILVESTRE

Conforme destaca a Nota Técnica MPMS Valoração de Dano Ambiental, elaborada pelo Ministério Público do Mato Grosso do Sul, a degradação de diversos ecossistemas brasileiros, a aceleração do desmatamento, a expansão da agropecuária e das cidades tem provocado drásticas mudanças na paisagem natural, levando à aceleração dos processos de fragmentação ou destruição total de habitats, resultando que a maioria das espécies da fauna está representada por conjuntos de pequenas populações, cada vez mais isoladas umas das outras, fragilizando-as em diversos aspectos, como a limitação de variações de combinações genéticas, uma vez que os grupos são pequenos, vulnerabilidade em relação a predadores, bem como exposição à caça. Decorrendo desse processo muitos efeitos negativos, como a redução da biodiversidade e, em consequência, a quebra da harmonia nos processos ecológicos e serviços ambientais prestados pela fauna silvestre, configurando um cenário preocupante, porque sequer tais processos foram plenamente conhecidos em profundidade, quanto mais as consequências da sua interrupção, a longo prazo (MMA, 2003).

Após a perda do habitat, a caça, para subsistência e comércio, é a segunda maior ameaça à fauna silvestre brasileira. Atualmente, o comércio ilegal de vida silvestre, incluindo a fauna e seus produtos, movimenta de 10 a 20 bilhões de dólares por ano. É a terceira maior atividade ilícita do mundo, depois das armas e das drogas. O Brasil, sendo um país com uma rica biodiversidade, um quadro econômico bastante desfavorável, e uma fiscalização deficitária, participa desse cenário de destruição da fauna, com registro 38 milhões de animais silvestres retirados da natureza todos os anos, o representa cerca de 5% a 15% do total mundial, sendo que a atividade demonstra uma triste estatística, pois 09 de cada 10 animais traficados morrem no translado para o consumidor final (RENCTAS, 2021).

No Brasil, a maioria dos animais silvestres comercializados ilegalmente é proveniente das regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, sendo escoada para as regiões Sul e Sudeste, pelas rodovias federais. Por ser uma atividade ilegal, os animais são transportados de forma camuflada, o que em regra é a causa do elevado número de mortes, os infratores ambientais frequentemente são flagrados transportando animais, ovos, petrechos de captura, porém a atuação das polícias ambientais, nos estados, é insuficiente para conter a demanda e para coibir a ação criminosa intensa.

A referida Nota Técnica MPMS sugere algumas metodologias para a valoração de danos à fauna, considerando diversos fatores, adota-se a que melhor se adequa ao caso em análise. Muitas vezes não se consegue obter diretamente o preço do animal afetado pelo dano, mas tal valor pode ser estimado por comparação ao de algum outro animal com base em mercado de bens substitutos.

Desta forma, a compensação pelo dano pode se dar por meio do custeio de programas de reintrodução dos animais em seus habitats, exigindo despesas com a manutenção e reabilitação dos animais, locais para abrigo enquanto durar o tempo de decisão pela soltura ou não, escolha do melhor local e monitoramento após serem reintroduzidos, ou se pode optar pelo custeio da reposição de outro animal da mesma espécie.

Na Nota Técnica mencionada, para a valoração dos danos ambientais causados à fauna silvestre foi utilizado o Método Indireto do Custo de Reabilitação, Destinação e Reposição do Animal. Sendo assim, são descritas as seguintes metodologias os Custos de Reabilitação e Destinação do Animal Silvestre, quando o dano não resulta na morte do indivíduo, e os Custos de Reposição do Animal Silvestre, quando o dano resulta em morte do indivíduo.

5.1. Custos de reabilitação e destinação da fauna silvestre

Os custos de reabilitação e destinação dos animais silvestres são aplicados **quando o dano não resultar na morte** do indivíduo. Para a determinação desses custos, foram utilizados como base de cálculo os valores de manutenção do Centro de Reabilitação de Animais Silvestres do Estado de Mato Grosso do Sul (CRAS/MS).

Na ausência de dados dos custos de manutenção do CRAS/MS, optou-se por utilizar o custo de manutenção dos animais da fauna silvestre comumente resgatados pelo IBAMA e pela Polícia Ambiental e encaminhados ao Centro de Triagem de Animais Silvestres CETRAS/IBAMA, de Belo Horizonte, MG (MPMG, 2013).

Os valores de manutenção do CETRAS/IBAMA/MG foram calculados em 2013, considerando os custos no decurso do ano de 2012, referentes às despesas com alimentação, exames laboratoriais, material de consumo, medicamentos, equipamentos, transporte, diárias, tratadores, marcação de animais e o tempo médio de permanência (meses) que cada espécie da fauna silvestre necessitou para sua reabilitação, chegando ao valor médio mensal por indivíduo da espécie. Os valores de manutenção das aves, répteis e mamíferos foram atualizados, de 1º/1/2013 até 1º/9/2017, utilizando como referência de reajuste o índice geral de preços do mercado (IGP-M).

Ademais, utilizou-se a média dos custos de manutenção no CETRAS/IBAMA/MG das aves (exceto as da ordem Passeriformes), répteis e mamíferos, tendo em vista a existência de valores de custos de manutenção de grande amplitude, que poderiam se justificar pelo baixo recebimento de determinadas espécies no referido centro de triagem, diferentemente do que ocorre no CRAS/MS com essas mesmas espécies.

Entretanto, o custo relativo à destinação ao habitat (incluindo o monitoramento) do papagaio-verdadeiro (Amazona aestiva) despende recursos financeiros para o Estado de Mato Grosso do Sul, em média anual, de US$ 180,00 por papagaio para a fase de reabilitação (que ocorre dentro do CRAS/MS) e US$ 2.190,00 por papagaio para a fase de monitoramento pós-soltura (13 meses com atividades sistematizadas em campo, utilizando a técnica de radiotelemetria), totalizando o valor de US$ 2.370,00 por papagaio (ou R$ 7.702,50, no valor do dólar cotado a R$ 3,25) (SEIXAS & MOURÃO, 2000). Assim, considerando-se o valor de manutenção dos papagaios-verdadeiros do CETRAS/IBAMA/MG, de R$ 980,77 (MPMG, 2013, p. 4, corrigido pelo IGP-M), pode-se dizer que o custo de manutenção, representou 12,73% do custo de reabilitação e destinação da espécie.

Optou-se por aplicar as mesmas referências para as demais espécies, pelo menos nesta versão preliminar da metodologia de valoração de dano à fauna silvestre, com base nos dados disponíveis do CETRAS/IBAMA/MG, estimando-se 15% (baseado na inferência acima e arredondando o valor de 12,73% para 15%) para os custos de manutenção e, consequentemente, 85% para os custos de destinação/monitoramento, conforme valor de referência calculado no programa de devolução de papagaios-verdadeiros em MS.

Portanto, os custos de reabilitação e destinação dos animais silvestres foram definidos pela soma do custo de manutenção no CETRAS/IBAMA/MG com os custos de destinação/monitoramento, multiplicados pelo grau de ameaça da espécie, de acordo com as espécies presentes na Lista Nacional Oficial de Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção (MMA, 2014) e a Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais (IUCN) das espécies ameaçadas (IUCN, 2017). Para isso, adotaram-se os valores multiplicadores: “1”, para animais não ameaçados (fora de ambas as listas); “2”, para animal vulnerável; “3”, para animal em perigo; e “4”, para animais classificados como criticamente em perigo.

O nível da cadeia alimentar auxilia a valorar o papel do indivíduo no percurso, ponderando, inclusive, o valor indireto dos serviços sistêmicos prestados pelo animal para manter o equilíbrio do ecossistema.

5.2. Custos de reposição da fauna silvestre

Os custos de reposição dos animais silvestres são aplicados **quando o dano resultar em morte**. Para a determinação dos custos de reposição dos animais silvestres, foram utilizados os valores dos custo2s de reabilitação e destinação dos animais silvestres multiplicados por grau de ameaça, nível da cadeia alimentar e respectivo fator definido como motivo principal do dano ambiental: fator canoro (grau de desejo da espécie pelo fato de cantar), fator "pet" (grau de desejo pela espécie para amansá-la como animal de estimação), fator consumo (grau de desejo pela carne e pele) e fator abate (morte de animais por ações do homem, por exemplo, desmatamento ilegal, queimadas criminosas, abate de animal silvestre devido a ataques a criação doméstica, entre outras).

O nível da cadeia alimentar que cada animal ocupa foi definido da seguinte forma: "1", para consumidor primário (herbívoros e granívoros); "2", para consumidor secundário (insetívoros e onívoros); e "3", para consumidor terciário (carnívoros).

O nível da cadeia alimentar auxilia a valorar o papel do indivíduo no percurso, ponderando, inclusive, o valor indireto dos serviços sistêmicos prestados pelo animal para manter o equilíbrio do ecossistema.

A Nota Técnica produzida pelo Ministério Público do Mato Grosso do Sul foi utilizada em processos que visaram coibir o tráfico de papagaio-verdadeiro. Desde a sua publicação, em março de 2018, no âmbito do capítulo Fauna Silvestre, foi utilizada como base para instruir quatro processos, instaurados na Comarca de Ivinhema – MS. Todos os laudos técnicos de valoração do dano foram elaborados pela coordenadora do Projeto Papagaio-verdadeiro, desde 1997. Os processos tratavam de apreensões de filhotes de papagaios-verdadeiro (Amazona aestiva) roubados dos ninhos naturais, por traficantes, localizados no bioma Mata Atlântica, em Mato Grosso do Sul, entre 2018 a 2020. Nestes quatro processos foram inventariados 101 filhotes de papagaios-verdadeiros, e indicado o custo total de R$ 553.896,00 para a reabilitação e destinação de 64 papagaios, e R$ 500.700,00 para reposição de 37 papagaios.

6. VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS, COLETÂNEA DA CENTRAL DE APOIO TÉCNICO - CEAT DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS

A metodologia utilizada neste estudo propõe a compensação por danos à fauna por meio do financiamento de programas de translocação conservacionista (movimento intencional de organismos de um local para outro, com o fim de soltura)[10], realizado por equipe técnica especializada, e implica em despesas de manutenção dos animais em um abrigo enquanto se decide pela soltura ou não. E despesas com a escolha do local adequado e o monitoramento dos espécimes a serem reintroduzidos.

O planejamento para tais atividades requer avaliar custos e os riscos, que variarão de acordo com o número de animais e a escolha das técnicas para a translocação, por espécie. A Central de Apoio Técnico - CEAT do MPMG propõe estimar o dano ambiental à fauna sob duas técnicas: uma calculando o custo de manutenção dos espécimes da fauna silvestre que são entregues ou resgatados por órgãos responsáveis

10 Translocação conservacionista é o movimento intencional de organismos de um local para soltá-los em outra área de distribuição nativa da espécie. Fonte: IUCN. Disponível em:https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2013- 009-Pt.pdf. Acesso em: 10 de junho de 2021.

e encaminhados ao CETRAS/Ibama de Belo Horizonte, no qual se calcula o custo da alimentação, energia elétrica, água exames laboratoriais, matéria de consumo, medicamentos, equipamentos, transporte, diárias, tratadores, marcação de animais, reabilitação e soltura. A outra propõe a estimativa média do tempo de monitoramento dos programas que visem à reintrodução, para fins conservacionistas. Destacando que o material se utiliza de estimativa da União Internacional Para Conservação da Natureza – IUCN, a qual estima um período de três a cinco anos de monitoramento, para se obter resultados confiáveis na translocação de algumas espécies vegetais. A partir de testes preliminares é que serão obtidas as informações necessárias para estipular o tempo ideal de acompanhamento de cada espécie.

O monitoramento deve ser executado por um período de três a cinco anos pós-solturas. A partir dessa estimativa mínima, decidiu-se, para fins da valoração, um tempo médio de quatro anos de monitoramento para cada espécie, caso sejam incluídas em um programa de translocação conservacionista. O documento técnico ainda traz a previsão de danos intercorrentes, os quais compreendem a compensação relativa ao lapso de tempo de que o ecossistema necessita para se recompor integralmente depois ter sido afetado por dano ambiental, gerando à coletividade um direito subjetivo de ser compensada pelo período entre a ocorrência do dano e a integral reposição da situação anterior.

Diante da complexidade em estimar os danos da ausência do espécime no ambiente natural no exercício das funções ecossistêmicas, sugere-se multiplicar o valor do custo de manutenção do espécime (M) pelo número de meses (T) em que ocorreu o lapso temporal e somar à fórmula anterior.

Como lapso temporal, entende-se o período compreendido entre a captura ou aquisição irregular do animal até a sua apreensão pelo órgão responsável (IBAMA, OEMAS e Polícia Ambiental), que deve providenciar os encaminhamentos técnico-científicos necessários à manutenção ou ao retorno do espécime ao ambiente natural, caso seja indicado. Sendo representado por: DI = M x T

Onde:

M – custo de manutenção mensal por espécime

T – lapso temporal (meses)

Por fim, conclui que nos casos da valoração calculada pelo paradigma econômico, é possível considerar os custos associados à recuperação dos danos causados, especificamente os custos relacionados à translocação do espécime ao seu *habitat* natural.

7. VALORAÇÃO DE DANOS À AVIFAUNA: A CONTRIBUIÇÃO DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO

O Ministério Público de São Paulo (2018) produziu um amplo estudo em que analisou metodologias de valoração de danos ambientais, o que resultou em diretrizes de valoração para danos à avifauna. Conforme estas diretrizes, são observadas quatro etapas na valoração:

Em primeiro lugar, se avalia o valor de mercado da espécie de avifauna mantida em cativeiro ou caçada. Consideram-se os preços praticados no mercado formal em relação à aquisição das espécies de interesse, com amparo na premissa de que os preços já estariam "incorporando e refletindo, com atualidade e concretude, o conjunto dos investimentos e os custos envolvidos assumidos pelo setor do comércio de animais silvestres para colocar a espécie de interesse à disposição do consumidor. O caráter dinâmico e oscilações nestes valores, não representariam uma limitação

à sua utilização, pois estariam refletindo, de forma mais concentrada e integral, as regras do mercado da avifauna silvestre sujeitas e baseadas na oferta e procura".

Em segundo lugar, são avaliados os serviços ecossistêmicos prestados pela avifauna (serviços de regulação, provisão, culturais e suporte), construindo-se uma tabela, na qual estes serviços são pontuados. As aves de interesse foram classificadas como frugívoras, granívoras, carnívoras e onívoras levando ao estabelecimento da pontuação correspondente. Se a espécie de ave estabelece relações tróficas somente com plantas (dieta frugívora e granívora), ou somente com animais (carnívoras) foi fixada o peso 1,5. Por seu turno, a espécie onívora (dieta integrada por plantas e animais) recebeu o peso 2.

Com relação aos Serviços Culturais, foi adotada lógica similar focando a ocorrência do interesse cultural referente ao canto e à estética. No caso do interesse estar configurado somente em face da estética, ou somente em face do canto, foi fixado o peso 1,5. Por seu turno, a espécie procurada em face de ambos os aspectos (canto e estética) recebeu o peso 2. No caso da imprecisão ou dúvida na identificação taxonômica da espécie, ou ainda, em função do nível da disponibilidade de informação nas fontes de referência adotadas, ficou estabelecido que poderiam ser utilizados dados do gênero.

Em terceiro lugar, o método considera o tempo de vida da ave (maturidade sexual), porque assume como premissa que:

> A retirada da ave de seu habitat representa a subtração dos serviços ecossistêmicos que ela poderia cumprir ao longo de seu tempo de vida, ao longo do qual também deixará de participar na geração de descendentes. Na perspectiva de dimensionar tal aspecto e considerá-lo na estimativa do valor a ser apreendido pelo método, foi efetuado um levantamento na literatura especializada, assim como em sítios eletrônicos científicos visando compilar tal informação considerando as diferentes aves de interesse.

Por fim, a quarta etapa considera o potencial reprodutivo da espécie e, com apoio em pesquisa bibliográfica relativa às espécies em vida silvestre, no que tange a dados disponíveis sobre ninhadas e posturas anuais por parte das espécies de interesse, adota como critério que, "embora ocorram muitas variações, e estas sejam esperadas, especialmente se considerarmos a vida silvestre, convencionou-se definir, como parâmetro mínimo fixo de referência, com base nas características biológicas e estratégia reprodutiva das espécies consideradas, ao menos a geração de 1 (um - falconiformes) a 2 (dois – passeriformes, psitacídeos e demais) descendentes por ano ao longo do período de maturidade sexual". Na tabela proposta pelo documento Relatório Final Método de Valoração da Avifauna do Ministério Público do Estado de São Paulo, constam os fatores de multiplicação previstos.

8. A APLICAÇÃO DA EMERGIA EM VALORAÇÃO DE DANOS À FAUNA SILVESTRE

A Emergia, conforme explicitam Soares, Diniz e Silva (2019), corresponde à energia solar que foi previamente requerida, de forma direta ou indireta, para produzir um certo produto ou serviço. Trata-se de um método amparado na Economia Ecológica que pode ser aplicado aos danos à fauna, conforme se depreende de pareceres técnicos elaborados pelo Gabinete de Assessoramento Técnico do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul.

Em um caso relacionado à queima de campo nativo, corte de árvores nativas e posse de partes de 10 rabos de tatus-galinhas (*Dasypus novemcinctus*), sem autorização de órgão ambiental competente, Marques (2020) empregou o método emergético para estimar a energia solar necessária para produzir um joule de organismo consumidor

terciário (animal predador)[11]. Nesse caso, houve uma combinação de métodos de valoração: os danos à flora, decorrentes do corte de árvores, foram estimados com amparo em Transferência de Valores oriundos de estudos realizados em outros lugares[12]; o dano associado à queima de campo foi calculado a partir da estimativa do valor de referência do custo da matéria orgânica estável presente no solo, da seguinte forma:

> Considerando a estimativa de que uma camada de 1 (um) centímetro (0,01 metro) de solo é diretamente degradada pela queimada, tem-se um volume equivalente de 100 m³ de solo degradado em uma área de 1 (um) hectare (10.000 m²). Presumindo que os solos utilizados para atividades agropastoris apresentam fertilidade baixa, com 1,5% de matéria orgânica estável, esta corresponderia ao volume 1,5 m³ por hectare. Para converter este volume em massa, pode-se considerar uma densidade média de 0,6 m³/ton., ou 0,9 tonelada (900 kg) de matéria orgânica degradada por hectare. Como a matéria orgânica estável é um produto não comercializável, pode-se utilizar como referência o valor econômico associado a um bem substituto, a "cama de aviário", que é comercializada para adubação orgânica de solos. Este produto é comercializado por um valor médio de R$ 83,00 por tonelada. Entretanto, é coerente afirmar que de cada tonelada de cama de aviário distribuída no solo, apenas 50 kg deste produto (5%) efetivamente irão se tornar matéria orgânica estável no solo. Assim, para que se atinja o conteúdo de 900 Kg/ha de matéria orgânica estável no solo, é necessário que sejam distribuídas 18 toneladas de cama de aviário por hectare, o que resulta em um valor de R$ 1.494,00 por hectare atingido por queimada.
>
> Área queimada total: 5.200 m² = 0,52 ha
>
> Valor da degradação pela queimada de campo: 0,52 ha X R$ 1.494,00 = R$ 776,88

Por fim, no que interessa diretamente a este capítulo, o dano à fauna associado à caça de 10 tatus foi calculado em duas etapas: Primeiro, foram estimados os custos de manutenção de animais silvestres em Centros de Triagem de Animais Silvestres (CETRAS) (IBAMA/MG) e, depois, foram calculados os valores emergéticos (relacionados à eliminação de serviços ambientais quando o animal é removido da natureza), pois se assumiu que as funções ecossistêmicas prestadas pela fauna também haviam sido afetadas. Os Valores eMergéticos dos serviços ambientais associados às espécies da fauna foram retirados da Nota Técnica do Ministério Público do Estado do Mato Grosso (2017). Dada à peculiaridade deste parecer, transcrevemos a fundamentação adotada por Marques (2020):

> "Emergia é a energia incorporada pelos organismos (consumidores primários, secundários, terciários) que é medida em Joules e representa a energia disponível (ex.: energia solar) que foi previamente requerida, em forma direta ou indireta, para produzir uma entidade biológica.
>
> Com base nos fluxos de energia e matéria nos ecossistemas, estima-se que, na cadeia alimentar, 1.000.000 Joules de energia solar são

11 Parecer lançado no procedimento administrativo NF nº 01820.000.134/2020, elaborado pela Bióloga Rosane Vera Marques. Porto Alegre. (jul. 2020)

12 Em um trabalho realizado por NOWAK (2002) foi utilizada uma metodologia para cálculo do valor de indenização pelo corte de árvores em áreas urbanas, o qual se baseia em parâmetros relacionados à espécie, área do tronco, localização e estado fitossanitário, levando em consideração os custos para plantio e cuidados fitossanitários. Neste estudo, é apontado um valor médio por árvore de US$ 394 a US$ 1187, de acordo com a cidade. No entanto, este estudo foi realizado apenas com cidades dos Estados Unidos. Em um estudo utilizando uma metodologia similar, DETZEL et. alii (1998), em Maringá, Paraná, calcularam o valor de indenização por árvore de acordo com a idade da árvore, o que está relacionado com o tamanho do tronco, encontrando valores de US$ 60, para árvores/mudas com 1 ano, a US$ 6.850, para árvores com 50 anos. Assim, no Inquérito Civil, para cálculo da degradação ambiental decorrente do corte de árvores, foi utilizado o valor médio de US$ 3.455 para as árvores suprimidas, em virtude de serem adultas e estarem em formação vegetal sem muitas árvores de grande porte. Logo, o valor da degradação ambiental resultou em, pelo menos, três árvores cortadas X R$ 17.758,70 (considerando a taxa de câmbio de US$ 1 = R$ 5,14) = R$ 53.276,10

necessários para produzir 1 Joule de organismo consumidor terciário (animal predador).

Emergia = Exergia X Transformidade

Exergia, neste caso, é a capacidade de produzir trabalho por cada indivíduo componente da fauna

Exergia = W X β X 18,7 kJ/g

W = biomassa seca (= 20% da biomassa total)

β = coeficiente para mamífero não ameaçado de extinção = 402

Energia gerada por grama de biomassa seca = 18,7 kJ/g

Transformidade (Tr) é a energia solar necessária para gerar um indivíduo da fauna = sej/Joule (Joules de energia solar equivalente)

Tr = biomassa X AV X R

Biomassa = massa viva total do indivíduo

AV = área de vida necessária para a sobrevivência do indivíduo na natureza

AV para mamíferos = $0{,}0046W^{0{,}61}$

R = taxa de renovação (medida em dias) = 19 X 106 kJ/kg X $0{,}24W^{0{,}249}$

W = massa total do indivíduo adulto da espécie em kg

Conversão de Emergia em valores monetários (R$)

Em Dólar = Emergia/Transformidade Emergia-Dólar

Transformidade Emergia-Dólar = $3{,}0 \times 10^{12}$ sej/U$

Valoração de mamífero não ameaçado de extinção utilizando Emergia conforme Ministério Público do Estado do Mato Grosso (2017):

Tatus

Considerado equivalente a tatu de 8 kg da tabela 08 (p. 59 MPMT, 2017)

R$ 14.653,63 X 10 indivíduos = **R$ 146.536,30**

Assim, o valor do dano ambiental, neste caso, foi a soma dos cálculos dos danos à flora (corte de árvores + queima de campo) e dos danos à fauna (manutenção de 10 tatus + emergia).

9. VALORAÇÃO DE DANOS DECORRENTES DA PESCA CLANDESTINA

Para os casos de pesca sem licença para pescador profissional, em período de defeso ou lugares interditados pelas autoridades ambientais, o método de consideração dos preços de mercado dos bens lesados tem sido adotado, como explicita Marques (2020) em um caso que apurou a pesca de camarão sem licença de pescador profissional. O investigado foi flagrado com três quilos de camarão, espécie esta que apresenta valor de mercado. Por isso, foram consultadas as peixarias locais, que forneceram preços (2019) de R$ 99,00 por quilo. Assim, bastou uma simples multiplicação.

No entanto, a depender das circunstâncias do caso concreto (ameaça de extinção/vulnerabilidade da espécie, período de defeso, etc,), outros aspectos merecem ser considerados. Nesse sentido, Marques (2020), em outro laudo atinente à pesca ilícita de espécies ameaçadas de extinção (*Genidens barbus* e *Genidens planifrons*)[13] em período de piracema, considerou o potencial reprodutivo da espécie para incrementar o valor do dano, pois adotou como premissa que, além do animal propriamente dito,

13 Espécies ameaçadas de extinção no RS na categoria vulnerável na bacia do rio Uruguai (Decreto Est. Nº 51.797/2014).

fora lesado o potencial de reprodução de uma espécie ameaçada de extinção, o que amplificaria o dano à biodiversidade, nos seguintes termos:

a) Massa corporal dos peixes

A informação existente no relatório de fiscalização apresenta a massa de filés, sem informar número de indivíduos. Utilizaremos a média da massa corporal dos peixes de acordo com bibliografia.

Tabela 1 – Filés de bagres que estavam em posse do Sr. Milton Rigon Junior em 09/01/2020 *média estimada de massa corporal de bagres inteiros = 3,80 kg (OLIVEIRA & NOVELLI, 2005)

Espécie	Aliment.	Nível Trófico	Massa/ indiv. (kg) *	Nº ind. estimado	Massa total dos filés (kg)
Genidens sp (bagre)	Detr.	11º	3,00	33	30,00

Detr.: detritívoro

Níveis tróficos: 1º consumidor primário; 2º consumidor secundário; 3º consumidor terciário

Obs.: estimativa de massa de filés correspondendo a 30% da massa corporal total dos peixes (GOES *et al.,* 2015)

b) Valores comerciais da carne de peixes

Tabela 2 – Valor de mercado dos peixes

Espécie	Valor filé (kg)*	Massa (kg)	Valor total
Bagre	R$ 15,00	30,00	**R$ 450,00**

* G1 PR 2018. Quilo do peixe varia entre R$ 15 e R$ 40 em feira de São José dos Pinhais. Disponível em: Acesso em 16/06/2020.

c) Valores de alevinos

Potencial reprodutivo perdido de peixes pescados em período de defeso:

Valor de mercado de alevino de peixe da Ordem Siluriformes (mesma dos bagres): R$ 10,00

Acesso em: 26/06/2017

Estimativa de perda de potencial reprodutivo de bagres:

Fertilidade média: 16 ovócitos fertilizados

Número estimado de indivíduos pescados: 33 peixes

Serão considerados metade sendo fêmeas: 16 indivíduos

Número estimado de juvenis que deixaram de existir: 16 fêmeas X 16 = 256 alevinos

Sobrevivência estimada de 10% (devido aos cuidados parentais): 25 alevinos

Valor de mercado de alevinos: R$ 10,00

Valor de potenciais juvenis de bagre que deixaram de existir: **25** X R$ 10,00 = **R$ 250,00**

Valor econômico estimado dos peixes e juvenis que não tiveram a oportunidade de existir devido à morte dos progenitores:

R$ 450,00 + R$ 250,00 = **R$ 700,00 (setecentos reais)**

Marques, com amparo em Odum (1985), esclarece que "potencial biótico ou potencial reprodutivo é a propriedade inerente a um organismo de se reproduzir, de sobreviver, ou seja, de aumentar quantitativamente. De certa forma, é a soma algébrica da quantidade de prole produzida em cada ato de reprodução, da quantidade de atos de reprodução em um dado período de tempo, da proporção sexual e da sua capacidade geral de sobreviver sob dadas condições físicas". A avaliação da fecundidade representa um subsídio na estimativa de estoques pesqueiros e produção de alevinos em pisciculturas.

A mesma autora aduz que a "fecundidade absoluta de um peixe fêmea, por exemplo, é o número de ovócitos maduros a serem eliminados na desova. A fecundidade relativa é o número de ovócitos relacionado com a massa corporal do animal (ovócitos/g) ou comprimento total (ovócitos/mm) (HERMES-SILVA *et al.,* 2004). A fertilidade inicial é o número de ovócitos extruídos enquanto a fertilidade final é o número de ovócitos fertilizados (SATO *et al.,* 2006). Desta forma, a fertilidade sempre será menor do que a fecundidade, pois nem todos os ovócitos produzidos pelos ovários serão extruídos (desovados) ou fertilizados por espermatozóides".

No caso analisado, Marques considerou as peculiaridades da desova dos peixes que foram afetados, com amparo em revisão bibligráfica, que lhe permitiu estimar a fecundidade da espécie, apurada em 10 a 23 ovócitos. A bióloga também avaliou, com amparo em um estudo do ICMBIO/MMA, 2016, a densidade populacional dos peixes na bacia hidrográfica.

10. VALORAÇÃO DE DANOS EM MATÉRIA DE MEIO AMBIENTE E PATRIMÔNIO CULTURAL ROTEIROS PARA VISTORIA EXPEDITA E PERÍCIA MULTIDISCIPLINAR EM PROCEDIMENTOS DO MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL

Para subsidiar a atuação do Ministério Público, nos casos de danos à fauna, a 4ª Câmara de Coordenação e Revisão do Ministério Público Federal (MPF), trouxe a debate a temática da valoração de danos ao meio ambiente, e 2012, foi realizada em Brasília a Oficina Elaboração de diretrizes para atuação na valoração de danos ao meio ambiente e ao patrimônio cultural. A partir desse trabalho foram elaboradas algumas diretrizes mínimas a serem seguidas para averiguação e posterior valoração de dano.

No documento "Valoração de danos em matéria de meio ambiente e patrimônio cultural: Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal", do qual aqui se extraem algumas orientações importantes sobre atividades mínimas e informações essenciais em laudos de danos à fauna, a saber:

> - Descrição circunstanciada do dano: agente causador, procedimentos e instrumentos utilizados pelo agente, evidências de comércio/ maus-tratos/doença/morte de animal, atas, endereço ou coordenadas geográficas do local plotadas em mapa.
>
> - Total (exato ou estimado) de animais envolvidos: comercializados/ maltratados/doentes/mortos, identificados até o menor táxon possível. - Registro fotográfico detalhado.
>
> - Medidas de prevenção: equipamentos e/ou benfeitorias de prevenção que poderiam ter evitado os danos.
>
> - Identificação de Centro de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres (CETRAS)[14] ou unidade semelhante de abrigo e tratamento de animais mais próxima ao local do dano.

14 A nomenclatura Centro de Triagem e Reabilitação de Animais Silvestres - CETRAS foi dada pela Resolução CONAMA 489/2018.

- Identificar o dano à fauna: se foi caracterizado como injúria física, doença ou morte

de animais, por via direta e indireta, utilizando-se as seguintes providências:

- Levantamento qualiquantitativo dos animais envolvidos. Identificação das espécies raras, endêmicas, ameaçadas de extinção, cinegéticas, migratórias e de interesse científico, cultural e econômico. Identificação de indivíduos em período reprodutivo. Identificação de possíveis áreas de nidificação, desova ou desenvolvimento de imaturos.

- Levantamento de invertebrados ameaçados de extinção ou de interesse científico.

- Descrição dos impactos diretos e indiretos sobre o conjunto da fauna local e regional, em particular sobre as populações das espécies raras, ameaçadas de extinção, endêmicas, migratórias, de interesse científico, cultural ou econômico. Descrição de eventuais danos sobre ninhos ou criadouros.

- Descrição dos impactos diretos e indiretos sobre unidade de conservação federal, terra indígena ou outro bem da União causados pelo dano à fauna. Descrição dos impactos sobre espaços territoriais especialmente protegidos (APP, RL).

- Quantificação ou estimativa do valor de mercado dos produtos de caça ou pesca ilegal.

Estimativa de tempo e custos com remoção, tratamento veterinário e soltura/destinação dos animais após reabilitação.

- Estimativa de tempo e custos com medidas preventivas, de controle e outras indicadas para a recuperação ou preservação da fauna na área onde ocorreu o dano.

11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dados e informações possibilitam escolher qual o melhor método para valoração e para mensuração das variações ocorridas. Há uma estreita interface entre Economia e Direito. A Economia pode e deve fornecer ao Direito um valor econômico o mais próximo possível do que aquele ambiente afetado perdeu. Contudo, o valor apurado não é fruto de arbitragem, seja por um economista ou por uma equipe multidisciplinar. O valor é resultado de uma valoração econômica e retrata, parcial ou total, um dano ocorrido visando reparações.

Não se trata, portanto, de negociar uma cifra monetária de um dano, e sim de se debruçar com as informações existentes e calcular as variações ambientais e socioambientais ocorridas visando a sua recuperação, compensação e/ou indenização.

O resultado da valoração não só auxilia o Direito, em Ações Civis Púbicas ou Termos de Ajustamento de Conduta, mas também é utilizado para "guiar decisões sobre a escolha de projetos, programas e políticas públicas", ou mesmo na criação de determinada legislação, pois o poluidor/criminoso calcula se o crime compensa diante de uma lei. E se pesquisadores da Academia e o Ministério Público Brasileiro, não mostrarem o verdadeiro cálculo desse recurso natural, utilizando-o de forma errada, a sociedade continuará arcando com o prejuízo ambiental, sendo que o ganho obtido por certos agentes, poluidores/degradadores, continuará privativo e recompensante.

Muitos criticam a valoração ambiental, alegando que se trata da monetarização da natureza, da rotulagem de preço às florestas e recursos naturais, quando na verdade se trata de se ter procedimento econômico capaz de quantificar o dano socioambiental, pois se o meio ambiente tiver um valor explícito, o ser humano será mais parcimonioso na sua degradação. Dispõe-se desse instrumento econômico, e deve ser utilizado para identificar as variações socioambientais e retratar a perda,

no que for possível, em quantia financeira. Quanto mais consistente a aplicação do método escolhido, maior será a aproximação do valor à realidade, e maior será a credibilidade conferida ao método. Contudo, é certo também apontar que o dinheiro não poderá repor/recuperar/compensar tudo o que foi lesado. Exemplo recente é o caso de Mariana, acidente ocorrido em MG, em novembro de 2015, em que as perdas ambientais e sociais foram tão drásticas e profundas, estendendo-se por uma vasta região, que não se consegue mensurar na totalidade.

O que se pretende é que sejam difundidos conhecimentos e técnicas sobre valoração, para que ações negligentes e omissões representem efetivo prejuízo para quem as pratica de forma inconsequente, com a certeza de impunidade, ou pior, apostando que arcar com o prejuízo, ainda mal valorado, é mais atrativo de que adotar medidas de precaução.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARAUJO, Romana Coêlho de. Valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público. Brasília: Escola Superior do Ministério Público da União, 2011. 200p. Disponível em: http://escola.mpu.mp.br/publicacoes/obras-avulsas/e-books-esmpu/valoracao-do-dano-ambiental-em-inquerito-civil-publico.

BATEMAN, I. e TURNER, R. Kerry. Valuation of the Environmental, Methods and Techinics: The Contingent Valuation Method. In: Turner R. Kerry. SustainableEnvironmental Economics and Management. Principles and Practice. London:Belhaven Press, 1992.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2003. Fragmentação de Ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/fragment.pdf>. Acesso em: 10 de junho 2021.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – MMA. 2018.Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume I. Brasília, DF. Disponível em: https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol1.pdf . Acesso em: 11 de junho 2021.

CASTRO, Joana D'arc Bardella, e NOGUEIRA, Jorge Madeira. Valoração econômica do meio ambiente – teoria e prática, Curitiba: CRV, 2019.

FEARNSIDE, Philip M. Valoração do estoque de serviços ambientais como estratégia de desenvolvimento no Estado do Amazonas. Inc.Soc., Brasília, DF, v.12 n.1, p.141-151, jul./dez. 2018.

FREEMAN III, A. Myrick. The measurement of environmental and Resource Values: theory and methods, 2nd ed. 2003.

HERMES-SILVA, S.; MEURER, S.; ZANIBONI FILHO, E. 2004. Biologia alimentar e reprodutiva do peixe-cachorro (*Oligosarcus jenynsii* Günther, 1864) na região do alto rio Uruguai – Brasil. **Acta Scientiarum Biological Sciences,** Maringá, v.26, n.2, p.175-179.

MARQUES, Rosane Vera. Parecer Técnico. Gabinete de Assessoramento Técnico. Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul. SIM 00850.000.113/2020. Porto Alegre, jul. 2020.

MARQUES, Rosane Vera. Parecer Técnico. Gabinete de Assessoramento Técnico. Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul. SIM 00915.000.620/2020. Porto Alegre, jun. 2020.

MARQUES, Rosane Vera. Parecer Técnico. Gabinete de Assessoramento Técnico. Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul. IC nº 01593.000.341/2020. jul. 2020.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS (Belo Horizonte, MG). Parecer Técnico da tabela de valoração de danos ambientais associados à manutenção da fauna silvestre em cativeiro (ID SGDP 2097492 - SISCEAT 16318503). Centro de Apoio Técnico - CEAT. Belo Horizonte, 2013.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MATO GROSSO DO SUL. Nota Técnica: Orientações para valoração de dano ambiental em procedimentos do Ministério Público de Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE SÃO PAULO. Relatório Final. Método de Valoração de Danos à Avifauna. 2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Câmara de Coordenação e Revisão, Valoração de danos em matéria de meio ambiente e patrimônio cultural. 4a. Câmara de Coordenação e Revisão. Brasília. MPF, 2014.

MOTA, José Aroudo. O Valor da Natureza: economia e política dos recursos naturais. Rio de Janeiro: Garamond, 2001.

NOGUEIRA, J.M., MEDEIROS, M. A. A. e ARRUDA, F. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou Empirismo? In: Cadernos de ciência e tecnologia. Embrapa. Brasília, v.17, n.2, p. 81-115, maio/ago.2000.

ODUM, E.P. 1985. Ecologia**.** Interamericana, Rio de Janeiro. 434p.

PEARCE, David W. e TURNER, R. Kerry. Economics of natural resources and the environment. Baltimore: The Johns Hopkins University, 1990, p. 378.

REDE NACIONAL DE COMBATE AO TRÁFICO DE ANIMAIS SILVESTRES – RENCTAS. 2014. 1° Relatório Nacional sobre o Tráfico de Fauna Silvestre. Disponível em:https://www.renctas.org.br/wpcontent/uploads/2014/02/REL_RENCTAS_pt_final.pdf Acesso em: 10 junho. 2021.

SATO, Y.; SAMPAIO, E.V.; FENERICH-VERANI,N.; VERANI, J.R. 2006. Biologia reprodutiva e reprodução induzida de duas espécies de Characidae (Osteichthyes, Characiformes) da bacia do São Francisco, Minas Gerais, Brasil. Revista brasileira de Zoologia, v.23, n.1, p.267-273.

SEIXAS, Gláucia Helena Fernandes; MOURÃO, Guilherme de Miranda. Assessment of restocking Blue-fronted Amazon (Amazona aestiva) in the Pantanal of Brazil. Ararajuba, vol. 8, no. 2, p. 73-78. 2000.

SEROA DA MOTTA, R. M*anual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais,* Ministério do Meio Ambiente*, Brasília, 1998*

SOARES, Alexandra Fátima Saraiva; DINIZ, Paula Santana e SILVA, Luís Fernando de Morais. Valoração dos danos aos recursos hídricos decorrentes dos resíduos da barragem de mineração em Brumadinho – MG. In 2º. CONRESOL. *2º. Congresso Sul-americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, Foz do Iguaçu, 28 a 30 de maio de 2019.

CAPÍTULO VI

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE LOTEAMENTOS IRREGULARES

Gerson N. Barbosa[1]
Annelise Monteiro Steigleder[2]
Edvaldo José Oliveira[3]
José Guilherme Roquette[4]

SUMÁRIO

1. Introdução

2. Conceito e efeitos da implantação de loteamentos irregulares

3. Reparação integral dos danos ambientais em loteamentos irregulares

4. Avaliação dos danos ambientais em loteamentos irregulares: aplicação prática

4.1. Método da produtividade marginal

4.2. Método do custo de reposição

4.3. Método do custo de controle/evitado

4.4. Método do custo de oportunidade

4.5. Método do preço hedônico

4.6. Método da avaliação contingente

4.7. Método do custo ambiental total esperado

4.8. Tabelas de preço de funções ecossistêmicas

1 Procurador de Justiça no Ministério Público do Estado de Mato Grosso e coordenador do Grupo de Atuação Especial Contra o Crime Organizado na área Ambiental – GAECO Ambiental. Possui especialização em Direito Agroambiental e atualmente cursa o mestrado em Direito e Ciência Jurídica, Especialidade Ciências Jurídico-Ambientais, pela Faculdade de Direito da Universidade de Lisboa.

2 Promotora de Justiça no Ministério Público do Rio Grande do Sul. Possui mestrado em Direito pela UFPR e doutorado em Planejamento Urbano e Regional pelo Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS).

3 Analista no Ministério Público de Mato Grosso, no setor de perícias ambientais do Centro de Apoio Operacional. Possui graduação em Geologia, especialização em Economia e Meio Ambiente (UFPR) e mestrado em Geociências (UFMT). Atualmente cursa o doutorado em Geociências (UFRGS) e MBA em Gestão em Áreas Contaminadas, Desenvolvimento Urbano Sustentável e Revitalização de *Brownfields* (USP).

4 Analista do Ministério Público do Mato Grosso. Possui graduação em Engenharia Florestal, especialização em Economia e Meio Ambiente pela Universidade Federal do Paraná, mestrado em Ciências Florestais e Ambientais pela UFMT.

5. Sugestões de quesitos para apurar a responsabilidade civil

6. Considerações finais

Referências

1. INTRODUÇÃO

O direito fundamental ao ambiente encontra sua base normativa no art. 225 da Constituição da República. Do *caput* do referido dispositivo, considerado por Milaré (2009) como norma-matriz, extrai-se que o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado é indisponível, não pertence a indivíduos isolados, mas à generalidade da sociedade, sem ele não se pode falar em qualidade de vida, e deve ser acautelado pelo Poder Público e pelo cidadão, que deixa de ser mero titular passivo de um direito, cuja preservação deve ser feita no interesse não só da presente, como igualmente das futuras gerações.

A Constituição de 1988 segue a linha do que já havia sido consignado na Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, em que o meio ambiente é qualificado "[...] como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo [...]" (BRASIL, 1981, art. 2º, inciso I). Essa lei define meio ambiente como "[...] o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas" (BRASIL, 1981, art. 3º, inciso I). Fiorillo (2004, p. 19) assevera, sobre o assunto, que:

> [...] em face da sistematização dada pela Constituição Federal de 1988, podemos tranquilamente afirmar que o conceito de meio ambiente dado pela Lei da Política Nacional do Meio Ambiente foi recepcionado. Isso porque a Carta Magna de 1988 buscou tutelar **não só o meio ambiente natural, mas também o artificial, o cultural e o do trabalho**[5]**.**

A Constituição de 1988, portanto, conforme lembra Canotilho *et al.* (2018), ao estabelecer o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, não restringiu o âmbito de proteção apenas aos elementos naturais (água, ar, solo, flora, fauna), tendo incluído também os seus aspectos artificiais e culturais, dentre eles a "[...] estética da paisagem natural e o ambiente construído, cuja interação propicia o desenvolvimento equilibrado da vida em todas as suas formas" (CANOTILHO *et al.*, 2018, *e-book*, sem numeração).

O conceito de meio ambiente urbano[6], que integra o aspecto artificial, se vincula diretamente ao de cidade. Do ponto de vista urbanístico, segundo Silva (2010), um centro populacional assume característica de cidade quando possui dois elementos essenciais. O primeiro corresponde ao conjunto de edificações onde os membros da coletividade moram ou desenvolvem suas atividades produtivas, comerciais, industriais ou intelectuais, chamado de unidades edilícias. O outro aspecto consiste em bens públicos e sociais criados para servir às unidades edilícias e destinados à satisfação das necessidades de que os habitantes não podem prover-se diretamente e por sua própria conta (estradas, ruas, praças, parques, jardins, escolas etc.).

A partir da moldura constitucional e do advento da legislação ambiental, a cidade passou a ser interpretada como bem jurídico complexo (GARCIA, 2016), de natureza sociocultural e ambiental e de interesse público, que representa a base material para a fruição dos direitos fundamentais e o desenvolvimento das capacidades humanas

5 Sem negrito no original.

6 O meio ambiente urbano possui previsão no próprio texto constitucional (BRASIL, 1988): no art. 5º, inciso XXIII, que dispõe sobre a função social da propriedade; no art. 21, inciso XX, que prevê a competência da União de instituir diretrizes para o desenvolvimento urbano; no art. 182 e seguintes, que tratam da política urbana; no supramencionado art. 225; entre outros.

(NUSSBAUM, 2013). Por isso, a cidade é o suporte físico de diversas normas jurídicas que reconhecem e tutelam direitos fundamentais, dentre as quais o art. 182 da CF/88 e o Estatuto da Cidade (Lei federal nº 10.257/2001), cujo art. 2º, inciso I, declara "o direito à cidade sustentável" (BRASIL, 2001).

Embora a legislação não apresente um conceito de cidade, a doutrina jurídica brasileira (GRAU, 1994; BORATTI, 2008; CANEPA, 2007) tem entendido que esta se identifica com o meio ambiente urbano e integra o conceito de "meio ambiente" expresso no art. 3º, inciso I, da Lei nº 6.938/1981, como "o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas" (BRASIL, 1981).

A lei da Política Nacional do Meio Ambiente adota um conceito unitário e integrativo, que dialoga com a complexidade, pois não se limita aos componentes "naturais" do meio ambiente (fauna, flora, solo, água), abarcando "todas as condições" que interferem na vida, de humanos e não humanos. Essa abordagem é necessária para a compreensão da sustentabilidade ambiental nas cidades, que parte da premissa de que a cidade é um ecossistema (RUEDA *et al*, 2012), e tem aparecido em acórdãos do Superior Tribunal de Justiça que associam hipóteses fáticas de danos urbanísticos a casos em que também ocorreu dano ambiental. Alguns exemplos tratados nos acórdãos são: implantação de loteamentos clandestinos sem infraestrutura (BRASIL, 2015) e/ou localizados em área de preservação permanente ou de risco e falta de saneamento básico (BRASIL, 2014).

Como bem autônomo em relação aos seus componentes físicos, o meio ambiente é tratado como uma unidade complexa, inter-relacionada e integrada pelo ambiente natural, o ambiente urbano e pelos bens culturais. O conceito pressupõe a interdependência entre os elementos bióticos e abióticos que integram o conceito, inclusive a pessoa humana, valorizando-se "a preponderância da complementariedade recíproca entre o ser humano e o meio ambiente sobre a ultrapassada relação de sujeição e instrumentalidade" (FARIAS, 1999, p. 214). Trata-se de um bem de uso comum do povo, nos termos do art. 225, *caput*, da CF/1988, um "macrobem jurídico" (BENJAMIN, 1993), indisponível e de titularidade difusa.

Portanto, a partir da Constituição de 1988, a cidade assumiu natureza jurídica ambiental, deixou de ser observada em face de regramentos adaptados tão somente aos bens privados ou públicos e passou a ser disciplinada consoante a estrutura jurídica do bem ambiental, em decorrência das determinações constitucionais emanadas dos artigos 182 e 183 (BRASIL, 1988). Mas Fiorillo (2010, p. 35-37) vai além:

> [...] a cidade, em decorrência de sua natureza jurídica ambiental, passa a ser observada não só em função de seu território, mas também em face de sua estrutura econômica. Todas as cidades no Brasil estão diretamente relacionadas à sua estrutura econômica, ou seja, existem em decorrência dos produtos e serviços que criam, destinados a satisfazer as necessidades do consumo interno (em seu território) e externo (fora de seu território), o que representa acrescentar ao novo conceito jurídico constitucional do que significa uma cidade as relações econômicas de consumo (arts. 170 a 192 da CF), assim como as relações sociais que fundamentam juridicamente o Piso Vital Mínimo (art. 6º da CF), destacando-se as relações laborais (arts. 7º e 8º da CF) [...].

Dessa forma, adaptada ao conceito jurídico constitucional brasileiro do que significa uma cidade (ordem urbanística associada à ordem econômica e social), foi editada a Lei nº 10.257/2001, que recebeu o epíteto de Estatuto da Cidade. Essa lei estabelece as diretrizes e os parâmetros que devem ser seguidos pelos governantes no estabelecimento de medidas e decisões relativas à ordenação e ao desenvolvimento das cidades e ao bem-estar de seus habitantes.

O Estatuto da Cidade, que regulamenta os citados artigos 182 e 183 da Constituição da República, fundamenta a ordenação urbana a partir do direito a cidades sustentáveis, conceito criado por ela e cuja satisfação é a razão única da política urbana. O direito a cidades sustentáveis se apresenta como uma dessas diretrizes a ser perseguida.

Mello (2017, p. 443) define o direito à cidade, no direito brasileiro, como um "cluster" de direitos, titularizado "pela coletividade indeterminável e potencialmente indeterminável formada pelas pessoas que habitam ou usam o espaço urbano que constitui a cidade". Aduz que se trata "de um direito transgeracional, atinente às gerações futuras" (MELLO, 2017, p. 444). Para o autor, o direito à cidade deve ser compreendido como o direito à cidade justa, democrática e inclusiva.

Para Prestes (2008) e para Marco (2012), o direito à cidade é um direito fundamental subjetivo, suscetível de reconhecimento a partir da abertura material do catálogo de direitos fundamentais, nos termos do disposto no art. 5º, § 2º, da Constituição Federal de 1988, "deduzido a partir dos princípios constitucionais garantidores da propriedade e da função socioambiental, da democracia participativa e do equilíbrio (sustentabilidade) ambiental" (MARCO, 2012, p. 85).

O art. 2º do Estatuto da Cidade (BRASIL, 2001) assim dispõe, relativamente às diretrizes do desenvolvimento urbano:

> Art. 2º A política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante as seguintes diretrizes gerais:
>
> I – garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infraestrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;
>
> [...]
>
> IV – planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;
>
> V – oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais;
>
> VI – ordenação e controle do uso do solo, de forma a evitar:
>
> a) a utilização inadequada dos imóveis urbanos; b) a proximidade de usos incompatíveis ou inconvenientes; c) o parcelamento do solo, a edificação ou o uso excessivos ou inadequados em relação à infraestrutura urbana; d) a instalação de empreendimentos ou atividades que possam funcionar como polos geradores de tráfego, sem a previsão da infraestrutura correspondente; e) a retenção especulativa de imóvel urbano, que resulte na sua subutilização ou não utilização; f) a deterioração das áreas urbanizadas; g) a poluição e a degradação ambiental; h) a exposição da população a riscos de desastres.

Dentre as diretrizes urbanas, cujo cumprimento é impositivo em relação às funções sociais da cidade, destaca-se a vinculada à ordenação e ao controle do uso do solo para evitar o parcelamento de forma excessiva ou inadequada em relação à infraestrutura urbana, a deterioração das áreas urbanizadas, a poluição e a degradação ambiental.

Na mesma direção, o regime constitucional da propriedade tem como princípio basilar a função social. A propriedade privada perde o seu caráter de uso, gozo e fruição absolutos, relativizando-se em busca de benefícios para a coletividade, e não

só do interesse particular do proprietário. Assim, em todas as fases de implantação de um empreendimento – da construção ao funcionamento – devem ser observadas as normas urbanísticas, harmonizadas com o desenvolvimento das atividades econômicas.

A Política Nacional do Meio Ambiente possui também dentre seus objetivos o equilíbrio entre desenvolvimento socioeconômico e preservação do meio ambiente para as presentes e futuras gerações, ideia consubstanciada no princípio do desenvolvimento sustentável.

2. CONCEITO E EFEITOS DA IMPLANTAÇÃO DE LOTEAMENTOS IRREGULARES

O parcelamento do solo é uma das atividades urbanísticas voltadas ao ordenamento territorial e à expansão da urbe. A Lei federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, contempla duas espécies de parcelamento: desmembramento e loteamento. A primeira consiste na "subdivisão de gleba em lotes destinados a edificação, com aproveitamento do sistema viário existente [...]" (BRASIL, 1979, art. 2ª, § 2º). O loteamento, por sua vez, engendra maior impacto, porquanto compreende "[...] a abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento, modificação ou ampliação das vias existentes" (BRASIL, 1979, art. 2ª, § 1º).

A implantação de loteamento, assim, transcende os direitos subjetivos dos proprietários dos lotes, tendo direta influência no meio ambiente urbano ou construído. Os efeitos dessa espécie de parcelamento refletem sobre a população, difusa e coletivamente considerada, pois a inobservância das normas urbanísticas pode gerar problemas que afetam a segurança, a salubridade e o conforto da população, bem como a funcionalidade e a estética da cidade. A desordenada ocupação do solo conduz, ainda:

a) ao surgimento de focos de degradação do ambiente e da saúde (despejo de resíduos domésticos em cursos d'água e córregos, poluição dos recursos hídricos, disposição de lixo a céu aberto – insalubridade); e

b) ao adensamento populacional desprovido de equipamentos urbanos e comunitários definidos em lei (BRASIL, 1979, art. 4º, § 2º, e art. 5º, parágrafo único), e incompatível com o meio físico (má localização), gerando o crescimento caótico da cidade.

No caso de loteamentos irregulares (realizados em desacordo com o ato de licença ou sem execução de obras de infraestrutura) ou de loteamentos clandestinos (aqueles em que nenhum ato é praticado junto ao Município tendente à regularização), a ofensa a padrões urbanísticos necessariamente projeta seus efeitos por toda a parte, alcançando indiscriminadamente quem mora ou, eventualmente, transita pela cidade.

Assim, para avaliar os danos ambientais pela instalação irregular de loteamentos, deve-se inicialmente estabelecer o cenário anterior às intervenções realizadas. Esse cenário, via de regra, constitui o meio ambiente natural sem intervenções, por isso, as áreas no entorno ainda preservadas ou conservadas podem servir como referência para avaliação dos danos ambientais. Deve-se considerar todos os impactos, desde a supressão da vegetação até o lançamento de resíduos domiciliares no meio físico superficial e subterrâneo (água e solo), entre outros.

A avaliação deve considerar, ainda, toda a infraestrutura instalada e os equipamentos públicos construídos, pois em situações irregulares não é incomum a inexistência de abastecimento público, a destinação inadequada de resíduos, a ocupação de áreas sensíveis ambientalmente, o adensamento populacional, entre outros, aumentado a pressão da ocupação antrópica sobre o meio ambiente. Nessas

situações, podem ocorrer danos ao lençol freático pelo uso indiscriminado de poços artesianos, a contaminação do solo pelo despejo e aterramento de resíduos sem tratamento, o lançamento de esgoto *in natura* nas vias e em cursos d'água, a presença de erosões colocando em risco moradias instaladas, conflitos pela ocupação de novas áreas etc.

A instalação de empreendimentos com características de loteamentos pode ocorrer tanto em área urbana, como em área rural, ou ainda na interface entre essas duas. Nas zonas urbanas, o impacto negativo dessa instalação pode ser cumulativo e/ou sinérgico com os danos causados por outros projetos similares na mesma bacia hidrográfica; enquanto na zona rural as intervenções causadas podem ser atribuídas ao único empreendimento no local. Negócios dessa natureza têm a capacidade de gerar lucros elevados para aqueles que os conduzem, que, valendo-se da população carente e sem instrução, vendem os lotes com títulos precários e sem a devida informação sobre as irregularidades.

Assim, o custo social do loteamento irregular pode atingir valores expressivos quanto aos danos imateriais em relação aos danos materiais, pois lidam muitas vezes com o "sonho da casa própria" destruído e com o fim das economias de famílias de baixa renda, que ficam sem alternativas de moradia e sem o devido ressarcimento do dinheiro investido com boa-fé. Logo, na avaliação dos danos ambientais, deve-se considerar, sempre que possível, o lucro auferido pelo responsável pela degradação ambiental e os aspectos extrapatrimoniais dos ocupantes do loteamento.

3. REPARAÇÃO INTEGRAL DOS DANOS AMBIENTAIS EM LOTEAMENTOS IRREGULARES

A reparação do dano ambiental deve, em face de princípios constitucionais, ser a mais completa possível, objetivando o *restitutio in integrum*, sob pena de, não o fazendo, responsabilizar a vítima. É necessário esgotarem-se todos os meios disponíveis para atingir o desiderato, sob pena de engendrar a impunidade do degradador e temerário precedente.

Apresentando-se o dano de modos variados, "[...] a reparação só será integral se incorporar as consequências patrimoniais presentes e futuras (danos ambientais em cascata, lucros cessantes ambientais e perda de uma chance ambiental) e a extrapatrimonial ou moral coletiva" (PINHO, 2010, p. 328).

Em se tratando de danos urbanísticos, a valoração, na busca da reparação integral, é complexa, porquanto pode atingir danos ecológicos puros, patrimônio cultural e paisagístico, ocupação irregular de áreas institucionais etc., sem olvidar os efeitos deletérios no planejamento da estrutura urbana na busca de uma cidade sustentável.

O dano ambiental possui uma dimensão material, que corresponde à degradação ambiental, a ser aferida pericialmente, e uma dimensão moral coletiva (extrapatrimonial), verificada quando houver: a) lesão à qualidade de vida humana, bem-estar, sossego; b) perda pública representada pela não fruição do bem de uso comum do povo pelo tempo necessário à recuperação; c) lesão a valores imateriais significativos para a comunidade, associados à degradação dos recursos ambientais ou ao patrimônio cultural; d) lesão ao valor intrínseco do meio ambiente, assumindo aqui um conteúdo ético e de reprovação social da conduta.

Essa dimensão material afeta os elementos corpóreos do meio ambiente (fauna, flora, solo, água, ar etc.), tangíveis ou intangíveis, e os aspectos socioeconômicos que dependem da qualidade ambiental. Por exemplo: o impacto da poluição na água pode causar a mortandade de peixes e produzir danos socioeconômicos, de natureza

patrimonial, aos pescadores e habitantes ribeirinhos, sem prejuízo dos danos extrapatrimoniais.

Os danos ao meio ambiente urbano atingem a ordem urbanística, assim entendida como o conjunto normativo que disciplina o planejamento urbano, o uso e a ocupação do solo e a proteção do patrimônio cultural e ambiental localizado nas cidades, adotando-se aqui uma perspectiva que enfatiza o novo conteúdo do Direito Urbanístico a partir do direito fundamental à cidade sustentável (BRASIL, 2011).

Em sua materialidade, o dano urbanístico sobrecarrega a infraestrutura urbana, pela implantação de edificações e loteamentos irregulares ou clandestinos sem a execução da infraestrutura necessária à sua compatibilização com o tecido urbano preexistente. Ou seja, a cidade passa a ser constituída por fragmentos precários, desprovidos de serviços públicos de drenagem, de coleta de esgotos, de recolhimento de resíduos sólidos. Vias e lotes são abertos mediante supressão de vegetação nativa, em áreas ambientalmente vulneráveis, como áreas de preservação permanente, assim protegidas pela Lei federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012 (BRASIL, 2012a), ou áreas qualificadas como de risco.

Com o objetivo de valorar economicamente o dano urbanístico associado à implantação de loteamentos irregulares, poderão ser adotadas metodologias previstas na NBR 14653-6 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009), que quantificam os custos de implantação de infraestrutura adicional que foram evitados pelo proprietário, o construtor ou o loteador quando da ocupação clandestina, e para calcular a mais valia fundiária que foi apropriada pelos empreendedores privados (BRASIL, 2012b).

A implantação de um loteamento clandestino ou irregular lesa a ordem urbanística e pode atingir bens ambientais específicos quando ocorrer supressão de vegetação, aterramento do solo, disposição inadequada de resíduos sólidos, entre outros, do que decorre a necessidade de utilização de metodologias específicas e muitas vezes complementares para valoração econômica dos danos irreversíveis que contemplem as peculiaridades destas tipologias de danos (por exemplo, a perda da prestação de serviços ecossistêmicos associados à vegetação, a poluição causada pelo lançamento de efluentes em cursos d'água, a degradação de mananciais etc.).

Com amparo no art. 225, § 1º, inciso I, da Constituição Federal, a reparação do dano deve, preferencialmente, voltar-se à restauração da própria área degradada, o que consiste, na hipótese dos loteamentos clandestinos ou irregulares, no desfazimento do empreendimento ilegal, com a subsequente restituição do ecossistema ou da população silvestre impactada o mais próximo possível de sua condição original. Essa providência implica a exigência de um projeto técnico capaz de proporcionar a reabilitação funcional do ecossistema e de suas capacidades de autorregulação e autossustentação. Quando houver impossibilidade, pode-se buscar a recuperação ambiental, com vistas a estabilidade e resiliência do meio ambiente, porém em uma condição que pode ser diferente da original.

Os lucros cessantes ambientais são uma categoria de danos irreversíveis suscetíveis de serem indenizados e correspondem à perda da chance de o ambiente alcançar o nível de desenvolvimento normal caso a agressão não tivesse sido consumada e ao lapso de tempo em que o ambiente degradado permaneceu sem reparação. Deve-se considerar, ainda, eventuais danos residuais, atribuídos àquela parcela do dano que mesmo após a adoção de medidas para reparação *in situ,* ainda remanescerá sem reparação.

Cumulativamente, ou diante da impossibilidade de restauração ou recuperação *in situ*, deve-se buscar medidas de compensação e/ou indenização pecuniária pelos danos causados.

As medidas compensatórias ecológicas são uma forma de reparação do dano ambiental irreversível em que se busca substituir a reparação *in situ* por providências em outra área degradada, ou por meio de projetos socioambientais que garantam resultados práticos funcionalmente semelhantes àqueles que seriam obtidos no próprio local do dano. Devem ser aplicadas nos casos em que a restauração ou recuperação do dano for inviável, devendo o Promotor de Justiça externar os motivos que o conduziram a essa opção.

A escolha de medidas de compensação ecológicas ampara-se no artigo 84, § 1º, do Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990), segundo o qual a conversão da obrigação de fazer ou não fazer em perdas e danos somente será admissível se impossível a tutela específica ou a obtenção do resultado prático equivalente. Daí que haveria a seguinte prioridade: a) recuperação da própria área degradada, mediante obrigações de fazer ou não fazer; b) obtenção de resultado prático equivalente, por meio de medidas compensatórias ecológicas; c) conversão das obrigações de fazer ou não fazer em perdas e danos.

Quando se tratar de dano à flora, em área de preservação permanente ou em Mata Atlântica, e for constatada a impossibilidade de restauração ou recuperação do habitat degradado, a medida compensatória deverá atentar para os critérios previstos na Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006 (BRASIL, 2006b), que trata de diversos aspectos em relação à área de preservação permanente (APP), e do artigo 17 da Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006 (BRASIL, 2006a), devendo-se impor ao poluidor a obrigação de compensar o dano mediante a destinação ou recuperação de outra área, na mesma sub-bacia hidrográfica e, prioritariamente, na área de influência do empreendimento ou nas cabeceiras dos rios. Para os demais danos ambientais, pode-se optar por medidas compensatórias que tenham por objetivo proteger o meio ambiente com ações preventivas, estratégias de preservação ou conservação, fiscalização, fomento à cidadania e ao desenvolvimento sustentável.

A prévia identificação do valor pecuniário do dano ambiental irreversível é importante para preservar a proporcionalidade entre o valor do dano ambiental e a medida compensatória aplicável, bem como para propiciar uma uniformidade entre os valores aplicados a título de medidas compensatórias nas diversas comarcas ou seções judiciárias.

O valor da indenização dos danos ambientais irreversíveis poderá ser convertido em medidas compensatórias ecológicas, tais como: a) recuperação de áreas de preservação permanente públicas; b) manutenção e custeio de parques, jardins públicos, praças; c) criação de Reserva Particular do Patrimônio Nacional ou investimento na manutenção de outra Unidade de Conservação; d) custeio de equipamentos de fiscalização ambiental; e) contribuições a entidades ambientais; f) custeio de programas de educação ambiental; g) custeio de programas ou projetos de recuperação de áreas degradadas; h) custeio de projetos de preservação do patrimônio cultural, entre outros.

O dano moral coletivo ou extrapatrimonial ao meio ambiente, quando couber, deverá ser arbitrado pelo promotor de Justiça, no âmbito do termo de ajustamento de conduta, ou pelo juiz de Direito, no julgamento da ação civil pública, podendo considerar os seguintes critérios, consoante posição majoritária da doutrina: a) gravidade e irreversibilidade do dano; b) posição social ou política do ofensor; c) intensidade do ânimo de ofender; d) situação econômica do ofensor e das vítimas; e) risco criado; f) proveito obtido com o dano.

O valor arbitrado a título de dano extrapatrimonial poderá, a critério do Promotor de Justiça, no âmbito de um TAC, ser convertido em compensação ecológica. O arbitramento dessa categoria do dano tem sido a medida proposta em razão das dificuldades operacionais e dos custos envolvidos na aplicação do método de valoração

contingente, único capaz de capturar o valor de existência do Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA), como abordado no capítulo 1 dessas Diretrizes.

4. AVALIAÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS EM LOTEAMENTOS IRREGULARES: APLICAÇÃO PRÁTICA

A avaliação dos danos ambientais em loteamentos irregulares deve partir da análise das especificidades do local afetado, considerando as premissas e diretrizes dispostas na Lei nº 6.766/1979 (Lei de Parcelamento do Solo) e na Lei nº 10.257/2001 (Estatuto da Cidade), bem como nas legislações urbanísticas municipais, quando existentes. Deve-se considerar a zona de instalação, tanto com relação a estar dentro ou fora do perímetro urbano, como em relação as zonas urbanas dentro da cidade, a fim de identificar restrições aos loteamentos no local instalado. Situações de impedimento de parcelamento do solo também estão contidas na Lei nº 6.766/1979 e, eventualmente, em legislação estadual ou municipal. De modo geral, a Lei nº 6.766/1979 (BRASIL, 1979, art. 3º) estabelece que o parcelamento do solo não deve ser permitido nas seguintes situações:

> Art. 3º (...)
>
> I - em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, antes de tomadas as providências para assegurar o escoamento das águas;
>
> Il - em terrenos que tenham sido aterrados com material nocivo à saúde pública, sem que sejam previamente saneados;
>
> III - em terrenos com declividade igual ou superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;
>
> IV - em terrenos onde as condições geológicas não aconselham a edificação;
>
> V - em áreas de preservação ecológica ou naquelas onde a poluição impeça condições sanitárias suportáveis, até a sua correção.

Deve-se avaliar, ainda, se há restrições impostas por normas ambientais federais, estaduais e/ou municipais, sobretudo no que tange ao procedimento de licenciamento ambiental e ocupação/intervenção em áreas protegidas. Sobre esse aspecto, menciona-se a existência de impactos negativos em áreas de preservação permanente, áreas verdes, de uso restrito, unidades de conservação, entre outras áreas protegidas definidas por ato do Chefe do Poder Executivo e por normas especiais de proteção regionais ou locais, como a Lei nº 11.428/2006, conhecida como Lei da Mata Atlântica, por exemplo.

No que tange à área de preservação permanente, ressalta-se a recente tese fixada pela primeira turma do Superior Tribunal de Justiça (STJ) durante o julgamento do Tema 1.010, em abril de 2021 (BRASIL, 2021):

> Na vigência do novo Código Florestal, a extensão não edificável das faixas marginais de qualquer curso d'água, perene ou intermitente, em trechos caracterizados como área urbana consolidada, deve respeitar o que disciplinado pelo art. 4º, caput, I, "a", "b", "c", "d" e "e", a fim de garantir a mais ampla proteção ambiental protegidos a esses espaços territoriais especialmente protegidos e, por conseguinte, à coletividade.

Além disso, há que ser observada a infraestrutura básica de parcelamento do solo, que "é constituída pelos equipamentos urbanos de escoamento das águas pluviais, iluminação pública, esgotamento sanitário, abastecimento de água potável, energia elétrica pública e domiciliar e vias de circulação" (BRASIL, 1979, art. 2º, § 5º). A lei disciplina, ainda, os requisitos mínimos urbanísticos e de projeto para a instalação dos loteamentos, bem como estabelece a necessidade de espaços livres de

uso comum, de vias e praças, de áreas destinadas a edifícios públicos e de outros equipamentos urbanos, bem como o devido registro do loteamento no Cartório de Registro de Imóveis competente. Recomenda-se, também, a verificação da adequação quanto às diretrizes de saneamento básico, conforme previsto na Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007), e suas alterações.

Para Meirelles, em obra clássica sobre o tema, as obrigações do loteador são "imposições urbanísticas e preceitos de ordem pública", derivados do poder de polícia, que "atingem indistintamente a todos os indivíduos, como membros da coletividade administrada"; além disso, são imprescritíveis, irrenunciáveis e intransacionáveis e devem "corresponder às justas exigências do interesse coletivo que as motiva" (MEIRELLES, 1978, pp. 14, 17). O autor diferenciava as restrições de loteamento entre convencionais e legais. As primeiras são estabelecidas pelo loteador no projeto de loteamento, têm natureza civil e são vinculantes para os adquirentes, para o próprio loteador e para o Poder Público, enquanto não derrogadas por lei urbanística superveniente; ao passo que as segundas são de ordem pública e impostas para todas as urbanizações, tais como tamanho dos lotes, percentual de cessão de áreas públicas etc. (MEIRELLES, 1978).

A Lei federal nº 6.766/1979 trata dos encargos do loteador como "requisitos para loteamento" em seu art. 4º e das restrições convencionais no seu art. 26, inciso VII (BRASIL, 1979). São ônus relacionados à faculdade de urbanizar o solo e consistem em cessão de solo e execução de infraestruturas públicas que cumprem a função de internalizar externalidades urbanísticas negativas associadas a um empreendimento privado, evitando a socialização de custos. São justificados sob a compreensão de que a propriedade privada está interligada com o seu entorno físico e social, o que implica um determinado escopo de restrições ou condicionamentos à sua utilização. Em sua origem, nas legislações municipais paulistana e carioca do início do século XX, os encargos decorriam do controle sobre arruamentos, sob a racionalidade de evitar custos para o Município e ordenar o solo urbano (LEONELLI, 2010).

A natureza jurídica dos encargos do loteador, em uma lógica aplicável aos encargos de edificações, foi mencionada pelo Ministro Eros Grau, do Supremo Tribunal Federal (STF), como um ônus urbanístico associado a uma faculdade exercida em proveito próprio, no julgado em que analisou a natureza jurídica da outorga onerosa do direito de construir (BRASIL, 2008). Por sua vez, o STJ, em um acórdão em que analisou a natureza jurídica dos encargos urbanísticos convencionais (BRASIL, 2010)[7], definiu-a como restrição *propter rem* no que se refere à sua relação com o imóvel e aos seus efeitos sobre os não contratantes, e de índole pública, alertando que podem ser mais restritivas do que as normas da Lei nº 6.766/1979, porém jamais podem flexibilizá-las. Esses acórdãos explicitam a importância, para o desenvolvimento urbano sustentável, da função social da cidade, do cumprimento dos ônus urbanísticos, justificados a partir de normas de ordem pública e indisponíveis para a Administração.

Adicionalmente, podem existir diretrizes urbanísticas impostas pelo poder público municipal, por meio do Plano Diretor, Código de Postura, Código de Obras, Leis de Zoneamento Urbano e Uso do Solo do Município, entre outras, que também devem ser consultadas para avaliação das condições do loteamento instalado.

A verificação da possibilidade de regularização do loteamento deve seguir as normas gerais definidas pela Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017, que dispõe sobre

7 O caso em questão se referia à alteração da legislação municipal para flexibilizar as normas convencionais e permitir a construção de um prédio no loteamento que havia convencionado a implantação de casas. O acórdão entendeu que o Município pode flexibilizar restrições urbanístico-ambientais contratuais (*ius variandi*), mas deve respeitar o ato jurídico perfeito e o licenciamento do empreendimento. Além disso, entendeu que se submete ao princípio da não regressão, como "garantia de que os avanços urbanístico-ambientais conquistados no passado não serão diluídos, destruídos ou negados pela geração atual ou pelas seguintes." (BRASIL, 2010).

a regularização fundiária rural e urbana. Especificamente em relação à regularização fundiária urbana, foram "[...] instituídas no território nacional normas gerais e procedimentos aplicáveis à Regularização Fundiária Urbana (Reurb), a qual abrange medidas jurídicas, urbanísticas, ambientais e sociais destinadas à incorporação dos núcleos urbanos informais ao ordenamento territorial urbano e à titulação de seus ocupantes" (BRASIL, 2017). Com isso, pode-se verificar os requisitos necessários para identificar a irregularidade do loteamento.

De outro modo, em caso de impossibilidade de regularização ambiental e/ou fundiária, deve-se considerar as medidas para reparação integral dos danos ambientais, tais como a restauração ou recuperação *in situ*, compensação e/ou indenização pecuniária.

Em suma, dentre os principais danos ambientais potenciais em loteamentos irregulares, observa-se os relacionados no quadro 1, abaixo, sem prejuízo de outros a serem identificados, a depender ainda das normas locais.

Quadro 1 – Síntese de potenciais danos ambientais identificados em loteamentos irregulares

Meio afetado	Impacto	Dano ambiental
Meio biótico	Supressão da vegetação nativa	Redução da diversidade de espécies da flora e fauna
		Morte de espécies da flora e fauna ameaçadas de extinção
		Redução da oferta de abrigo e alimento para a fauna silvestre
	Impedimento da regeneração natural da vegetação nativa	Manutenção da redução da diversidade de espécies da flora e fauna
		Manutenção da redução da oferta de abrigo e alimento para a fauna silvestre
	Atropelamento da fauna	Redução da fauna silvestre e domesticada
		Morte de indivíduos ameaçados de extinção
	Lançamento de resíduos sólidos em áreas verdes	Degradação da paisagem natural e de espaços verdes públicos
		Contaminação e mortandade da fauna
	Lançamento de resíduos sólidos em áreas de preservação permanente	Degradação da paisagem natural de áreas de preservação permanente
		Contaminação e mortandade da fauna
		Redução do fluxo gênico de fauna e flora
	Lançamento de efluentes sem tratamento em cursos d'água	Contaminação de organismos aquáticos
		Mortandade de organismos aquáticos
	Canalização ou entubamento de cursos d'água	Redução das áreas de abrigo e alimentação para fauna silvestre
	Aterramento de nascentes e olhos d'água e supressão das respectivas áreas de preservação permanente	Degradação da paisagem natural de áreas de preservação permanente
		Redução do fluxo gênico de fauna e flora

Meio abiótico	Exposição do solo superficial	Perda do solo por processos erosivos
		Redução da taxa de infiltração de água no solo para abastecimento do lençol freático
		Aumento do escoamento de água superficial
		Aumento da evaporação de água
		Inalação de vapores contaminados presentes no solo
		Aumento da temperatura do ar
	Construção de poços tubulares (freático, artesiano, semiartesiano)	Aumento da profundidade do nível d'água (lençol freático)
		Contaminação de águas subterrâneas
		Mobilização de contaminantes adsorvidos
		Ingestão de substâncias tóxicas, potencialmente carcinogênicas
		Esgotamento do aquífero explotado
		Interferência em poços tubulares legalmente autorizados
		Aumento de conflitos pelo uso da água
		Desobediência aos usos prioritários da água
		Alteração nas propriedades físico-químicas do solo e diminuição de sua capacidade produtiva
	Lançamento de resíduos sólidos em áreas verdes	Redução da vazão ou degradação de nascentes na microbacia
		Degradação da geodiversidade
		Contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos
		Contaminação do solo

Meio abiótico	Modificação da topografia com cortes e aterros	Redução de espaços para uso público
		Perda de solo
		Aumento do carreamento de sedimentos pelo escoamento superficial
		Alteração dos parâmetros físicos da bacia hidrográfica
		Instalação de processos de movimento de massa (deslizamentos, quedas de blocos, entre outros)
		Alagamento em períodos de precipitação pluviométrica
		Conversão em área de risco geológico/ geotécnico
		Redução da estabilidade topográfica
	Lançamento de resíduos sólidos em áreas de preservação permanente	Degradação da paisagem abiótica de área de preservação permanente
		Contaminação do solo
		Contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos
		Carreamento de resíduos para o interior da bacia hidrográfica
		Redução da taxa de infiltração no solo
	Lançamento de efluentes sem tratamento em cursos d'água	Contaminação das águas
		Contaminação do solo
		Contaminação humana por ingestão
		Redução da qualidade das águas para consumo e sustentação da vida silvestre
	Impermeabilização do solo	Redução da taxa de infiltração de água no solo prejudicando o abastecimento do aquífero subterrâneo
		Aumento do volume de água em escoamento superficial
		Aumento da velocidade de escoamento superficial da água pluvial
		Destruição de equipamentos de drenagem
		Instalação de processos erosivos a jusante do empreendimento
		Aumento da temperatura do ar
		Inundações

Meio abiótico	Canalização ou entubamento de cursos d'água	Degradação da paisagem de áreas de preservação permanente
		Inundação
		Perda de obras de engenharia
		Ocultação de lançamentos de efluentes irregulares
		Ocupação da planície de inundação do curso d'água
		Redução da quantidade e qualidade de água
	Aterramento de nascentes e olhos d'água	Degradação da paisagem de áreas de preservação permanente
		Potencial risco geológico/geotécnico
		Alteração na disponibilidade de recurso na bacia hidrográfica
		Inundações
	Produção de resíduos	Degradação da paisagem
		Contaminação de solo, água e ar
		Aumento da insalubridade e problemas de saúde
Meio socioeconômico	Adensamento populacional	Prejuízo ao sistema de transporte público
		Aumento da demanda por equipamentos públicos
		Aumento do tráfego de veículos
		Redução da disponibilidade de equipamentos públicos
	Sobreposição de áreas verdes e institucionais em áreas de preservação permanente	Redução das áreas de preservação permanente
		Aumento da pressão e ocupação sobre novas áreas
	Especulação imobiliária	Redução da disponibilidade de equipamentos públicos
	Não atendimento dos percentuais de áreas verdes e institucionais	Redução do bem-estar social
		Aumento da insalubridade local
		Falta de assistência básica aos moradores

Para avaliar os danos ambientais, em face da amplitude de impactos negativos que podem ocorrer em loteamentos irregulares, os profissionais legalmente habilitados ficam incumbidos da tarefa de valoração econômica dos danos ambientais, para o que devem se dedicar à prévia tarefa de diagnosticar a área degradada, mediante um amplo levantamento dos impactos, observando quais são reversíveis e quais não são.

Os danos materiais podem ser avaliados a partir de medidas de áreas, volumes, vazões, entre outras grandezas, que são atribuídas aos diferentes componentes do meio ambiente que podem ter sido lesados. Os procedimentos para avaliação incluem vistorias, entrevistas, coletas e medições em campo, análises laboratoriais, obtenção de dados por meio de aeronaves remotamente pilotadas e informações obtidas por sensoriamento remoto. O histórico de intervenções pode ser representado pela análise de informações e imagens ao longo de uma série temporal, auxiliando também na identificação do ecossistema de referência para avaliação dos danos ambientais.

Com o objetivo de subsidiar a atuação dos técnicos que assessoram a atuação do Ministério Público, colaciona-se, no quadro abaixo, um roteiro criado no Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul[8], que pode ser utilizado em conjunto com os quesitos constantes no item 5 deste capítulo:

Quadro 2 – Roteiro para loteamentos irregulares e clandestinos

1. Informar se o loteamento possui projeto aprovado na Prefeitura Municipal. Caso positivo, providenciar cópia. Informar a data do licenciamento.
2. Informar se há matrícula do loteamento no Cartório do Registro de Imóveis. Providenciar cópia.
3. Informar se o loteamento se encontra na área urbana (ou proximidades), ou se está em área rural. Essa verificação pode ser feita junto à Prefeitura Municipal.
4. Informar, se possível, se existem áreas ocupadas que sejam alagadiças ou sujeitas a inundações.
5. Informar se existem cursos d'água (córregos, arroios, lagos, açudes etc.) na área do loteamento. Caso positivo, informar se existem construções próximas (menos de 30 metros de distância).
6. Informar se o imóvel está localizado em local de topografia muito íngreme (muito inclinada).
7. Informar quais dos seguintes equipamentos existem no local:
- pavimentação das vias (asfalto, paralelepípedo, bloco de concreto, pedra irregular, saibro, cascalho etc.;
- guias do meio-fio;
- rede de abastecimento de água potável;
- rede de esgoto sanitário (cloacal);
- rede de esgoto pluvial (chuva), bocas de lobo;
- rede de energia elétrica domiciliar;
- iluminação pública;
- coleta de lixo domiciliar;
- transporte coletivo público.
8. Informar se existem equipamentos públicos (posto de saúde, escola etc.). Informar se há lançamento de esgoto sanitário, proveniente das residências, a céu aberto (em sarjetas).
9. Fazer relatório fotográfico, com visão geral do loteamento e com detalhes das características da área: infraestrutura, cursos d'água, deposição de lixo, esgotos a céu aberto etc.
10. Verificar se há licenciamento ambiental (órgão ambiental, município etc.), anexá-lo, se positivo;
11. Caso o loteamento não seja licenciado, informar se a área é pública ou privada. Coletar indícios sobre a situação do loteamento: se foi comercializado ou se é uma ocupação.
12. Anexar uma cópia de escritura de um lote (compra e venda).

Entrevistas com moradores locais e do entorno podem auxiliar na obtenção de informações a respeito de impactos socioambientais na região, assim como sobre a falta de assistência pelo poder público, precariedade do saneamento ambiental, violência, pobreza, entre outros aspectos do dano ambiental que estão associados

8 Roteiro de Perícias Técnicas da Unidade de Assessoramento Ambiental do Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul.

aos loteamentos irregulares e resultam tanto em danos materiais como em danos imateriais, com valores que podem se revelar bastante elevados.

Com o fito de apresentar e orientar a aplicação das metodologias utilizadas para avaliação monetária de danos ambientais em loteamentos irregulares, serão apresentados nos próximos subitens cenários hipotéticos construídos a partir de situações reais observadas em relatórios e laudos produzidos pelo Ministérios Públicos do Brasil, demonstrando a possibilidade de aplicação dos métodos de valoração econômica. Destaca-se que esses métodos podem e devem ser combinados, com o objetivo de atingir da melhor forma possível as parcelas do valor econômico do recurso ambiental (VERA), inclusive sem prejuízo de reconhecimento de danos morais coletivos.

O objetivo é fornecer exemplos elucidativos da aplicação dos métodos de avaliação econômica dos danos ambientais causados pela instalação de loteamentos irregulares, mas sem limitar a adoção de modelos e métodos alternativos para casos semelhantes, cuja decisão de aplicação é atribuída ao avaliador, com base na sua expertise e nos recursos disponíveis para avaliação. Também não se busca esgotar a possibilidade de ocorrência de outros danos ambientais não contemplados neste capítulo. Ressalta-se que algumas tipologias de danos ambientais podem estar mais bem detalhadas em outros capítulos, em razão de se tratar de danos comuns, como no caso de danos à flora, por exemplo. Para mais informações sobre os métodos, de modo geral, recomenda-se a consulta ao capítulo geral destas Diretrizes.

4.1. Método da produtividade marginal

O método da produtividade marginal considera a contribuição do recurso ambiental como insumo ou fator de produção para identificar o valor de um bem ou serviço já comercializado. Além disso, estima a relação entre a variação do recurso ambiental e a variação física na produção de um bem ou serviço que possua preço de mercado.

No cenário hipotético de um loteamento irregular sobre uma nascente, provocando o aterramento do ponto de surgência e de sua área de preservação permanente, o método da produtividade marginal pode ser aplicado para avaliar os danos. A quantidade de produção do recurso hídrico pela nascente será comparada à variação na produção de água antes e após a intervenção, bem como à variação na disponibilidade de componentes da área de preservação permanente que tenham preço de mercado, tal como a biomassa da madeira.

Uma das funções da APP da nascente e da própria nascente é a produção de água. E para embasar a estimativa de produção de água, podem ser usados dados de vazão de outras nascentes na mesma bacia hidrográfica. Pode-se considerar o valor da perda da surgência em uma série infinita, considerando a impossibilidade ou a difícil reparação do bem afetado. Assim, medidas de vazão hipotética antes da intervenção podem ser utilizadas para comparar com a vazão após as intervenções, que pode ser nula, e assim estimar os danos à quantidade do recurso hídrico que era produzida pela nascente afetada.

Noutro vértice, a mensuração da APP de uma nascente deve corresponder ao raio mínimo de 50 metros no entorno da surgência. Considerando a APP e a própria surgência como bens afetados quando da instalação do loteamento irregular, pode-se estimar os danos à biomassa vegetal da APP degradada antes e após a intervenção, em termos de volume estimado a partir de ecossistemas de referência no entorno, e assim estimar o valor monetário com base nos preços de referência do metro cúbico de biomassa vegetal ou, ainda, de carbono armazenado.

4.2. Método do custo de reposição

O custo de reposição é um método indireto de valoração econômica do dano ambiental previsto na NBR 14.653:6 (ABNT, 2009), com ele é possível estimar o custo hipotético de reparação integral do dano ambiental. Na hipótese da implantação de um loteamento clandestino, o emprego deste método implicaria a necessidade de calcular todos os custos associados ao desfazimento do empreendimento imobiliário e à restauração dos ecossistemas degradados, que, certamente, tiveram a vegetação nativa e os habitats de fauna destruídos para a abertura de arruamentos e demarcação de lotes.

O custo de reposição deve considerar a elaboração e execução de um Projeto de Recuperação/Restauração de Área Degradada ou Alterada (PRADA), com todas as etapas mensuradas, como valor do projeto, análises físico-químicas do ambiente, correção/remediação do solo, preparo do solo, mudas de plantas, tratos silviculturais, monitoramento e demais etapas contidas no PRADA.

Há casos em que a melhoria da produtividade do solo pela adição de reagentes, por exemplo, não concorre com os processos pedogenéticos milenares aos quais o meio esteve submetido, ou de intervenções que impossibilitem a restauração ambiental, podendo ser necessário se estabelecer medidas para recuperação.

Para além das variáveis contempladas nos métodos de valoração do dano, deve-se inserir a referência temporal de indisponibilidade do bem ambiental avariado. A aplicação de juros numa escala temporal relacionada com a restauração/recuperação dos componentes ambientais se apresenta também como alternativa de mensurar valores de lucros cessantes ambientais promovidos pela indisponibilidade do bem ambiental, assim como dos danos residuais, considerando uma escala transgeracional.

Adotando-se como cenário hipotético a implantação de um loteamento irregular em uma área de preservação permanente ou em unidade de conservação de proteção integral, a aplicação do método do custo de reposição exige a identificação dos custos de elaboração e execução do PRADA. Estes custos podem ser obtidos no cronograma físico/financeiro de outros PRADA que já tenham sido executados em áreas semelhantes, em uma interpretação analógica, ou a partir da estimativa considerando as medidas necessárias para o caso em análise. A estimativa do tempo de restauração dos tipos de vegetação atingidos, ou da recuperação ambiental, pode ser utilizada como referência para o lastro temporal no estabelecimento do tempo para cálculo de juros.

A fim de se exemplificar a aplicação deste método, colaciona-se a Informação Técnica nº 489/2020, elaborada pela equipe de assessoramento técnico do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro, em um caso que analisou a implantação de um loteamento irregular que adensou uma área sem licenciamento urbano-ambiental. Neste caso, ao lado do método do custo de oportunidade, utilizado para calcular o lucro ilícito obtido com o empreendimento, os técnicos adotaram o método dos custos de reposição, considerando ações que repusessem os serviços ambientais perdidos em função da presença de edificações nos lotes já vendidos

Como a área do loteamento irregular já era considerada antropizada, estimou-se o custo das ações para o reestabelecimento das funções ambientais anteriores às construções nos lotes irregulares. Compuseram o cálculo da valoração todos os custos hipotéticos para retirada das construções, transporte e destinação de entulhos, limpeza da área e restabelecimento da permeabilidade do solo, com base em pesquisa bibliográfica e de preços praticados no mercado. Neste caso específico, não foram levantados os custos da restauração florestal porque não havia evidências de que essa vegetação existia na época do parcelamento do solo.

4.3. Método do custo de controle/evitado

O método em questão se baseia no custo de ações preventivas ou de controle do impacto negativo causador do dano ambiental. No contexto de loteamentos irregulares, relações com custos de licenciamento ambiental, prevenção de enchentes, prevenção de movimentos de massa ou controle de processos erosivos, medidas de mitigação de impactos, dentre outras, são exemplos de parâmetros financeiros da valoração pretendida.

Em um cenário hipotético de instalação de loteamento irregular com lançamento de esgoto *in natura* em curso d'água natural, este método consideraria os custos de tratamento de água contaminada pelos efluentes cloacais, levantando o preço dos insumos e a efetividade de remoção dos poluentes. Também poderiam ser considerados custos com abastecimento de populações situadas a jusante do empreendimento, assim como ônus decorrentes da aprovação de projetos e obtenção de licenças ambientais e urbanísticas. Ou seja, o método estimaria todos os custos com os encargos urbanísticos e ambientais, previstos na Lei federal nº 6.766/1979 e na legislação municipal, que foram evitados pelo loteador irregular e que representam um passivo para o Município.

Este método contempla o princípio do poluidor-pagador, porquanto reconhece as externalidades ambientais e urbanísticas negativas que não foram internalizadas oportunamente pelo empreendedor, e que representam custos públicos. Daí que o método em questão operacionaliza a justa distribuição de ônus e benefícios da urbanização e corrige a iniquidade que se concretiza quando da implantação de um loteamento irregular.

A fim de que se possam capturar outras facetas do VERA (valor de uso direito + valor de uso indireto + valor de opção de uso futuro + valor de existência), a perícia técnica deve recrutar outros métodos capazes de reconhecer os serviços ecossistêmicos lesados em virtude da supressão da vegetação, do lançamento de efluentes domésticos nos cursos d'água e da geração e disposição de resíduos sobre o solo.

4.4. Método do custo de oportunidade

A utilização desse método busca captar os lucros de determinada atividade econômica que são abdicados em razão da atividade de preservação-conservação ambiental. É interessante atentar que o custo de oportunidade aplicado a loteamentos pode ser calculado a partir do preço de venda dos lotes, e até se confundir com o cálculo da mais valia auferida também pelos lucros da comercialização dos lotes pelo degradador.

Em um cenário hipotético de instalação de loteamento irregular em APP de curso d'água, a aplicação do método poderia se valer do preço do metro quadrado do imóvel na região, subtraído dos custos de instalação, o que possibilitaria a estimativa do lucro que, em tese, seria abdicado pela preservação da APP impactada.

Na já citada Informação Técnica nº 489/2020, elaborada pela equipe de assessoramento técnico do Ministério Público do Estado do Rio de Janeiro, o custo de oportunidade foi calculado e, a fim de exemplificar a aplicação do método, transcreve-se o seguinte trecho do laudo[9]:

> • Custo de Oportunidade decorrente de loteamento irregular
>
> A renda potencial com a comercialização dos lotes irregulares é calculada com base nos valores de venda dos terrenos descontados

9 A Informação Técnica nº 489/2020 foi produzida nos autos do processo judicial n. 20.22.0001.0006441.2020-39, em trâmite na Comarca de Angra dos Reis, RJ.

dos "custos de produção", que no caso de terrenos é o valor da compra (atualizado monetariamente).

Para tal, os valores são calculados a partir da renda potencial em R$/m². Esses valores podem ser obtidos por documentos de compra e venda ou a partir de uma avaliação imobiliária dos lotes disponibilizados, seguindo os princípios determinados na ABNT NBR 14.653-2.

Renda Uso Indevido Terra (R$) = ∑(AREA do lote i (m²) X Valor líquido da área (em R$/m²)

Em seguida, os valores precisam ser atualizados monetariamente e convertidos em UFIR-RJ, a fim de que permaneçam válidos até a liquidação da sentença.

No caso analisado pela Informação Técnica nº 489/2020, o valor de venda dos terrenos foi extraído do contrato de compra e venda juntado ao inquérito civil. Apurou-se que, no ano de 2006, um terreno de 200m² havia sido vendido por R$ 13.000,00, que correspondia a R$65,00/m². Atualizando monetariamente até abril de 2020 pelo IPCA, chegou-se ao valor de R$134,34/m². Assumiu-se como premissa que esse foi o valor para todos os lotes vendidos, dada a ausência de informações sobre as outras transações. Não havia informações sobre o valor de compra do lote de 1.200m², que era o objeto da investigação do Ministério Público. Por esse motivo, foi utilizado, como referência, o valor venal do terreno (R$26,65/m²), indicado no extrato do IPTU de 15/04/2010 – antes da venda. Atualizando monetariamente até abril de 2020 pelo IPCA, chegou-se ao valor de R$46,14/m².

Abaixo, a tabela retirada da Informação Técnica nº 489/2020 sintetiza os valores que foram considerados para o cálculo da indenização pelo dano ambiental.

MPRJ | MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Tabela 1 – Resumo do cálculo de apuração da renda decorrente do loteamento irregular.

Variável	Valor	Referência
Lote 334B	200 m²	Laudo Pericial (fl. 735)
Lote 334D	200 m²	Laudo Pericial (fl. 735/736)
Lote 334E	200 m²	Laudo Pericial (fl. 735/736)
Valor de Venda	R$134,34/m²	Contrato de Compra e Venda (fl. 22).
Valor de Compra	R$46,14/m²	Extrato IPTU 15/04/2010 (Fl. 277)
Renda Uso Indevido Terra (R$)	(200+200+200) * (134,34 - 46,14) = **R$ 52.920,00**	
Renda Uso Indevido Terra	**14.886,06 UFIR-RJ***	

*Resolução SEFAZ-RJ n. 101/2019 estabelece a UFIR-RJ em R$ 3,5550

Fonte: MPRJ, Informação Técnica nº 489/2020.

4.5. Método do preço hedônico

Este método se utiliza de valores econômicos afetados pela variação da disponibilidade de serviços ecossistêmicos, normalmente associados ao mercado imobiliário. Critérios como a localização do loteamento irregular ou qualquer outra condição que considere o bem ambiental como fator de valorização diferencial deve ser levado em conta, tal como a proximidade com unidades de conservação, vista da paisagem natural, ausência de poluição sonora etc., podem ser estimados para perceber a valoração imobiliária dada a presença ou ausência de fatores ambientais que propiciam maior bem-estar. Portanto, este método poderia estimar o custo das

amenidades ambientais e paisagísticas afetadas pela implantação do loteamento, por exemplo, analisando as variações de preço dos imóveis em áreas privilegiadas por beleza cênica e acessibilidade.

Em um cenário hipotético de venda ilegal de lotes com vista para o pôr do sol no horizonte em APP de topo de morro, a aplicação do método buscaria valores ambientais, até o momento intangíveis, mas que são precificados no mercado imobiliário considerando sua variação pela instalação irregular em APP de topos de morro com vista para o pôr do sol, em relação aos lotes instalados em locais fora de APP, e sem esse critério. Desse modo, a diferença no preço de lotes com vista e sem vista é um fator a ser considerado. De mesma sorte, critérios como poluição atmosférica, distância de aterros sanitários, entre outros, podem compor a função hedônica de preço, a depender do caso.

4.6. Método da avaliação contingente

Os valores utilizados neste método estão referenciados na disposição que os indivíduos têm em pagar pela proteção, recuperação e manutenção de um bem ambiental, ou a receber pela degradação do meio ambiente, avaliado por meio de entrevistas em população amostral. Trata-se do único método sugerido pela Economia do Ambiente, que se propõe a capturar o valor de existência (não uso) dos bens ambientais e, nesta perspectiva, poderia apreender a dimensão extrapatrimonial do dano ambiental ou urbanístico.

Ainda que a prospecção das informações primárias seja um processo dispendioso em inúmeros fatores, em situações adequadas este método permite estipular o Valor de Não Uso (VNU) de um bem ou serviço ambiental. Consciente da busca pela plenitude na contemplação dos benefícios ambientais perdidos, a mensuração do VNU tende a reduzir a subjetividade do processo de valoração do dano ambiental.

Em um cenário hipotético de loteamento irregular sobre nascentes de uma cachoeira, a aplicação do método pode ser feita por meio de entrevistas nas quais as pessoas relatam as preferências individuais com relação à disposição a pagar pela conservação da nascente, em razão dos aspectos a ela associados, ou a receber pela sua degradação. Para aplicação é necessário um esforço amostral suficiente para captar as preferências da população atingida, bem como daquelas não atingidas em razão dos valores de não uso, o que torna o método dispendioso pela necessidade de organização de equipes capacitadas de pesquisa.

4.7. Método do custo ambiental total esperado

Este método, desenvolvido por Ribas (1996), conjuga três elementos básicos: a) uma variável econômica, ou seja, os motivos econômicos inerentes a um processo de degradação ambiental, denominada variável “Vc”; b) um valor ambiental dito direto, relacionado diretamente com os valores pertinentes aos trabalhos de recuperação ambiental de determinada área degradada, denominada “Cd”; e c) um valor ambiental dito indireto, ou seja, os custos ambientais intangíveis (funções ecossistêmicas), denominados variável “Fi/d”, considerado em uma escala de 1 a 9 para conversão dos danos diretos em indiretos.

Em um cenário hipotético de loteamento em unidade de conservação de proteção integral, a aplicação do método se valeria da mensuração dos lucros auferidos pela degradação ambiental, fornecido pela variável “Vc”; dos custos da recuperação de uma mesma fitofisionomia florestal, representados pela variável “Cd”; e das relações entre os danos diretos e indiretos, que compõem a variável Fi/D. Esses fatores devem ainda ser capitalizados à idade final “n”, por aplicação dos princípios básicos da matemática financeira.

4.8. Tabelas de preço de funções ecossistêmicas

A implantação de loteamentos irregulares causa danos significativos à flora nativa e a perda de habitats, com a eliminação de serviços ambientais e ecossistêmicos (ALTMAN, 2019) que eram prestados por esses ambientes naturais.

Por meio do método da identificação do preço de funções ecossistêmicas, pode-se considerar a relação das variáveis relativas às perdas de funções ambientais como a regulação atmosférica, do clima, de perturbação, hídrica, de suprimento de água, de controle de erosão; formação do solo; ciclagem de nutrientes; polinização; controle biológico; suporte da biodiversidade, entre outras, disponíveis na literatura científica na forma de preços, por unidade de área, por ano, relacionados em tabelas sobre ecossistemas gerais ou específicos.

Para a execução deste procedimento, deve-se dispor de tabelas que considerem a mensuração dos valores das funções ambientais pertinentes ao dano avaliado. A literatura especializada apresenta algumas possibilidades, contudo deve-se atentar para as similaridades entre os biomas e para a necessidade de adequações.

Em um cenário hipotético de loteamento irregular em APP, a aplicação do método deve ser precedida da mensuração da APP degradada, da avaliação dos serviços ecossistêmicos degradados e do tempo de privação pelo impacto negativo causado, para serem utilizados como critérios para multiplicação pelos valores monetários das funções ambientais elencadas em tabelas disponíveis na literatura científica, tal como relacionados em Costanza *et al.* (1997) e de Groot *et al.* (2012).

No estudo produzido por Groot *et al.* (2012) sobre os serviços ecossistêmicos presentes em ambientes campestres, foram avaliadas 32 estimativas econômicas para os serviços ecossistêmicos de tais ambientes naturais em todo o mundo. Foram encontrados valores que variavam de 124 a 5.930 US$/hectare/ano, com um valor médio de 2.871 US$/hectare/ano. Entre os serviços ecossistêmicos avaliados-valorados estão: regulação da atmosfera, regulação do clima, regulação das águas, controle de erosão, formação de solo, tratamento de rejeitos, polinização, controle biológico e recreação.

Exemplificativamente, remete-se um Parecer Técnico da Unidade de Assessoramento Ambiental do Ministério Público do Rio Grande do Sul[10], que avaliou o valor do dano ambiental decorrente do aterramento de nascentes e banhados para a implantação de um loteamento e que adotou este método. Com amparo no estudo de Brander, Florax e Vermaat (2006) sobre o valor econômico dos serviços ecossistêmicos de áreas úmidas localizadas em diversas partes do mundo, que estimou um valor médio de US$ 3.000 por hectare por ano para pântanos de água doce, o parecer converteu o valor de referência para o real[11] e chegou ao valor anual de R$ 9.387,00 por hectare/ano. Em sequência, multiplicou esse valor pelo número de hectares degradados e, por fim, promoveu-se a atualização financeira dos valores passados por meio da seguinte equação, adotando-se taxa de juros de 12% ao ano:

$$Va = Vpk\ [(1 + i)n - 1]/i$$

Onde:

Va = valor atual;

Vpk = valor das parcelas no passado;

n = número de períodos (10 anos);

i = taxa efetiva de juros (12% ao ano)

10 *Documento UAA 1154/2017, produzido para subsidiar a perícia nos autos do processo judicial* 019/1.14.0011859-7, em trâmite na Comarca de Novo Hamburgo-RS.

11 Valor do dólar em 12/09/2017 era de R$ 3,129, conforme informação constante no site https://economia.uol.com.br/cotacoes/noticias/redacao/2017/09/12/dolar.htm. Acesso em: 23 jun. 2021.

5. SUGESTÕES DE QUESITOS PARA APURAR A RESPONSABILIDADE CIVIL

A apuração de transgressão ambiental por instalação de loteamentos irregulares necessita da integração de conhecimentos multidisciplinares para a efetividade da atuação ministerial, e a formação de equipes com esse perfil nem sempre acontece de forma simples. Diante desse quadro, são apresentados 45 quesitos, elaborados com base em procedimentos investigatórios que tramitaram no âmbito do Ministério Público de Mato Grosso, e até mesmo de outros Estados, e que tinham como objeto a temática loteamentos. Também foram consultados guias que tratavam do mesmo tema, produzidos pelas equipes dos Centros de Apoio Operacional do Ministério Público de diversos Estados do Brasil, a exemplo do "Guia Prático de Requisição de Perícias Ambientais", da Procuradoria-Geral de Justiça do Estado de Minas Gerais (MPMG, 2006). Pretende-se, dessa forma, auxiliar o presidente da investigação na caracterização dos danos associados às realidades do meio impactado.

1. Qual a localização e extensão exata da área objeto da perícia (elaborar croqui, subsidiado com imagem de satélite e informações do GPS)? Esclarecer se o empreendimento se encontra em zona urbana, zona de expansão urbana ou zona rural, de acordo com a legislação municipal em vigor.

2. O empreendimento possui as licenças e autorizações dos órgãos competentes?

3. O empreendimento está localizado em área de preservação permanente ou de interesse ambiental? Em caso afirmativo, detalhar.

4. O empreendimento infringe alguma das condicionantes do parágrafo único do art. 3º da Lei nº 6.766/1979 (não será permitido o parcelamento do solo em terrenos alagadiços e sujeitos a inundações, aterrados com material nocivo à saúde, com declividade igual ou superior a 30%, com condições geológicas que não aconselham a edificação etc.)?

5. Foi necessária a realização de serviços de movimentação de terra para a implantação do empreendimento? Em caso positivo, os serviços geraram danos? Quais?

6. O empreendimento, com relação ao local e ao tipo, encontra-se instalado de acordo com as leis e posturas do município?

7. Foram estipuladas condicionantes para a implantação do empreendimento, pelos órgãos municipal e/ou estadual de defesa do meio ambiente, ou expedida notificação para regularização de algum serviço ou atividade? Em caso positivo, especificar, bem como esclarecer sobre o cumprimento, por parte do empreendedor.

8. O empreendimento foi autuado anteriormente? Em caso positivo, quais as infrações cometidas e as providências adotadas?

9. Existem medidas de controle ambiental adotadas pela empresa, no sentido de mitigar, minimizar e compensar os impactos ambientais? Em caso positivo, especificar.

10. O projeto prevê correta destinação dos efluentes líquidos e resíduos sólidos a serem gerados? São atendidas as deliberações normativas? Esclarecer.

11. Há tratamento de esgoto? Em caso positivo, qual a tecnologia adotada? Atende a demanda gerada pelo empreendimento? O projeto foi aprovado pela empresa de saneamento? O efluente final atende aos padrões estabelecidos em normativas do CONAMA em vigor?

12. Qual a eficiência na remoção de matéria orgânica?

13. Onde é feito o lançamento final do esgoto sanitário? A vazão do corpo receptor é suficiente para receber a contribuição do efluente final? Caso negativo, indique a solução para disposição final do efluente.

14. Quais os possíveis impactos ambientais sobre o corpo receptor, decorrentes do lançamento final do esgoto sanitário?

15. Como é feita a coleta de resíduos sólidos no loteamento? Que tratamento e destinação eles recebem?

16. Existe no loteamento área destinada à deposição dos resíduos sólidos? Em caso positivo, está corretamente localizada? Possibilita a coleta de chorume e de resíduos líquidos oriundos de limpeza da área e dos contêineres?

17. Os resíduos da construção civil têm destinação apropriada? Esclarecer.

18. Existe sistema de drenagem urbana, e funciona adequadamente?

19. Como é feito o abastecimento de água no empreendimento? O projeto foi aprovado pela concessionária de serviço público de água e esgoto?

20. Existe algum serviço público (transporte coletivo, coleta de lixo, escola, dentre outros) atendendo à ocupação?

21. Existem equipamentos comunitários próximos, como escolas e postos de saúde, que atendam a comunidade?

22. Foram detectados indícios de compra ou venda de parcelas da área?

23. As parcelas e suas dimensões atendem aos índices urbanísticos definidos no plano diretor ou em lei municipal para a zona em que se situe, como dispõe o § 4º do art. 2º da Lei federal nº 6.766/1979?

24. Há espaço suficiente para implantação de ruas, avenidas e calçadas em largura adequada?

25. É possível afirmar se a ocupação se dá em área pública ou particular?

26. A ocupação se encontra dentro ou fora do perímetro urbano?

27. Existe alguma situação de risco aos ocupantes?

28. Existem irregularidades envolvendo as áreas institucionais (como, por exemplo, ausência de área verde e de equipamento comunitário, ou disponibilidade em percentual menor que o previsto em lei, utilização indevida, por se tratar de bem de uso comum do povo etc.)? Em caso positivo, esclarecer.

29. Existe nascente ou áreas de drenagem dentro da área do empreendimento? Em caso positivo, foram afetadas pelo empreendimento?

30. Há presença de focos erosivos?

31. Existe área de preservação permanente nos limites do empreendimento?

32. Em caso positivo, há danos a essa APP? Detalhar.

33. A APP está delimitada? Registrar sua localização, inclusive com a utilização de GPS, plotando-a em imagem de satélite.

34. Existem dissipadores de energia instalados nos pontos de lançamento da rede de drenagem? Estão funcionando adequadamente? Caso negativo, justifique.

35. Quais os danos reversíveis e as medidas necessárias para a total recuperação? Esclarecer.

36. Quais os danos irreversíveis ou de difícil reparação? Esclarecer.

37. Qual o valor dos danos irreversíveis ou de difícil reparação, levando-se em conta a perda ou diminuição da qualidade ambiental e a alteração adversa das características do meio ambiente?

38. Qual o valor dos lucros cessantes, com relação aos danos reversíveis, ou seja, a perda de serviços ambientais e a não fruição do bem ambiental pelo tempo necessário para a reparação?

39. São necessárias medidas mitigadoras? Em caso positivo, declinar quais e tecer esclarecimentos sobre elas.

40. São necessárias medidas compensatórias ambientais? Em caso positivo, indicar quais as medidas.

41. Independentemente da informação constante no registro público ou em órgão competente da prefeitura, após vistoria in loco, como é classificado o empreendimento em face de suas características: loteamento, loteamento fechado, condomínio, sítio de recreio ou outro?

42. A localização do empreendimento está de acordo com a carta geotécnica do município?

43. Qual a probabilidade de erosão na área do empreendimento?

44. Qual a profundidade do nível d'água na área do empreendimento?

45. Tecer outras considerações que entender necessárias, mormente em face de danos ou ilícitos verificados por ocasião da perícia.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No final dos anos 1960, com a consciência da finitude dos recursos naturais, acelerada pela Revolução Industrial, ocorreu o despertar ecológico da comunidade internacional, tendo como evento marcante, em 1968, a aprovação da Resolução nº 2.398 (XXIII) pela Assembleia Geral das Nações Unidas, que previa a realização da Conferência de Estocolmo (GOMES, 2018), na qual se delineou o princípio do desenvolvimento sustentável.

Além dessa consciência da finitude dos recursos naturais, o despertar ecológico foi engendrado também em face de desastres ambientais de grande magnitude, do aumento populacional e da urbanização acelerada. Apenas para exemplificar um desses aspectos, a população urbana no planeta, que era de 30% em 1950, pode chegar a 68% em 2050. No Brasil, o crescimento urbano pode atingir, no mesmo ano, a taxa de 92% (UNITED NATIONS, 2018).

Nesse contexto foi editada a Carta Magna brasileira de 1988, que erigiu o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado como direito fundamental, o que já se verificava nas constituições de Portugal e da Espanha.

A Constituição Federal de 1988, deixando de lado as discussões sobre antropocentrismo-ecocentrismo, relacionou, ao usar o termo "qualidade de vida", no art. 225, *caput*, "[...] o direito ao ambiente, à saúde física e psíquica e ao bem-estar espiritual do ser humano" (CANOTILHO *et al.*, *e-book*, sem numeração). Inseriu, também, no seu âmbito de proteção, o meio ambiente urbano.

Dessume-se do texto constitucional, ainda, que o desiderato do direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado deve observar o princípio da reparação integral dos danos.

Pretendeu-se neste capítulo, mesmo que de forma resumida, apresentar elementos que possam subsidiar os trabalhos dos membros do Ministério Público em prol da reparação integral, no que concerne aos loteamentos irregulares e clandestinos, sobretudo nos casos em que não será possível a restauração integral *in situ*, impondo-se a definição de indenização pecuniária pelos danos materiais considerados irreversíveis. Ou seja, nos casos concretos em que se considerar a ocupação irregular consolidada, e mesmo que haja eventual preponderância do direito à moradia, sob a perspectiva do direito ambiental e da Súmula 613 do Superior Tribunal de Justiça (BRASIL, 2018), que refuta o fato consumado, há que se encontrar uma solução jurídica que propicie uma compensação pelos danos atrelados à implantação do

loteamento, que impacta negativamente não apenas o seu entorno imediato, mas o próprio direito fundamental à cidade sustentável.

A qualificação dos danos e a definição de valores indenizatórios são tarefas de extrema dificuldade, pois, nesses locais, se verificam, conforme já registrado, diversas espécies de degradações, algumas configurando dano ecológico puro, porquanto grupos organizados têm especial interesse na ocupação de áreas de preservação permanente, com o aterramento de nascentes, cabeceiras e áreas úmidas, entubamento ou canalização de corpos d'água, supressão da vegetação etc.

Por esse motivo, foram apresentados vários métodos de valoração econômica de danos ambientais, aplicáveis especificamente a essas áreas urbanas, em que a ocupação ocorre de forma irregular ou ilícita, ao arrepio do planejamento urbano e desprovida da implantação de infraestrutura básica. Não existe hierarquia entre os métodos. Todos são aptos para atingir o objetivo pretendido, porquanto capturam parcelas dos componentes do Valor Econômico dos Recursos Ambientais (VERA), ora com maior ênfase em aspectos relacionados a valor de uso direto, ora priorizando valor de uso indireto. Daí a relevância de esses métodos serem, conforme as peculiaridades fáticas, combinados entre si, sem prejuízo de cumulação com a indenização por danos morais coletivos.

A escolha do método que será aplicado para a valoração de danos materiais irreversíveis associados aos loteamentos irregulares deverá levar em conta os recursos humanos e materiais disponíveis e as espécies de danos para os quais se busca a reparação, tais como a supressão de vegetação para abertura de vias e lotes e o despejo de efluentes *in natura* em virtude da não implantação de infraestrutura básica do parcelamento do solo.

Além disso, foram listados alguns exemplos de quesitos que, aliados ao "Roteiro para loteamentos irregulares e clandestinos", podem dar preciosos subsídios práticos para a atuação em diversas realidades fáticas que se apresentarem ao presidente do procedimento administrativo investigatório, quando da apuração do dano ambiental e visando sua reparação integral.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 14.653:6. Avaliação de bens: recursos naturais e ambientais. 2009. Rio de Janeiro – RJ, 2009.

ALTMAN, Alexandre. **Instrumentos jurídicos para a tutela dos serviços ecossistêmicos**. Tese de Doutorado. Faculdade de Direito de Coimbra, Coimbra, fev. 2019.

BENJAMIN, Antonio Herman de Vasconcellos. **A função ambiental**. *In:* BENJAMIN, Antônio Herman (org.) **Dano ambiental: prevenção, reparação e repressão**. São Paulo: Ed. RT, 1993, pp. 09-82.

BORATTI, Larissa Verri. **Aspectos teórico-jurídicos do risco ambiental no espaço urbano**. Dissertação de Mestrado em Direito. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

BRANDER, L.M.; FLORAX, R.J.G.M.; VERMAAT, J.E. 2006. **The empirics of wetland valuation: a comprehensive summary and a meta-analysis of the literature.** Environmental & Resource Economics. 33: 223-250.

BRASIL. [Constituição (1988)] **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979**. Dispõe sobre o Parcelamento do Solo Urbano e dá outras Providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6766.htm. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/Ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 8.078. de 11 de setembro de 1990**. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8078compilado.htm. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006** [2006a]. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2006/Lei/L11428.htm. Acesso em: 17 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012** *[2012a]*. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm. Acesso em: 24 jun. 2021.

BRASIL. **Lei nº 13.465, de 11 de julho de 2017**. Dispõe sobre a regularização fundiária rural e urbana, sobre a liquidação de créditos concedidos aos assentados da reforma agrária e sobre a regularização fundiária no âmbito da Amazônia Legal; [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2021]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13465.htm#art109. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL, Luciano de Faria. **O conceito de ordem urbanística**. Conteúdo e alcance. Revista do Ministério Público do RS, Porto Alegre, n. 69, maio 2011 – ago. 2011, p. 164.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 369, de 28 de março de 2006 [2006b]**. Dispõe sobre os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental, que possibilitam a intervenção ou supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente-APP. Brasília, DF, 28 de março de 2006. Disponível em:

https://licenciamento.cetesb.sp.gov.br/legislacao/federal/resolucoes/2006_Res_CONAMA_369.pdf. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (1. Seção). **Súmula 613. Não se admite a aplicação da teoria do fato consumado em tema de direito ambiental**. Brasília, DF, 9 de maio de 2018. Disponível em: https://scon.stj.jus.br/SCON/sumstj/toc.jsp. Acesso em: 23 jun. 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (1. Seção). **Tema 1.010. APP em área urbana segue Código Florestal**. Relator: Ministro Benedito Gonçalves, 28 de abril de 2021. Disponível em: https://processo.stj.jus.br/repetitivos/temas_repetitivos/pesquisa.jsp?novaConsulta=true&tipo_pesquisa=T&cod_tema_inicial=1010&cod_tema_final=1010. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (2. Turma). **Recurso Especial 302.906-SP (2002/00014094-7)**. Processual civil, administrativo, ambiental e urbanístico. loteamento City Lapa. Ação civil pública. Ação de nunciação de obra nova. Restrições urbanístico-ambientais convencionais estabelecidas pelo loteador. Estipulação contratual em favor de terceiro, de natureza *propter rem*. Descumprimento. [...]. Recorrido: Movimento Defenda São Paulo e outro. Relator: Ministro Herman Benjamin, 26 de agosto de 2010. Disponível em: https://scon.stj.jus.br/SCON/GetInteiroTeorDoAcordao?num_registro=200100140947&dt_publicacao=01/12/2010. Acesso em: 21 jun. 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (2. Turma). **Recurso Especial 1.198.727-MG (2010/0111349-9)**. Administrativo. Ambiental. Ação Civil Pública. Desmatamento de Vegetação Nativa (Cerrado) sem autorização da autoridade ambiental. Danos causados à biota. Interpretação dos arts. 4º, VII, e 14, § 1º, da Lei nº 6.938/1981, e do art. 3º da Lei nº 7.347/85. Princípios da reparação integral, do poluidor-pagador e do usuário-pagador. [...] Recorrido: Pedro Paulo Pereira. Relator: Ministro Herman Benjamin, 14 de agosto de 2012 [2012b]. Disponível em: https://www.stj.jus.br/websecstj/cgi/revista/REJ.cgi/ITA?seq=1167304&tipo=0&nreg=201001113499&SeqCgrmaSessao=&CodOrgaoJgdr=&dt=20130509&formato=PDF&salvar=false. Acesso em: 18 jun. 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (2. Turma). **Recurso Especial 1.366.331-RS**. Administrativo. Processo civil. Ação civil pública. Rede de esgoto. Violação ao art. 45 da Lei nº 11.445/2007. Ocorrência. Discricionariedade da administração. Reserva do possível. Mínimo existencial. Relator: Ministro Humberto Martins, em 16 de dezembro de 2014. Disponível em: https://scon.stj.jus.br/SCON/pesquisar.jsp. Acesso em; 24 jun. 2021.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça (2. Turma). **Recurso Especial 1.338.823-SP**. Processual civil. Loteamento clandestino. Recurso do proprietário a que se nega provimento, em virtude de sua responsabilidade pela venda de parte da área e subsequente divisão em lotes que permitiram ocupação ao arrepio da Lei nº 6.766/1979. Ausência de prequestionamento. Súmula 211/STJ. Necessidade de reexame de matéria
fático-probatória. Súmula 7/STJ. Alínea "c". Não demonstração da divergência. Relator: Min. Herman Benjamin, em 1º de setembro de 2015. Disponível em: https://scon.stj.jus.br/SCON/pesquisar.jsp. Acesso em: 24 jun. 2021.

BRASIL. Supremo Tribunal Federal (Tribunal Pleno). **Recurso Extraordinário 387.047-SC**. Recurso Extraordinário. Lei nº 3.338/89 do Município de Florianópolis/SC. Solo criado. Não configuração como tributo. Outorga onerosa do direito de criar solo. Distinção entre ônus, dever e obrigação. Função social da propriedade. Artigos 182 e 170, III, a Constituição do Brasil [...].

Recorridos: Município de Florianópolis. Relator: Ministro Eros Grau, 6 de março de 2008. Disponível em: https://redir.stf.jus.br/paginadorpub/paginador.jsp?docTP=AC&docID=524433. Acesso em: 21 jun. 2021.

CANEPA, Carla. **Cidades sustentáveis. O município como lócus da sustentabilidade**. São Paulo: RCS Editora, 2007.

CANOTILHO, J.J. Gomes *et al*. **Comentários à Constituição do Brasil**. 2ª edição. São Paulo: Saraiva Educação, 2018, *e-book*, sem numeração.

COSTANZA, R.; d'ARGE, R.; de GROOT, R. et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. *Nature*, v. 387, 1997.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Curso de Direito Ambiental Brasileiro**. 5. ed., ampl. São Paulo: Saraiva, 2004.

FIORILLO, Celso Antônio Pacheco. **Estatuto da Cidade Comentado: Lei nº 10.257/2001: Lei do Meio Ambiente Artificial**. 4. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2010.

GARCIA, Júlio César. **A intangibilidade do bem ambiental**. Tese de Doutorado. Faculdade de Direito. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

GOMES, Carla Amado. **Introdução ao Direito do Ambiente**. Lisboa: AAFDL, 2018.

GRAU, Eros Roberto. **Proteção do meio ambiente: Caso Parque do Povo**, São Paulo, Revista dos Tribunais, 1994, v. 702.

GROOT, R.; BRANDER, L.; PLOEG, S. et al. **Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units**. Ecosystem Services, v. 1, p. 50-61, 2012.

LEONELLI, Gisela Cunha Viana. **A construção da lei federal do parcelamento do solo urbano. Lei nº 6.766/79**. Tese de Doutorado em Arquitetura. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2010.

NUSSBAUM, Martha. **Fronteiras da Justiça. Deficiência, nacionalidade e pertencimento à espécie.** São Paulo: Martins Fontes, 2013.

MARCO, Cristhian Magnus**. O direito fundamental à cidade sustentável e os desafios de sua eficácia**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Direito. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Urbanismo e proteção ambiental**. Revista de Direito Processual Geral, Rio de Janeiro, vol. 33, 1978, p. 14-62.

MELLO, Cláudio Ari. **Elementos para uma teoria jurídica do direito à cidade**. In: Revista de Direito da Cidade. Vol. 9, n. 2, 2017, pp. 437-462, p. 443. Disponível em: http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/rdc/article/download/26883/20431. Acesso em: 22 jun. 2021.

MILARÉ, Édis. **Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, prática, jurisprudência, glossário**. 6. ed. rev., atual. e ampl. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2009.

MINISTÉRIO PÚBLICO DE MINAS GERAIS (MPMG). **Guia Prático de Requisição de Perícias Ambientais.** Belo Horizonte: Procuradoria-Geral de Justiça do Estado de Minas Gerais, 2008, 124p.

PRESTES, Vanêsca Buzelato. **Dimensão constitucional do direito à cidade e formas de densificação no Brasil.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Ciências Jurídicas e Sociais. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2008.

PINHO, Hortênsia Gomes. **Prevenção e reparação de danos ambientais. As medidas de reposição natural, compensatórias e preventivas e a indenização pecuniária**. Rio de Janeiro: GZ Editora; Stuttgard, Alemanha: R. Bosch, 2010.

RIBAS, L. C. **Metodologia para avaliação de danos ambientais – o caso florestal**. 1996. 244p. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo, 1996.

RUEDA, Salvador; CÁCERES, Rafael de; CUCHI, Albert; BRAU, L Luís**. El urbanismo ecológico. Su aplicación en el diseño de un ecobarrio en Figueres**. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 2012.

SILVA, José Afonso da. **Direito urbanístico brasileiro**. 6ª ed., rev. e atual. São Paulo: Malheiros Editores, 2010.

UNITED NATIONS. Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **The Speed of urbanization around the world**. *Population Facts*, Online Edition. N.2018/1. December, 2018. Available from: https://esa.un.org/unpd/wup/Publications.

CAPÍTULO VII

VALORAÇÃO ECONÔMICA DE DANOS AMBIENTAIS DECORRENTES DE MINERAÇÃO

Sandra Akemi Shimada Kishi[1]
Romana Côelho de Araújo[2]
Jorge Madeira Nogueira[3]
Ronaldo Seroa da Motta[4]
Marcelo Drügg Barreto Vianna[5]
Raimundo Moraes[6]
Annelise Steigleder[7]
Luciano Furtado Loubet[8]
Reinaldo Pimenta[9]
Soraia Marriba Soares Knez[10]
Marcelo de Oliveira Lima[11]
Sidnei Luís da Cruz Zomer[12]
Osório Thomaz[13]
Mariana Hortelani Carneseca Longo[14]
Nivaldo Caetano da Cunha[15]
Joyce Cruz di Giovanni[16]
Ubiratan Cazetta[17]
Lílian Regina Furtado Braga[18]

1 Procuradora Regional da República PRR3/MPF. Vice-Presidente da Associação Brasileira dos membros do Ministério Público do Meio Ambiente (ABRAMPA). Coordenadora do projeto Conexão Água da 4ª CCR/MPF. Mestre em Direito pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP).

2 Assessora Econômica 6ª CCR/MPF. Servidora do MPU. Economista. Mestre em Gestão Econômica do Meio Ambiente (UnB). Bacharel em Direito (CEUB).

3 Professor Titular do Departamento de Economia da Universidade de Brasília (ECO/UnB). Doutor pela *University of London*.

4 Professor de Economia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Doutor em Economia pela *University College London*.

5 Ph.D. em Engenharia pela Universidade de Birmingham/Inglaterra. Conselheiro da Comissão Consultiva do projeto Conexão Água do Ministério Público Federal (MPF). Professor Dr. do MBA de Gerenciamento de Facilidades da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, POLI-USP (Poli-Integra)

6 Membro do Ministério Público do Pará. Especialista em Educação Ambiental e em Direito Ambiental e Políticas Públicas (UFPA). Mestre em Direitos Humanos e Meio Ambiente (UFPA).

7 Promotora de Justiça no RS. Mestre em Direito pela UFPR. Doutora em planejamento urbano regional pelo PROPUR/UFRGS

8 Promotor de Justiça no MS. Mestre em Direito Ambiental pela Universidade de Alicante/Espanha. Pós-graduado em Direito Ambiental pela Universidade para o Desenvolvimento da Região do Pantanal (UNIDERP).

9 Analista da Central de Apoio Técnico (CEAT) do Ministério Público de Minas Gerais (MPMG). Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Minas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

10 Bióloga. Especialista em Gestão Ambiental. Assessora Técnica Especializada do Grupo de Apoio Técnico Interdisciplinar (GATI) do Centro de Apoio Operacional (CAO) do Ministério Público do Pará. Foi Perita Local – GIZ – *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit*.

11 Pesquisador em Saúde Pública da Seção de Meio Ambiente (SEAMB) do Instituto Evandro Chagas (IEC). Coordenador do Programa de Pós-graduação em Epidemiologia e Vigilância em Saúde (PPGEVS/IEC).

12 Analista e servidor do MPU/SPEEA – Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise da Procuradoria-Geral da República/MPF. Geólogo. Mestre em Geociências pela UFRGS.

13 Químico Industrial da Escola Superior de Química Oswaldo Cruz. Bolsista de Pesquisa da *Japan International Cooperation Agency* de 1997. Pesquisador no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, desde 1986, em Análise e Gestão de Riscos Tecnológicos.

14 Bióloga-mestre em Conservação dos Recursos Florestais. Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, na Seção de Planejamento Territorial, Recursos Hídricos, Saneamento e Florestas (SPRSF) da Área de Cidades, Infraestrutura e Meio Ambiente (CIMA).

15 Engenheiro Florestal (UFV). Especialista em Ciências do Ambiente (PUC/MG). Especialista em Botânica (UFLA/MG). Mestre em Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável – Dom Helder Câmara/MG. Analista do MPMG.

16 Graduada pela Universidade Estadual de Campinas. MBA em Gerenciamento Estratégico de Projetos pela FIAP. Formação em Geoestatística pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Especialista em Análise de Dados pela *Delft University of Technology*.

17 Procurador Regional da República, mestre em Direitos Humanos pela UFPA

18 13º Promotora de Justiça em Santarém, Mestranda do Programa de Sociologia e Direito da Universidade Federal Fluminense - UFF.

SUMÁRIO

1. Apresentação

1.1. Objetivo, justificativa e metodologia do trabalho

1.2. Experiência do MP em valoração

2. O dano ambiental em mineração

2.1. Conceito jurídico

2.2. Importância do conceito para se valorar

3. Valoração econômica ambiental

3.1. Fundamentos da valoração econômica ambiental

3.2. Métodos da valoração econômica: classificação e equivalências

3.3. Etapas e procedimentos na valoração econômica

3.3.1. Procedimentos condutores de valoração financeira ou econômica

3.3.1.1. Transferência de valor (de benefício e/ou de custo)

3.3.1.2. Análise de Habitat Equivalência

3.4. A experiência internacional na valoração de danos ambientais

4. O que valorar?

4.1. Impactos da mineração

4.2. A mineração e os serviços ecossistêmicos

4.3. Indicação de métodos da valoração por impactos da mineração

5. Protocolos de medidas diante de um dano ambiental na mineração

5.1. Coleta de dados e informações (ou *check list* inicial)

5.2. Quesitos do que se deve solicitar a quem vai valorar

5.3. Valoração realizada interna ou externamente ao MP brasileiro

5.4. Experiência de valoração de dano ambiental: Resumo Analítico do Estudo de Perdas e Danos de Juruti Velho/PA

6. Controle de riscos para se evitar danos na mineração

6.1. Definição do risco

6.2. Teorias do risco: cultural e analítica

6.3. Gestão de riscos: políticas, diretrizes e normas conforme CGU e TCU

6.4. Controle de risco: o risco evitado

Referências

Apêndices

Anexos

1. APRESENTAÇÃO

Em meados de 2020, o Conselho Nacional do Ministério Público, por meio da sua Comissão do Meio Ambiente, deliberou sobre a criação de um grupo de trabalho[19] acerca do tema valoração econômica do recurso natural e do dano ambiental, com o objetivo de elaborar diretrizes nacionais na atuação do Ministério Público brasileiro

19 Portaria nº 01/2020/CMA (Portaria Interna-Grupo de Estudos), 13 de outubro de 2020 (SEI/CNMP - Portaria 0410691).

em relação às metodologias sobre valoração de danos ambientais e dos serviços ecossistêmicos. Certamente que tais diretrizes e orientações poderão demandar ajustes e suplementações diante da realidade e das peculiaridades de cada cenário e demandas dos danos ambiental e social em concreto. Os diferentes níveis de organização das governanças corporativas e dos riscos a que são expostos o meio ambiente e a comunidade pelas atividades de mineração também podem demandar adequações no procedimento de valoração do dano.

Foram realizadas mais de dez reuniões do SG-Mineração, entre agosto de 2020 e maio de 2021. Ao longo delas, foram colhidas diversas percepções e experiências, por parte de atores de diferentes setores, público e privado, gestores, pesquisadores, membros do MPF e de MPs de Estados. Assim, o presente capítulo busca abarcar desde a indicação de pontuais cuidados mínimos necessários, preparatórios para a realização da valoração, com base no conceito e na definição jurídica de dano ambiental na mineração (seção 2), passando pela análise dos métodos e dos procedimentos da valoração econômica ambiental (seção 3), com foco nos principais impactos por fases da mineração a serem valorados (seção 4), à luz de protocolos de medidas mínimas diante de um dano (seção 5), com descrição, ao final, de uma sistematizada compilação regulatória da gestão de riscos na governança corporativa e aspectos jurídicos do controle de riscos, após o monitoramento, para se evitar danos decorrentes da mineração (seção 6), visando à internalização do custo com a não evitação do risco ou do dano. Peças importantes, tais como alguns estudos de valoração, glossários de termos técnicos e referências mínimas para valoração do dano por equipes de consultores ou *experts* contratados pelos empreendedores e acompanhados pelo Ministério Público, encontram-se no Apêndice ou no Anexo deste capítulo.

A integração de valorosos docentes nas discussões sobre o tema de valoração do dano ambiental e por experientes peritos e pesquisadores de órgãos e institutos públicos e privados, além de membros e servidores do Ministério Público brasileiro[20], possibilitou a soma de robusto aporte de experiências e conhecimentos práticos e teóricos sobre as desafiantes questões relacionadas à valoração do dano ambiental decorrentes da atividade de mineração, numa profícua sinergia de competências e esforços para alcançar o escopo dessa iniciativa institucional do CNMP.

1.1. Objetivo, justificativa e procedimento do trabalho

O objetivo deste capítulo é abordar diretrizes técnicas e jurídicas na temática de valoração de danos ambientais da mineração a fim de auxiliar na atuação do Ministério Público brasileiro. As diretrizes da valoração do dano ambiental também enfatizam a priorização necessária de uma atuação ministerial articulada visando à atuação preventiva para se evitar o dano, à luz dos princípios da precaução e do controle dos riscos, aplicáveis à atividade de risco da mineração, mediante antecipação de medidas preventivas e precautórias. Busca-se com isso evitar não apenas o risco de dano, como o próprio dano na atividade minerária, quase sempre de grande monta e de graves impactos ambientais e sociais.

A premência desse complexo desafio de parametrizar diretrizes para a valoração econômica do dano ambiental parte da premissa de uma adequada gestão integrada com as demais políticas ambientais e sociais, numa articulação necessária dos indicadores hidrológicos na área de influência das atividades, ou seja, na bacia hidrográfica do projeto ou do empreendimento de mineração. Significa dizer que a valoração do dano ambiental e social pressupõe e deve considerar um conjunto articulado e a adequada gestão integrada de instrumentos não apenas da política

20 Agradecimentos a todos os valorosos docentes convidados, peritos e membros de diversos Ministérios Públicos Estaduais e do SPEEA/PGR-MPF e aos pesquisadores do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e do Instituto Evandro Chagas pelas integrações ao SG-Mineração de Valoração do Dano Ambiental do CNMP.

nacional do meio ambiente, como das demais políticas envolvidas na atividade. Com efeito, a título exemplificativo, vale citar os instrumentos da política de conservação e proteção da biodiversidade, da saúde ambiental, da saúde pública, da segurança da água, da segurança ocupacional, sem descurar da gestão e do controle dos riscos associados e sinérgicos. Embora este capítulo não cubra a análise de todas essas questões, é relevante ponderar aqui que a desconsideração de tais pressupostos pode impactar de alguma forma a valoração do dano ambiental ou do risco não evitado.

A metodologia de trabalho deste grupo pautou-se na concepção de diretrizes oriundas de discussões em reuniões técnicas por integrantes do subgrupo mineração de valoração do dano ambiental, fomentadas pela análise, por peritos do Ministério Público brasileiro e *experts* externos convidados, de laudos periciais escolhidos pela CMA/CNMP e por membros do SG-Mineração, com o objetivo de vislumbrar um estado da arte ou uma amostra dos métodos utilizados no âmbito do Ministério Público brasileiro. Esta amostragem sobre a experiência da aplicação dos métodos de valoração do dano ambiental utilizados pelo Ministério Público encontra-se na Tabela A.1, no Apêndice I. Nas reuniões técnicas foram avaliados os benefícios e as deficiências práticas na aplicação dos métodos utilizados pelo MP. Também houve discussões sobre protocolos de medidas de e para a valoração econômica do dano ambiental reconhecidos pela literatura especializada no tema, destacando-se a efetividade do alcance e dos resultados dos métodos reconhecidos pela ABNT NBR 14653-6, abordados no item 3.2.

No curso dos trabalhos de preparação do presente capítulo, membros do MPF e do MPMG do SubGrupo Mineração de Valoração do Dano Ambiental realizaram reunião virtual21 com a direção do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), que congrega mais de 130 associados, responsáveis por 85% da produção mineral do país Brasil.22 Na ocasião foram reportadas a publicação da Carta Compromisso do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) perante a sociedade, publicada pelo IBRAM em 9 de setembro de 2019[23], e a constituição de 12 Grupos Técnicos com as seguintes temáticas: segurança operacional, barragens e estruturas de disposição de rejeitos, saúde e segurança operacional, mitigação de impactos ambientais, desenvolvimento local e futuro dos territórios, relacionamento com comunidades, comunicação e reputação, diversidade e inclusão, inovação, água, energia e gestão de resíduos.

1.2. Experiência do Ministério Público em valoração do dano ambiental

Sem a pretensão de esgotar o tema, mas no sentido de instigar discussões sobre ele, o grupo tomou por base a análise de alguns documentos técnicos e laudos periciais relacionados à mineração já elaborados pelo MP brasileiro para uma visão, ainda que incipiente, sobre o "estado da arte" de como a matéria está sendo compreendida internamente. Com efeito, laudos periciais escolhidos pelo CNMP e pelos próprios membros do Ministério Público do SG-Mineração foram analisados por colaboradores e servidores deste subgrupo, possibilitando relatar e discutir cada laudo da amostra, à luz de um roteiro previamente elaborado com 24 questões, proposto pela CMA/CNMP. Tal metodologia de trabalho do SG-Mineração propiciou a concepção de uma moldura técnico-jurídica mínima para o próprio Ministério Público verificar como se valorar o dano ambiental. Essa relatoria sobre os métodos que vêm sendo adotados no âmbito do Ministério Público ajudou também na compilação de bases técnicas

21 Reunião técnica do SG-Mineração de Valoração do Dano Ambiental com representantes do IBRAM foi realizada no dia 2 de dezembro de 2020, sendo que, em dezembro de 2020, o Diretor Presidente do IBRAM apresentou por e-mail informações adicionais e documentos sobre projetos e boas práticas sustentáveis da Instituição.

22 Cf. <http://www.ibram.org.br/>.

23 Disponível em: <http://portaldamineracao.com.br/wp-content/uploads/2019/09/carta-compromisso-setor-mineral-setembro-2019.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2021.

para facilitar o diálogo, acerca dos indicadores mínimos necessários, com instituições ou empresas externas contratadas para realizarem a valoração ambiental.

Com as colaborações e análises técnicas dos integrantes do Subgrupo Mineração, logrou-se a construção da Tabela A.1, evidenciando, ainda que por uma simples amostragem[24], quais métodos estão sendo adotados pelo Ministério Público brasileiro em casos concretos de mineração. Vale, no entanto, ressaltar que essa amostra mínima de 22 laudos escolhidos pelo CNMP e SG-Mineração para serem analisados não representa o universo de análises técnicas em mineração internamente pelo MP brasileiro. Cumpre este exercício apenas a função de fomentar discussões sobre a experiência do MP em relação aos métodos utilizados pelos peritos do MP e, com base nessas reflexões, trazer para este capítulo outras perspectivas e diretrizes técnicas e jurídicas que apontem também para novos ou melhores métodos de valoração do dano, inclusive olhando-se para uma necessária valoração dos riscos não evitados.

A Tabela A.1, no Apêndice I, propiciou constatar a ausência de uniformidade na escolha do método de valoração do dano, mesmo em situações similares, bem como a carência de certos cuidados técnicos acerca dos métodos e procedimentos de valoração econômica ambiental, conforme a literatura especializada indica. Portanto, para tentar suprir esses gargalos, o presente capítulo buscou focar na elucidação desses tópicos, elencando procedimentos e métodos recomendados.

2. O DANO AMBIENTAL EM MINERAÇÃO

Para atender aos objetivos deste trabalho, tão importante quanto delinear os métodos de valoração é definir o conceito jurídico de dano ambiental em mineração.

Há premissas correspondentes à delimitação locacional e temporal importantes para a conformação do conceito de dano ambiental e social da mineração. Com efeito, a par da questão locacional ou reparação *in situ,* também a questão temporal da valoração tem repercussão no conceito jurídico de dano ambiental. Nesse sentido, o conceito de dano ambiental em relação à extensão da linha de base ou ao ciclo de vida, objeto da valoração do dano, acolhe não apenas os impactos, como também os riscos evitáveis, traduzidos em custos de proteção e de controle de riscos evitados. Isso influencia nos métodos de valoração que devem abarcar esses parâmetros, que serão mais detalhados ao longo deste capítulo. Os impactos devem ser de plano mitigados em condicionantes de licenças ambientais. Os riscos da atividade de mineração são controlados por monitoramentos das atividades e metodologias de controle de riscos, por força da aplicação dos princípios da prevenção, da precaução e do controle do risco. É evidente que mineração é sempre uma atividade de risco, até porque se trata da única atividade que a Constituição Federal exige expressamente a recuperação do meio ambiente degradado (§2º do artigo 225 da CF/88). O conceito jurídico do dano ambiental acolhe, portanto, o risco evitado.

Na prática, medidas e métricas preexistentes de proteção ambiental e de controle do risco para se evitar o dano podem ser integradas em método de custo de controle, com base em mercado de bem substituto (MOTTA, 1998, p. 242), alcançando período antes do evento danoso. Portanto, mais se trata aqui de ajustar o conceito jurídico de dano ambiental para então valorá-lo. O conceito jurídico de dano ambiental da atividade de mineração deve albergar o controle do risco evitado no conceito jurídico de dano ambiental, à luz da lei do *compliance* empresarial (Lei nº 12.846/2013) combinada com o artigo 225, § 1º, V e VII, da CF/1988.

A respeito disso, o MP brasileiro vem trabalhando em acordos setoriais e TACs (termos de ajustamento de conduta) que consideram metas de não uso ou banimento

24 p. 420

de técnicas, métodos ou substâncias proibidas, não recomendadas ou que estejam relacionadas a riscos ambientais ou socioambientais inaceitáveis, à luz da Constituição Federal e de leis e normas internas e inúmeros tratados, convenções ou documentos internacionais, assinados pelo Brasil[25].

2.1. Conceito Jurídico

Restaurado ou recuperado o meio ambiente e, na sua impossibilidade, realizada a compensação ambiental, diante de um considerável interregno de tempo em que a sociedade ficará privada de desfrutar o meio ambiente atingido, há o dever da devida indenização, que há de ser proporcional ao dano e ao tempo decorrido entre o dano e a recuperação ou a compensação ambiental, constituindo o denominado lucro cessante ambiental.

Cumpre destacar as seguintes considerações de Francisco José Marques Sampaio (1998, p.107):

> *Não é apenas, portanto, a agressão à natureza que deve ser objeto de reparação, mas, outrossim, a privação, imposta à coletividade, do equilíbrio ecológico, do bem estar e da qualidade de vida que aquele recurso ambiental proporciona, em conjunto com os demais. Desse modo, a reparação do dano ambiental deve compreender, também, o período em que a coletividade ficará privada daquele bem e dos efeitos benéficos que ele produzia, por si mesmo e em decorrência de sua interação com os demais (artigo 3º, inciso I, da lei 6.938/81). Se a recomposição integral do equilíbrio ecológico, com a reposição da situação anterior ao dano, depender, pelas leis da natureza, de lapso de tempo prolongado, a coletividade tem direito subjetivo a ser indenizada pelo período que mediar entre a ocorrência do dano e a integral reposição da situação anterior de equilíbrio ecológico e fruição do bem ambiental atingido.*

Ao conceito jurídico de dano ambiental exposto no capítulo inicial, destaca-se aqui como o artigo 54 da Lei nº 9.605/1998 (Lei de crimes ambientais) vincula a definição jurídica de poluição à ocorrência de perigo de "danos à saúde humana" ou à concreta constatação de "mortandade de animais ou destruição significativa da flora". Entretanto, a lei de crimes ambientais não define com clareza dano ambiental.

Além disso, o dano ambiental é multidimensional e ostenta um caráter progressivo dos efeitos negativos, que absorve as demandas contidas da realidade fática. Desde o advento da Lei Federal nº 6.938/1981 (Lei da Política Nacional do Meio Ambiente), cujo artigo 3º, incisos II e III, apresentou os conceitos de degradação e de poluição, novas facetas da degradação ambiental foram explicitadas pela legislação e pela jurisprudência. Entre estas facetas, inserem-se os serviços ecossistêmicos definidos no art. 2º, inciso II, da Lei Federal nº 14.119/2021, que institui a Política Nacional de

25 Citam-se como exemplos de normas constitucionais, supralegais e legais de aplicação no Brasil: Princípio do Controle do Risco (artigo 225, § 1º, V e VII, CF/1988); Princípio da Precaução (artigo 225, § 1º, IV, CF/1988), Lei nº 12.846/2013, artigo 1º c.c. art. 5º e 6º; ISO 19600/2014 sobre conformidade; Portaria CGU 909/2015 (sobre avaliação de integridade) e Portaria CGU 910/2015 (sobre responsabilidade anticorrupção); Lei das Estatais nº 13.303/2016 (sobre compliance na administração pública); ISO 37001/2016 (sobre boas práticas anticorrupção); Res. CMN 4327, de 25/4/2014 (sobre responsabilidade socioambiental do agente financiador e sobre registro de perdas por riscos); Resolução do CMN 4557/2017 (gestão integrada de riscos); Resolução CMN 4553/2017 (requisitos de governança das instituições financeiras); Lei nº 13.655, de 25/4/2018 – cultura da segurança jurídica e eficiência na aplicação do direito público; DECRETO 9.571, 21/11/2018, sobre empresas e direitos humanos; Regulamento EU 2019/2088, sobre transparência ativa e progressiva; Convenção da Basileia sobre o Controle de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e seu Depósito; e Resolução CONAMA nº 452/2012, Convenção de Roterdan (sobre amianto), Convenção de Minamata (sobre mercúrio); Diretiva 2010/75/EU, de 24/11/2010, sobre emissões industriais e prevenção e controle integrados da poluição; Convenção de Estocolmo sobre Poluentes Orgânicos 200 Persistentes; Lei nº 12.305/2010 (sobre MTD para rede pública de esgoto ou cursos d'água); Resolução CONAMA nº 316, de 29/10/2002 (MTD em tratamento, beneficiamento e de disposição 203 final de resíduos e redução de emissões em geral). Leia-se ainda LOUBET, Luciano Furtado, *Licenciamento ambiental:* a obrigatoriedade da adoção das melhores técnicas disponíveis (MTD). Belo Horizonte: Del Rey, 2014.

Pagamento por Serviços Ambientais, como "os benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais".

O Superior Tribunal de Justiça sumulou que "Quanto ao dano ambiental, é admitida a condenação do réu à obrigação de fazer ou a de não fazer cumulada com a de indenizar." (Súmula 629).

Os danos ambientais, portanto, não podem ser tratados unicamente pela visão econômica utilitarista, sendo que a compensação monetária tende a ser sempre subsidiária em relação à reparação *in natura*. Esta ordem prioritária da reparação *in natura* frente à compensação que ainda resgata um valor ambiental e à indenização do dano ambiental irreversível não diminui ou exclui a necessidade de se mensurar cada uma das três etapas, para que haja uma correlação, a mais justa possível, entre o dano em todas as suas dimensões jurídicas e o valor da obrigação de indenizar.

Annelise Steigleder reconheceu a possibilidade de conversão da indenização dos danos irreversíveis em medidas compensatórias, consistentes em obrigações de entregar coisa distinta de dinheiro, com fundamento no artigo 83 da Lei nº 8.078/1990 – Código de Defesa do Consumidor (BRASIL, 1990).

Os danos morais coletivos ou extrapatrimoniais atingem os bens imateriais, carregados de valores identitários e simbólicos presentes no imaginário social. Conforme esclarece o Min. Humberto Martins, do Superior Tribunal de Justiça, "o sentimento profundo de repulsa social ao ato de dano ambiental é a força motriz do dano moral coletivo". Trata-se de um dano *in re ipsa*, que "prescinde da comprovação de dor, de sofrimento e de abalo psicológico, suscetíveis de apreciação na esfera do indivíduo, mas inaplicável aos interesses difusos e coletivos"[26]. Este dano é, via de regra, objeto de arbitramento, pois se trata de um dano jurídico, que expressa a lesão a interesses imateriais, identificados com a proteção da dignidade da pessoa humana e do valor de existência dos bens ambientais[27]. Os danos sociais são danos materiais e imateriais, a depender da afetação à variável ambiental, e atingem a oportunidade de a coletividade utilizar os bens ambientais e culturais para fins econômicos, recreativos, turísticos, científicos etc. Repercutem sobre o valor de uso, direto ou indireto e coletivo, dos bens ambientais e podem ser acompanhados da ocorrência de lucros cessantes.

2.2. Importância do conceito para se valorar

Um conceito jurídico de dano ambiental, que integre os riscos não evitados ao longo da atividade de mineração, é necessário para a segurança jurídica e para a aplicação de um justo método de valoração.

Jorge Madeira Nogueira anota que

> o uso dos métodos de valoração econômica nas ações e decisões dos procuradores do Ministério Público deve ser enquadrado pelas especificidades das atividades típicas do MP brasileiro. Esse enquadramento se inicia com a definição de dano ambiental. Não é na Economia que essa definição deve ser buscada.[28]

26 STJ, REsp 1.410.698/MG, Rel. Ministro Humberto Martins, 2ª. Turma, DJe 30/6/2015.

27 Sobre os critérios para o arbitramento dos danos morais coletivos, ver: STEIGLEDER, Annelise Monteiro. Critérios para o arbitramento do dano extrapatrimonial ao meio ambiente. In: BENJAMIN, A. H.; LECEY, E.; CAPPELLI, Silvia. Instituto O Direito por um Planeta Verde. Mudanças climáticas, biodiversidade e uso sustentável de energia. *Anais do Congresso Internacional de Direito Ambiental*. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008. v. 01. p. 23-40.

28 Estudo elaborado por Jorge Madeira Nogueira em colaboração técnico-científica *pro bono* ao SG-Mineração de Valoração do Dano Ambiental do CNMP.

E, ao conceito jurídico de dano ambiental, incorporam-se os riscos não evitados com medidas de prevenção e de precaução para o seu devido controle[29], além da autenticidade da reparação *in situ,* advinda da valoração das ciências biológicas traduzida da estimativa do valor dos serviços ecossistêmicos[30]. Assim, o conceito jurídico de dano ambiental há de englobar o conjunto resultante da desconsideração da "relação entre o que está sendo feito e o conhecimento existente sobre o funcionamento dos componentes do capital natural (biodiversidade, solo, ar, água, clima) e suas interfaces com o bem-estar humano, por meio dos serviços ecossistêmicos"[31].

Na prevenção do dano ou evitação do risco[32] é aplicável o devido controle de riscos e podem ser aplicados modelos de seguros-caução, seguros de lucros cessantes, seguros para riscos *non-owned disposal site coverage* (para danos de outrem, como assunção de passivos ambientais de áreas contaminadas), entre outros. É da essência de qualquer seguro ambiental a análise e o mapa de diagnóstico de riscos de qualquer atividade usuária de recursos naturais. Segundo Walter Polido (2007), "As seguradoras poderão transformar-se na figura de um agente de preservação ambiental, com interesse na melhor qualidade de vida". Os seguros ambientais, diante dos altos valores de seus prêmios, são usualmente respaldados por resseguros, tal como ocorre nos EUA, e, até o momento, são de aplicação ainda inédita no Brasil. A valoração do dano é relevante para que haja proporcionalidade com o valor segurado. Trata-se de um instrumento que pode oferecer garantia extraordinária à própria execução do TAC ambiental, visto que o segurado e a empresa seguradora têm interesse de que a obrigação de fazer seja executada de fato[33]. Na hipótese, o grupo de empreendedores, usuário dos recursos naturais, oferece garantias (caução) à sociedade pelos danos eventualmente provenientes de sua atividade. O art. 9º, inciso XIII, da Lei nº 6.938/1981 estabelece como instrumento de política nacional de meio ambiente o seguro ambiental. Os danos sociais e os danos morais extrapatrimoniais elevam os custos com a prevenção, que precisam ser internalizados pelo usuário, diante do dever de prevenir enquanto princípio de direito internacional geral. Daí a importância de parâmetros de valoração dos recursos naturais que serão impactados. Com efeito, diante da própria atividade de risco da mineração, as informações produzidas ao longo dos serviços devem constar de relatórios técnicos, contendo plantas, mapas temáticos, perfis e laudos laboratoriais, para apoiar decisões. Tais relatórios técnicos podem fornecer subsídios aos peritos responderem a quesitos, por exemplo, sobre os seguintes temas:

Relatório 1 – Análise de série histórica e lista de documentos;

Relatório 2 – Base topográfica de precisão;

Relatório 3 – Geologia e Hidrogeologia;

Relatório 4 – Climatologia, potencial de contaminação do solo e recursos hídricos superficiais;

29 Bem por isso, incorpora-se ao final do presente trabalho a seção sobre riscos, gestão e controle de risco.

30 Segundo a Avaliação Ecossistêmica do Milênio, 2005, definem-se quatro categorias de Serviços Ecossistêmicos: Provisão: responsáveis pela capacidade dos ecossistemas de prover algo (exemplos: alimentos, matéria-prima, recursos genéticos, água, etc.); Reguladores: benefícios resultantes de processos naturais reguladores de condições ambientais (exemplos: regulação do clima, controle de enchentes e erosão, purificação do ar, etc.); Culturais: relacionados à importância dos ecossistemas que oferecerem proventos recreacionais, educacionais ou espirituais (exemplos: turismo impulsionado por elementos naturais, o bem-estar proveniente da prática de esportes ou atividades de lazer em parques ou reservas, etc.); e Suporte: relacionados a processos naturais fundamentais para a manutenção e existência de outros serviços (exemplos: ciclagem de nutrientes, formação de solos, polinização, etc.)

31 V. Nota 9.

32 V. item 6.4.

33 Disponível em: <https://www.ibds.com.br/artigos/contrato-de-seguro-ambiental-publicacao.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2021.

Relatório 5 – Estudo de estabilidade de taludes do depósito de rejeito e barragens de contenção;

Relatório 6 – Ensaios de tratabilidade de drenagem ácida de mina em escala laboratorial;

Relatório 7 – Valoração de danos ambientais;

Relatório 8 – Análise de riscos ambientais;

Relatório 9 – Levantamento dos impactos sociais.

O ideal seria que todas as partes ou stakeholders avaliassem todas as análises de risco, os relatórios técnicos, os relatórios de auditoria, externa independente ou da auditoria interna, dos diversos setores e dos órgãos de controle, com seus quesitos e estudos conclusivos ao Ministério Público Federal e/ou ao Ministério Público Estadual. Tais quesitos resultariam do conjunto de propostas da empresa de mineração, do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), do órgão estadual de controle da poluição, da Agência Nacional de Mineração (ANM) e do Município que acolhe a atividade mineradora. Convém destacar que, sempre, o mais adequado ambiente cidadão de discussões sobre os quesitos, análises de riscos e estudos de impactos é a audiência pública. Danos sociais, a par dos ambientais, são danos associados ou sinérgicos advindos usualmente em projetos de implantação de minas e de operação de barragens, sendo que comunidades ribeirinhas ou vulneráveis devem sempre ser consultadas, ouvidas e ter consideradas as suas sugestões e decisões coletivas, desde o planejamento até o monitoramento das operações. O direito à participação social não se limita ao direito de voz, porquanto a norma prevê a consideração das opiniões e observações no processo de tomada de decisões, que não poderão ser desconsideradas. Esta recomendação normativa está prevista no "Acordo Setorial[34] que visa a evitar-se a falsidade da participação ou a mera aparência de participação, em que se convidam as pessoas a participar, mas decisão já está pronta" (MACHADO, 2019, p. 39). Um procedimento de valoração mais célere, mas que requer várias condicionantes de essenciais similitudes, tem sido aplicado pelo MPF em casos de desastres ambientais (como no caso da poluição hídrica no Paraná pela Petrobrás e na Ação Civil Pública principal pelo desastre em Mariana/MG[35]). Trata-se de se valer de analogia com valorações precedentes em situações muito semelhantes, em especial quando eclode o dano, sem referências confiáveis de diagnósticos ambientais, sociais e socioambientais. Com efeito, registre-se a comparação analógica, como base para uma reparação preliminar, sem prejuízo de uma valoração econômica do dano ambiental complementar ou supletiva, na Ação Civil Pública principal ajuizada pelo Ministério Público Federal e pelo Ministério Público de Minas Gerais, diante do desastre do rompimento de barragem de mineração em Mariana/MG, com o paradigmático evento danoso no Golfo do México, decorrente da explosão de plataforma, com graves danos pelo vazamento de petróleo em 2010. No caso, restringiu-se a comparação jurídica por paradigmático desastre precedente, visando a lastrear um reconhecimento inicial de estimativa de valor de reparação preliminar do dano, diante das circunstâncias

34 Refere-se o autor ao Acordo Setorial de Escazú/Costa Rica (artigo 7º, § 7º, que determina que a "autoridade pública correspondente levará devidamente em conta o resultado do processo de participação"), texto da versão em português, conforme publicação das Nações Unidas, CEPAL, LC/PUB Santiago, 2018/8.

35 Em 2/5/2016, o Ministério Público brasileiro entrou com a principal ação civil pública para a reparação dos danos causados pelo rompimento da barragem de Fundão, em Mariana/MG, tendo como um dos fundamentos para o pedido de reparação preliminar uma analogia jurídica com o paradigmático caso do desastre de plataforma de petróleo da *Bristish Petroleum*, estimado em R$ 155 bilhões. Entendeu o Ministério Público que uma análise comparativa poderia ser realizada a partir dos gastos já reconhecidos pela empresa para custeio da reparação preliminar dos danos provocados pelo desastre da *Deepwater Horizon*, ocorrido no Golfo do México em 2010. Comparou-se, por exemplo, que o vazamento de cerca de 4,9 milhões de barris de óleo, com impactos diretamente de 180.000 km² de águas marinhas e morte de 11 pessoas, foi menor que os impactos em Mariana, com 19 mortes e com a mesma extensão proporcional de água poluída. Aduz o Ministério Público Federal na ação que seria inadmissível que a valoração do dano ambiental provocado pelas empresas Samarco, Vale e BHP ficasse aquém de US$ 43,8 bilhões, reconhecidos pela empresa responsável pela tragédia no Golfo do México.

similares e para situações semelhantes em relação aos resultados quanto ao número de vítimas e extensão da poluição hídrica.

O conceito jurídico de dano ambiental engloba o que deveria ter sido (e não foi) investido em monitoramento de segurança da atividade de mineração e em controle do risco ambiental. Este conceito jurídico mais abrangente antecipa o termo *a quo* da ação ou da inação que causaram o dano, ampliando o ciclo de vida da valoração do dano para alcançar o risco não evitado. Hoje, diante da vastidão de normas, diretrizes e autorregulações em nível nacional e internacional sobre *compliance*, o ato de desprezar o monitoramento preventivo e o controle de risco, com a devida transparência, evidencia uma assumida posição de aceitação do risco de não conformidade frente à principiologia do direito ambiental, relacionada à prevenção, à precaução, à eficiência e ao controle do risco. Todos esses princípios constitucionais, no sistema jurídico nacional, são normas com força cogente, ou seja, coercitiva.

Também há de ser considerado que as perdas dos serviços ecossistêmicos usualmente geram prejuízos sociais, econômicos e culturais a toda uma coletividade que depende desses serviços.

Ademais, importante ter-se em mente que, no conceito jurídico de dano ambiental, devem ser integrados todos os danos e riscos não evitados associados à construção, à operação, ao monitoramento e ao descomissionamento de uma barragem de mineração, para além das questões ambientais, conforme o artigo 2º, VII, da Lei nº 12334/2010, com a redação dada pela Lei nº 14066/2020, a qual dispõe que o dano potencial associado à barragem é o

> dano que pode ocorrer devido a rompimento, vazamento, infiltração no solo ou mau funcionamento de uma barragem, independentemente da sua probabilidade de ocorrência, a ser graduado de acordo com as perdas de vidas humanas e os impactos sociais, econômicos e ambientais.

Relevante, outrossim, é observar quando a atividade de mineração se coaduna com alguma conduta de produção e exploração de matéria-prima pertencente à União, sem autorização legal, tipificando crime de usurpação de patrimônio da União previsto no artigo 2º da Lei nº 8176/1991. Entendem-se tais bens por matérias-primas condizentes a fontes energéticas, quais sejam: petróleo e seus derivados, gás natural e suas frações recuperáveis, álcool etílico, hidratado carburante e demais combustíveis líquidos carburantes.

Portanto, à valoração do dano ambiental relacionada a práticas de crimes de usurpação de patrimônio da União, resultantes da exploração de combustíveis fósseis do subsolo, é necessário agregar o correspondente valor de reprovabilidade social, próprio dos ilícitos penais.

A produção, a exploração e a comercialização das fontes energéticas, abarcadas pela Lei nº 8176/91, encontram-se fundamentadas no artigo 177 da Constituição da República Federativa do Brasil. No mesmo diapasão, a lei de crimes ambientais está lastreada no artigo 225, seus parágrafos e incisos, da Magna Carta, reconhecida como *Constituição Ecológica* pela positivação de normas constitucionais de preservação do meio ambiente, consagrada em diversos comandos normativos, não apenas dispostos no capítulo inaugural do artigo 225.

Mesmo que se venha a entender, para efeitos de aplicação da sanção penal, pelo concurso formal de delitos[36], ou seja, um ato com diversos resultados danosos (entre o artigo 55 da Lei nº 9605/1998 – crime ambiental de mineração ilegal – e o artigo 2º da Lei nº 8176/91 – crime de usurpação de patrimônio da União), deve ser considerado

36 STF – HC: 111762 RO, Relator: Min. CÁRMEN LÚCIA, Data de Julgamento: 13/11/2012, Segunda Turma (HC – extração de ouro – interesse patrimonial da União e crime contra o meio ambiente – bens jurídicos distintos – concurso formal – inexistência de conflito aparente de normas).

na valoração do dano ambiental o valor agregado pelo alto grau de reprovabilidade pela prática de ilícito criminal. Tanto deve ser assim, que a lei dos Juizados Especiais Criminais (Lei nº 9099/95, artigo 89 e artigo 28, I, da Lei nº 9605/98) prevê a extinção da punibilidade, desde que comprovada a reparação do dano ambiental. Também o artigo 27 da Lei nº 9605/98 condiciona a transação criminal à prévia composição civil dos danos. Destarte, as condutas ilícitas nas atividades de mineração que tipifiquem delitos de menor potencial ofensivo (como é o caso do artigo 55 da Lei de Crimes Ambientais) podem se valer, além de quesitos específicos para as condutas delitivas penais, dos mesmos quesitos aplicáveis à valoração da responsabilidade civil por dano ambiental, seja porque a prévia composição civil do dano propiciará uma transação penal ou a suspensão condicional do processo (ou *sursis* processual) e a própria extinção da punibilidade, se reparado integralmente o dano.

Nos desastres ambientais decorrentes de atividades de mineração, no conceito jurídico de dano ambiental, social e socioambiental, devem ser incorporados outros impactos negativos e lesividades, considerando graus de reprovabilidade social. E, sempre, os custos não internalizados pelo empreendimento, relacionados aos riscos não evitados e correspondentes a externalidades negativas, por se traduzirem ao longo do tempo no próprio dano, devem ser considerados para efeitos de valoração.

Bem por isso, também, em tese, deveriam estar somadas ao cômputo das devidas reparações por delitos decorrentes de condutas geradas por atividades de mineração, lesividades em face de outros bens jurídicos tutelados pela lei. Nesse passo, citam-se os crimes, por exemplo, de lavagem de dinheiro e contra o consumidor por condutas de *greenwashing* por riscos operacionais e reputacionais, dentre outros, que, pelo dever de vigilância (*due diligence*), deveriam ter sido evitados.

Diante das responsabilidades criminais, civis e administrativas pelo dano ambiental, também devem ser agregados à valoração do dano os montantes estimados a título de **reprovabilidade social** pela prática de crimes contra o consumidor, de corrupção e os de lavagem de dinheiro, se não foram objetos de persecução, e deveriam ter sido.

Os aspectos jurídicos versados nesta seção ganharão cor e textura ao longo das demais, na medida do aprofundamento e detalhamento das questões técnicas e práticas acerca de como e quando valorar e do papel do MP brasileiro em todo esse processo.

3. VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL[37]

Esta seção do Capítulo Mineração objetiva analisar procedimentos para a aplicação de métodos de valoração econômica do dano ambiental e dano social como instrumentos auxiliares em decisões judiciais. Com esse propósito, destaca a potencial contribuição desses métodos e procedimentos para a eficácia do termo de ajustamento de conduta (TAC) e da ação civil pública (ACP) em eventos danosos derivados das atividades minerárias.

As reuniões do Subgrupo Mineração forneceram informações relevantes sobre o estágio atual no uso da valoração econômica no Ministério Público em ocorrências danosas ao ambiente natural ou ao ambiente construído derivadas das atividades de mineração. Se, por um lado, ficou evidente um elogiável esforço em buscar a dimensão econômica dos danos ocorridos, por outro lado ficaram também evidenciadas algumas dúvidas sobre o recomendável pelos fundamentos científicos da valoração econômica.

As atividades de produção e de consumo geram uma pressão sobre serviços e recursos naturais. Resultam dessa pressão dos impactos nos serviços ecossistêmicos

37 Seção 3, escrita por Romana Coêlho de Araujo, Assessora Econômica 6ª CCR/MPF, e pelo Professor Dr. Jorge Madeira Nogueira, Professor Titular do Departamento de Economia da Universidade de Brasília. Além da íntegra da contribuição do Professor Dr. Ronaldo Seroa da Motta, no item 3.4.

e recursos ambientais. Tais impactos, por sua vez, geram efeitos sobre o sistema econômico (tais como alteração nos níveis de renda, lucros, custos e preços). Embora alguns serviços ecossistêmicos ou recursos ambientais não tenham seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe na medida que seu uso altera o nível de produção, consumo e bem-estar da sociedade.

Nesse contexto, esta seção expõe justificativas técnicas e científicas para o uso desejável ou recomendável da valoração econômica de danos ambientais da atividade minerária. Uma vez que o uso possível da valoração econômica é imposto por limitações de recursos orçamentários, humanos e de tempo enfrentadas pelo Ministério Público, aqui são indicados, também, possíveis graus de liberdade no uso da valoração econômica que minimizam perdas na confiabilidade dos resultados obtidos. Enfatizam-se, em particular, limites que diferenciam a obtenção de um valor monetário qualquer da estimativa de um valor econômico expresso em unidades monetárias.

Ao longo do texto são apresentados quadros conceituais que esclarecem as definições aqui usadas para determinados conceitos. Busca-se, assim, evitar uma frequente zona de divergência entre profissionais de diferentes áreas de conhecimento técnico e científico. Em outras palavras: a mesma expressão tem, muitas vezes, um conceito com distintos significados para engenheiros, economistas, advogados, biólogos, entre outros. As definições aqui apresentadas nos quadros conceituais são as frequentemente utilizadas por economistas. Não significa que elas sejam mais ou menos rigorosas do que a definição usual de qualquer outra área de ciência. Significa apenas que elas possuem um significado específico para a Economia.

3.1. Fundamentos da valoração econômica ambiental

A Valoração econômica tem sido usada há décadas. Um dos métodos que será mencionado na seção 3.2 (o MPH) tem suas aplicações iniciais em estudos de economia agrícola do início do século XX. O embrião de outro método (o MVC) pode ser rastreado aos anos 1940 em estudos de viabilidade econômica de projetos públicos nos Estados Unidos da América[38]. Por sua vez, métodos agrupados sob a denominação de Métodos Função de Produção (MDR, MCR, MCE e MCO – ver adiante) estão presentes na literatura econômica desde a década de 1940. O uso da valoração econômica surge em (e se difunde por) diferentes setores como saúde (valoração de benefícios econômicos de programas de saúde pública), transporte (custos e benefícios econômicos de projetos de infraestrutura de transporte), segurança pública (custos econômicos da violência), entre outros, ao longo das décadas. Nos vinte anos finais do século XX, a valoração econômica é incorporada ao instrumental analítico dos economistas ambientais. Uma consequência desse uso extenso de valoração econômica é que seus resultados são demandados por diferentes grupos de interesse, corporações, instituições públicas, pesquisadores, apenas para mencionar algumas. Esse amplo interesse é positivo, mas provoca alguns efeitos colaterais que suscitam interpretações confusas sobre o que é valoração econômica frente à valoração financeira ou contábil (tema recorrente nas reuniões do Subgrupo Mineração; ver Quadro Conceitual 3.1) e sobre como interpretar resultados obtidos a partir de determinada sistemática de se obter um valor monetário para um determinado dano ambiental derivado de uma atividade minerária.

38 Quando o *National Resources Board* decidiu em sua *Flood Control Act* de 1936 que os impactos intangíveis de acompanhamento de seus projetos também deveriam ser considerados. O marco conceitual para avaliação de "serviços não mercado" foi desenvolvido pela Ciriacy-Wantrup (1947). Em 1950, um relatório publicado pelo *Inter-Agency River Basin Committee* e conhecido como "Livro Verde" recebeu atenção generalizada. O Livro Verde tornou-se um guia para avaliação econômica dos efeitos dos projetos de bacias hidrográficas. Recomenda o uso dos preços de mercado ou, se não possível, o uso de métodos alternativos como a contabilidade dos gastos de um usuário para lazer ou contemplação ou sua disposição de pagar por um uso adicional das instalações de recreação.

Quadro Conceitual 3.1 Estimativas Financeira e Econômica: semelhanças e diferenças	
Estimativa Financeira	Quando se estima o custo ou o benefício de uma perspectiva financeira, utilizam-se apenas os preços de mercado dos componentes dos custos e dos benefícios (insumos, fatores, produtos, despesas, receitas) sem preocupação alguma com possíveis distorções existentes nesses preços (existência de poder de monopólio, de externalidades positivas ou negativas). Essa estimativa financeira tende a capturar (quando o faz) apenas componentes TANGÍVEIS dos custos e dos benefícios.
Estimativa Econômica	Quando se estima o custo ou o benefício de uma perspectiva econômica, essa incorpora as estimativas financeiras e adiciona a ela estimativas de custos e benefícios que não têm preço de mercado (bens públicos – na sua definição econômica –, externalidades positivas ou negativas), assim como realiza ajustes em preços de mercados que apresentam distorções (existência de preços de monopólio). Fica evidente que a estimativa econômica busca capturar, além dos componentes TANGÍVEIS, os componentes INTANGÍVEIS dos custos e dos benefícios.

Fonte: Essa diferenciação pode ser encontrada em livros e manuais sobre estudos de viabilidade financeira e econômica de projetos. Para referenciar um: Jenkins, Kuo e Harberger (2013). *Cost-Benefit Analysis for Investment Decisions*.

Outra consequência da difusão de métodos de valoração econômica é a amplitude de referências bibliográficas existentes. Isso também é verdadeiro para valoração econômica do meio ambiente. Muitas centenas de artigos científicos, manuais, relatórios técnicos, livros sobre valoração econômica do meio ambiente existem em nível internacional e em nível nacional. Um levantamento bibliométrico realizado apenas sobre aplicações acadêmicas dos métodos de valoração econômica do meio ambiente por pesquisadores brasileiros identificou mais de duas centenas de referências publicadas entre 1993 e 2015. Para evitar frequentes e cansativas citações a referências bibliográficas ao longo desta seção, o Apêndice II deste capítulo apresenta uma breve lista de referências consideradas essenciais para um adequado uso de valoração econômica do dano ambiental. Só são mencionadas no texto principal algumas referências consideradas fundamentais para manter o rigor da argumentação.

Um fundamento básico de qualquer mensuração em qualquer área de conhecimento é que o resultado da mensuração deve refletir uma variável que, por sua vez, tem origem em um conceito relevante naquela área de conhecimento. Segundo E. Lawler (1971), “Teoria sem dados é fantasia, dado sem teoria é caos”, uma frase que deve ser sempre lembrada na valoração econômica do dano ambiental.

Uma simples definição de valoração ambiental é “tentativa de colocar valores monetários em bens e serviços ambientais ou recursos naturais”. Esses valores monetários, quando obtidos, são dados (empíricos) que precisam dialogar com fundamentos teóricos da Economia para que possam significar uma evidência cientificamente robusta de um valor econômico de um bem, serviço ou dano ambiental. Se não houver esse diálogo, será algum outro tipo de valoração monetária – financeira ou contábil –, mas não de valoração econômica.

Fundamento em Destaque pelo Subgrupo Mineração

É essencial definir-se se a valoração que se busca de um determinado dano contempla apenas a dimensão financeira/contábil desse dano ou se ela contempla também as dimensões econômica e social do dano causado pela atividade minerária. O instrumento da valoração do dano, na perspectiva jurídica, promove a integração das dimensões econômica e social do dano decorrente da atividade de mineração.

Para que esse fundamento não seja esquecido ou subestimado, economistas ambientais argumentam que a valoração econômica deve ser iniciada com a identificação de todos os elementos do patrimônio natural (ou do histórico) que foram alterados pela ação danosa, tanto os elementos tangíveis como os intangíveis. No jargão da Economia Ambiental devem ser identificados todos os elementos que compõem o Valor Econômico Total (VET) do patrimônio ambiental que sofreram efeitos danosos derivados da atividade mineral[39]. Esse procedimento de explicitação do VET em exercícios de valoração, apesar de relevante, não deve ser entendido como sendo um método de valoração econômica. Ele não é método nem metodologia de valoração econômica e sim um procedimento básico e orientador para as escolhas dos métodos de valoração econômica adequado. Uma vez que a sobreposição de terminologias foi tema recorrente nas reuniões do Subgrupo Mineração, o Quadro Conceitual 3.2 apresenta as definições conceituais que estão sendo adotadas nesta seção.

Quadro Conceitual 3.2
Metodologia, Métodos e Procedimentos de Valoração Econômica

Procedimentos	São etapas, tarefas ou medidas tomadas para alcançar um determinado objetivo ou se chegar ao fim.
Métodos	São ferramentas, instrumentos e procedimentos específicos que são usados para coletar, organizar e analisar dados (informações empíricas).
Metodologia	Estratégia abrangente que envolve estudar e escolher métodos utilizados em determinada área de conhecimento, nos limites das suas teorias e princípios. Permite desenhar uma abordagem, com procedimentos e métodos para alcançar um determinado objetivo.

Fonte: consoante posicionamentos de Jorge M. Nogueira em reuniões no SG-Mineração.

Fundamento em Destaque pelo Subgrupo Mineração

O VET ou o VERA é uma etapa inicial de um procedimento que permite uma escolha mais rigorosa de um método ou de uma combinação de métodos de valoração econômica de um dano ambiental. Ele não é em si um método de valoração econômica. O VET ou o VERA fornece a quem deseja valorar um dano uma visão panorâmica dos diferentes efeitos sobre distintos elementos do patrimônio natural que foram negativamente afetados pelo dano ambiental.

O valor dos serviços ou recursos ambientais é derivado de todos os seus atributos. Economistas ambientais iniciam o processo de mensuração distinguindo entre valor de uso – com componentes predominantemente, mas não exclusivamente,

39 Seroa da Motta (1998) utiliza a denominação Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA) em vez de VET.

tangíveis – e valor de não uso – componentes essencialmente intangíveis – do bem ou serviço ambiental. Assim, nos valores de uso, há sempre uma atividade econômica associada. Os de não uso são atributos de consumo associados à própria existência do recurso ambiental, ou seja, um valor de não uso independe (isto é, pode ou não estar associado) do uso do fluxo atual e futuro de serviços ecossistêmicos.

Nesse contexto, é frequente, na literatura, desagregar o valor econômico de um serviço ou recurso ambiental em valor de uso (VU) e valor de não uso (VNU). Por sua vez, o valor de uso (VU) é um valor relacionado ao uso atual ou ao uso futuro de um determinado habitat por indivíduos. Pode ser subdividido em valores de uso direto (VUD) e valores de uso indireto (VUI). Os valores de uso direto são derivados do uso real de um recurso, seja de forma consumível ou não consumível (por exemplo, madeira em florestas, recreação, pesca); valores de uso indireto referem-se aos benefícios derivados das funções ecossistêmicas (por exemplo, proteção de bacias hidrográficas ou sequestro de carbono por florestas).

A dimensão temporal (uso no presente e uso no futuro) é incorporada na fórmula do VET com o componente Valor de Opção (VO), que contempla os VUD e VUI ao longo dos anos. Um outro componente do VET, muito importante em valoração de elementos da diversidade biológica, é o Valor de Quase Opção (VQO), que comtempla as incertezas relacionados a novos VUD e VUI, que podem ser descobertos pelo avanço do conhecimento científico em relação a bens e serviços ecossistêmicos. Por fim, o valor de não uso (ou valor passivo) representa o valor de existência, ou de legado, que está dissociado do uso e se deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo[40]. Como resultado, o valor econômico total (VET) seria a soma dessas parcelas de valores, isto é, VU + VNU. Ou, de forma desagregada, na soma de VUD + VUI + VO + VQO+ VNU = VET. Um exemplo de um possível VET conceitual do Quadro 3.3. Dele, pode-se capturar de maneira coerente aquilo que deverá ser valorado economicamente para refletir o dano ambiental causado. Mais ainda, com base nessa captura, percebe-se os métodos/procedimentos que deverão ser usados para se obter o valor econômico total desejável do dano ambiental. Como nem sempre o desejável é possível, ao final do exercício de valoração econômica ficarão evidenciados os componentes do VET que foram e os que não foram efetivamente valorados por meio dos métodos de valoração econômica ambiental.

Um dos principais fundamentos da valoração econômica é que ela nunca se refere ao valor do estoque de algo, mas sempre e apenas à variação desse estoque. Por exemplo, se alguém menciona o valor econômico da diversidade biológica, então ela ou ele estará sempre se referindo ao valor econômico de uma mudança no estoque de diversidade biológica existente em uma área, região ou país. Não se trata de determinar o valor "verdadeiro" da biodiversidade ou dos ecossistemas, mas de valorizar as mudanças e compará-las com suas alternativas, por exemplo (e somente à guisa de exemplo), com uma área de pastagem *versus* sem uma área de pastagem.

40 Valor de não uso pode representar também o desejo do indivíduo de manter certos recursos ambientais para que seus herdeiros, isto é, gerações futuras, usufruam direta e indiretamente. Uma expressão simples desse valor é a grande atração da opinião pública pelo salvamento de baleias, ou sua preservação, em regiões remotas do planeta, que a maioria das pessoas nunca visitará ou terá qualquer benefício de uso.

Quadro Conceitual 3.3 Valor Econômico Total - Área com Floresta Principais Componentes dos Bens e Serviços Ambientais Considerações Qualitativas				
Valor de Uso		**Valor de Opção**	**Valor de Quase Opção**	**Valor de Existência**
Valor de Uso Direto	**Valor de Uso Indireto**			
Madeira	Conservação da diversidade biológica	O desempenho das funções assinaladas no "valor de uso direto" e no "valor do uso indireto" pelas gerações futuras.	As funções indicadas em "valor de uso direto", "valor de uso indireto" e "valor de opção" são definidos com base no conhecimento científico e tecnológico existente hoje.	As plantas e os animais que vivem na floresta têm "valor" em si, independentemente do uso que possam ter para o ser humano.
Frutos	Manutenção da qualidade do ar		Entretanto, o conhecimento científico e tecnológico aumenta com o passar dos anos.	Esse valor intrínseco dos bens ambientais é chamado de "valor de existência", um dos componentes do VET do patrimônio ambiental.
Beleza natural para lazer	Proteção a nascentes de córregos e rios		Assim, algo disponível em uma floresta que não tenha utilidade alguma para o ser humano hoje poderá ser identificado como a fonte de um incremento significativo do bem-estar humano daqui a dez anos.	
Beleza natural para turismo	Prevenção do processo erosivo do solo e de assoreamento de rios. Regulação de microclima local.		O valor de quase opção é, portanto, um potencial componente do valor do bosque dependente do progresso científico e tecnológico futuro.	

Fonte: NOGUEIRA, aulas gravadas 2020, cujos vídeos são encontráveis no **Apêndice VII.**

Fundamento em Destaque pelo Subgrupo Mineração

Na valoração econômica não se obtém o valor do estoque (nível) do patrimônio ambiental afetado por um dano derivado da atividade de mineração. A valoração econômica nos fornece o valor econômico de mudanças no estoque (nível) do patrimônio ambiental.

Mas externalidade negativa está distante de ser uma adequada definição de dano ambiental. A valoração econômica se limita a propor métodos e/ou procedimentos para estimar os valores monetários desse dano ambiental que sejam coerentes com os fundamentos econômicos destacados nesta seção.

3.2. Métodos da valoração econômica: classificação e equivalências

Um dano causado a um patrimônio natural (e a um patrimônio histórico) gera efeitos negativos de diferentes características. Alguns desses efeitos são tangíveis, enquanto outros são intangíveis. Como assinalado anteriormente, a valoração econômica visa a conferir valores econômicos precisos a bens e serviços ambientais danificados que apresentam preços de mercado – portanto, tangíveis – e, também, a bens e serviços que não são comercializados em mercados – e, assim, considerados intangíveis.

Nesse contexto, um fator crucial na escolha do método de valoração dos custos de danos ambientais é se os custos em causa são tangíveis ou intangíveis. Danos ambientais tangíveis – por exemplo, perdas de produção ou outros listados como componentes do VUD no Quadro Conceitual 3.3 – podem ser valorados a preços de mercado. Esses também incluem danos "reparáveis", como danos materiais. Os custos das medidas de reparo necessárias podem ser, sob certas condições a serem detalhadas a seguir, um indicador adequado para o registro desses danos. Em certas situações, serão obtidos apenas valores financeiros (contábeis) dos custos dos danos. A partir desses valores financeiros (contábeis) e com base em determinados ajustes e/ou procedimentos, valores econômicos podem ser obtidos (ler novamente o conteúdo do Quadro Conceitual 3.1).

No entanto, muitos impactos sobre o ser humano e o meio ambiente são de natureza intangível. Esses incluem efeitos que prejudicam a qualidade ambiental (e levam à redução do valor recreativo de rios, lagos, florestas, por exemplo), efeitos adversos sobre o bem-estar físico e mental de pessoas e/ou comunidades, decorrências que influenciam mudanças nos riscos de acidentes, nas taxas de morbidade e/ou de mortalidade, sendo que esses vão além dos custos mensuráveis de hospitalização, medicação e perda de ganhos. Quando se trata de valorar tais perdas de benefícios, o simples expediente de usar preços de mercado ou de estimar custos de restauração e remediação não é suficiente. Isto é, estimar apenas os custos financeiros significa subestimar o valor econômico total dessas perdas.

Os métodos de valoração econômica ambiental usual e tradicionalmente analisadas na literatura – teórica ou empírica – buscam incorporar conceitos e procedimentos para coletar, organizar e analisar dados (informações empíricas) que permitam contemplar consequências tangíveis e/ou intangíveis derivadas de um dano ao meio ambiente. Em termos ideais, esses métodos permitem a estimativa dos componentes do VET de uma alteração no patrimônio ambiental/histórico. É importante enfatizar que todos os métodos de valoração econômica ambiental permitem estimar partes (componentes) do VET. Apenas um dos métodos a serem mencionados a seguir permite a captura do VET como um todo: o Método Valoração Contingente (MVC).

Essa é uma dificuldade enfrentada por executores de experimentos reais de valoração econômica de dano ambiental: a necessidade de combinar métodos de valoração para obter o valor econômico de diferentes elementos do VET do dano ambiental avaliado. Os procedimentos alternativos que proliferam para "substituir" os métodos de valoração econômica ambiental – a serem explicitados em futura seção deste capítulo (transferência de benefício, equivalência de habitat, entre outros) – não eliminam nem minimizam essa dificuldade e geram outras dificuldades para sua rigorosa utilização.

Isso posto, quanto à decisão de se escolher métodos de valoração econômica para estimar o valor de um dano, um cuidado inicial é evitar a confusão potencial derivada da inexistência de uma classificação desses métodos que seja unanimemente aceita pelos estudiosos e praticantes de valoração econômica ambiental. Para um(a) novo(a) entrante em atividades de valoração, a primeira impressão é que existem dezenas de métodos de valoração econômica por causa das inúmeras denominações que um mesmo método recebe de diferentes autores. Nada mais longe da verdade. Não passam de seis ou sete os métodos de valoração econômica dignos de registro na literatura econômica especializada.

Na ausência de uma classificação universalmente aceita sobre as técnicas de valoração econômica ambiental, a alternativa mais rigorosa é sugerir uma classificação derivada da análise dos capítulos 14 a 20 do Volume 2 do *Handbook of Environmental Economics* (Ver Apêndice II deste Capítulo) e muito próxima à consagrada classificação de Bateman & Turner (1992, p.123). Ela distingue os métodos de valoração econômica distinguindo-os pela utilização ou não das curvas de demanda por bens ou serviços ecossistêmicos. A classificação é:

A) Abordagens com Curva de Demanda

1) Métodos de Preferências Expressas

1.1) Método de Valoração Contingente (MVC)

2) Métodos de Preferências Reveladas

2.1) Método de Custos de Viagem (MCV)

2.2) Método de Preços Hedônicos (MPH)

B) Abordagens sem Curva de Demanda (Função de Produção)

3) Método Dose-Resposta (MDR)

4) Método de Custos de Reposição (MCR)

5) Método de Comportamento Mitigatório/de Custos Evitados (MCE)

6) Método Custo de Oportunidade (MCO)

Para facilitar a identificação dos métodos de valoração pela perícia do MP brasileiro, apresentamos o Quadro Conceitual 3.4. com denominações equivalentes dos métodos de valoração econômica que destacamos nesta seção. Alertamos que é uma lista não exaustiva de denominações equivalentes dos métodos aqui nomeados. O corpo pericial do MP deve estar atento às variadas denominações, uma vez que esses métodos não são conhecidos pela maioria dos juízes, promotores e procuradores, e esclarecê-los sobre as equivalências é uma contribuição técnica relevante .

Quadro 3.4 – Métodos de Valoração Equivalentes

Método de Valoração	Métodos Equivalentes	Autores
MVC	Disposição a pagar	3
	Aceitação e Compensação	3
	Valoração Contingente	1/4/5/6/7/9
	Estado de Preferência	8
MCV	Método Custos de Viagem	1/3/4/5/6/7/8/9
MPH	Valor de Propriedade	3
	Abordagem Diferencial de Salário	3
	Preços de Casas ou Terras	4
	Salários pelo Risco	4
	Preço Hedônico	1/5/6/7/8/9
MDR	Mudança no valor da Produção	3
	Dose-Resposta	4/5
	Função Produção	6/8
	Produtividade Marginal	1/7
	Mudança na Propriedade	9
MCR	Custo de Reposição	3/4/7/8/9/
	Projeto Sombra	Sem equivalência
MCE	Perda de Salários/Lucros	3
	Gastos Preventivos	3/9
	Gastos Evitados	4/7
	Custo de Controle	7
	Comportamento Evitado	6/8
MPM	Análise Custo Eficiência	3
	Bens de Mercado como substitutos	3/1
	Preço de Mercado	9
	Proxy/Produtos Substitutos	9
	Custos de Oportunidade	7/9
Sem Equivalente	Escolha sem custos	3
	Ordenação contingente (preferência estabelecida/fixa)	4

Fonte: Castro e Nogueira (2019, p. 31, Quadro 1.4 no original). "Nesta Tese, a abordagem dos métodos será feita com base em Bateman e Turner (1992)." Portanto, esses autores correspondem a 1ª coluna.

Nota: (1) Motta (1998); (2) Bateman e Turner (1992); (3) Hufschidt et al. (1983); (4) Pearce (1993); (5) Hanley e Spash (1993); (6) Nunes e Van Den Bergh (2001); (7) Maia, Romeiro e Reydon (2004); (8) Barbier (2007); (9) David e Richards (1998).

3.3. Etapas e Procedimentos na Valoração Econômica

Há um grande número de referências, manuais e relatórios técnicos sobre os métodos de valoração econômica ambiental. O Apêndice II. *2. Referências Nacionais* indica algumas referências básicas de autores brasileiros sobre esses métodos. É relevante assinalar que o interesse pelo estudo e pela aplicação de métodos de valoração econômica cresceu exponencialmente nos últimos 30 anos entre técnicos e pesquisadores brasileiros[41]. Nas universidades brasileiras, em particular, programas de pós-graduação no Brasil têm desempenhado papel de destaque ao ampliar e difundir nosso entendimento sobre aspectos robustos e frágeis de diversos métodos de valoração econômica. Esta seção não é o local adequado para apresentar, detalhar ou analisar aspectos teóricos e operacionais de cada um dos métodos de valoração econômica apresentados no Quadro Conceitual 3.4. Não obstante, resumimos esses aspectos na Tabela A.3.1 do Apêndice III deste Capítulo. Aqui cabe enfatizar alguns tópicos que foram mencionados e/ou discutidos durante as reuniões do Subgrupo Mineração. Em situações de danos ao meio ambiente derivados da atividade de mineração que exigirem o envolvimento do Ministério Público, a primeira etapa do processo de decisão é sobre que valoração econômica deve ser desenvolvida por demanda do MP e que valoração deve ser desenvolvida pelo corpo técnico do próprio MPF.

Fundamento em Destaque pelo Subgrupo Mineração

Na valoração econômica de um dano ambiental da atividade de mineração, é essencial estabelecer a valoração que poderá ser desenvolvida por técnicos do MP com base nos métodos de valoração econômica e a valoração que será requisitada pelo MP a instituições externas. A escala do dano ambiental sob análise é um critério básico no estabelecimento dessa diferenciação. Valoração por atividades externas só deve ser escolhida em danos ambientais de escala significativa.

O uso dos métodos de valoração econômica nas ações e decisões dos procuradores do Ministério Público deve ser enquadrado pelas especificidades das atividades típicas do MP brasileiro. Um elemento de atuação do MP precisa ser explicitado. Se definirmos a "linha de tempo do dano ambiental" derivado de uma atividade de mineração como o período de tempo entre t_o – ocorrência de um dano ambiental – e t_n – início do pagamento do valor da indenização ambiental pelo infrator –, raramente a atuação do MP se inicia próximo a t_o, apesar de ela se alongar até t_n. Mais ainda: se t for estimado em anos e se o MP se incorporar à "linha do tempo" em, por exemplo, t_5, os procedimentos de valoração econômica no MP serão iniciados em t_7 ou t_8. Isso significa que o servidor do MP responsável por estimar o valor econômico do dano ambiental terá que basear seus procedimentos em laudos técnicos sobre o dano ambiental elaborados por outros profissionais, ligados a outras instituições, que coletaram, possivelmente, informações com outros objetivos que não os de usá-los para estimar o valor econômico do dano ambiental.

41 Aplicações dos métodos de valoração econômica do meio ambiente eram inexistentes no Brasil até a segunda metade dos anos 1980. O estudo pioneiro foi o de Oliveira et al. publicado em 1987 pela Revista DAE, sobre o Programa de Esgoto Sanitário da Região Metropolitana de São Paulo. Nele os autores aplicaram o Método Preços Hedônicos (MPH). Nos anos seguintes foram sendo utilizados gradualmente outros métodos de valoração econômica: o Método Custos de Viagem (MCV) em 1993 e o Método Valoração Contingente (MVC) em 1995. Contribuições teóricas iniciam-se na segunda metade dos anos 1990 com Marques e Comune (1995), Motta (1998) e Nogueira e Medeiros (1998). A segunda metade da década de 1990 também experimenta um aumento no número de cursos de pós-graduação *stricto sensu* relacionados com diversos aspectos conexos com o uso e a conservação do capital natural. Dissertações, teses e artigos multiplicaram-se em todas as regiões brasileiras.

Essa realidade impõe restrições aos procedimentos de valoração econômica que podem ser realizadas dentro do MP. Essas restrições podem decorrer dos seguintes fatos:

a) o MP tende a envolver-se com um dano ambiental de atividade de mineração próximo a t_o nos casos de dano de grande porte de atividade mineral (por exemplo, Mariana) e mais distante de t_o nos casos de dano ambiental cumulativo (pequeno em um determinado ponto do tempo mas crescente ao longo dos anos e do espaço geográfico) derivado de atividade mineral, como o derivado do garimpo de ouro na Bacia do Rio Cassiporé, Amapá[42]. Assim, as valorações de dano ambiental cumulativo tendem a ser predominantes dentro do MP e elas dependem essencialmente da qualidade das informações contidas nos laudos de instituições outras que não o MP; b) o envolvimento do MP nos casos de dano de grande porte tende a ser, como assinalado, próximo a t_o na "linha de tempo do dano ambiental"; no entanto, essa entrada precoce tende a ser pouco produtiva, se não existir uma "relação de procedimentos" pré-estabelecida sobre como e o que coletar que possa ser útil para uma posterior valoração econômica do dano ambiental; além disso – e ainda mais relevante –, apesar do desafio técnico de valoração de um grande dano de atividade mineral, o quantitativo de pessoal dentro do MP torna proibitiva a realização dessa valoração dentro do MP.

Os argumentos anteriores indicam a necessidade de que sejam definidas estratégias para valoração econômica de dano ambiental derivado da atividade mineral dentro do MP. O MP enfrenta (e continuará enfrentando) a necessidade de escolher entre duas opções em procedimentos de valoração econômica: a) "interna" ou "in house" no MP e b) "externa ao" ou "sob demanda do" MP. A diferenciação entre **a** e **b** é muito influenciada pelo "porte do dano", definição esta que ainda necessita de um aprofundamento analítico dos participantes do Subgrupo de Mineração.

Destaca-se que, ainda na opção b ("externa ao" ou "sob demanda do" MP), poderão existir casos em que tal opção não remeta ao porte do dano, mas sim à limitação de recursos financeiros, humanos ou materiais. Em particular, limitações de recursos humanos podem ser explicadas por algumas razões: não conhecimento do tema, ausência de servidores nas ciências cruciais ao dano ocorrido, ou mesmo pela incapacidade logística do MP em não conseguir reunir uma equipe multidisciplinar. Adiciona-se, porém, que caberia ao MP analisar os custos de capacitar seus servidores ou continuar contemplando a alternativa de contratar instituições/empresas externas para realizar a valoração econômica ambiental.

Fundamento em Destaque pelo Subgrupo Mineração

Na valoração econômica de um dano ambiental da atividade de mineração a) "interna" ou "in house" no MP prevalecerão os procedimentos relacionados aos Métodos Função de Produção. Já na valoração econômica de um dano ambiental da atividade de mineração b) "externa ao" ou "sob demanda do" MP haverá mais ampla possibilidade de procedimentos relacionados aos Métodos Função Demanda.

Se essas duas escolhas forem reais, o MP precisa estabelecer "relação de procedimentos" pré-estabelecida **sobre como e o que coletar** que possa ser útil para uma posterior valoração econômica do dano ambiental que contemple:

42 Detalhes em COSTA, Milena Leal; NOGUEIRA, Jorge Madeira; IMBROISI, Denise; GALLARDO, Juan Vicente Guadalupe. *Nem Tudo que Reluz é Ouro:* custos sociais dos efeitos do garimpo sobre a provisão de água na Bacia do Rio Cassiporé, Amapá. XII Encontro Nacional da Sociedade Brasileira Economia Ecológica. Seção Temática: Gestão do uso dos recursos naturais renováveis e não renováveis. Mineração e meio ambiente. Uberlândia, 2017, 18p.

1) qual instituição é responsável por elaborar laudo com tal conteúdo que esse laudo possa ser fonte de informações confiáveis para procedimentos posteriores de valoração econômica do dano ambiental por parte do corpo técnico do MP? O conteúdo do laudo é insumo básico de – e, por isso, etapa fundamental de – um ritual/protocolo para a valoração "interna" ou "in house" no MP;

2) ao selecionar uma empresa/grupo/organização para desenvolver procedimentos de valoração econômica, qual o conteúdo de uma instrução técnica para garantir adequados procedimentos propostos para valorar um determinado dano ambiental (de grande porte) causado por atividade mineral? Quais as exigências mínimas que o MP deve fazer do executante da valoração? Esses seriam elementos de uma "relação de procedimentos" pré-estabelecida para uma valoração "externa ao" ou "sob demanda do" MP. Essa preocupação será analisada no item 5.3.

Não restam dúvidas de que ambos os procedimentos exigem detalhamento. É essencial destacar que há uma "relação de procedimentos" preestabelecida sobre como e o que coletar para uma valoração econômica do dano ambiental. Fórmulas ou calculadoras podem ser elementos que compõem um determinado protocolo; jamais serão substitutos dele. Ademais, fórmulas e calculadoras podem ser úteis quando aplicadas próximas de t_0 do ciclo de vida do dano ambiental utilidade essa que declina aceleradamente à medida que se avança no tempo desse ciclo de vida.

3.3.1. Procedimentos condutores de valoração financeira ou econômica

Ao logo dos anos, têm sido propostos procedimentos que conduzem à valoração econômica ambiental (*procedures leading to economic valuation*). Dois deles são aqui mencionados para evidenciar seu caráter complementar à valoração econômica ambiental. Assim, eles, portanto, não podem ser propostos como alternativas ou substitutos dos usuais métodos de valoração econômica apresentados pela literatura tradicional ou contemporânea.

3.3.1.1. Transferência de valor (de benefício e/ou de custo)

Transferências de valor estão na base de procedimentos alternativos de análise de situações nas quais técnicos, analistas e tomadores de decisão não têm a alternativa de desenvolver estudos originais. Assim, nesses casos, os analistas devem usar as informações obtidas originalmente por estudos anteriores e, com base nelas, usar seus valores monetários para estimar o valor econômico de alguma política, proposta de projeto ou, no caso deste Subgrupo de Mineração, dos danos ambientais (ou patrimoniais) causados pela atividade mineral.

Para que esse atalho à valoração econômica possa ser defensável, é essencial explicitar as situações em que a transferência de valor pode ser realizada com confiança e as situações nas quais os profissionais devem proceder com maior cautela. Um alerta que deve estar sempre presente é que há escolhas conflitantes que devem ser explicitadas entre simplicidade e rigor (precisão) quando do uso da transferência de valor resultante. Uma aplicação competente de procedimentos de transferência de valores exige habilidades e conhecimentos técnicos, muitas vezes tão avançadas quanto às necessárias para a valoração original.

Transferência de valor é tema tratado em uma vasta literatura. Com base nessa literatura, pode-se dizer que o esforço na transferência de valor, muitas vezes, reflete duas tradições possivelmente opostas. O primeiro reflete uma busca para tornar a valoração tão acessível quanto confiável. Por um lado, criam-se "bancos de dados de valores a transferir": valores padrão para danos (tangíveis e não tangíveis) rotineiramente valorados e que são usados em outras estimativas de valores de danos. Por outro lado, a literatura alerta para "transferência malfeita" de valor, que pode resultar em erros no processo de tomada de decisões. Estimativas transferidas que não são suficientemente robustas podem ser facilmente questionadas.

Uma vez que a transferência de valor (TV) tenha sido selecionada como procedimento de valoração – uma escolha que requer alguma reflexão, como destacado –, julgamentos e avaliações são necessários para a realização do exercício. Informações precisam ser obtidas sobre a qualidade e as mudanças ambientais na valoração original (VO), assim como dados socioeconômicos relevantes. Em geral, pelo menos três ajustes devem ser contemplados entre o que foi feito na VO e o que se deseja fazer com a TV:

1) características socioeconômicas e demográficas relevantes das populações (renda, escolaridade e idade, por exemplo);

2) características físicas e ecológicas entre os locais de VO e a(s) de TV; isso deve incluir os serviços ecossistêmicos que os patrimônios ambientais proporcionam, assim como os usos tangíveis e não tangíveis de VO e de TV;

3) diferenças nas condições de "mercado" aplicáveis aos locais. Por exemplo, variação na disponibilidade de substitutos no caso de recursos recreativos, como rios. Dois rios idênticos podem ser caracterizados por diferentes níveis de oportunidades alternativas de lazer. A razão para isso é um recurso recreativo mais escasso do que o segundo.

As condições para aceitar a transferência de valor sem o devido cuidado e sem necessários ajustes precisam ser observadas na prática. Efetivamente, essas condições equivalem a dizer que é uma exceção que dois "locais" sejam "idênticos" em todas as características que influenciam as estimativas de valor obtidas por meio de aplicação de métodos de valoração. Acrescentar metas-análises às transferências de benefícios não elimina essas diferenças.

Meta-análise é a análise estatística de resultados de diferentes estudos individuais, com o objetivo de integrá-los, combinando e resumindo seus resultados. Sua importância se dá por reduzir – não significa eliminar –, por exemplo, o desvio padrão e o intervalo de confiança, tornando o resultado estatisticamente mais confiável, além de possibilitar a inclusão de futuros estudos que venham a ser publicados (isto é, uma meta-análise cumulativa). Apesar da segurança que a meta-análise transmite às revisões sistemáticas, para que ela seja aplicável, os dados precisam ser agrupáveis e padronizados, para então serem integrados. Caso contrário, a não observação desses requisitos pode gerar dados não confiáveis.

A única maneira rigorosa de agrupar e padronizar esses dados em meta-análise para transferência de benefícios é ter claros e explícitos os métodos de valoração econômica em cada uma das aplicações originais que estão incluídas na meta-análise. Ela é, portanto, um procedimento condutor que permite a geração de um valor monetário dentro de um determinado intervalo de valores mínimo e máximo. Não se pode esquecer que a transferência de benefícios se refere ao processo de aplicação de resultados de avaliação, funções, dados ou modelos derivados em um local ou contexto (local de estudo efetivo) para estimar valores econômicos dos serviços ecossistêmicos em um contexto alternativo ou localização (local de necessária estimativa).

É evidente que análise estatística de resultados de diferentes estudos individuais não elimina a imprescindível verificação de **como** (ou seja, por meio de qual método de valoração) os valores foram obtidos nos diferentes estudos de diferentes locais de estudos efetivos.

3.3.1.2. Análise de Habitat Equivalência

Em estudo recente, Magliano (2019, p. 183) explicita que

> A Análise de Equivalência de Habitat (HEA) mede os danos em termos da quantidade de serviços sacrificados em uma área em um determinado período de tempo. Diferencia-se da Análise de Equivalência de Recursos (REA), que se concentra principalmente na

> avaliação de lesões em organismos específicos (número de indivíduos) e não na quantidade de serviços do habitat. Essas abordagens de equivalência também se concentram mais no valor implícito do habitat ou do organismo em um sentido ecológico, que no valor final do recurso para os seres humanos, embora não necessariamente ressarciam integralmente o público em termos de serviços ecossistêmicos (NRC, 2012). A recomposição, nesses casos, poderia ser em termos dos hectares de habitat que precisam ser recuperados, do número de animais selvagens que precisam ser reintroduzidos ou de outros projetos adequados e permitidos pela legislação (p. 99)[43].Mais uma vez, Análise de Habitat Equivalente (AHE) e a Análise de Equivalência de Recursos (REA) são relevantes procedimentos condutores a valores monetários, mas não como métodos de valoração econômica. Suas principais vantagens são: a) permitir estimar custo de reposição de serviços ecossistêmicos pela criação, recuperação ou aquisição de área com habitat equivalente ao perdido, considerando inclusive as perdas intercorrentes de serviços ecossistêmicos; e b) estabelecer uma relação entre unidades de serviços perdidas e unidades de serviços obtidas por meio de compensação, sendo útil em discussões de acordos de recuperação.

Essa aparente simplicidade de operacionalização – que atrai o seu uso por instituições de aplicação da lei – é contrabalançada por: a) hipótese forte de equivalência de habitats e de recursos de uma perspectiva científica da biologia e da ecologia em danos à diversidade biológica; b) resultados são significativamente dependentes da métrica de quantificação; e c) pouco contribuir para a captura da dimensão dos efeitos negativos de um dano ambiental sobre as comunidades direta e indiretamente afetadas.

Merecem especial destaque as especificidades de **serviços ecossistêmicos** em diferentes pontos do espaço geográfico. Isso ficará óbvio se retornarmos à definição de serviços ecossistêmicos apresentada no início deste capítulo, quando foi mencionado o Art. 2º da Lei 14.119, de 13 de janeiro de 2021, que explicita:

> II - serviços ecossistêmicos: benefícios relevantes para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, nas seguintes modalidades:
>
> a) serviços de provisão: os que fornecem bens ou produtos ambientais utilizados pelo ser humano para consumo ou comercialização, tais como água, alimentos, madeira, fibras e extratos, entre outros;
>
> b) serviços de suporte: os que mantêm a perenidade da vida na Terra, tais como a ciclagem denutrientes, a decomposição de resíduos, a produção, a manutenção ou a renovação da fertilidade do solo, a polinização, a dispersão de sementes, o controle de populações de potenciais pragas e de vetores potenciais de doenças humanas, a proteção contra a radiação solar ultravioleta e a manutenção da biodiversidade e do patrimônio genético;
>
> c) serviços de regulação: os que concorrem para a manutenção da estabilidade dos processos ecossistêmicos, tais como o sequestro de carbono, a purificação do ar, a moderação de eventos climáticos extremos, a manutenção do equilíbrio do ciclo hidrológico, a minimização de enchentes e secas e o controle dos processos críticos de erosão e de deslizamento de encostas;
>
> d) serviços culturais: os que constituem benefícios não materiais providos pelos ecossistemas, por meio da recreação, do turismo,

43 Ainda de acordo com Magliano (2019): "O documento intitulado Scientifically Defensible Compensation Ratios for Wetland Mitigation (KING; ADLER, 1991), produzido pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos – U.S. EPA, descreveu pela primeira vez a equivalência de habitat como uma metodologia para dimensionar a mitigação compensatória de áreas úmidas (wetlands). A denominada abordagem serviço-a-serviço remonta pelo menos a King e Adler (1991), que tentaram estimar os índices de compensação apropriados para a mitigação de danos em zonas úmidas. Unsworth e Bishop (1994) foram os primeiros a apresentar os princípios econômicos teóricos do método então denominado Habitat Equivalency Analysis – HEA, ou Análise de Habitat Equivalente – AHE" (p. 98)

da identidade cultural, de experiências espirituais e estéticas e do desenvolvimento intelectual, entre outros;

(...)

É recomendável cautela com "argumentos de equivalência de habitats" em uma realidade de tão variada relação de serviços ecossistêmicos que deverão ser "considerados" como equivalentes em áreas geográficas distintas. Essa cautela é ainda mais recomendável em realidades tropicais de ecossistemas naturais muito mais heterogêneos do que encontradas em realidade temperadas de ecossistemas antropizados. Evidências das dificuldades no uso de Análise de Habitat Equivalente (AHE) e de Análise de Equivalência de Recursos (REA) podem ser depreendidas na Tabela 3.2, em que são relacionados os componentes do VET/VERA e os serviços ecossistêmicos.

Tabela 3.2 – Elos entre VET e os Serviços Ecossistêmicos

Componente do VET	Processo ecológico e/ou componente que presta o serviço ecossistêmico ou influencia na disponibilidade	Grupo de Serviços Ecossistêmicos na definição da Lei nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021
		Serviços de Provisão
VUD	Presença de plantas e animais comestíveis	Alimento
VUD	Presença de reservatórios de água	Água
VUD	Presença de espécies ou abióticos componentes com uso potencial para madeira, combustível ou matéria-prima	Fibra e combustível e outras matérias-primas
VQO	Presença de espécies com material genético potencialmente útil	Materiais genéticos: genes de resistência a patógenos vegetais
VUD	Presença de espécies ou abióticos componentes com potencial uso químico e/ou medicinal útil	Produtos bioquímicos e recursos medicinais
VE	Presença de espécies ou abióticos recursos com uso ornamental	Espécies e/ou recursos ornamentais
		Serviços de Regulação
VUI	Capacidade dos ecossistemas para extrair aerossóis e produtos químicos da atmosfera	Regulamentação da qualidade do ar
VUI	Influência dos ecossistemas no clima local e global por meio de processos de cobertura de terra e mediados biologicamente	Regulamentação climática
VUI	Função das florestas na atenuação de eventos extremos	Mitigação dos riscos naturais
VUI	Papel das florestas na infiltração e liberação gradual da água	Regulação da água

VUI	Papel dos processos biota e abiótico na remoção ou quebra de matéria orgânica, nutrientes e compostos xênicos	Tratamento de resíduos
VUI	Papel da vegetação e da biota na retenção do solo	Proteção contra a erosão
VUI	Papel dos processos naturais na formação e regeneração do solo	Formação e regeneração do solo
VUI	Abundância e eficácia dos polinizadores	Polinização
VUI	Controle de populações de pestes por meio de relações tróficas	Regulamentação Biológica
		Serviços de Suporte
VUI	Importância dos ecossistemas para fornecer habitat de reprodução, alimentação ou repouso para espécies transitórias	Habitat de berçário
VQO	Manutenção de um determinado equilíbrio e processos evolutivos	Proteção de informação genética
		Serviços Culturais
VE	A qualidade estética da paisagem com base, por exemplo, na diversidade estrutural, "verde", tranquilidade	Estética: apreciação de cenários naturais e atividades recreativas
VE	Características paisagísticas	Recreativo: oportunidades para turismo e recreação/atividades
VE	Características paisagísticas ou espécies com valor inspirador para as artes humanas	Inspiração para a cultura, a arte e o *design*
VE	Paisagem culturalmente importante – características ou espécies	Patrimônio cultural e identidade: senso de lugar e de pertença
VE	Características paisagísticas ou espécies com valor espiritual e religioso	Inspiração espiritual e religiosa
VE	Características com especial valor educativo e científico/interesse	Oportunidades de educação e ciência para a educação formal e informal e treinamento

Fonte: Elaborado por PIMENTEL, Fernanda. *A Dimensão Macroeconômica dos Serviços Ecossistêmicos*: da Valoração Ambiental ao PIB Verde. Monografia de Bacharelado em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília. 2021, 82p, com base em Castro e Nogueira, 2019; DE GROOT et al., 2010; MEA, 2005.

3.4. A experiência internacional na valoração do dano ambiental[44]

As atividades econômicas produtivas (como mineração, manufatura, transporte ou comercialização) ou de consumo geram uma pressão sobre serviços e recursos

44 Íntegra da contribuição realizada pelo Professor Dr. Ronaldo Seroa da Motta (UERJ) ao SG Mineração, em 10 de janeiro de 2021. Seu propósito: "Este documento procura, de forma breve e sucinta, analisar as abordagens para valoração de danos ambientais. Para tal, inicia-se discutindo a taxonomia do valor econômico dos recursos ambientais. Seguindo os protocolos adotados nos EUA e na Comunidade Europeia, discutem-se os aspectos metodológicos tanto das abordagens que estimam valores econômicos como das que se utilizam da equivalência

naturais. Resultam dessa pressão os impactos nos serviços e recursos ambientais. Tais impactos, por sua vez, geram efeitos sobre o sistema econômico (tais como alteração nos níveis de renda, lucros, custos e preços) que, quando negativos, são denominados danos ambientais.

Muitos desses efeitos econômicos não são pagos por aqueles que o geram ou deles se beneficiam. Ou seja, são custos que afetam terceiros sem a devida compensação, as chamadas externalidades negativas. Embora alguns serviços ou recursos ambientais não tenham seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe na medida que seu uso altera o nível de produção, consumo e bem-estar da sociedade.

Na ocorrência de danos ambientais e ao patrimônio histórico e cultural, ações podem ser realizadas para compensar o público pela perda desses recursos durante o tempo em que estão prejudicados, seja na forma de recuperação ou compensação. Em ambos os casos, há de se valorar os danos ambientais.

Esta seção procura, de forma breve e sucinta, analisar as abordagens para valoração de danos ambientais. Para tal, inicia-se discutindo a taxonomia do valor econômico dos recursos ambientais. Seguindo os protocolos adotados nos EUA e na Comunidade Europeia, discutem-se os aspectos metodológicos tanto das abordagens que estimam valores econômicos como das que se utilizam da equivalência dos serviços e recursos ambientais, apontando suas respectivas limitações e potencialidades. Uma discussão sobre a determinação da taxa de desconto apropriada a ser aplicada por abordagem antecede os comentários finais. Por fim, apresentam-se recomendações metodológicas como base de um protocolo a ser adotado na valoração de danos causados por incidentes ambientais.

Nesse sentido, aqui serão apresentadas e discutidas as principais metodologias consagradas na literatura para valorar os danos ambientais e ao patrimônio histórico e cultural, a saber:

- Análise de equivalência de valor (AEV) – valor por valor
- Análise de equivalência de habitat (AEH) – serviço por serviço
- Análise de equivalência de recurso (AER) – recurso por recurso

Todas as três abordagens são utilizadas para determinar o tipo e a quantidade de correção necessária para compensar os danos presentes e futuros. Isto é, o objetivo de cada um desses métodos consiste em determinar a quantidade apropriada de recuperação e/ou compensação necessárias para reparar totalmente a sociedade por um dano ambiental.

A AEV se baseia na teoria microeconômica, que mede variações de bem-estar social resultantes das alterações dos fluxos de serviços e recursos ambientais que afetam os produtores e consumidores em termos de variações de renda, lucro e/ou consumo. Para tal, utiliza preços observados ou disposição a pagar, no caso de danos que não são precificados no mercado. Sua aplicação nem sempre é trivial quando se adotam modelos estatísticos com uma grande exigência de dados ecológicos e econômicos.

As abordagens AEH e ERA foram desenvolvidas mais recentemente para evitar a complexidade da AEV. Nelas, a compensação é medida pelo custo dos projetos de recuperação necessários para reaver o fluxo de serviços ou recursos ambientais impactados ao longo do tempo.

dos serviços e recursos ambientais, apontando suas respectivas limitações e potencialidades. Uma discussão sobre a determinação da taxa de desconto apropriada a ser aplicada por abordagem antecede os comentários finais. Por fim, apresentamos as recomendações metodológicas como base de um protocolo a ser adotado na valoração de danos causados por incidentes ambientais". V. Seção 2.2 deste capítulo sobre conceito de dano ambiental. Esta seção encontra-se também publicada no Relatório Metodológico de Valoração Econômica e Identificação de Danos Ambientais – versão preliminar, disponível em: <http://www.mpf.mp.br/grandes-casos/caso-samarco/documentos/relatorios-lactec/lactec_relatorio-metodologico-de-valoracao-economica-e-de-identificacao-de-danos-ambienta>. Acesso em: 22. jun. 2021.

Esse documento descreve inicialmente os procedimentos metodológicos da AEV e, em seguida, os da AEH e da AER, procurando sempre apontar a potencialidade e as limitações de cada uma. Para tal, primeiro, analisam-se as fontes de valor dos serviços e recursos ambientais.

3.4.1. O valor do meio ambiente[45]

O valor dos serviços ou recursos ambientais é derivado de todos os seus atributos, que podem estar ou não associados a um uso econômico. Nos valores de uso, há sempre uma atividade econômica associada. Os de não uso são atributos de consumo associados à própria existência do recurso ambiental, ou seja, um valor de não uso independe do uso do fluxo atual e futuro de serviços ambientais.

Assim, é comum, na literatura, desagregar o valor econômico de um serviço ou recurso ambiental em valor de uso (VU) e valor de não uso (VNU).

Valores de uso podem ser, por sua vez, desagregados em:

- Valor de Uso Direto (VUD) – utilização direta de um serviço ou recurso ambiental nas atuais atividades de produção ou consumo;
- Valor de Uso Indireto (VUI) – utilização indireta de um serviço ou recurso ambiental nas atuais atividades de produção ou consumo;
- Valor de Opção (VO) – usos diretos e indiretos ainda não conhecidos ou consumidos que poderão potencialmente se realizar em futuro próximo em atividades de produção ou consumo[46].

O valor de não uso (ou valor passivo) representa o valor de existência, ou de legado, que está dissociado do uso (embora represente consumo ambiental) e se deriva de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo[47]. Valor de não uso pode representar também o desejo do indivíduo de manter certos recursos ambientais para que seus herdeiros, isto é, gerações futuras, usufruam direta e indiretamente ("bequest value"). Uma expressão simples desse valor é a grande atração da opinião pública pelo salvamento de baleias, ou sua preservação, em regiões remotas do planeta, que a maioria das pessoas nunca visitará ou terá qualquer benefício de uso. No caso do patrimônio histórico e cultural, essa tipologia se aplica da mesma forma.

Assim, o valor econômico total seria a soma dessas parcelas de valor, isto é, VUD + VUI + VO + VNU.

Desse modo, o primeiro passo na determinação do valor econômico total do bem ou serviço ambiental será a identificação dos serviços e recursos ambientais impactados, e como os respectivos impactos ambientais geram perdas em cada parcela de valor econômico.

45 Com base em Seroa da Motta (1998).

46 Os VD e VDI atuais são conhecidos e, portanto, não requerem fazer uma opção de tê-los. Valor de opção está condicionado a usos futuros ainda não conhecidos devido à incerteza e à irreversibilidade. A literatura diferencia o Arrow-Fisher-Hanemann-Henry *quasi-option value* e o Dixit-Pindyck *option value*, mas ambos medem como a irreversibilidade e a incerteza mudam o valor de preservação de um ecossistema ou de adiamento de um investimento. *Quasi-option value* captura o valor da aprendizagem condicional à preservação, enquanto o *option value* captura o valor líquido da preservação com aprendizagem. Como um ajuste à regra simplista do valor presente líquido, o valor da opção de Dixit Pindyck provavelmente será a abordagem mais direta, capturando diretamente o ganho líquido de bem-estar de um adiamento. Ver Traeger (2014).

47 Bens privados também podem apresentar esses atributos expressando o que as pessoas chamam de valor de estimação.

3.4.2. Análise de Equivalência de Valor (AEV)

Os métodos de AEV são parte do arcabouço teórico da microeconomia do bem-estar, na qual os custos e os benefícios sociais se equivalem ao valor da produção ou consumo sacrificados. Portanto, essas técnicas permitem estimar uma função de oferta ou demanda que correlaciona os valores econômicos em relação à variação de disponibilidade do serviço ambiental condicionados às características desse serviço e ao nível de renda e preferências dos indivíduos. A literatura das suas bases teórica e metodológica é muito ampla, cada vez mais sofisticada e tem sido amplamente aceita nos tribunais americanos, em particular para indenizações diretas aos produtores e consumidores (KUPRICK, 2011).

3.4.2.1. Procedimentos Estimativos

Não se pretende aqui apresentar um manual de valoração econômica, mas, sim, apontar alguns aspectos metodológicos importantes para qualificar sua utilização[48]. Os métodos de valoração utilizados na AEV podem ser classificados em duas categorias: métodos da função de produção e métodos da função de demanda.

- **Função de Produção**

Os métodos da função de produção são os métodos da produtividade marginal (produção sacrificada) e de mercados de bens substitutos (custos de reposição, gastos defensivos, custos evitados e custos de controle). Nesses métodos, estima-se quanto a produção ou o custo do bem privado é afetado quando da variação de disponibilidade do serviço ou recurso ambiental.

Com base nos preços desses recursos privados, geralmente admitindo que não se alteram frente a tais variações de disponibilidade, estimam-se indiretamente os valores econômicos dos recursos ambientais cuja variação de disponibilidade está sendo analisada.

O custo (ou benefício) da variação da disponibilidade do recurso ambiental é dado pelo produto da quantidade variada do recurso vezes o seu valor econômico estimado. Esse valor econômico pode ser lucro perdido, tanto pela redução de produção como pelo aumento de custos para as empresas, ou gastos defensivos, ou perda de renda dos indivíduos. Em ambos, há uma variação do excedente do produto medido pela diferença de receita e custo de produção.

Por exemplo, a perda de nutrientes do solo causada por desflorestamento pode afetar a produtividade agrícola e, portanto, o lucro (renda líquida) de uma empresa agropecuária ou a renda do trabalho de um lavrador; ou, ainda, o aumento de sedimentação ou de contaminação numa bacia hidrográfica pode reduzir o volume de pesca e, portanto, a renda líquida dessa atividade.

Caso a provisão do insumo ambiental seja afetada significativamente, a aplicação do método deveria levar em conta os impactos nos preços de equilíbrio do bem privado que é utilizado, como bens e serviços substitutos e complementares ao insumo ambiental analisado. Todavia, na prática, dada a dificuldade de considerar essas interações, é comum admitir que tais impactos são marginais e temporários e, assim, o preço corrente não se altera. Nesta hipótese de preço de equilíbrio estável também não ocorrem variações de bem-estar pelo efeito na variação de consumo causado por variações de preços (variações do excedente do consumidor). Dessa forma, na hipótese de preços constantes, a aplicação desse método se torna bastante trivial.

48 Para manuais, ver, por exemplo, Freeman III (1993), Seroa da Motta (1998), Bateman et al. (2002) e List e Price (2013).

• **Função de Demanda**

Os métodos com base na demanda podem ser aplicados com preferências reveladas onde existe um mercado ou por preferências declaradas onde, na ausência de um mercado real, cria-se um mercado hipotético.

Uma forma simplificada, para quando há preferências reveladas, é o mercado de bens substitutos nos casos em que os impactos afetam o consumo direto do serviço ou recurso ambiental. Por exemplo, a contaminação de um rio que impede o uso da água pelas famílias gera custos de acesso a fontes alternativas. Tais custos, observáveis a preços de mercado, podem indicar uma base para os danos. Note que a simplificação, nesses casos, inclui a identificação do bem substituto e a hipótese de que os preços não variam com o dano.

Métodos de preferências reveladas menos simplificados observam mercados de bens ou serviços privados complementares ou substitutos ao recurso ambiental, tais como custo de viagem e preços hedônicos. No primeiro caso, é possível identificar a disposição a pagar dos indivíduos com uma demanda precificada pelos custos de viagem. Nos preços hedônicos, como valores de aluguel ou compra de imóveis, é possível decompor deles a disposição a pagar de um atributo ambiental. Da mesma forma, com a técnica de preços hedônicos, os valores dos salários podem ser decompostos para estimar a disposição a receber por um tipo de risco ocupacional.

Nos métodos de preferências declaradas, utilizam-se mercados hipotéticos construídos especificamente para o recurso ambiental em análise dos quais se estima diretamente a disposição a pagar frente à variação de disponibilidade do recurso ambiental, como os métodos de valoração contingente ou de escolha discreta.

Em todos os métodos, com base nessas medidas de disposição a pagar, estimam-se as variações do nível de bem-estar pelo excesso de satisfação que o consumidor obtém quando paga um preço (ou nada paga) abaixo do que estaria disposto a pagar pelo recurso. Tais variações são chamadas de variações do excedente do consumidor frente às variações de disponibilidade do recurso ambiental. O excedente do consumidor é, então, medido pela área abaixo da curva de demanda e acima da linha de preço.

Assim, o benefício (ou custo) da variação de disponibilidade do recurso ambiental será dado pela variação do excedente do consumidor medida pela função de demanda estimada para esse recurso.

Nos métodos de preferências reveladas, por exemplo, os custos de viagem que as pessoas incorrem para visitar um parque nacional podem determinar uma aproximação da disposição a pagar destas em relação aos benefícios recreativos do parque. Já no método de preços hedônicos, decompondo o valor de imóvel urbano, é possível medir como esse valor oscila por conta de variações nos seus atributos, entre eles, os associados à qualidade ambiental.

Nos métodos de preferências declaradas, essas medidas de disposição a pagar são identificadas em uma pesquisa que questiona, por exemplo, junto a uma amostra da população, valores de pagamento (por exemplo, um imposto) para investimentos ambientais em proteção da biodiversidade[49]. Como no custo de viagem e nos preços hedônicos, tal demanda é derivada de bens privados complementares, suas estimativas somente se restringem a valores de uso. Todavia, a valoração contingente ou escolha/conjunta, ao utilizar mercados hipotéticos, permite estimar qualquer tipo de valor ambiental, inclusive de opção e existência.

49 Na valoração contingente, oferece-se um pagamento único para uma determinada ação de preservação, e, na valoração de escolha, oferecem-se valores de pagamento que variam com níveis e atributos dessa ação de preservação. Na de escolha, obtêm-se mais informações e, portanto, maior eficiência das estimativas, mas a definição de níveis e atributos afeta os resultados.

3.4.2.2. Transferência de valores[50]

Embora os princípios metodológicos para valorar danos ambientais sejam comuns, a transferência de um valor de um local para outro requer cuidados metodológicos não triviais. A literatura de valoração ambiental, nesses casos, adota a metodologia de transferência de valor (TV). A TV consiste em estimar o valor econômico de um serviço ou recurso ambiental com base em estudos realizados para serviços ou recursos equivalentes existentes em outros sítios ou regiões. Em suma, a TV é uma abordagem que procura superar a falta de informações específicas de uma forma relativamente barata e rápida. Contudo, como será discutido mais adiante, nem sempre será possível validar as estimativas transferidas[51]. Metodologias de TV podem ser divididas em três tipos, a saber: Ajuste Unitário, Função de Transferência e Função Meta-Analítica. Nas três abordagens, o primeiro passo é identificar a equivalência do serviço ou recurso ambiental impactado e das perdas econômicas resultantes. Em seguida, seleciona-se a abordagem mais compatível com as informações disponíveis de estudos equivalentes com o impacto que se quer medir.

As técnicas de TV são assim formalizadas:

Ajuste Unitário: envolve ajustes indiretos e simples para as unidades de valores transferidas para refletir diferenças das características do serviço ou recurso impactado da população afetada. Assim, o ajuste de um valor de dano (Vdano) estimado para a população j para uma população i de um serviço ou recurso impactado seria:

$$Vdano_i = Vdano_j \, (Y_i/Y_j)^{\lambda} \, (C_i/C_j)$$

Onde Y é a renda per capita que, no caso de comparações internacionais, deve ser valorada pela paridade do poder de compra (PPP) e C são outros indicadores de ajustes de valor correlacionados com o nível de provisão do serviço que afetariam a magnitude do dano que se quer medir (por exemplo: população impactada, área afetada, volume de água contaminada etc.).

Já λ é a elasticidade da utilidade marginal do consumo, isto é, quanto vale para uma população uma unidade adicional de consumo, aqui adotada para ajustar pela diferença de preferências entre as populações. Ela é importante para garantir equivalência de percepções de dano, independentes da renda, que sejam diretamente associadas às preferências dos indivíduos.

Se as populações têm preferências ambientais semelhantes, então, $\lambda = 1$ e, portanto, o valor de um dano de mesma magnitude de impacto gera perdas de bem-estar iguais nas duas populações. E quanto mais importante é a questão ambiental para a população para a qual se quer transferir o valor, por conseguinte, maior a percepção de perda de bem-estar com o mesmo dano, esse parâmetro se aproxima de zero.

Função de transferência: ao invés de ajustar um valor, essa técnica se utiliza das funções de produção ou demanda estimadas por outro estudo usando técnicas, tais como produção sacrificada, custo de viagem, preços hedônicos, valoração contingente etc. Essa parametrização captura diretamente as variáveis que afetam o valor do dano, tais como a renda e as preferências dos indivíduos e as características do sítio dos serviços e recursos ambientais impactados.

50 Na ação civil pública principal em face do desastre em Mariana, emergencial e preliminarmente, apenas foi realizada uma comparação analógica com o precedente de valoração preliminar dos danos após o desastre da *British Petroleum* no Golfo do México em 2010, como base para um diagnóstico inicial e aferição de indenizações preliminares, diante de comparação analógica com similar caso paradigmático, em relação a alguns resultados, como número de mortes (bem inferior em Mariana/MG frente às vítimas letais na explosão da plataforma de exploração de petróleo no Golfo do México e extensão de águas contaminadas, ainda que fossem em águas marinhas o desastre da BP). Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/acp-samarco>. Acesso em: 22 jun. 2021.

51 Ver, por exemplo, Navrud (2004) e Seroa da Motta *et al.* (2000).

Assim, com os parâmetros (βj) dessa função de valoração estimada para a população j, estima-se um valor (Vdano) para uma população utilizando, nessa função, as magnitudes das características do dano e da população i, tal que a transferência seria:

$$Vdano_i = \alpha + \beta_{j1} S_i + \beta_{j2} U_i + \varepsilon$$

Onde S_i é um vetor de características do recurso em i (área, vazão etc.), Ui é um vetor de características da população i (renda, idade etc.) e ε é o erro estocástico que reflete variáveis omitidas (não observadas) no exercício econométrico.

Função meta-analítica: estima uma função parametrizada com base em análise estatística de um conjunto de estudos. Como a função do valor não resulta de um único estudo, e sim de vários, permite considerar a variabilidade de características do serviço ou recurso ambiental que se quer valorar e da população afetada. Assim, utilizando um painel de estudos, identifica-se uma função econométrica com parâmetros (β_k) das variáveis identificadas por tais estudos como correlacionadas ao valor do dano, tal que a função de transferência seria:

$$Vdano_i = \alpha + \beta_{k1} S_i + \beta_{k2} U_i + \beta_{k3} M_i + \varepsilon$$

Onde, S e U são, respectivamente, as características do recurso e da população afetada em i; M, as características dos estudos associados à população i ou ao recurso (ano de realização, tipo de valor econômico etc.); e ε é o erro estocástico que reflete variáveis omitidas (não observadas) no exercício econométrico.

Em que pese a simplicidade metodológica das técnicas de TV, Ready & Navrud (2006), apontam evidências da imprecisão dos métodos de transferência que podem ser assim resumidas:

1) Quando o método é de valor unitário, a faixa de erro sobe para 100-200%;

2) Transferência do estudo de uma população para outra aumenta ainda mais o nível de erro;

3) A função de transferência não parece indicar menor erro do que a transferência de valor unitário;

4) Meta-análises são mais confiáveis, com erros na faixa de 20 a 40%, mas também podem produzir erros elevados se o escopo dos atributos ambientais e a qualidade dos métodos de valoração adotados não forem similares.

Dessa forma, a literatura de TV sugere muita cautela na aplicação dessas técnicas, em particular para valor unitário e função de transferência, garantindo que as características do serviço ou recurso ambiental, do impacto ambiental e das consequências ecológicas, sociais e econômicas dos danos estimados numa situação sejam muito próximas daquelas para a qual se quer transferir tais estimativas de valores.

3.4.2.3. Análise de Equivalência de Habitat (AEH) ou Recurso (AER)

AEH e AER se baseiam na conceituação do meio ambiente como um ativo que proporciona um fluxo de serviços, e a recuperação do dano se concentra na escala de ações compensatórias necessárias para gerar serviços ou recursos equivalentes. Sua aplicação metodológica considera que o habitat ou os recursos recuperados demoram para atingir sua plenitude de serviços, o que gera uma perda interina nesse período. Assim, a compensação teria de ser maior relativamente ao dano efetivo para compensar tal perda, isto é, para gerar equivalência de serviços ou recursos.

AEH e AER são conceitual e metodologicamente iguais, mas com unidades de quantificação diferentes. Na AEH, o dano é focado em serviços de habitats, e a correção pode ser feita com a restauração natural no local impactado ou em habitat equivalente. Logo, os danos são os impactos sobre a prestação de serviços ecológicos do habitat. A AEH calcula, assim, os custos das ações necessárias para reverter esses danos.

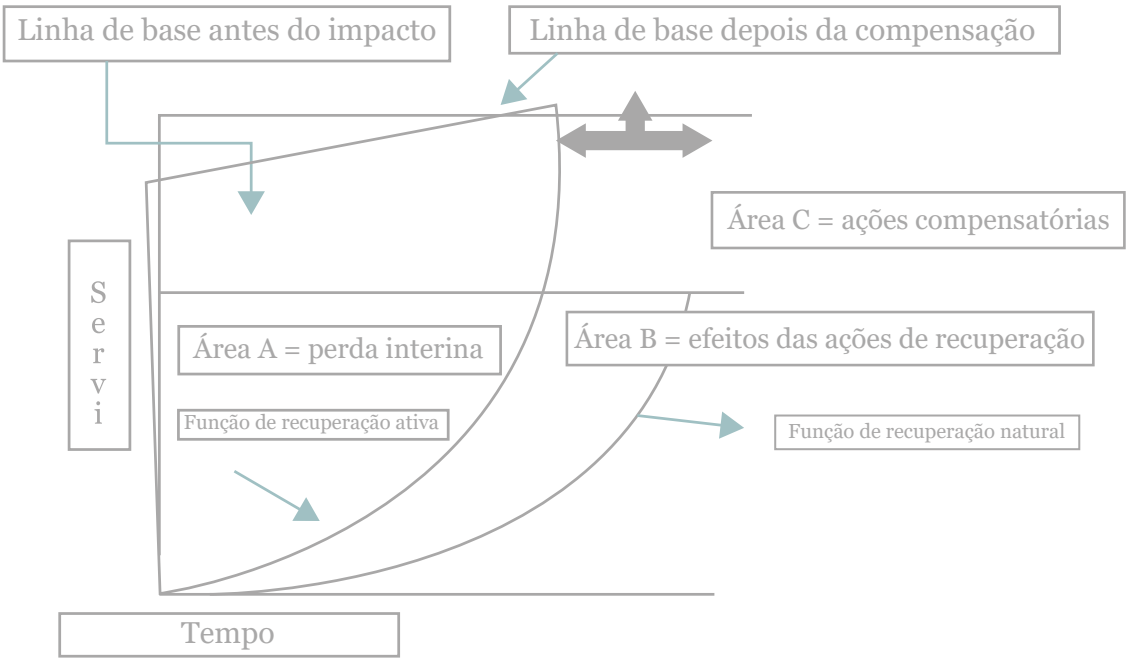
A AER, por sua vez, aplica-se aos casos em que o dano é mais apropriadamente medido em número de indivíduos perdidos, tais como aves ou peixes, que em unidades de habitat. Assim, a AER indica o custo das ações para fornecer o número equivalente de indivíduos que iria compensar o conjunto completo de serviços de uso ecológico e humano perdido no impacto daquele recurso.

Ambos permitem, consequentemente, evitar a complexidade metodológica e a interação dos dados ecológicos e econômicos (por exemplo, linhas de base com preços e quantidades afetados) da abordagem AEV.

Sua aplicação avançou na década de 1990, quando decisões judiciais nos Estados Unidos apoiaram fortemente a admissibilidade da AEH e da AER como métodos adequados para reparação compensatória desde que: (i) os serviços recuperados pertençam à função ecológica/biológica da área impactada; (ii) os projetos de compensação viáveis estejam disponíveis para fornecer serviços do mesmo tipo, qualidade e valor comparável aos que foram perdidos; e (iii) haja dados suficientes disponíveis ou que o custo de obtenção desses dados seja viável para sua aplicação. Nos Estados Unidos (EUA), esses protocolos aparecem no NRDA (*Natural Resource Damage Assessment*), do NOAA (*National Ocean and Atmospheric Administration*), e no NRDAR (*Natural Resource Damage Assessment and Restoration*), do DOI (*Department of the Interior*) (NOAA, 2000). Na Comunidade Europeia, o protocolo seria o *Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage* (REMEDEE), que adotou esses procedimentos à semelhança dos EUA (REMEDE, 2007).

Os procedimentos estimativos nas abordagens AEH e AER baseiam-se na mensuração do montante de serviços ou recursos a serem recuperados para compensar as perdas interinas. O gráfico abaixo ajuda a ilustrar esses procedimentos. Nele, observa-se que o habitat ou recurso impactado poderá se recuperar naturalmente ao longo do tempo, mas, mesmo assim, a sociedade sofreria uma perda interina até a completa recuperação natural igual as áreas A + B. Com as ações de recuperação, a perda interina se reduz para a área A. Para compensar essa área A, obrigam-se outras ações efetivas de restauração além da recuperação possível, de forma que eleva a linha de base após compensação. Isto é, como mostra o gráfico abaixo, obrigar uma recuperação de um montante maior de serviços ou recursos acima daquele que foi impactado, equivalente à área (B+C) do gráfico acima, de tal forma que a perda interina da área A seja totalmente compensada pela área B das ações de recuperação e da área C das ações de compensação.

Perda Interina e Ações Compensatórias



Fonte: Adaptado de DUNFORD, R. W.; GINNB, T. C.; DESVOUSGES, W. D. *The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessments. Ecological Economics* 48:49–70, 2004.

Nesse caso, o nível de geração de serviços ao fim do processo de recuperação e compensação ficará acima daquele observado antes do impacto. Isto é, por obrigar uma compensação maior, a sociedade se beneficiará, ao final total da recuperação e compensação, de um montante de serviços maior do que antes do impacto, equivalente à área (B+C) do gráfico acima. Em resumo, a perda interina A seria compensada pelos ganhos de serviços da área (B+C).

Todavia, nesse caso, o nível de geração de serviços ao fim do processo de recuperação ficará acima daquele observado antes do impacto. Isto é, por obrigar uma compensação maior, a sociedade se beneficiará, ao final total da recuperação, de um montante de serviços maior do que antes do impacto, equivalente à área (B+C) do gráfico acima. Em resumo, a perda interina A seria compensada pelos ganhos de serviços da área (B+C).

Para estimar exatamente a recuperação compensatória da perda interina, a literatura (DUNFORD et al., 2004; NOAA, 2000) adota a seguinte igualdade para a equivalência dos serviços ou recursos:

$$[\sum_{O,B} Vj * \sigma t * \{(bj - xtj)/ bj\}]* J = [\sum_{I,L} Vp * \sigma t * \{(xtp - bp)/ bj\}]* P$$

$$[\underbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad}_{\text{Perdas}}][\underbrace{\qquad\qquad\qquad\qquad}_{\text{Ganhos}}]$$

Onde:

t refere-se ao tempo (anos);

t = 0, ano no qual o dano ocorreu;

t = B, ano no qual o habitat ou recurso impactado recupera seus serviços em relação à linha de base;

t = C, ano no qual a recuperação se inicia;

t = I, ano no qual a recuperação começa a prestar serviços;

t = L, ano no qual a recuperação cessa de gerar serviços;

Vj = valor unitário dos serviços impactados;

Vp = valor unitário dos serviços recuperados em termos de equivalência;

xtj = nível de serviços j do habitat ou recurso impactado no final do ano t;

bj = linha de base (sem danos) dos serviços do habitat ou recurso impactado;

xtp = nível de serviços p do habitat ou recurso recuperado no final do ano t;

bp = nível inicial dos serviços j recuperados;

σt é o fator de desconto, onde σt = 1 / (1 + d) t-C, e d é a taxa de desconto social;

J é o número de serviços danificados; e

P é o número de serviços recuperados que equivalem às perdas interinas e danos residuais.

Em suma, a área impactada J, após as ações emergenciais, requereria um total de recuperação compensatória equivalente a (P). Todavia, note que a aplicação da AEH/AER exige decisões sobre questões científicas ecológicas a serem definidas antes da aplicação do método.

Primeiramente, identificar uma unidade métrica do habitat ou recurso impactado a ser expressa no indicador V que capture os serviços perdidos. Por exemplo: área de solo florestal, vazão hídrica, volume de biomassa ou carbono, indivíduos de uma espécie ou concentração de poluentes. Em segundo lugar, quando há evidências de que a recuperação não será plena em valor (qualidade ou tipo equivalente), então, como Vj será maior que Vp, caberá ao analista especificar também essa disparidade. Por exemplo, sugerindo um percentual X (menor que um) de Vj que não foi recuperado, isto é, Vp seria X% de Vj. Ademais, tal como na abordagem AEV, uma taxa de desconto deve ser também previamente determinada (ver discussão em seção específica mais adiante).

Note-se que a escolha da métrica é o passo inicial dessa metodologia de equivalência e deve considerar:

- a capacidade na garantia das características biofísicas após a recuperação;
- a oportunidade em termos de aplicabilidade das ações na área impactada e/ou fora dela;
- os benefícios no tocante à equidade em termos intra e intertemporais (perdedores e ganhadores de serviços hoje e no futuro).

Para estimar os créditos ganhos com a recuperação compensatória (P), há de se considerar quatro possibilidades, a saber:

a) Mesmo local impactado;

b) Quando *a* não é possível ou desejável, em outro local;

c) Quando *a* e *b* não são possíveis ou desejáveis, por uma compensação pecuniária equivalente;

d) Quando necessário ou desejável, por uma combinação de a, b e c.

Logo, as estimativas dos créditos com a recuperação compensatória terão de, antecipadamente, identificar uma das possibilidades acima a ser adotada.

O valor monetário da compensação ao dano será o custo total unitário de implantar as ações de compensação equivalentes estimada em P na fórmula acima.

Já esse custo unitário de cada ação seria a soma dos seguintes custos medidos por unidade da métrica adotada (por m^3, hectare etc.):

- *Custo de identificar e avaliar o dano*: inclui todos os serviços de especialistas e pesquisas de campo de avaliação do dano;
- *Custo da intervenção*: inclui os custos de planejamento e projeto de recuperação, avaliação de impacto, licenças e custos fixos e variáveis de execução;
- *Custo de monitoramento*: inclui custos de sistemas de vigilância, de acompanhamento remoto e avaliações intermediárias.

Os custos devem ser estimados pelo valor presente com a mesma taxa de desconto aplicada na estimativa de P.

Dessa forma, com os métodos de equivalência, além dos valores monetários da compensação, oferecem também um plano de compensação para cada dano avaliado.

3.4.2.4. Taxa de desconto social

Note que, nos métodos acima descritos, tanto os valores de AEV como os serviços de AEH e AER ocorrem ao longo de um período. Dessa forma, será necessário identificar esses valores no tempo, ou seja, identificar valores resultantes não somente das condições atuais, mas também das condições futuras. A prospecção das condições futuras poderá ser feita com cenários alternativos para minimizar o seu alto grau de incerteza.

Entretanto, seja qual for o cenário prospectivo, os valores futuros terão de ser descontados no tempo, isto é, calculados nos seus valores presentes utilizando um fator de desconto igual a $1/(1+d)^t$, onde d é a taxa de desconto social. Ou seja, há uma questão distributiva intertemporal na alocação de custos e benefícios. O valor presente de custos muito distantes no tempo tende a diminuir na forma exponencial com o fator de desconto e, portanto, quanto maior d, menor será o valor presente.

Essa taxa de desconto social difere daquela observada no mercado devido às imperfeições no mercado de capitais e questões de equidade com as gerações futuras. Assim, sua determinação não é trivial, embora, como discutido acima, possa afetar significativamente os resultados de uma valoração.

No contexto ambiental, a complexidade é ainda maior, e a prospecção das condições futuras apresentará um alto grau de incerteza. Mesmo com uma regulação ambiental mais efetiva, e com as inovações tecnológicas, a pressão sobre a base de recursos naturais tende a aumentar, e a escassez desses recursos será maior no futuro.

Como estimar essa escassez futura e traduzi-la em valor monetário é uma questão complexa que exige certo exercício de futurologia.

Teoricamente, a taxa de desconto carrega um componente de preferência pura no tempo que os indivíduos têm devido à sua finitude, e um componente específico relacionado às suas expectativas de consumo futuro.

Por isso, Stern (2007) iguala o componente de preferência pura no tempo a zero, por razões éticas de igualdade entre gerações, e ainda estima um custo muito baixo, 1,4%, para o custo de oportunidade do consumo futuro. Ao usar a taxa de desconto muito baixa, Stern (2007) coloca, assim, um peso muito grande sobre as gerações futuras em relação às gerações atuais. A diferença causada pela escolha da taxa de desconto é muito grande. Por exemplo, um dano que irá ocorrer daqui a cem anos trazido a valor presente pela taxa de 6% é cem vezes menor do que se descontada a taxa usada por Stern (2007), de 1,4%.

Dasgupta (2007) também critica a escolha de Stern (2007) para os dois componentes, inclusive quanto ao segundo componente que induziria, a taxas tão baixas, a níveis muito altos de poupança que nunca foram historicamente observados e, se ocorressem, levariam a níveis muito baixos de investimentos e, daí,

de crescimento, que fariam as gerações futuras mais pobres. Por outro lado, aponta evidências empíricas que demonstram que os indivíduos não descontam no tempo de forma exponencial. Ou seja, a trajetória do fator de desconto seria mais próxima de uma curva logística e, portanto, resultaria em um fator de desconto constante (por exemplo, taxas de desconto hiperbólicas) a partir de um certo momento.

Já Weitzman (2007) aponta que as magnitudes do desconto sugeridas por Stern (2007) estariam validadas em termos teóricos, não por razões outras de justiça social que seriam difíceis de arbitrar, mas, sim, porque a incerteza, por conta dos danos derivados de eventos extremos que geram assimetria de ganhos e perda. Isto é, os indivíduos nessas situações tendem a ser conservadores (efeito inércia ou da calda grossa da curva da distribuição de eventos), considerando que as perdas afetariam muito mais seu bem-estar do que os ganhos de mesma magnitude.

Há parâmetros econômicos que balizam a taxa de desconto do capital no Brasil. A taxa de remuneração da poupança no Brasil (taxa de desconto do consumo), que dá um prêmio à postergação de consumo, acima da inflação, estaria entre 2% e 3%, enquanto a que remunera os investimentos (custo de oportunidade do capital), entre 10% e 12%. Segundo o IPEA, um valor médio ponderado pelos efeitos dessas taxas no consumo e nos investimentos (elasticidades) estaria entre 8% e 10%.

Dessa forma, em casos de impactos com baixo nível de incerteza de recuperação, aconselhar-se-ia o limite superior dessas estimativas, que seria uma taxa de 8%. Quando a incerteza de recuperação dos serviços for muito alta com as ações de compensação, então, o limite inferior de 3% seria o mais aconselhável.

Quando a abordagem AEV é utilizada, o fluxo de danos monetariamente estimados é descontado no tempo e, portanto, quanto maior a taxa de desconto social, menor o valor presente do dano. Todavia, no caso dos métodos AEH e AER, o efeito do desconto no tempo é distinto porque a perda interina, equivalente ao custo da perda de serviços, ocorre muito antes dos benefícios dos ganhos das ações de compensação. Por conseguinte, quanto menor a taxa de desconto, maior o fator de desconto que aumenta os ganhos em detrimento dos custos da perda interina. Como a aplicação dos métodos AEH e AER é indicada para danos reversíveis, i.e., impactos com baixo nível de incerteza de recuperação, seria, então, mais aconselhável usar o limite superior, em torno de 8%.

Comentários finais

O conhecimento limitado sobre as relações entre as ações antrópicas e a capacidade de suporte dos ecossistemas, e como o impacto na capacidade de suporte afeta as atividades econômicas, costumam ser a principal barreira para a valoração econômica. Não valoramos o que não conhecemos. Isto porque, para estimar o efeito do dano, há de se conhecer as relações ecológicas que permitam estimar exatamente quanto foi a responsabilidade do impacto na variação da disponibilidade do serviço ambiental e como essa variação afetou o nível das atividades de produção e consumo.

Sendo assim, está claro que esse diagnóstico dos impactos físico-químicos e biológicos, e sua repercussão na base econômica, precedem a identificação e a aplicação do método de valoração dos danos ambientais.

Uma vez mensurado o impacto ambiental, inicia-se a identificação dos danos que resultam na perda de distintos valores de uso e não uso dos serviços e recursos ambientais.

A literatura indica duas abordagens para medir valores ou compensações desses danos. A análise de equivalência de valor econômico (AEV) – valor por valor – e de equivalência de serviços do habitat (AEH) – serviço por serviço – ou do recurso (AER) – recurso por recurso.

A AEV baseia-se em valores que os indivíduos e as unidades produtivas associam ao recurso ambiental. Essa abordagem requer a estimativa do valor específico de cada dimensão do dano e, portanto, além de complexa, exige base de dados e metodologia bem definidas para cada bem ou serviço ambiental, e pode custar caro e ser demorada. Logo, sua adoção deve ser justificada pela irreversibilidade do dano. Sua simplificação metodológica com técnicas de transferência de valor de um local para o outro mostra que o nível de erro das estimativas é muito alto.

Já a AEH e a AER exigem esforço na geração de indicadores ecológicos, mas com metodologia menos complexa, e devem ser preferidas toda vez que os danos possam ser remediados ou compensados. Por outro lado, dependem do conhecimento das funções de recuperação dos danos.

Cada abordagem apresentará limitações na cobertura de valores, as quais estarão quase sempre associadas ao conhecimento ecológico, ao grau de sofisticação (metodológica e de base de dados) exigido e aos efeitos dos impactos ambientais nas atividades econômicas. Ademais, a escolha da magnitude da taxa de desconto social é crucial para igualar valores ou serviços perdidos ou recuperados ao longo do tempo.

Entretanto, a prática que vem sendo adotada internacionalmente é de aplicação de AEH e AER para danos recuperáveis e AEV para perdas de bem-estar de danos irrecuperáveis ou perdas de bem-estar que transcendem a recuperação dos danos ao afetar riscos e estilos de vida que podem ser compreendidos como base de risco moral público.

Em suma, a adoção de cada abordagem e métodos dependerá da disponibilidade de dados permitida pelo conhecimento da dinâmica ecológica e da singularidade do patrimônio histórico e cultural do objeto que está sendo valorado.

Nessa situação, a regra é garantir que a valoração seja metodologicamente a mais adequada possível no balanço entre precisão da mensuração e tempo de resposta na execução da valoração de forma a garantir que os danos mais complexos e impactantes sejam valorados com aplicações metodológicas mais robustas.

Portanto, à guisa de sugestão, recomenda-se um protocolo de aplicação metodológica de acordo com o nível de complexidade do incidente e, portanto, da dimensão dos danos, diferenciando os casos de baixa e alta complexidades. A seguir descreve-se uma tipologia considerando uma configuração de atributos sociais, espaciais, ambientais e temporais.

Incidentes de Baixa Complexidade

Incidentes de Baixa Complexidade seriam aqueles que:

- Não comprometem escalas espaciais, tais como bacia hidrográfica ou aérea e bioma;
- Há possibilidade recuperação rápida inferior a, por exemplo, cinco anos;
- Não geram efeitos externos à área impactada nem impactos indiretos em comunidades não afetadas diretamente;
- Permite diagnóstico expedito dos principais impactos diretos medidos com dados existentes;

- Há conhecimento ecológico para estimativas de funções de recuperação.

Recomendação:

- Uso dos métodos de equivalência de serviços do habitat (AEH) – serviço por serviço – ou do recurso (AER) – recurso por recurso – para danos difusos ambientais e ao patrimônio histórico e cultural.
- Uso de métodos de equivalência de valor (AEV) simplificados ou com transferência de valores com meta-análise para quando o conhecimento das funções de recuperação dos métodos de equivalência ambiental não for de elaboração acessível e expedita.
- Execução das estimativas de danos no prazo pode ser de um a dois anos.

Incidentes de Alta Complexidade

Incidentes de Alta Complexidade seriam aqueles que:

- Comprometem escalas espaciais, tais como bacia hidrográfica ou aérea e bioma;
- A recuperação será longa, superior a, por exemplo, cinco anos;
- Geram efeitos externos à área impactada e impactos em comunidades não afetadas diretamente;
- Os impactos têm sinergia e devem ser tratados isoladamente e em conjunto;
- Não permite diagnóstico expedito dos principais impactos diretos medidos com dados existentes e, assim, requer um diagnóstico ambiental com pesquisa de campo e uso de modelos teóricos.

Recomendações:

- Adotar as metodologias de equivalência ambiental (AEH e ERA) para danos difusos ambientais e ao patrimônio histórico e cultural para identificar programas de recuperação e compensação, uma vez que a restauração será lenta e precisa ser continuada por vários anos.
- Aplicar metodologias não simplificadas de valoração econômica (AEV) com preferências reveladas para perdas de renda e lucros. Não usar transferência de valores.
- Aplicar metodologias de valoração econômica (AEV) com preferências declaradas para estimar outras perdas de bem-estar de toda população brasileira, incluindo também perdas associadas a sofrimento, estilo de vida e risco moral público.
- Execução das estimativas de danos no prazo pode variar de 3 a 6 anos.

Note que incidentes podem ter atributos de baixa e alta intensidades como, por exemplo, abrangência social, espacial e ambiental reduzida, mas com recuperação muito longa, ou vice-versa. Nesse caso, como mostra a experiência internacional, cabe à equipe de especialistas responsável pela valoração identificar esses atributos e justificar as escolhas metodológicas que permitam maior precisão dos danos *vis a vis* as dimensões social, espacial, ambiental e temporal.

4. O QUE VALORAR?

Em relação à proposição de métodos por tipo de mineração, faz-se necessário identificar-se, primeiramente, quais os impactos e riscos envolvidos com a atividade e quais desses, não evitados, acarretaram ou podem acarretar danos ambientais e/ou

sociais. A compreensão, a mais completa possível do inquérito civil ou do processo judicial, assim como das demandas do membro do MP em relação aos quesitos, são muito relevantes nessa etapa. Para tanto, mais que recomendável o diálogo constante entre o perito e o membro do MP, o promotor natural da causa.

4.1. Impactos da mineração

No intuito de ajudar na compreensão de ambos, membros de MP e o corpo pericial, a Tabela A.4.1, localizada no Apêndice IV, traz os impactos mais usuais por fases e por tipo de mineração e seus possíveis efeitos negativos. Apresenta-se, também, o detalhamento técnico sobre as fases de descomissionamento e sobre a gestão de resíduos, no Apêndice IV, A.4.3 e A.4.4.

Verifica-se que a Tabela A.4.1 detalha quais os possíveis impactos oriundos da atividade minerária, sobretudo no estado de Minas Gerais. Apesar de as fases e os tipos estarem juntos em colunas, é possível vislumbrar dois tipos distintos do tipo de mineração – lavra a céu aberto e lavra subterrânea. Nessa tabela procedeu-se da seguinte forma:

1) Nos títulos das colunas estão especificados os diferentes tipos/fases das atividades minerárias;

2) Nas linhas da tabela foram apresentados:

a) Item (número sequencial dos impactos apresentados na coluna b);

b) Impacto (designação genérica do impacto, abordando-se o aspecto ambiental geral impactado (flora, ar, águas superficiais e subterrâneas, fauna, antrópica externa à atividade produtiva (ruídos e ultralançamento), patrimônio cultural e natural (cavidades naturais e sítios históricos/arqueológicos, solo, paisagem);

c) Detalhamento do impacto (apresentação com maior detalhe dos eventuais tipos de impactos relacionados ao aspecto apresentado na coluna b);

d) Demais colunas (nas colunas seguintes, procurou-se assinalar com um “X”, onde é possível ocorrer o impacto detalhado na coluna c, conforme o tipo/fase da atividade da mineração).

3) Nas células: a presença de “x” significa a ocorrência do impacto.

Apêndice IV – Tabela A.4.1

4.2. A mineração e os serviços ecossistêmicos

Em relação aos possíveis impactos da mineração frente aos serviços ecossistêmicos, importa destacar a contribuição do MPSP, consistente no relatório final do GT de valoração do dano ambiental, elaborado no período de 27 de setembro de 2012 a 14 de setembro de 2014, pelo Ato PGJ 45/2012, o qual enumera tais serviços perdidos por tipo de mineração – bancada com/sem explosivo, cava, dragagem, água subterrânea, extração subterrânea, desmonte hidráulico, garimpo e cantaria – em quatro áreas temáticas: provisão, regulação, suporte e cultural.

A tabela publicada nas diretrizes de valoração do dano ambiental do MPSP, em 2014, explicita os serviços ecossistêmicos a serem internalizados na contabilidade do usuário dos bens ambientais no controle dos riscos ambientais de evitação do dano.

Serviços ecossistêmicos perdidos		Tipo de mineração								
		BE	BS	CV	DR	AS	ES	DH	GA	CA
Provisão	Alimento	x	x	x	x		x	x	x	x
	Água	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Madeira/fibras	x	x	x	x		x	x	x	x
	Compostos bioquímicos	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Material genético	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Regulação	Controle da qualidade do ar	x	x	x	x		x	x	x	x
	Controle do clima	x	x	x	x		x	x	x	x
	Controle da água	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Purificação da água e trat. de resíd.	x	x	x	x		x	x	x	x
	Controle de erosão	x	x	x	x		x	x	x	x
	Controle biológico	x	x	x	x		x	x	x	x
	Controle de doenças	x	x	x	x		x	x	x	x
	Controle de pragas	x	x	x	x		x	x	x	x
	Polinização	x	x	x	x		x	x	x	x
	Controle de desastres naturais	x	x	x	x		x	x	x	x
	Centro de evolução biológica	x	x	x	x		x	x	x	x
Suporte	Biodiversidade	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Formação de solo	x	x	x			x	x	x	x
	Produção primária	x	x	x	x		x	x	x	x
	Ciclagem de nutrientes	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Habitat de espécies endêmicas/desconhecidas	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Dispersão de sementes florestais	x	x	x	x		x	x	x	x
Culturais	Patrimônio espeleológico	x	x				x		x	x
	Valores espirituais e religiosos	x	x	x	x		x	x	x	x
	Valores estéticos	x	x	x	x		x	x	x	x
	Lazer e ecoturismo	x	x	x	x		x	x	x	x
	Educacionais	x	x	x	x		x	x	x	x

BE = Bancada com explosivo; BS = Bancada sem explosivo; CV = Cava; DR = Dragagem; AS = Água Subterrânea; ES = Extração Subterrânea; DH = Desmonte Hidráulico; GA = Garimpo e CA = Cantaria

Fonte: Relatório do MPSP de 2014, fl. 100

O foco no conceito de serviços ecossistêmicos fornece uma nova maneira para abordar o manejo do meio ambiente e para conectar natureza e sociedade em processos de avaliações, e o uso da abordagem dos serviços ecossistêmicos está se tornando dominante em todos os níveis de tomada de decisão com foco ambiental[52].O uso de serviços ecossistêmicos na avaliação de impactos fornece uma oportunidade para identificar conflitos e sinergias entre as atividades antrópicas e os ecossistemas, permitindo estabelecer diálogos e processos de negociação para aumentar os ganhos entre os beneficiários e evitar prejuízos, bem como para explorar os benefícios a longo prazo (HONRADO et al., 2013), além de revelar medidas adicionais de mitigação de impactos, especialmente os sociais, e medidas de gestão de riscos operacionais (LANDSBERG et al., 2013).

52 Parte final deste item é de autoria de Mariana Hortelani Carneseca Longo, bióloga-mestre em Conservação dos Recursos Florestais e servidora do IPT.

No entanto, observa-se que a abordagem dos serviços ecossistêmicos dentro de avaliações ambientais e de tomada de decisão introduz um novo nível de complexidade. Ainda existem muitos desafios na utilização dos serviços ecossistêmicos em avaliação de projetos, tais como: seleção dos serviços ecossistêmicos a serem avaliados; compreensão das interações entre os serviços; preferências da sociedade no que diz respeito a toda a gama de serviços; e seleção de uma escala específica para avaliação.

Pesquisas sobre interações entre múltiplos serviços ecossistêmicos e a utilização em planejamento e em tomada de decisões ainda são limitadas. Interações entre serviços ecossistêmicos ocorrem quando múltiplos serviços respondem ao mesmo agente de mudança ou quando relações entre os próprios serviços causam mudanças em um serviço específico, alterando a provisão de um segundo (BENNETT; PETERSON; GORDON, 2009). O *tradeoff* entre os serviços ecossistêmicos ocorre quando a provisão de um serviço é aumentada aos custos da redução na oferta de outro serviço, e, por outro lado, a sinergia entre os serviços ecossistêmicos acontece quando serviços são favorecidos simultaneamente.

Embora a definição de uma classificação clara do que é serviço ecossistêmico seja importante para sua utilização em ferramentas de avaliação e planejamento ambiental, outras questões também são imprescindíveis, como a definição de metas espaciais e temporais. Sendo assim, em uma análise envolvendo a abordagem de serviços ecossistêmicos, é importante considerar a questão da escala. Por escala, entende-se a dimensão física (em espaço e tempo) de fenômenos diversos e observações.

O processo de avaliação ambiental concentra-se em uma área geográfica delimitada, enquanto os serviços ecossistêmicos são fornecidos e utilizados em diferentes escalas, que podem ser muito mais amplas do que os limites considerados no processo de avaliação (GENELETTI, 2011). Os serviços ecossistêmicos são ofertados num intervalo de escalas espaciais e temporais, variando entre curto e longo prazos e entre escala local e global, o que indica que os processos ecológicos que os geram podem ocorrer em níveis distintos, tais como: abordagem global, bioma, paisagem, ecossistema, frações de ecossistemas e em nível de plantas (HEIN et al., 2006).

Ao mesmo tempo, a avaliação ambiental e a abordagem dos serviços ecossistêmicos podem afetar diferentes grupos de interesse (*stakeholders*) em vários níveis institucionais (internacional, nacional, estadual/provincial, municipal, família e individual). Sendo assim, além dos conflitos entre as escalas espacial e temporal, os problemas com as escalas ecológica e institucional reforçam a complexidade envolvida nos estudos de serviços ecossistêmicos em avaliações ambientais (GENELETTI, 2011), o que sugere que há uma necessidade premente de utilização de abordagem multiescalares. A compreensão das diferentes escalas em que os serviços ecossistêmicos operam é um passo fundamental na construção de estratégias para sua gestão (KREMEN, 2005).

Além da questão da escala, no procedimento de avaliação ambiental é essencial que o conhecimento e os valores dos grupos afetados e interessados (*stakeholders*) sejam refletidos nas várias etapas de análise. Abordar os serviços ecossistêmicos implica explorar os beneficiários desses serviços. Assim, uma grande questão é como os métodos clássicos de avaliação ambiental podem ser aprimorados para incluir os principais serviços ecossistêmicos e, ao mesmo tempo, levar em consideração os outros fatores ecológicos, socioculturais e econômicos, bem como os valores dos grupos sociais afetados e interessados (KARJALAINEN et al., 2013).

Muitos trabalhos recentes enfatizam a necessidade de se fazer uma análise holística dos serviços ecossistêmicos. Landsberg et al. (2011) desenvolveu uma ferramenta para incorporar os serviços ecossistêmicos no processo de avaliação de impacto ambiental. O método de Análise de Serviços Ecossistêmicos para Avaliação de Impactos (*ESR for IA*) reconhece explicitamente as interações causais entre o

desempenho de um projeto, o bem-estar humano e os agentes diretos e indiretos da mudança do ecossistema, e destaca a necessidade de realização de uma avaliação integrada dos impactos do projeto e da dependência desse projeto sobre os serviços ecossistêmicos, por meio do enfoque sistemático dos serviços ecossistêmicos nas diferentes fases do processo de avaliação (escopo, análise de impacto e mitigação).

Sendo assim, fica claro que a abordagem dos serviços ecossistêmicos apresenta um valor adicional às ferramentas de avaliação ambiental, focando nas estruturas e nas funções ecológicas que fornecem serviços e benefícios para o homem.

Muitos ecossistemas têm sido convertidos em outro tipo de cobertura do solo, que pode ser decorrente dos diferentes tipos de manejo ou de uso e ocupação do solo. Essa mudança influencia as propriedades, os processos e os componentes do sistema, que são a base para a provisão de serviços ecossistêmicos. Sendo assim, a conversão do uso do solo ou a alteração do tipo de manejo pode causar a mudança na oferta de serviços ecossistêmicos, não só para um serviço específico, mas para o pacote completo de bens e serviços prestados pelo ecossistema.

Considerando que bens e serviços são os benefícios para a sociedade e que seu provimento depende tanto da capacidade da paisagem em fornecer esses benefícios quanto da demanda da sociedade, um princípio implícito da sustentabilidade é que não se pode exceder a capacidade da paisagem em fornecê-los em longo prazo.

Paisagens podem hospedar diversos ecossistemas, que, por sua vez, apresentam diferentes funções com base na estrutura e nos processos ecológicos envolvidos (integridade ecológica). Consequentemente, a capacidade para fornecer um particular serviço ecossistêmico pode variar significativamente. A capacidade individual do ecossistema para prover serviços está fortemente ligada às condições naturais, ou seja, cobertura natural do solo, hidrologia, características do solo, fauna, clima, topografia, entre outros, e aos impactos humanos, principalmente o uso e a ocupação do solo, além das emissões e outras fontes de poluição (BURKHARD et al., 2012).

Uma das dificuldades na aplicação do conceito de serviços ecossistêmicos em nível da paisagem é a ausência de dados adequados para a avaliação e quantificação dos serviços, já que muitos estudos estão focados em avaliações globais, que fornecem informações valiosas, mas não são diretamente aplicáveis para a tomada de decisão regional ou local.

Como os serviços ecossistêmicos podem ser difíceis de medir diretamente, pesquisadores tendem a utilizar o uso e a ocupação do solo como indicador indireto para a prestação de serviços, e esses estudos geralmente assumem uma relação linear entre a estrutura dos ecossistemas presentes na paisagem e na prestação de serviços. Braat et al. (2008) sugeriram um modelo simplificado de associação entre os serviços ecossistêmicos ofertados e o grau de perda da biodiversidade com os diferentes níveis de intensidade de uso e manejo do solo, em que quanto maior o grau de intensidade no uso do solo, menor é o potencial da paisagem em prover serviços ecossistêmicos.

Alguns autores desenvolveram ferramentas de modelagem envolvendo funções da paisagem com o intuito de avaliar as capacidades das diferentes paisagens na prestação de serviços ecossistêmicos. Burkhard et al. (2009) e Kienast et al. (2009) utilizaram opiniões de diversos pesquisadores e especialistas para relacionar os variados aspectos das diferentes classes de uso e ocupação do solo com o potencial de gerar serviços ecossistêmicos. No entanto, cada estudo foi desenvolvido em diferentes níveis de escala, sendo que o primeiro esteve mais focado na escala regional, enquanto o segundo realizou uma avaliação global.

Nesse contexto de avaliação, o estudo realizado por Longo (2014) demonstra a relação entre o uso e a ocupação do solo com o potencial de fornecimento de serviços ecossistêmicos em uma paisagem associada às atividades minerárias. O estudo

esteve sustentado sob a seguinte questão: "Como a mudança de uso e ocupação do solo decorrente da atividade minerária interfere na oferta local de serviços ecossistêmicos?". As hipóteses que nortearam o estudo foram: (i) a mineração, ao longo de sua operação, interfere na dinâmica local das funções ecológicas e, portanto, reduz a oferta de serviços ecossistêmicos; (ii) a implantação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD) aumenta a oferta local de serviços ecossistêmicos. Para isso, este estudo propôs uma metodologia para atender a três objetivos: (1) identificar os serviços ecossistêmicos potenciais associados à área de estudo; (2) caracterizar o potencial das diferentes classes de uso e ocupação do solo presentes na área de estudo em fornecer os serviços ecossistêmicos; (3) analisar as diferenças na oferta local de serviços ecossistêmicos ao longo do desenvolvimento da atividade minerária. Para ilustrar a aplicação do método, o estudo foi conduzido no Complexo Mineroquímico, em Cajati/SP. O método de análise foi fundamentado em um modelo de avaliação não monetária com base em padrões das atividades humanas ao longo do tempo e do espaço, bem como na capacidade de diferentes classes de uso do solo em fornecer serviços ecossistêmicos.

Foram selecionados 27 serviços ecossistêmicos com potencial de serem ofertados localmente pela paisagem, agrupados em quatro categorias: suporte (integridade ecológica), regulação, provisão e cultural, e foram analisados sete cenários da composição da paisagem (1962, 1973, 1981, 1997, 2009, Final – 2036, após PRAD).

O quadro a seguir apresenta a matriz de correlação dos impactos ambientais decorrentes da extração mineral e atividades vinculadas com os serviços ecossistêmicos potenciais identificados na paisagem. Essa matriz serviu de base para a elaboração de outra matriz que apresenta a significância relativa da ocorrência de um impacto interferir na dinâmica das funções ecológicas e, portanto, no fornecimento de serviços ecossistêmicos.

Essa concepção ampliada do conceito de impacto para além do previsto na Resolução CONAMA 1/1986 está normatizada na NBR 14.5653-1 e na NBR 14653-4 sobre valoração do dano ambiental, definindo-se impacto ambiental como

> qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.

É relevante destacar que a definição rigorosa de serviços ecossistêmicos no art. 2 da Lei nº 14.119/21 evidencia os elos existentes entre esses serviços ecossistêmicos e a valoração econômica do meio ambiente. Os serviços de provisão e culturais compõem o Valor de Uso Direto da fórmula do VET/VERA já apresentado neste Capítulo. Por sua vez, os serviços de suporte e de regulação são os componentes usuais do Valor de Uso Indireto do VET/VERA. O tratamento à dimensão temporal (Valor de Opção), às incertezas do conhecimento atual (Valor de Quase Opção) e à existência é o usualmente dado em exercícios de valoração econômica ambiental. Por fim, a definição de serviços ecossistêmicos na Lei nº 14.119/21 reforça os cuidados na aplicação de procedimentos de transferência de valor e de habitat equivalente, conforme enfatizado neste Capítulo, seção 3.

IMPACTOS (*) impactos positivos	SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS																									
	Suporte				Regulação															Provisão					Cultural			
	S1 . Manutenção da produtividade natural do solo	S2 . Manutenção da produção primária dos ecossistemas	S3. Manutenção da diversidade biológica e genética	S4. Capacidade de armazenamento	R1. Manutenção de clima global favorável	R2. Manutenção da qualidade do ar	R3. Influência favorável no clima local	R4. Prevenção contra eventos extremos	R5. Manutenção da drenagem, irrigação e precipitação natural	R6. Controle de erosão e estabilização de sedimentos	R7. Manutenção da qualidade da água	R8. Filtro de partículas de pó	R9. Atenuação da poluição sonora	R10. Manutenção da polinização de plantas	R11. Manutenção da regeneração natural de espécies	R12. Controle de pestes e vetores de doenças	R13. Redução de herbivoria (dano em culturas)	P1. Provisão de água para consumo	P2. Provisão de alimentos silvestres	P3. Provisão de alimentos cultivados	P4. Provisão de recursos genéticos	P5. Provisão de recursos para usos bioquímicos e medicinais	P6. Provisão de recursos como matéria-prima	C1. Informação estética (apreciação da natureza)	C2. Recreação	C3. Valores culturais, espirituais e religiosos	C4. Valores educacionais e científicos
Aceleração de processos erosivos	1	1		2				2	2	2	1							1					1	1	1		
Afugentamento de fauna (incluindo espécies ameaçadas)			2											2	1	1	2		1	1			1	2	1	1	2
Alteração da morfologia do terreno	1	1		2				1	2	1			1					1					2	1	1	1	
Alteração da qualidade das águas auperficiais		2	1								2					1		2	1	1			1	1	1	1	1
Alteração da qualidade das águas subterrâneas		1									2							2									
Alteração da qualidade do ar						2						2												2	2	2	1
Alteração da qualidade do solo	2	2	1								2								2	2			2		1	1	1
Alteração do nível e fluxo das águas subterrâneas				2				2	2									2									
Alteração do regime hidrológico		1	2				1	2	2		1					1		2	2	2			2	1	2	1	
Alterações de microclima						1	2																	1	1		
Alterações de uso do solo	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1								1	1	1			2	1	1	1	1
Alterações na disponibilidade hídrica		1	2				1	2	2		1					1		2	2	2			2	1	2	1	
Composição de estoques de materiais passíveis de aproveitamento futuro *				2																							
Conflitos de interesses																											
Criação de habitats aquáticos *			2	1				1	1		1								1					1	1	1	1
Criação de habitats terrestres *			2	2										1	1	1	1		2	2	1	1	2	1	1	1	2
Danos a propriedades vizinhas																											
Deslocamento de pessoas																											
Especulação imobiliária																											
Eutrofização de drenagens			1								2					1		2	1	1			1	1	1	1	1
Ganho de área de mata nativa *	2	2	2		1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1		2	1	2	2	2	2	1	1	2
Incômodo e desconforto aos vizinhos																									1	2	1
Manutenção da arrecadação tributária *																											
Manutenção da nível de renda local *																											
Perda de área de mata nativa	2	2	2		1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1		2	1	2	2	2	2	1	1	2
Perda de espécimes da fauna			2											2	1	1	2		1	1			1	2	1	1	2
Perda de habitats aquáticos			2													1			2	2			1	1	1	1	2
Perda de habitats terrestres			2	2										1	1	1	1		2	2	1	1	2	1	1	1	2
Redução da arrecadação tributária																											
Redução das reservas de recursos naturais não renováveis				1																			2			1	
Redução do nível de renda local																											
Risco de acidentes																											

Matriz: Correlação entre os impactos ambientais decorrentes da extração mineral e atividades vinculadas, e os serviços ecossistêmicos potenciais identificados na paisagem. 0 (nulo) = não apresenta relação relevante; 1 = apresenta relação indireta; 2 = apresenta relação direta. Fonte: Serviços ecossistêmicos e a atividade minerária: um estudo de caso no Vale do Ribeira, SP - Longo (2014).

Obs. 1: Os impactos identificados foram classificados de acordo com seu caráter, que pode ser positivo, quando tende a acarretar melhoria na qualidade do meio ambiente, ou negativo, quando tende a acarretar declínio da qualidade do meio ambiente;

Obs. 2: Para a classificação e a avaliação da significância dos impactos ambientais, foram consideradas as fases de operação e a futura desativação do Complexo Mineroquímico da Vale Fertilizantes, em Cajati. Como na desativação estava prevista a recuperação de áreas degradadas (PRAD), alguns impactos positivos estão associados a esses cenários. Na avaliação completa, em geral, esses impactos positivos são de menor significância, visto que os cenários resultantes do PRAD apresentam funções ecológicas "inferiores", ou seja, qualidade ambiental menor que a área original que foi degradada.

4.3. Indicação de métodos da valoração por impactos da mineração[53]

Não há que se cogitar em indenizações apenas quando os danos já eclodiram, porquanto o direito ambiental, norteado pelo princípio da prevenção e da precaução, visa à proteção do meio ambiente e dos serviços ecossistêmicos antes de consumada a lesão. Isso fica muito evidente em relação ao meio ambiente, à saúde ambiental e à sadia qualidade de vida, quando o dano é irreparável e quando a conduta lesiva ou o impacto teriam deixado de existir pelo risco controlado ou mesmo por alguma forma de compensação.

Com efeito, consoante Vera Jucovsky (2000, p. 50):

> Há duas formas de reparação do dano ambiental. A primeira, a tentativa de recuperação ambiental, com a paralisação da causa de degradação, tanto que a Constituição determina que o explorador de recursos minerais deve recuperar o meio ambiente lesado, de acordo com a solução técnica do órgão público competente e conforma lei (art. 225, § 2º, da CF). Mas, se a restauração ecológica não pode ser realizada, cabe a segunda forma de reparação, a indenização.

Após a visualização dos principais impactos da mineração, bem como sua afetação nos serviços ecossistêmicos, torna-se essencial verificar quais desses impactos propiciariam danos ambientais e danos sociais. Somente após, devem ser enumerados os quesitos essenciais a serem solicitados, bem como identificado o melhor método possível para devida aplicação da valoração ambiental. A Tabela A.4.2, localizada no Apêndice IV, é exemplificativa de alguns impactos e danos em mineração, com indicação de alguns quesitos. Os impactos estão considerados por cada fase da atividade de mineração, desde a pesquisa minerária até depois do descomissionamento, já que permanece a responsabilidade pela gestão de resíduos que vai além do fechamento, com respectivos planos, avaliação de riscos e contínuos monitoramento e gerenciamento de riscos.[54] Além dos quesitos listados na Tabela A.4.2, outros foram listados por situação e em caso concreto, como poluição hídrica pela mineração, por atividades carboníferas como sugestão quando da necessidade de se requisitar dados e informações (Apêndice IV, após a citada tabela). Ainda, deve-se atentar quanto à existência de outras publicações de outros MPs Estaduais e do MPF, conforme Anexo VI e seguintes.

Ainda em relação aos quesitos, faz-se necessário apontar quais métodos são utilizados para respondê-los. A resposta a todos os quesitos deve apresentar explicitamente uma descrição dos métodos utilizados. Tais métodos devem preferencialmente estar baseados em normas nacionais ou internacionais validadas e acreditadas por órgãos vinculados ao Fórum Internacional de Acreditação (IAF),

53 Seção elaborada por Romana Coêlho de Araujo e Reinaldo Paulino Pimenta, revisto por Sandra Kishi.

54 Esta Tabela A.4.2, localizada no Apêndice IV, foi elaborada por Reinaldo Paulino Pimenta, analista do Ministério Público de Minas Gerais e engenheiro de minas, MPMG; por Romana Araújo, assessora econômica 6ª CCR/PGR/MPF; por Sidnei Zomer, analista do MPU e perito em Geologia, SPEEA/MPF; por Soraia Knez, assessora técnica especializada, bióloga e especialista em gestão ambiental, MPPA; e pelo pesquisador colaborador do SG-Mineração de Valoração do Dano Ambiental Marcelo Lima, do Instituto Evandro Chagas.

nos campos de sistemas de gestão, produtos, serviços, pessoal e outros programas similares de avaliação de conformidade. Deve, também, ser contemplada a Cooperação Internacional de Acreditação de Laboratórios (ILAC), no campo de laboratório e inspeção, acreditação. Caso não existam métodos e procedimentos devidamente acreditados para a produção das respostas solicitadas, devem ser utilizados os decorrentes de citações em artigos científicos ou livros técnicos especializados, de modo a permitir a avaliação dos métodos empregados num ambiente cientificamente rigoroso.

Se, não obstante, não houver normas ou artigos científicos disponíveis para a escolha dos métodos, cabe ao responsável pela resposta aos quesitos apresentar, juntamente à sua descrição de procedimentos, os sistemas empregados para a validação dos resultados obtidos. Cabe notar que é aconselhável que os métodos empregados estejam devidamente balizados por critérios estatisticamente válidos de medição de erros, ou seja: de incertezas estatísticas, no caso de respostas a quesitos quantitativos e de sensibilidade e especificidade no caso de respostas a quesitos qualitativos binários (aqueles que aceitam respostas do tipo sim ou não).

Em casos excepcionais, mediante justificativa tecnicamente embasada da impossibilidade em desenvolver procedimentos com faixas de erro mensuradas no prazo adequado, esse aspecto metodológico de medição dos erros pode ser adiado. Haverá, no entanto, a necessidade de acordo de desenvolvimento de tais métodos (por meios próprios ou contratados junto às empresas especializadas, universidades ou institutos de pesquisa) com cronograma de desenvolvimento apresentado acrescido de justificativa(s). Posteriormente, far-se-á necessário o reenvio da resposta aos quesitos formulados sem a determinação dos erros estatísticos, tão logo tenham sido desenvolvidos os métodos de determinação dos erros.

Em relação à indicação de métodos para se valorar cada dano ambiental e social, deve-se verificar que tal escolha dependerá de outras variáveis, como abordado na seção 3. A título exemplificativo, citam-se algumas situações para devida escolha dos procedimentos e métodos de valoração econômica ambiental para alguns dos impactos listados na Tabela A.4.2. Ademais, recomenda-se a leitura da seção 3, item 3.3.4:

Supressão de vegetação (cobertura vegetal):

- Se for medir apenas a perda de renda dos indivíduos e empresas com uso do recurso florestal: usar o método da produção sacrificada.
- Se não há dados para custo de viagem e valoração contingente: usar método de transferência de valores por meta-análise.
- Se o dano afetar recreação: considerar, caso as informações de uso sejam disponíveis, o método de custo de viagem.
- Se incluir valor de opção ou valor de não uso: usar a valoração contingente.

Com base nas informações física, química e biótica disponibilizadas pelos laudos técnicos realizados quando da ocorrência do dano, é possível desenvolver as etapas indicadas na literatura especializada para o MCR, ou seu equivalente MCS. O MCR permite estimar o valor da perda derivada da retirada da cobertura vegetal (em termos da sua reposição). O MCS fornece estimativas dos custos incorridos para obter substitutos (perfeitos) dos elementos da cobertura vegetal e da biodiversidade perdidos por causa do dano. Importa não esquecer de explicitar a dimensão temporal (número de meses/anos) necessária para a reposição/recuperação de gastos necessários com a substituição.

Impactos qualitativos/quantitativos em águas superficiais e subterrâneas

Com base nas informações disponíveis nos laudos, estimativas monetárias do valor do dano causado podem ser obtidas com procedimentos de: MDR, MCR e MCE. O MDR permite relacionar doses da contaminação dos recursos hídricos sobre lavouras, pecuária e saúde humana. Para isso, é essencial que funções físicas existam relacionando quantidade/qualidade da água com lavouras (função estimada na veterinária) e com a saúde humana (na medicina). Havendo essas funções físicas, a escolha da função econômica não será tarefa complexa. O MCR é recomendável para estimar os gastos necessários para recuperação (descontaminação) do recurso hídrico a condições próximas às existentes antes do dano. O MCE explicita procedimentos para refletir gastos realizados pela população, pelas empresas e/ou autoridades públicas para evitar/prevenir que efeitos negativos da redução da quantidade/qualidade da água afetasse negativamente o bem-estar da população atingida.

Vibração, ruídos e ultralançamentos

Os efeitos derivados do dano ambiental causado pela atividade mineral manifestam-se, em geral, via mudanças na saúde humana e animal, e na quantidade e qualidade de atividades produtivas. A dimensão econômica desses efeitos pode, de acordo com diversos estudos empíricos, ser estimada pelo MDR, com as exigências desse método já assinaladas acima. Gastos realizados para minimizar os efeitos negativos da poluição (sonora e do ar) e da erosão devem ser computados, também, a seus preços correntes ou em mercados. Isso é a base do MCE. Processos erosivos, além de perdas de produção (já estimados pelo MDR), também causam assoreamento de cursos de água. A correção desse problema envolve gastos significativos e podem ser estimados com base na lógica do MCR. A perda (temporária ou permanente) da capacidade produtiva de áreas destinadas a atividades agropecuárias pode ser estimada em termos econômicos por meio do MCO.

Emissões atmosféricas

De maneira análoga ao assinalado no impacto anterior, o uso dos procedimentos dos três métodos de valoração econômica permite a estimativa monetária desses danos. Assim: **MDR** – relações físicas entre poluição e a saúde humana/animal/vegetal e entre poluição e quantidade/qualidade de produção são combinadas com funções financeiras/econômicas para gerar estimativas monetárias; **MCR** – gastos com limpeza e/ou recuperação de elementos físicos alterados pela poluição ou decorrente do dano ambiental de mineração; **MCE** – gastos efetuados para minimizar os efeitos negativos da poluição são estimativas a serem contempladas no valor econômico final; **MCO** – perda da capacidade produtiva refletida em renda sacrificada ao longo do tempo.

Impacto visual

Danos ambientais da atividade mineral sobre a paisagem, a cobertura vegetal e a biodiversidade biológica já foram destacados nos impactos analisados anteriormente, assim como foram indicados os métodos de valoração econômica plausível. Para evitar repetições, cabe assinalar que a escolha dos métodos disponíveis na literatura econômica ambiental (MVC, MCV, MPH, MDR, MCRs, MCE e MCO) são úteis para valorar danos à paisagem, à cobertura vegetal e à diversidade biológica. A disponibilidade de recursos (financeiros, humanos, materiais e de tempo), a dimensão do dano, a quantidade e a qualidade das informações físicas/biológicas/químicas nos laudos são os principais aspectos – além das características de cada método – a

serem considerados quando da seleção do(s) método(s) que será(serão) aplicado(s) na valoração econômica do dano ambiental.

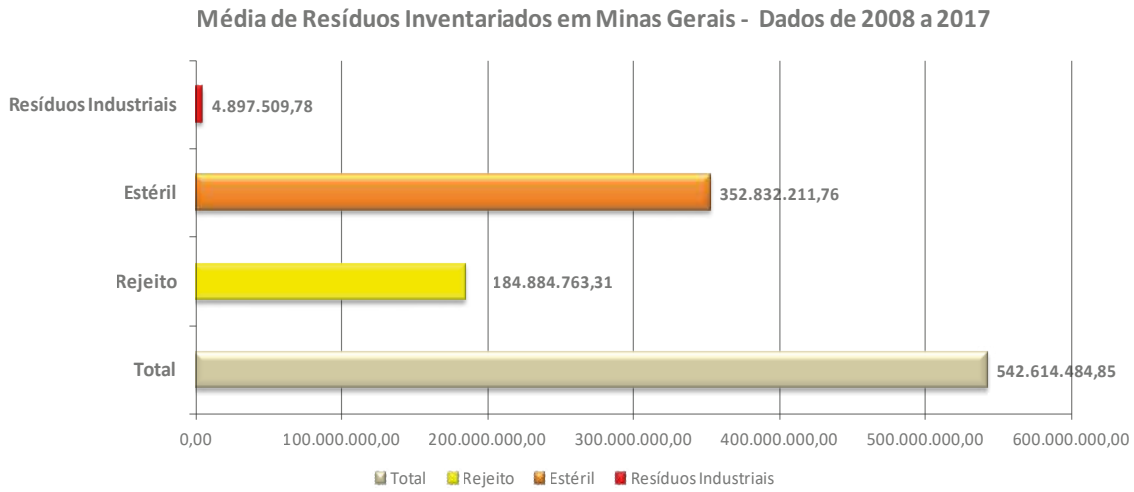
Em relação à mineração, a gestão (geração, tratamento e destinação) de resíduos sólidos deve se caracterizar como uma das grandes preocupações de empreendimentos minerários, principalmente se entendermos a diversidade e os significantes volumes de resíduos gerados por suas atividades.

Ao considerarmos que, em termos operacionais, empreendimentos minerários podem ser caracterizados pela execução simultânea e/ou sequencial de atividades potencialmente poluidoras, há de se entender que as diversas operações realizadas na mineração são geradoras de diferentes tipos e volumes de resíduos, que devem ser adequadamente manuseados e devidamente destinados.

Ao analisarmos os dados quantitativos referentes à produção de resíduos sólidos na mineração, observa-se que há uma grande disparidade volumétrica na produção de material estéril e rejeitos, em relação aos outros tipos de resíduos produzidos (resíduos industriais).

Como exemplo, o gráfico apresentado a seguir mostra o volume de resíduos sólidos produzidos pela atividade minerária em Minas Gerais no período de 2008 a 2017:

Figura 1 – Gráfico com a média, entre 2008 e 2017, de resíduos sólidos da mineração inventariados anualmente, conforme a tipologia do resíduo



Fonte: Inventário de Resíduos Sólidos da Mineração – 2008 a 2017[55]

Com relação à destinação dos resíduos, pela análise dos dados referentes à produção de resíduos sólidos na mineração em Minas Gerais, as informações inventariadas pela Fundação Estadual de Meio Ambiente do Estado (FEAM) apontam que o principal destino do material estéril gerado é a estrutura denominada Pilha de Disposição de Estéril (PDE). Já os rejeitos são destinados principalmente às Barragens de Contenção de Rejeitos. Com relação aos resíduos industriais, devido à sua diversidade, tais subprodutos têm destinações diversas (reciclagem e reutilização, aterros industriais, aterros sanitários, sucateiros, coprocessamento em fornos de cimento etc.).

Especificamente em relação à construção de Pilhas de Disposição de Estéril e Barragens de Disposição de Rejeitos, existe um arcabouço legislativo e técnico (NRM

55 Disponível em: <http://www.feam.br/biblioteca/residuos>. Acesso em: 14 maio 2021.

19, Normas Técnicas ABNT NBR 13.028:2017 e NBR 13.029:2017) que busca orientar os profissionais da área sobre a elaboração de projetos, construção, monitoramento e desativação de estruturas dessa natureza.

Atualmente, um dos grandes desafios da indústria mineral refere-se à utilização de tecnologias que permitam a reutilização, a reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos sólidos gerados, bem como a destinação ambientalmente adequada dos resíduos gerados, tal como disposto nos objetivos da Política Nacional de Sólidos (PNRS). No entanto, ao considerarmos o volume de resíduos gerados pela atividade e as perspectivas futuras de produção mineral, é possível imaginar que esse será um desafio difícil de alcançar rapidamente.

Outros desafios para a valoração do dano no descomissionamento de um empreendimento minerário referem-se à definição de quando e como a área impactada pode ser considerada efetivamente recuperada.

Afinal, como o local impactado pelas atividades de mineração (extração, beneficiamento, disposição de estéreis e rejeitos e demais áreas destinadas às operações auxiliares) poderia ser caracterizado por meio de valores de parâmetros físicos, químicos, biológicos e sociais como ambientalmente sustentável.

Atualmente, a definição de um cenário pós-operação de uma mina com impactos ambientais mínimos ou inexistentes tem se tornado uma preocupação mundial, não sendo diferente em um país como o Brasil, onde a atividade de mineração exerce importantíssimo papel econômico.

Com isso, surge a necessidade de planejamento de empreendimentos minerários, que contemplem, desde sua concepção, o encerramento de suas atividades, prevendo a devolução da área outrora impactada, ambiental e socialmente integrada de forma sustentável à sociedade.

A Resolução ANM nº 68, de 30 de abril de 2021, apresentou novas regras referentes ao Plano de Fechamento de Mina (PFM).[56] Com relação aos impactos ambientais decorrentes da etapa de Fechamento de Mina, Taveira (2003) apresenta os principais impactos ambientais associados aos meios físico, biótico e antrópico sob aspectos que se encontram dispostos na Tabela A.4.2, no Apêndice IV, de impactos por fases, métodos de valoração aplicáveis e sugestão de quesitos.

Nesse contexto, surge a necessitade de se ressaltar a ampliação da magnitude dos efeitos decorrentes de impactos ambientais relacionados aos meios físico e biótico associada ao abandono do empreendimento minerário e à consequente ausência de implantação de medidas de mitigação e controle dos impactos relacionados à fase de desativação de um empreendimento mineiro.[57] Percebe-se que, dos danos abordados na Tabela A.4.2, alguns poderão utilizar-se da valoração econômica para quantificar, em cifras monetárias, a perda sofrida pelo ambiente e pela comunidade. Enquanto, para outros danos, a valoração não terá êxito, pois ela não conseguirá capturar todos os valores de uso e de não uso do método VET ou VERA. Faz-se necessário vislumbrar uma interface da Economia com a Antropologia. Mesmo utilizando o método de valoração contingente, que expressa a disposição da comunidade em receber compensações (DAC) por conviver ou suportar um dano ambiental, o valor traduzido por um profissional da sociedade de mercado, em uma quantia monetária, pode não ser o mesmo que a comunidade desejaria receber. Isso porque envolve sociedades diferentes, valores diferentes e sentimentos individual e coletivo de perdas distintas. Ou seja, o valor de uma cultura nem sempre é retratado fielmente em outra. Dessa forma, o resultado de uma valoração econômica poderia ser direcionado

56 A Resolução ANM 68/2021, de 4 de maio de 2021 revogou as Normas Reguladoras da Mineração nº 20.4 e nº 20.5, aprovadas pela Portaria DNPM nº 237, de 18 de outubro de 2001.

57 Contribuições de Reinaldo Paulino Pimenta, engenheiro de minas e analista pericial do Ministério Público de Minas Gerais.

ao montante de uma indenização, mas esta pode não representar a total da lesão sofrida pela comunidade, uma vez que a noção de valor difere.[58] Por fim, percebe-se que é uma perigosa simplificação reduzir o instrumento econômico de valoração de dano ambiental e dano social a uma fórmula prévia. A fórmula dificilmente refletirá qualquer ambiente natural específico e não capturará todos os valores que compõem o valor econômico total, seja em seu valor de uso direto ou indireto. Ou seja, a fórmula é uma tentativa de simplificar a realidade. Parece adequado que o Ministério Público brasileiro inicie as tratativas de valoração econômica, exercitando o seguinte procedimento para a utilização dos métodos da valoração econômica do dano ambiental e social, consoante Araújo (2011, p. 162, com adaptação ao presente texto):

1) identificar e distinguir o valor econômico total (VET) conforme o Quadro Conceitual 3.3;

2) realizar ou contratar o estudo de valoração econômica do meio ambiente;

3) buscar a estimativa do dano ambiental total mediante utilização dos métodos de valoração econômica, conforme aqueles apresentados no Quadro Conceitual 3.4 – Métodos de Valoração Equivalentes, na seção 3 deste Capítulo.

Em relação aos impactos do garimpo ilegal de ouro, o MPF sentiu a necessidade de calcular os indicadores mínimos de impactos dessa atividade por meio de uma calculadora. Isso em virtude da ausência de dados e informações completos e necessários para a utilização do instrumento econômico da valoração econômica de danos ambientais e sociais. Cite-se outrossim a calculadora de impactos socioambientais do garimpo, desenvolvida pela Secretaria de Perícia, Pesquisa e Análise (SPPEA/PGR) e pela Conservação Estratégia (CSF-Brasil): calculadora.conservation-strategy.org

O Ministério Público Federal (MPF) e a organização não governamental Conservação Estratégica (CSF-Brasil) lançaram a "Calculadora de Impactos de Garimpo Ilegal de Ouro". A nova ferramenta encontra-se disponível em uma plataforma on-line aberta ao público. A ferramenta digital possibilita o cálculo dos danos socioambientais gerados pela extração ilegal de ouro na Amazônia, a partir da combinação de critérios como quantidade de ouro extraída, tipo de garimpo utilizado, local da extração, área afetada, entre outros indicadores.[59] A respeito da temática do garimpo ilegal do ouro na Amazônia, anote-se o *Manual sobre Mineração Ilegal de Ouro na Amazônia:* Marcos Jurídicos e Questões Controversas, da 4ª Câmara de Coordenação e Revisão do Ministério Público Federal– Série Manuais de Atuação, o qual, juntamente a diversos outros manuais, guias e roteiros de valoração do dano ambiental elaborados no âmbito do Ministério Público brasileiro, encontram-se disponíveis no Anexo V deste Capítulo.

5. PROTOCOLOS DE MEDIDAS DIANTE DE UM DANO AMBIENTAL NA MINERAÇÃO[60]

Diante da existência de um dano ambiental e social na mineração, faz-se necessário certas providências que, muitas vezes, a magnitude do ocorrido e a escassez do tempo acarretam esquecimentos que posteriormente podem prejudicar a valoração econômica. Portanto, esta seção tem o intuito de apenas indicar providências mínimas e necessárias que devem ser adotadas pelo membro do Ministério Público para que

58 Conforme Parecer nº 47/2009, 6ª CCR/MPF, Romana Araujo (com modificação). Ação Cautelar 2009.38.06.001.018-9.

59 Mais informações sobre a calculadora de valoração dos impactos e riscos do garimpo ilegal de ouro na Amazônia podem ser conferidas no webinar do SPPEA/PGR-MPF e CSF de seu lançamento em junho de 2021, disponível em: <http://bit.ly/2SKKQnd>.

60 Seção de autoria de Sandra Akemi Shimada Kishi, procuradora da República, PRR 3ª Região, e Romana Coêlho de Araujo, assessora econômica, 6ª CCR/MPF.

os métodos de valoração econômica ambiental possam ser aplicados da forma mais completa possível.

Os diversos estudos de valoração existentes demonstram que valorar não se trata apenas de responder quesitos. A intercomunicação entre os membros do MP brasileiro e os peritos do MP deve ser qualitativamente uma troca de demandas, ideias e expectativas. Não há de se resumir à formalidade de selecionar perguntas e aguardar respostas. Preliminarmente, deve-se definir quais as áreas e disciplinas a serem envolvidas para estruturar minimamente uma equipe multidisciplinar. As partes devem se comunicar e relatar suas impressões acerca do ocorrido, do local, da afetação em uma comunidade e ambiente, e sobretudo conhecer qual o alcance das disciplinas presentes e suas possíveis contribuições.

No âmbito da perícia de crimes ambientais, extrai-se que o dano ambiental é composto pela parcela ilegalmente apropriada do bem ambiental para a atividade privada acrescido da parcela correspondente à lesão causada ao meio ambiente, bem de uso coletivo, derivada dessa apropriação (MAGLIANO, 2013).

Nesse cenário, a lei reconhece a importância da valoração econômica na reparação dos danos causados, por meio da condenação dos responsáveis pelos danos causados ao meio ambiente. No entanto, a ausência de conhecimento sobre métodos e procedimentos de valoração no meio forense tem acarretado avaliações imprecisas ou a omissão da análise econômica de danos ambientais (MAGLIANO, 2013).

Diante desse quadro, torna-se necessário o conhecimento sobre os métodos de valoração, assim como a aplicabilidade na perícia criminal. Nesse contexto, a valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente deverá considerar o método mais adequado, ou seja, o que garanta uma estimativa plausível, cientificamente fundamentada e exequível para a apuração de crimes ambientais (MAGLIANO, 2013).

Além dos cuidados em identificar e computar os danos ambientais, é essencial verificar as afetações causadas ao meio social pelas variações ambientais ocorridas. Normalmente, o **dano social** não é valorado economicamente, pois a verificação dos impactos se dá usualmente nos meios físico e biológico, sem estender tais modificações ambientais na rotina das pessoas. Adiciona-se que a proximidade com essas populações atingidas pelas atividades minerárias requer um cuidado maior tanto ao contatá-las como para compreender seu modo de vida e necessidades. Esse exercício não é de fácil compreensão, sobretudo porque o método indicado – método da valoração contingente – é o de maior complexidade e de maior exigência técnica para sua aplicação, o que, usualmente, afasta seu cálculo na Economia, com consequente repasse ao Direito, para serem arbitrados e considerados apenas no dano moral.

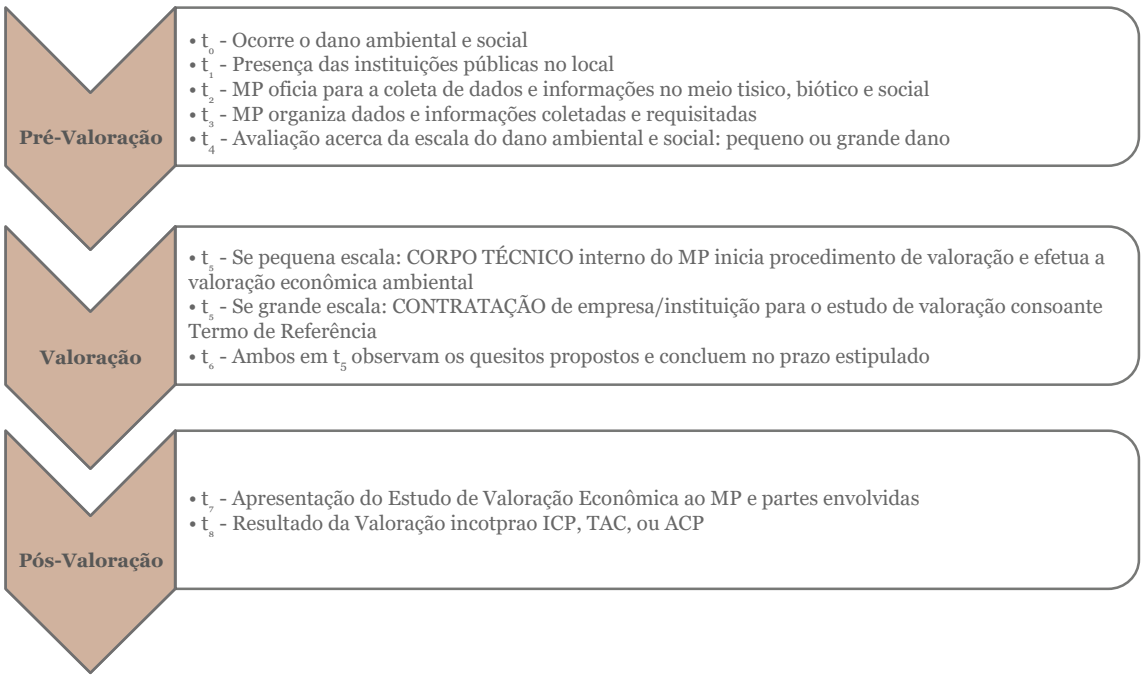
5.1. Coleta de dados e informações (ou *check list* inicial)

Usualmente, o MP decide pela abertura de um procedimento administrativo ou, diretamente, pela instauração de um inquérito civil para averiguar os danos ocorridos. Ofícios são encaminhados aos órgãos competentes com solicitação de medidas emergenciais e requisição de dados e informações. Deve-se evidenciar a importância de registrar a magnitude do ocorrido em termos quantitativos e qualitativos para posterior quantificação do dano, e não apenas para identificar as causas e os responsáveis pelo acidente (ARAÚJO, 2011, p. 94). Acrescenta-se, nesse momento, que, a depender do tipo de dano, é essencial o acompanhamento do corpo pericial do MP às primeiras medidas emergenciais, pois algumas podem primar pela estética e resultar maior agravamento da situação ocorrida.

Após, é necessário, internamente, o MP dar sentido às informações colhidas, bem como posicionar à equipe multidisciplinar qual o escopo do trabalho. Isto é, organizar as evidências físicas das consequências do dano para subsidiar procedimentos para uma valoração monetária. Em seguida, avalia-se acerca da magnitude do dano, se pequeno ou grande dano da mineração, a depender de critérios a serem indicados ou protocolos a serem elaborados pelo próprio Ministério Público com base na doutrina consagrada e em protocolos internacionais, como abordado a seguir no item 5.3.

Definir a grandeza do dano implica posicionar quem irá realizar a valoração econômica ambiental: se pelo corpo pericial do próprio Ministério Público brasileiro ou se por instituição/empresa externa. Para ambas, seriam enviados os quesitos próprios como orientação ao estudo a ser elaborado, além da observância de um Termo de Referência mínimo proposto nesta seção. Assim, essas ações anteriormente apontadas estão resumidas em uma linha do tempo iniciada em tempo zero (t_0) até o tempo final (t_8), na Figura 5.1.

Figura 5.1 – Ocorrência de Dano Ambiental – Linha do tempo, ações e responsáveis



Fonte: elaborado por Romana C. Araujo, assessora econômica da 6ª CCR/MPF

5.2. Quesitos do que se deve solicitar a quem vai valorar

Os quesitos devem ser os mais robustos possíveis, visando a capturar tais variações ambientais e sociais, sendo necessário verificar quais os momentos para essa quesitação: no primeiro momento, quando ocorre o dano ambiental e/ou o dano social; e em um segundo momento, quando os membros do MP direcionam perguntas/quesitos com o intuito de obter um *quantum* indenizatório.

As questões abordam aspectos gerais relativos a impactos provenientes de atividades de mineração e estão dispostos na Tabela A.4.2, no Apêndice IV. Como exposto anteriormente, os impactos da mineração foram enumerados e respectivamente relacionados seus quesitos. Os quesitos dizem respeito ao que o membro do MP deve solicitar quando da existência de um dano, ou ainda, o que deve questionar diante de uma valoração ambiental.

A título exemplificativo, foram apresentados também alguns **quesitos por situações** para fins de incrementar mais dados e informações quando da ocorrência de um dano socioambiental. Tais providências visam a uma melhor utilização posterior na valoração econômica do dano ambiental em si. Destaca-se a necessidade de identificar momentos distintos para a quesitologia, como apresentado no fluxograma anterior (item 5.1). O primeiro bloco de quesitos envolve a obtenção de dados e informações essenciais a serem requisitadas pelo MP aos órgãos competentes, pois alguns podem desconhecer sua competência, além de quais dados devem ser informados. No segundo bloco de quesitos, será direcionado à equipe multidisciplinar para fazer a valoração econômica ambiental, seja ela realizada internamente (pelos servidores do MP) ou por instituição externa contratada.

Como quesitar não é uma tarefa trivial, sobretudo no momento de ocorrência ou conhecimento do dano, é que este SG-Mineração dispôs de alguns quesitos por impacto. Trata-se da Tabela A.4.2, localizada no Apêndice IV, com exemplos de quesitos por respectivo impacto, e, portanto, não se esgota. Outros quesitos devem ser verificados nos demais Subgrupos deste GT CNMP, caso seja necessário pormenorizar o impacto, como apresentado no SG Flora. Além disso, há outras referências, como o documento "MPMG Jurídico Especial" da Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais, com o título "A valoração de serviços e danos ambientais". Outra referência para quesitos seria a publicação de 2008, no âmbito do Ministério Público de Minas Gerais (MPMG), conhecida como "Guia Prático de Requisição de Perícias Ambientais", com um termo de referências mínimo de quesitos para valoração do dano ambiental, em especial para a mineração de ferro. Nessa publicação são apresentados quesitos ambientais que devem ser respondidos pelos analistas/peritos com o objetivo de esclarecer ao promotor de Justiça sobre a situação do local investigado, o que tem servido de orientação para promotores de Justiça e analistas, facilitando o necessário diálogo que há de ser estabelecido com o corpo técnico pericial institucional[61].

5.3. Valoração realizada interna ou externamente ao MP brasileiro

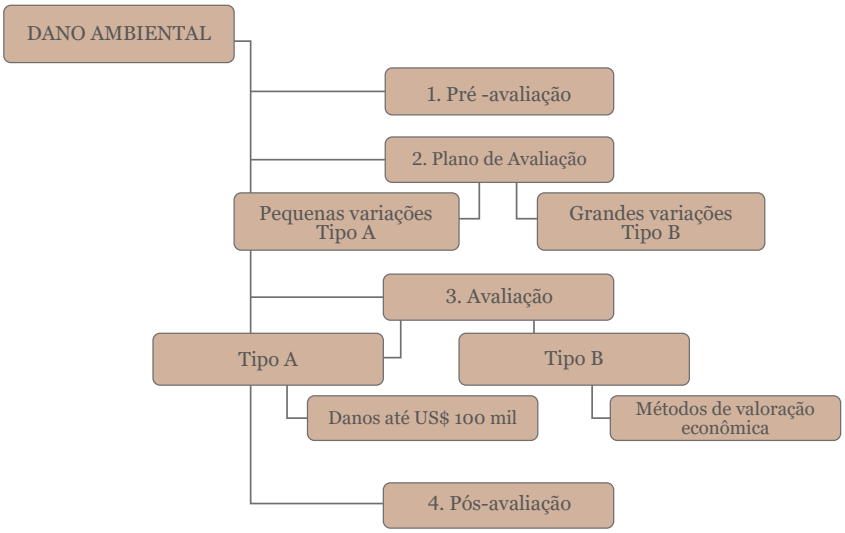
Feita a avaliação preliminar acerca da dimensão e abrangência do dano ambiental e social decorrente da mineração, deve-se vislumbrar quem fará a valoração econômica ambiental. No caso dos grandes danos ambientais e sociais, ou ainda da impossibilidade de se constituir uma equipe multidisciplinar no próprio Ministério Público brasileiro, haverá a necessidade de se contratar uma instituição/empresa externa independente para realizar a valoração econômica ambiental.

A título de exemplo, o *Department of Interior* (DOI), dos Estados Unidos da América, inicia por uma análise crítica e pela simulação de procedimentos propostos para avaliar pequenas e grandes alterações ambientais (KOPP; SMITH, 1993, p. 118). Assim, o DOI propõe que a avaliação do dano seja controlada por dois tipos de procedimentos: o Tipo A, com regras bastante simplificadas para pequenas perdas ou em variações de menor impacto e abaixo de US$ 100 mil, em moeda norte-americana; e o Tipo B, que se caracteriza por regras mais elaboradas e detalhadas que são direcionadas para acidentes economicamente mais relevantes ou situações de maior degradação e acima desse valor para sua devida restauração ou reposição (ARAUJO, 2003).

61 O setor técnico do MPMG colaborou na elaboração dessa quesitação, quando estava ligado ao CAOMA (Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente, Patrimônio Cultural, Urbanismo e Habitação), sendo que hoje se encontra vinculado o setor técnico à Central de Apoio Técnico do MPMG (CEAT/MPMG), que reuniu grande parte dos analistas técnicos do MP das mais diversas áreas da ciência, tais como: contabilidade, informática, engenharia, serviço social, etc.

O processo de avaliação do dano é planejado e estabelece fases para analisar os possíveis danos. Essas fases são julgadas convenientes e suficientes para que se avaliem as lesões sofridas pelos recursos naturais. Para melhor visualização da sequência das etapas, segue a Figura 5.2 com as fases do processo de avaliação do dano ambiental.

Figura 5.2 – Fases do processo de avaliação do dano ambiental



Fonte: ARAUJO, 2003.

De forma similar e como já exposto no item 3.4, Seroa da Motta recomenda um protocolo de aplicação metodológica de acordo com o nível de complexidade do incidente e, portanto, da dimensão dos danos, diferenciando os casos de baixa e alta complexidade. Contudo, sem posicionar cifras monetárias. Os *Incidentes de Baixa Complexidade* seriam aqueles que: i) não comprometem escalas espaciais, tais como bacia hidrográfica ou aérea e bioma; ii) há possibilidade de recuperação rápida inferior a, por exemplo, cinco anos; iii) não geram efeitos externos à área impactada nem impactos indiretos em comunidades não afetadas diretamente; iv) permite diagnóstico expedito dos principais impactos diretos medidos com dados existentes; v) há conhecimento ecológico para estimativas de funções de recuperação.

Por sua vez, *Incidentes de Alta Complexidade* seriam aqueles que: i) comprometem escalas espaciais, tais como bacia hidrográfica ou aérea e bioma; ii) a recuperação será longa, superior a, por exemplo, cinco anos; iii) geram efeitos externos à área impactada e impactos em comunidades não afetadas diretamente; iv) os impactos têm sinergia e devem ser tratados isoladamente e em conjunto; v) não permite diagnóstico expedito dos principais impactos diretos medidos com dados existentes e, assim, requer um diagnóstico ambiental com pesquisa de campo e uso de modelos teóricos.

Por sua parte, o professor Jorge Nogueira considera que o MP enfrenta (e continuará enfrentando) a necessidade de escolher entre duas opções em procedimentos de valoração econômica: a) "interna" ou "*in house*" no MP e b) "externa ao" ou "sob demanda do" MP. A diferenciação entre **a** e **b** é muito influenciada pelo "porte do dano", definição essa que ainda necessita de um aprofundamento analítico dos participantes do Subgrupo de Mineração. Contudo, na valoração econômica de um dano ambiental da atividade de mineração "*in house*" no MP, prevalecerão os procedimentos relacionados aos Métodos Função de Produção, enquanto na "externa ao" ou "sob demanda do" MP haverá mais ampla possibilidade de procedimentos relacionados aos Métodos Função Demanda, *como apontado no item 3.3*.

Independentemente do nome atribuído, o Ministério Público deve enfrentar essa discussão e, na medida do possível, delimitar o que se faz necessário para distinguir a grande da pequena mineração, em termos de seus impactos e danos acarretados, sobretudo em relação aos danos sociais. Além das situações internas do MP em virtude da ausência de recursos humanos e financeiros e daí também ser necessário recorrer a contratação de uma instituição/empresa externa, ainda que às expensas do usuário ou do poluidor.

A valoração econômica do dano ambiental resulta de procedimentos de coleta e de elaboração de dados sobre mudanças nas características físicas, químicas e biológicas de um patrimônio ambiental. Em complemento – e como parte essencial desse processo – há também a observação de mudanças em nível do bem-estar humano decorrentes das alterações do patrimônio ambiental. Deve-se enfatizar que a ausência desses procedimentos pode limitar, ou mesmo inviabilizar, a estimativa do valor econômico do dano ambiental (ARAUJO, 2003).

Para tanto, a elaboração de um Termo de Referência (TR) seria primordial para se contratar um estudo de valoração econômica. É certo que a minuta do TR ao Estudo de Valoração Econômica Ambiental será construída pelos membros do MP brasileiro no seu âmbito de realidade perante outros órgãos institucionais e as partes envolvidas. Portanto, tal Termo será peça fundamental ao escopo da contratação ou até mesmo para integrar um possível Termo de Ajustamento de Conduta.

Como sugestão, recomenda-se que, quando da contratação de uma empresa ou instituição para a realização do estudo de valoração, seja formulado um Termo de Referência para integrar qualquer que seja o instrumento de celebração escolhido. Assim, recomendam-se alguns elementos técnicos, mínimos, para compor, como:

1) contexto e justificativa do estudo de valoração econômica ambiental;

2) objetivo geral: mensurar as perdas e danos na localidade na área de influência direta do empreendimento – como definido no EIA do licenciamento -, advindos da atividade da mineração;

3) objetivos específicos: a) identificar impactos/riscos/danos da atividade; b) extensão de cada impacto/risco/dano anterior (início e fim em unidade temporal); c) delimitação da área de influência – direta e indireta – das consequências negativas do dano ocorrido;

4) métodos e procedimentos a serem adotados: métodos da Economia do Meio Ambiente mediante o cálculo do valor econômico total (VET)[62], conforme os autores clássicos como Pearce e Turner (1990); Marques e Comune (1995); e Bateman e Turner (1992), consoante Araújo (2011, p. 162).

4.1) caso a pessoa jurídica escolhida indique os procedimentos de transferência de benefício, atentar que são acomodações de outros estudos já realizados no caso concreto, e não exatamente se fará uma valoração econômica ambiental. Erros que devem ser evitados estão detalhados no item 3.3 da seção 3. Isso implica redução do valor a ser pago à consultoria, pois de fato não calcularão diretamente os danos ambientais e sociais ocorridos no caso concreto, e sim uma adaptação;

4.2) antes de se iniciar a valoração, deve-se haver concordância dos itens 3 e 4 apurados anteriormente. Em especial, o levantamento de todos os danos e seus respectivos métodos de valoração ambiental a ser aplicado;

5) qualificação profissional de cada membro da equipe multidisciplinar;

6) coordenação e equipe multidisciplinar: análise técnica, separadamente, por disciplina para melhor visibilidade e esclarecimentos quanto ao que fazer em

62 Seroa da Motta (1998) utiliza a denominação Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA) em vez de VET.

relação aos danos. Que a equipe tenha qualificação acadêmica e técnica compatível a importância do estudo;

7) premissas para o desenvolvimento dos serviços contratados: como consulta às comunidades tradicionais para possível ingresso em suas áreas;

8) descrição das atividades a serem realizadas e respectivo cronograma;

9) resultados esperados: produtos a serem entregues por etapas e cronogramas. Cada produto entregue deve ser avaliado pelo corpo pericial do MP, seja para uma crítica/sugestão, seja para acompanhar o trabalho realizado, seja para verificar apropriada comunicação entre empresa contratada e comunidade(s) afetada(s);

10) forma de apresentação dos produtos: idioma, formatação, meio material e digital, acréscimo de um produto simplificado em caso de comunidade tradicional, planilhas de cálculo abertas com valores e fórmulas visíveis, clareza dos procedimentos, organização em termos da cronologia de suas etapas, e essencialmente rigor técnico do(s) método(s) utilizado(s);

11) prazo de execução da consultoria. Estabelecer prazos por cada etapa;

12) contratação e remuneração;

13) contatos das partes;

14) bibliografia.

Portanto, a construção de um bom Termo de Referência é essencial para se obter um estudo de valoração econômica com qualidade. Não se pode deixar por livre escolha da instituição/empresa contratada acerca dos procedimentos e métodos a serem aplicados. Assim, é necessário destacar que os métodos de valoração existentes e reconhecidos pela literatura especializada é oriunda da Economia do Meio Ambiente ou Economia Ambiental, por fundamentar os instrumentos capazes de precificar as perdas e danos ambientais e sociais com nível de rigor aceitável. Portanto, indicam-se aquelas sugeridas na seção 3 deste Capítulo de Mineração.

Atentar que a Economia do Meio Ambiente difere da Economia Ecológica:

(1º) a Economia do Meio Ambiente baseia-se no entendimento dos efeitos ambientais negativos como externalidades geradas pelo funcionamento da economia. A segunda procura compreender a economia e sua interação com o ambiente a partir dos princípios e limites físicos, em meio aos quais os processos econômicos se desenvolvem;

(2º) Economia Ecológica utiliza um método simplificado mediante o conceito de Produção Primária Bruta de um ecossistema. Trata-se de uma medida da energia solar utilizada pelas plantas para fixar carbono (energia solar; energia fóssil; equivalência em unidades monetárias).

Os fundamentos da valoração da Economia do Meio Ambiente (1º) são apresentados na seção 3. Restando aqui complementar e destacar a importância da estruturação e reunião das ciências necessárias para trabalharem juntas. Ou seja, primeiramente, monta-se uma equipe multidisciplinar para identificar os danos acarretados no local advindos da mineração. Cada disciplina deverá elaborar seu respectivo relatório visando a subsidiar a Economia para a valoração do dano. Após, a Economia fará a "tradução" das perdas sofridas, em cada área, na unicidade da medida monetária.

Como visto anteriormente na quesitologia, para a valoração econômica é necessário coletar dados e informações, com elevado grau de confiabilidade, com perspectiva de êxito na aplicação de qualquer um dos métodos apresentados. Os

dados serão aqueles que demonstrem as mudanças ocorridas nas características físicas, biológicas e no nível de bem-estar humano decorrentes das alterações do patrimônio ambiental em questão. Por fim, o montante estimado em unidades monetárias resultante da valoração econômica não representa uma monetarização do meio ambiente, mas sim uma quantia mínima a ser exigida para recuperação/reparação dos prejuízos acarretados pelo dano ocorrido.

A título de exemplo de contratação de empresa externa para valorar danos ambientais e sociais, cita-se o caso de considerável êxito de Juruti Velho/PA no subitem 5.4 a seguir. Adiciona-se outro exemplo de valoração por empresa externa. Na principal ação civil pública por responsabilidade objetiva civil por danos ambientais pelo rompimento da barragem em Mariana/MG, o Ministério Público Federal e estadual referiu-se a um caso paradigmático para embasar requerimento de uma reparação emergencial e preliminar, por analogia com um precedente quanto aos valores iniciais levantados no desastre com a explosão da plataforma de petróleo da *BP-British Petroleum,* no Golfo do México, por similitude, principalmente em relação a 2 aspectos: a) a extensão de recursos hídricos degradados pela poluição por substâncias químicas e b) número aproximado de vítimas (mais mortes fatais em Mariana). Passados mais de 5 anos do rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG, os catastróficos danos desse maior desastre ecológico até hoje ainda estão sendo valorados.

5.4. Experiência de valoração de dano ambiental: Resumo Analítico do Estudo de Perdas e Danos de Juruti Velho (PA)[63]

A experiência realizada em Juruti Velho, no Estado do Pará, é um caso de considerável êxito e caracteriza um exemplo no qual o processo foi realizado de forma totalmente participativa e parte dele, com o apoio direto de contratação de organização externa para valorar danos ambientais e sociais.

Nesta seção, é apresentado resumo analítico, com base em resumo executivo, do Estudo de Caso: *"Estudo de Perdas e Danos sobre Projeto Agroextrativista (PAE) Juruti Velho decorrentes da mineração de bauxita",* no âmbito da atuação do GT Valoração do Dano Ambiental do CNMP, Subgrupo de valoração de danos da mineração.

A necessidade de se valorar economicamente perdas e danos causados às comunidades tradicionais ribeirinhas surgiu em razão da mineração de bauxita pela empresa **ALCOA**, autorizada a minerar sem que todos os impactos e externalidades tivessem sido identificados, caracterizados e considerados no processo de licenciamento e, portanto, fora de qualquer possibilidade de compensação/indenização.

De fato, a oportunidade do licenciamento ambiental do projeto de exploração mineral da área pela Alcoa amplificou a percepção do conflito já existente pela posse da terra e permitiu seu tratamento jurídico que levou, primeiro, ao reconhecimento formal da posse ancestral pelo Termo de Ajuste de Conduta tomado do Incra, com a posterior criação do PAE Juruti Velho e, em seguida, pela concessão formal com o Contrato de Concessão de Direito Real de Uso (CCDRU). Daí foi possível ancorar o Estudo de Perdas e Danos em razão dos direitos decorrentes desse direito formal reconhecido.

As organizações envolvidas – **MPPA**, **MPF**, **INCRA, ALCOA** e a Associação **ACOJURVE** (representando as comunidades) – em meio ao tratamento do conflito,

63 Item de autoria de Raimundo de Jesus Coelho de Moraes, promotor de Justiça, Soraia Marriba Soares Knez, bióloga, ambos do MPPA, Ubiratan Cazetta, Procurador Regional da República, mestre em Direitos Humanos pela UFPA , e Lílian Regina Furtado Braga, 13° Promotora de Justiça em Santarém, Mestranda do Programa de Sociologia e Direito da Universidade Federal Fluminense - UFF.

caracterizaram a necessidade de identificar os impactos e as externalidades positivas e negativas em virtude da mineração realizada no território daquelas comunidades tradicionais no Estado do Pará. Assim, foi contratada organização externa e com ela discutidos, em processo participativo, tanto a metodologia a ser utilizada como métodos e condições contratuais.

Esse conflito só se tornou um caso de sucesso em razão do tratamento social comunitário, técnico-científico e jurídico do conflito pela posse/uso da terra e das riquezas potenciais. E a base do trabalho foram as instâncias de debate que criaram as condições imediatas de implementação das normas já existentes e a sua efetividade pela elaboração das regras específicas do processo de decisão e as referências técnicas que permitiram a realização do estudo com a mais ampla participação dos interessados e com o maior alcance de inserção da realidade nos seus resultados.

Destaca-se que esses projetos de assentamento agrário, embora diferenciados (Projetos de Assentamento Agroextrativista/PAE, Projetos de Assentamento de Desenvolvimento Sustentável/PDS e Projetos de Assentamento Florestal/PAF), não se caracterizam, formalmente, como áreas impedidas de mineração. Nesse sentido, suas definições legais não são suficientes para conter o avanço da atividade minerária nesses territórios, o que pode resultar em perdas socioeconômicas e ambientais para essas comunidades. O estudo de perdas e danos (EPD) trouxe uma abordagem metodológica, com aplicação de diferentes métodos de avaliação, quantificação e valoração para indenização de perdas e danos econômicos, sociais, culturais e ambientais, sofridos pelas comunidades do PAE Juruti Velho, conforme apêndice.

Partes

Nos documentos produzidos são denominadas partes:

ALCOA WORLD ALUMINA BRASIL LTDA

ASSOCIAÇÃO DAS COMUNIDADES DA REGIÃO DE JURUTI VELHO (ACORJUVE)

INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA (INCRA)

Intervenientes-Anuentes

Em razão de seu papel institucional, nesse processo de negociação, foram denominados intervenientes-anuentes, em atuação conjunta:

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DO PARÁ

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL

Escopo da Atuação do MP: Defesa do meio ambiente, dos interesses das populações tradicionais e garantia de seus direitos, a partir da criação do Projeto Agroextrativista PAE Juruti Velho e dos direitos daí decorrentes.

Da Motivação: Regularização fundiária do território das comunidades e decorrente indenização dos impactos socioambientais negativos gerados pela atividade da mineração. Foram identificados, em termos gerais, os impactos socioambientais decorrentes da atividade minerária na área:

- Destruição da estrutura do ecossistema e perda da biodiversidade;
- Ampla extensão territorial afetada direta e indiretamente;
- Enorme mobilização de massa e alteração de recursos ambientais – floresta, solo, água, paisagem, fauna;

- Mobilização de enorme contingente populacional;
- Impacto negativo na economia e no modo de vida de populações tradicionais (comunidades ribeirinhas);
- Impacto negativo nas contas públicas;
- Destruição e/ou remoção de patrimônio arqueológico.

Objeto do Estudo de Perdas e Danos (EPD-JV)

Avaliação, quantificação e valoração de perdas e danos econômicos, sociais, culturais e ambientais causados por atividade minerária no Projeto de Assentamento Agroextrativista de Juruti Velho (PAE Juruti Velho) [64].

Abordagem Metodológica do Estudo de Perdas e Danos (EPD-JV)

O processo de construção do EDP contou com um arranjo institucional que proporcionou o estabelecimento da relação entre a instituição de gestão territorial (INCRA), os agentes mediadores (MPE/PA e MPF) e a empresa mineradora (ALCOA) com as comunidades impactadas (PAE Juruti Velho).

Após a tentativa frustrada de reocupação pela comunidade da área ocupada pela empresa às margens do Lago Juruti Velho (base Capiranga), em 2007, foram constituídas, por iniciativa do MP, mesas de negociação que estabeleceram um processo de construção do acordo sobre o Estudo.

Esse trabalho de criar as condições institucionais para o seguimento do processo foi, assim, resultado dos esforços coletivos em torno da mesa de negociação entre os representantes da ACORJUVE, ALCOA, INCRA, Ministério Público Estadual do Pará e Ministério Público Federal. Essas mesas ou rodadas – REA (Rodadas de Entendimento e Acordo, uma instância de debates, argumentações e busca de acordos com a assessoria técnica disponível a cada fase) – constituíram, de fato, o ambiente institucional em que foram estabelecidas as bases do trabalho (Termo de Compromisso), o Termo de Referência do Estudo de Perdas e Danos e o contrato da Cooperativa que o elaborou, e que levaram ao produto assim denominado.

A metodologia desenvolvida na elaboração do EPD-JV pela equipe de consultores contratados[65] não seguiu um único método econométrico. O estudo foi desenvolvido com base em uma **"***seleção e adaptação de métodos, sempre que conveniente e possível, a partir da realidade de contexto, das perspectivas das partes interessadas e da projeção de um cenário futuro de sustentabilidade (Princípio Mestre)".* Ou seja, foi adotada uma "composição metodológica", conforme citado no estudo, que resultou na "*hibridação de métodos clássicos com tecnologias de ponta, sempre que identificado como conveniente ou proveitoso pelos especialistas".*O Termo de Referência (TR) proposto em 2009, que estabeleceu o Acordo entre ACORJUVE, INCRA, ALCOA, MPE e MPF, para a elaboração do EDP-JV, do ponto de vista metodológico, trouxe uma abordagem que considera as peculiaridades das comunidades tradicionais, "(...) *a exemplo daquelas do entorno do Lago Grande de Juruti Velho, como tais, já abrangidas pelo PAE Juruti Velho, que dependem da integralidade territorial e ambiental das áreas em que vivem para sua sobrevivência e manutenção do seu*

64 O conceito de Projeto de Assentamento Agroextrativista (PAE) é uma modalidade de assentamento destinado a populações tradicionais, para exploração de riquezas extrativas, por meio de atividades economicamente viáveis e ecologicamente sustentáveis, criada pela Portaria do INCRA nº 268, de 23 de outubro de 1996. (BRASIL, 1996).

65 Por meio de seleção de propostas metodológicas, foi contratada, em 2010, equipe multidisciplinar vinculada à Cooperativa de Serviços e Ideias Ambientais (ECOOIDEIA). Um acervo de relatórios técnicos multitemáticos foi produzido, compondo cerca de cinco mil páginas. Atualmente, o grupo coordenador do trabalho está vinculado ao Instituto de Avaliação, Pesquisa, Programas e Projetos Ambientais – IA (www.avaliacao.org.br).

modo de vida e cultura". Bem como que a metodologia consideraria tanto as variações negativas quanto as positivas, estabelecendo o nexo causal com a atividade minerária.

Foram definidos como valores a serem identificados:

i) o valor monetário da renda que deixou de ser auferida pelos beneficiários do projeto agroextrativista de reforma agrária em virtude do empreendimento minerário;

ii) o valor monetário da indenização pelas perdas e danos que foram causados pelos trabalhos de pesquisa e lavra;

iii) o valor monetário da indenização prévia referente aos terrenos ocupados pela mineração e às perdas e danos resultantes dessa ocupação para efeitos de servidão minerária.

No EPD-JV foram avaliadas externalidades (tanto negativas como positivas), sendo inclusive consideradas como de valores nulos quando:

- seus resultados ou efeitos não se manifestassem ou não fossem percebidos;
- cálculos ou argumentações coerentes não fossem possíveis de serem realizados com as informações disponíveis; e
- não se tivesse clareza sobre o nexo causal com o empreendimento.

Para essa análise, foram destacadas, a seguir, apenas as externalidades negativas, sobre as quais resultaram as estimativas de valoração dos danos ambientais e consequente estabelecimento de valores para a compensação, para a manutenção das funções e integralidade do meio ambiente. Bem como, a partir do reconhecimento do direito ao território, o EPD-JV definiu, com base na valoração dos danos ambientais, indenização de Perdas e Danos às comunidades impactadas pelo projeto da mineradora Alcoa.

Quadro 5.1 – Sistematização das Externalidades Negativas e Métodos aplicados para Valoração

item	Externalidade/ Efeito associado	Recurso ou Elemento de Valor	Método de Cálculo	Base de Cálculo adotada/proposta no EPD
01	**Produtos Madeireiros** – perda, restrição ou diminuição de acesso ao recurso, diminuição do estoque, perda de renda e negócios e perda de oportunidade de negócios.	madeira	Produção ou uso sacrificado; custo de oportunidade; rendimento líquido.	VDA – valor de dano atual; VPF - valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores: (valor de opção/ valor de uso direto).
02	**Produtos florestais não madeireiros** – perda, restrição ou diminuição de acesso ao recurso, diminuição do estoque, perda de renda e de oportunidade de negócios.	produtos extrativistas (plantas medicinais, fibras, óleos, resinas, frutos, flores e raízes).	Produção ou uso sacrificado; perda de renda; custo de oportunidade.	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
03	**Pesca** – dificuldade de acesso, aumento de esforço para acesso, diminuição da produtividade e diminuição da renda.	pescados	produção ou uso sacrificado; aumento de esforço.	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro.

04	**Caça** – dificuldade de acesso, aumento de esforço para acesso e diminuição da produtividade.	caça	produção ou uso sacrificado; aumento de esforço.	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro.
05	**Servidão Florestal** – indisponibilidade para uso ou conservação de ativos ambientais.	oportunidade de uso ou conservação de ativos ambientais.	A definir – Faltou um melhor entendimento entre as partes sobre a proposta de abordagem da externalidade.	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores/sem especificar.
06	**Restrição de Acesso** – perda de equipamento ou benfeitoria comunitária e alteração de modo de vida.	trilhas e caminhos comunitários tradicionais (capital cultural/ manufaturado).	A definir	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores/sem especificar.
07	**Disponibilidade Hídrica e Recarga de Aquíferos** – diminuição da disponibilidade e alteração de forma de acesso; e alteração de funcionalidade ecossistêmica, alteração de serviço ambiental e perda de oportunidade de negócio.	água (consumo) e função ecossistêmica.	Produção ou uso sacrificado; custo de oportunidade.	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores/sem especificar.
08	**Cobertura Vegetal (CO_2)** – diminuição de estoque; alteração de serviço ambiental e perda de oportunidade de negócio	carbono florestal	custo de oportunidade	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
09	**Fluxo e Comportamento de Animais** – alteração de funcionalidade ecossistêmica, adaptação de comportamento social-comunitário, perda de bens correlatos (criações, benfeitorias, roçados e investimentos para prevenção de perdas)	capital natural – função ecossistêmica	custo de reposição, produção sacrificada, custo de prevenção	VDA – valor de dano atual; VPF –valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.

10	**Poluição Luminosa (paisagem noturna)** – alteração de paisagem, alteração de funcionalidade ecossistêmica e alteração de comportamento social	paisagem natural	valoração contingente (conjugada com outras poluições – ar e sonora)	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
11	**Potencial de Bioprospecção e Repartição de Benefícios** – alteração de estrutura ecossistêmica, alteração de serviço ambiental e perda de oportunidade de negócio.	estrutura e função ecossistêmica	custo de oportunidade	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
12	**Desestruturação de Solo** – alteração de estrutura ecossistêmica e alteração de capacidade produtiva	estrutura e função ecossistêmica.	custo de recuperação ou reposição	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
13	**Acesso à Água Pura** – alteração de estrutura ecossistêmica, alteração de possibilidade de acesso e alteração de comportamento social-comunitário.	água pura (igarapés e nascentes).	custo de prevenção ou reversão, custo de recuperação ou reposição	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
15	**Paisagem Diurna** – alteração da qualidade da paisagem, alteração de bem-estar, alteração de comportamento social-comunitário e diminuição do valor das áreas.	paisagem natural – beleza cênica.	valoração contingente	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
16	**Poluição Sonora** – alteração da qualidade da paisagem, alteração de bem-estar (incluindo não humanos), alteração de comportamento social-comunitário e diminuição do valor das áreas	paisagem natural – perfil sonoro	valoração contingente	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
17	**Poluição do Ar** – alteração de qualidade ambiental, alteração de bem-estar (incluindo não humanos), alteração de comportamento social-comunitário e diminuição do valor das áreas.	paisagem natural – qualidade do ar	valoração contingente	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.

18	**Alteração Geotécnica** – alteração de estabilidade geotécnica, aumento de probabilidade de acidentes, diminuição do valor de áreas e alteração de comportamento social comunitário.	estrutura do meio físico.	valoração contingente	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
19	**Sociais Conjugadas: Relações de Confiança; Sentimento de Discriminação e Insegurança** – alteração de estabilidade social e comunitária, aumento de desagregação comunitária e intercomunitária, transformação das interações comunitárias e alteração de bem-estar, alteração da dinâmica social e do comportamento comunitário	Coesão, capital humano e capital social (estrutura e estabilidade comunitária; autoestima; referências sociossimbólicas; qualidade de vida; segurança).	valoração contingente	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
20	**Custo de Vida** – alteração de estabilidade social, familiar e econômica; diminuição de capacidade de compra, alteração de comportamento comunitário e alteração de bem-estar.	Estabilidade de suporte de vida (estrutura da economia local).	valoração contingente	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
21	**Frustração de Emprego e Renda** – alteração de estabilidade familiar e comunitária, diminuição de capacidade produtiva, alteração de comportamento comunitário e alteração de bem-estar.	Estabilidade de suporte de vida (sistema local de trabalho e produção)	valoração contingente	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.
22	**Prevenção de Acidentes** – alteração de estabilidade social, alteração de dinâmica social, alteração de comportamento comunitário e alteração de bem-estar.	estabilidade e qualidade de vida (segurança)	A definir	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.

23	**Culturais Conjugadas: Práticas Tradicionais; Identidade Comunitária; Valores Ancestrais; Laços Familiares e Valores Religiosos** – Alteração de práticas produtivas, alteração de hábitos de produção e consumo, alteração no sistema de ensino e aprendizagem, enfraquecimento e esquecimento de práticas tradicionais. Alteração nas relações sociais e no paradigma comunitário, alteração na constituição da territorialidade e alteração do equilíbrio endógeno/exógeno. Alteração na transmissão de conhecimentos tradicionais, esquecimento ou extinção de saberes tradicionais e diminuição da capacidade de resiliência social. Alteração deestabilidade familiar, interfamiliar e comunitária. Alteração de percepção e valorização do meio natural, alteração de modo de vida e das atividades tradicionais de ligação homem-natureza.	Práticas produtivas e modo tradicional de (re)produção. Referências de símbolos, valores, saberes e memória: territorialidade. Estrutura familiar tradicional. Práticas e conhecimentos relacionados à natureza e à cura; cosmologia e espiritualidade local	valoração contingente	VDA – valor de dano atual; VPF – valor de dano potencial futuro; Outro – outros valores.

Fonte: Resumo Executivo EPD, 2014

Métodos de valoração no Estudo de Perdas e Danos

Conforme descrito no EPD-JV, vários métodos foram aplicados na valoração dos danos socioambientais para chegar a um valor de indenização de Perdas e Danos às comunidades do PAE Juruti Velho.

Método da Produção ou Uso Sacrificado (PUS)	
Essência: Produção sacrificada, diminuída, ou extinguida, pra sempre ou por um período.	
$P = \sum_{1=n}^{i} P_{io} - \sum_{1=n}^{i} P_{it}$	P = valor monetário da produção sacrificada; P_{io} = produção da comunidade i antes do evento (no tempo 0); P_{it} = produção da comunidade i depois do evento (no tempo atual).

Função do método do custo de recuperação ou reposição (CRE)	
Essência: Custo de recursos humanos, materiais e/ou logísticos necessários para manter, repor ou mitigar perdas ou danos.	
$E = \sum_{i=1}^{n} CO_i$	E = valor monetário total do estoque de atributos perdidos ou danificados. C_{oi} = atributos de valor identificados no intervalo de i até n.

Método do Custo de Oportunidade (COP)	
Essência: Oportunidade de negócio inviabilizado, pra sempre ou por um período.	
$P = \sum_{1=n}^{i} P_{io} - \sum_{1=n}^{i} P_{it}$	P = valor monetário da produção sacrificada; P_{io} = produção da comunidade i antes do evento (no tempo 0); P_{it} = produção da comunidade i depois do evento (no tempo atual).

Método do Custo de Transação (CTR)	
Essência: Maximizar os resultados de investimentos de empreendimentos empresariais e minimizar os custos econômicos e ambientais de proposições de negócios.	
$E = \sum_{i=1}^{n} CO_i$	E = valor monetário total dos custos de transação. C_{oi} = valor monetário dos atributos relativos aos custos de transação no intervalo de i até n.

Método do Custo de Viagem (CV)	
Essência: Esforço adicional de trabalho, traduzido em tempo ou horas despendidas, para produção ou uso **de atributos do recurso natural.**	
$T = \beta_o + \beta_1 X_i +,...,+e_i$	T = valor monetário do tempo gasto para ter acesso ao recurso natural; β_i = coeficientes estimados para o modelo; X =variáveis usadas no modelo de valoração;

Método da Valoração Contingente (MVC)	
Essência: Disposição a pagar ou a contribuir para a implantação, manutenção, conservação ou ampliação de determinado projeto ambiental.	
$D = \beta_o + \beta_1 X_i +,...,+e_i$	D = disposição a pagar ou a contribuir para evitar um dano; β_i = coeficientes estimados para o modelo; X =variáveis usadas no modelo de valoração;

Método do custo de prevenção ou controle (custo evitado)(CPR)	
Essência: Custo de recursos humanos, materiais e/ou logísticos necessários para prevenir, evitar ou controlar perdas ou danos.	
$C = \sum_{i=1}^{n} I_i$	C= valor monetário do custo de controle e I_i= investimentos realizados em âmbito ambiental a fim de restabelecer a qualidade do ambiente degradado.

Princípios consolidados – EDP-JV

- **Entendimento dialógico**: decisões, todas, tomadas em conjunto com intervenientes e anuentes. Conformação de mesa permanente de diálogo;
- **Temporalidade:** decisões mais acertadas na medida em que os fatos evoluem.
- **Respeito à dinamicidade dos fatos**: reavaliações a cada cinco anos;
- **Abrangência temática**: 37 externalidades pontuadas para o estudo (29 negativas e oito positivas), de natureza material e imaterial, acordadas entre as partes intervenientes;
- **Distinção:** do espectro de abordagem da avaliação de perdas e danos (externalidades) e do licenciamento ambiental (impactos);
- **Ponderação de nexo de causalidade**: interpretação graduada sobre a responsabilidade da mineração para cada uma das externalidades;
- **Interpretação**: distinta entre "danos atuais" (ocorridos) e "danos potenciais" (futuros).

Inovações, avanços e replicabilidade do EDP-JV

Como já destacado, desde o início dos trabalhos, a perspectiva do EPD-JV como um "*processo negocial pioneiro que, apesar de oriundo de uma tensão relacional entre partes, pode se transformar em um encontro criativo entre elas, com a abertura de portas para uma situação de sustentabilidade diferenciada, a depender dos intervenientes", d*e fato, gerou e contribuiu com elementos importantes para essa realidade!

Além disso, outro resultado importante a partir desse estudo de caso (EPD-JV) é o potencial de replicabilidade em casos similares, em que estejam presentes os mesmos elementos que constituem esse tipo de conflito pelo uso da terra e exploração do subsolo, com a necessidade de avaliação diretamente relacionada a perdas e danos (indenização):

> Define-se uma economia de perdas e danos, com base na avaliação de externalidades, que representa uma análise mais apurada, de caráter adicional, complementar ou suplementar, de prejuízos ou benefícios, apropriados ou sentidos por terceiros (EPD-JV)

Instrumentos aplicados com base no Estudo de Perdas e Danos – EPD-JV

1) Recomendação Conjunta nº 01/2015/MPPA-MPF (2015); Recomendação à Alcoa e à Associação das Comunidades do Lago Juruti Velho, e ao Instituto de Colonização e Reforma Agraria (INCRA), nas pessoas de seus representantes legais: instituir de forma individual ou em conjunto **uma fundação de direito privado**, destinada a receber, administrar, gerenciar, aplicar, tomar conta e prestá-las (...) dos rendimentos dos valores pagos pela Alcoa a título de indenização de perdas e danos. (...) como finalidade precípua, apoiar os princípios de

sustentabilidade, a proteção e preservação cultural e ambiental e o desenvolvimento econômico e social, das comunidades do PAE Juruti Velho e regiões vizinhas cumprindo-lhe, especialmente: (...)

Considerações quanto aos principais desafios e riscos

1) O longo tempo utilizado no processo, incluindo o estudo de valoração de perdas e danos socioambientais no caso PAE-Juruti Velho e da dinâmica estabelecida (várias rodadas de tratamento do conflito, reuniões das partes e intervenientes denominadas Reuniões de Entendimento e Acordo – REA,) para garantir a continuidade das negociações. Considerando desde o início das negociações até o momento atual;

2) Divergências entre as partes relacionadas, a forma de repasse dos recursos e as garantias de aplicabilidade para os fins propostos como metas de compensação/indenização – recomendação do MP: criação da Fundação PAE-Juruti Velho para o gerenciamento dos recursos;

3) Critérios de exclusão e inclusão de comunidades e das famílias beneficiadas pela indenização por perdas e danos socioambientais;

4) Influências políticas no processo, o que recomenda a mais ampla transparência e o registro de todos os passos do procedimento.

Conclusão

Essa experiência do EDP-JV, por sua criatividade e qualidade técnica e principalmente pelos produtos, em destaque o material escrito, indica a possibilidade de replicabilidade dessa metodologia em casos similares.

Nesse sentido, note-se sua importância para a avaliação da necessidade de indenização por perdas e danos em favor das populações/comunidades afetadas. O estudo (EPD) deve ser direcionado às externalidades negativas/positivas que tenham ou não sido previstas nos estudos ambientais e que, de todo modo, para as quais não tenham sido adotadas medidas compensatórias e/ou indenizatórias.

Destaque-se, no entanto, os limites institucionais para o tratamento de um conflito dessa complexidade. Em razão disso, muito cuidado e esforço deve ser investido para a criação das condições institucionais adequadas e sua pactuação adicional, durante o processo, mas principalmente na fase inicial, o que demanda esforço também no âmbito interno de cada uma das organizações ou setores envolvidos, com a criação de equipes especializadas ou dedicadas para o tratamento da matéria com estabilidade e permanência.

O Anexo III reúne os seguintes estudos técnico-científicos e documentos complementares que ilustram a experiência da metodologia de valoração do dano ambiental do PAE Juruti Velho:

ABDALA, G. C.; MOTA. J.A.; BANDEIRA, C. (organizadores). *Estudo de Perdas e Danos do PAE Juruti Velho – Resumo Metodológico*.

_____. *Estudo de Perdas e Danos do PAE Juruti Velho – Resumo Executivo*. ECOOIDEIA/ALCOA/ACORJUVE/INCRA/MPPA/MPF. *Relatório Técnico*. Brasília/DF, 2014. Disponível em: <www.epdjurutivelho.org.br>.

_____. *Relatório Técnico*. Brasília/DF, 2014. Disponível em: <www.epdjurutivelho.org.br>.

Termo de Referência – EPD-JV.

Termo de Compromisso (TC) – EPD-JV.

Recomendação Conjunta nº 01/2015/MPPA-MPF (2015).

6. CONTROLE DE RISCOS PARA SE EVITAR DANOS NA MINERAÇÃO

Esta seção tem o objetivo de introduzir noções conceituais, técnicas e jurídicas, não apenas sobre o risco em si, como também sobre a gestão de riscos nas governanças corporativas do setor empresarial, público e privado, e sobre o princípio do controle de riscos para prevenção do dano, como elementos para a indenização do risco. Trata-se de indenização do próprio dano, enquanto risco ou dano não evitado. Mais do que uma atual tendência, a questão já está sendo levada em juízo. Cite-se o pedido de indenização pelo risco ou dano não evitado, diante da responsabilidade por não *compliance*, na principal ação civil pública por não *compliance* (ação de responsabilidade de pessoa jurídica pela prática de ato contra a administração pública)[66] e a ação penal pública[67] em face do rompimento da barragem do Córrego do Feijão, em Brumadinho/MG (seção 6.3). O controle do risco previsto na Constituição Federal[68] é aplicável em diversas fases e atividades de mineração. O controle do risco associado ao controle social e à responsabilidade por *compliance*[69] é a alavanca propulsora da sociedade para o controle interno da empresa, pública ou privada. É também a mola propulsora, em dupla mão de direção, também para o efetivo desempenho ESG[70] da governança corporativa empresarial para a coletividade, atendida em suas demandas de interesse social. Bem por isso, o princípio do controle do risco tem sido também chamado de novo princípio da precaução (MACHADO, 2020, p. 109), por não depender de qualquer dúvida ou incerteza científica para a adoção de imediatas medidas de precaução. Visa ainda a compreender os efeitos da aplicação do controle do risco, em especial na interrelação das empresas de mineração com as comunidades e, em nível interinstitucional, com os demais gestores e órgãos de controle. Isso porque as atividades de mineração são, por natureza, atividades de risco em que se aplicam imediatas medidas de prevenção do dano, mesmo na incerteza, por força dos artigos 225, § 1º, V e VII e do art. 225, § 2º, todos da CF/1988, que exige daquele que explora a atividade de mineração a obrigação de recuperar o meio ambiente degradado, numa valoração do recurso natural, propiciando avaliação de perdas de benefícios. Por fim, remete a reflexões necessárias a implementar a valoração do risco ambiental ou a valoração do risco evitado, durante o desenvolvimento das atividades de mineração, antes mesmo da eclosão do dano, por força dos princípios da prevenção e da máxima precaução, pilares do direito ambiental.

6.1. Definição do risco

Tanto o artigo 225, §1º, V, da Constituição Federal, que tipifica a mineração como atividade de risco, como o artigo 225, § 2º, que impõe que todo aquele que explora atividade de mineração está obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, acabam por tornar necessário e justificar aqui a presente seção 6 sobre teorias de risco, gestão e controle de riscos.

A Constituição Federal de 1988 não define o que é risco. O princípio do controle do risco, a partir do comando constitucional do artigo 225, parágrafo 1º, V, do Poder Público aplica-se, independentemente de dúvida científica e sem qualquer condicionante, em relação à produção, comercialização, emprego de técnicas, métodos

66 Petições iniciais das ações civis de responsabilidade pela prática de ato contra a Administração Pública. Disponível em: <https://mpmgbarragens.info/wp-content/uploads/2020/06/20191014-0089106656_MPMG-Acao-LAC-Vale-CorregodoFeijao.pdf> e <https://mpmgbarragens.info/wp-content/uploads/2020/01/28032019-Acao-LAC-TUV-SUD-Brumadinho.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2021.

67 Denúncia do MPMG. Disponível em: <https://mpmgbarragens.info/wp-content/uploads/2020/01/21012020-Denuncia-VALE-TUV-SUD-homici%CC%81dio-e-crime-ambiental-Brumadinho.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2021.

68 Artigo 225, §1º, V e VII, da Constituição Federal de 1988.

69 Lei nº 13846/2013 – lei do *compliance* empresarial também conhecida como Lei Anticorrupção.

70 Sigla em inglês para *environmental, social and governance*, ou ambiental, social e governança.

e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente. Mesmo no que atina ao princípio da precaução, "A dúvida científica, expressa com argumentos razoáveis, não dispensa a prevenção." (MACHADO, 2020, p.110)

As definições de riscos incluem explicita ou implicitamente a noção de "algo incerto" e incluem a noção de "algo indesejado". Trata-se, na mais originária das condições de uma combinação das noções de incerteza e indesejabilidade.

Certo é que "Diante da incerteza do dano ambiental, não se pode ficar derrotado pela inércia e pela omissão. A procura da informação sobre a incerteza é um dos motivos de se apelar para a aplicação do princípio da precaução". (MACHADO, 2020, p. 111).

A par do princípio da precaução, o inciso V do §1º do art. 225 da CF prescreve o controle do risco em diversas fases da atividade econômica – produção, comercialização e emprego de técnicas, métodos e substâncias, diante da possiblidade de risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente. O inciso V em análise não se refere ao tipo de risco a ser controlado, se alto, médio ou baixo. A Constituição, portanto, manda que seja controlado todo tipo de risco, não importando o grau de sua gravidade.

A obrigação de prevenir por oposição à obrigação de reparar, de corrigir ou de indenizar leva a aspectos e conclusões importantes. A prevenção deve ser privilegiada porque, no caso de danos, as indenizações não permitem, bem frequentemente, restabelecer a situação anterior ao evento ou ao acidente. Do ponto de vista jurídico, o fato de melhor compreender o liame de causalidade, isto é, o liame físico entre a causa (a atividade) e o efeito (o dano), mesmo quando diversos fatores intervenham no encadeamento, impõe, igualmente, aos empreendedores de atividades perigosas tomar todas as medidas necessárias para prevenir os danos, ou seja, impõe uma eficiente gestão de riscos em nível de governança corporativa, objeto do item 2.7.[71] A preleção de Paulo Affonso Leme Machado (2020, p.19) enfatiza a terminologia na lei espanhola[72] do termo "prevenção" conjuntamente ao vocábulo "evitação", mostrando, sem qualquer dúvida, a determinação de que o dano deve ser aferido e impedido, sob pena de dever ser indenizado o risco não evitado. Chega-se à conclusão de que risco é o próprio dano evitado, na melhor acepção e aplicação da precaução. Na verdade, trata-se aqui de um novo princípio da precaução ou do controle do risco, que prescinde de dúvida científica, incertezas ou do grau de gravidade.

Assim, numa perspectiva jurídica, um processo matemático de intersecção entre a probabilidade e a gravidade, como critério de valoração do risco, teria que considerar no cálculo o custo das medidas de precaução, de modo a assegurar benefícios sociais e ambientais mediante custos economicamente aceitáveis. O controle do risco e a precaução são instrumentos para se evitar o risco ou o próprio dano ambiental, correspondendo o dano ao risco não evitado. Isso sem se confundir o risco evitado com o próprio dano em concreto, resultante do evento danoso, numa soma de responsabilidade objetiva ambiental com a responsabilidade objetiva por não *compliance*[73],em relação ao risco/dano não evitado. Isso porque a Constituição da República Federativa do Brasil, a par de prever o princípio da precaução (artigo 225, *caput,* e par. 1º, IV) e o princípio do controle do risco (artigo 225, par, 1º, V), considera a evitação do risco essencial à sadia qualidade de vida e ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. O dever de prevenir ou, pelo menos, de reduzir esse prejuízo por decisão da Corte Permanente de Arbitragem, na cidade de Haia, de 2005[74], tornou-se um princípio de direito internacional geral. À luz do comando

71 Anuário da Comissão de Direito Internacional 2001, Volume II, Parte II - Relatório da Comissão para a Assembleia Geral, NY-Genebra, p. 159, 2007.

72 ESPANHA. Lei nº 26/2007, de 23.10.2007, artigo 17 sobre a Responsabilidade medioambiental em matéria de prevenção e de evitação de novos danos.

73 BRASIL, Lei nº 12846/2013.

74 Caso Reno de Ferro (Bélgica v. Países Baixos) – Iron Rhine Arbitration. Corte Permanente de Arbitragem,

constitucional do artigo 225, §1º, V, da Lei 12608/2012, artigo 2º,§ 2º, prevê o novo princípio da precaução ou princípio do controle do risco ou, ainda, princípio do risco evitado.

Conforme Paulo Affonso Leme Machado (2020, p. 109), o novo princípio da precaução "tem na sua essência a incerteza e será aplicado independentemente da intensidade ou da gravidade do risco." Esclarece ademais que

> controlar o risco é não aceitar qualquer risco. Há riscos inaceitáveis, como aquele que coloca em risco os valores constitucionais protegidos como o meio ambiente ecologicamente equilibrado, os processos ecológicos essenciais, o manejo ecológico das espécies e ecossistemas, a diversidade e a integridade do patrimônio biológico – incluído o genético – e a função ecológica da fauna e da flora.

O princípio da precaução na preleção de Michel Prieur (2001, p 145) "é uma nova forma de prevenção concebida para proteger a sociedade contra riscos ainda desconhecidos ou incertos".

Paulo Affonso Leme Machado (2020, p 109) destaca que "O inciso V do § 1º necessita ser levado em conta juntamente com o próprio *caput* do art. 225 da CF, onde o meio ambiente é considerado "essencial à sadia qualidade de vida".

6.2. Teorias do risco: cultural e analítica[75]

Esta seção possui a finalidade de esclarecer o conceito jurídico de risco da seção acima, retomar teorias que podem dar lastro a indicadores de valoração do risco ou do dano evitado. Tal abordagem terá como foco duas linhas teóricas epistemológicas fundamentais que pautam as teorias do risco.

Ulrich Beck (1986, p. 16) propaga o atual modelo social em que o risco passa a ser o elemento nuclear da sociedade, constituindo o balizador dos principais instrumentos de interação social da atualidade. Esta teoria sociocultural levanta novos padrões de responsabilidade, segurança, controle, limitação e distribuição das consequências do dano, levando-se em conta as ameaças potenciais. O desafio é que tais ameaças escapam à percepção sensorial. A reflexividade dos riscos (medos e esperanças em relação ao futuro) contemporânea seria estrutural, ou seja, um elemento da sociedade, em vez de um aspecto cognitivo das pessoas. Nesse contexto, segundo Mendoza (2001, p. 93), um estado de prevenção visa não mais somente a alcançar o "bom" para o bem-estar, mas impedir o "pior", adiantando e ampliando a proteção em relação a cada novo risco.

O objetivo desta seção é entender que os riscos já não são apenas expectativas de eventos custosos futuros, outrossim, por si mesmos, já se configuram em custos presentes para as empresas, Poder Público e populações afetadas, que devem ser internalizados por quem desenvolve a atividade de risco.

Teoria Cultural dos Riscos (T.C.R)

Ainda que essa teoria seja mais recente que as teorias clássicas, sua apresentação inicial permitirá compreender melhor as demandas de modelos de valoração, de modo que seja possível adotar métodos de valoração de riscos capazes de incorporar os custos com a evitação dos danos sociais e morais ou das perdas das funções sociais, socioambientais e ecossistêmicas pelo uso do bem ambiental.

Decisão, Haya, § 59, 25 de maio de 2005.

75 Seção de autorias de Osório Thomaz, químico e pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Sandra Akemi Shimada Kishi.

A teoria cultural do risco procura explicar o conflito social sobre o risco. A Teoria Cultural do Risco (DOUGLAS, 1973) afirma que as estruturas de organização social dotam os indivíduos de percepções que as reforçam como estruturas em relação a outras alternativas.

Um resumo estrutural da Teoria Cultural do Risco pode estabelecer que a percepção do risco é diferente para diferentes grupos sociais, dependendo de sua adesão a certos modos de vida, carreadas de função social às percepções individuais dos perigos sociais. A cultura comunitária dentro das quais reside o indivíduo indica quais riscos devem ser prioritariamente considerados. Justifica a essência do motivo das observações da comunidade local e na área de influência de todo e qualquer projeto serem consideradas num processo de participação social.

O objetivo da teoria cultural é a identificação das diferentes percepções de risco em certa comunidade, mas tal identificação produz relatórios de fatos que nem sempre se traduzem imediatamente em critérios de tomada de decisões.

O princípio da precaução e o princípio do controle de risco resolvem os problemas de variações na percepção decorrentes de variações percepções sociais do risco.

A valoração efetiva de um risco socioambiental ou de um dano social depende de avaliações antropológicas e culturais das percepções de riscos da comunidade, que podem ser conduzidas com questionários e audiências públicas na comunidade na área de influência do projeto ou na região afetada. As poucas dificuldades de transposição ou integração dessa metodologia para os métodos clássicos de análise de riscos dependem apenas da devida aplicação do princípio da precaução e do controle do risco.

Teoria Analítica do Risco

A Teoria Analítica de Riscos não é uma teoria científica, mas sim uma teoria tecnológica, ou seja, tem intenção de produzir novos conhecimentos sobre a natureza e os seres humanos. Busca apenas aplicar conhecimentos de outras teorias epistemológicas de caráter científico, de forma organizada, a fim de produzir elementos práticos, aplicáveis nos processos de tomada de decisão.

Riscos são grandezas extensivas e dinâmicas que dependem de varrições e rastreabilidade de probabilidade e de internalização efetiva dos custos com medidas de prevenção.

Giddens (2001) trata o risco como uma criação social ou fenômeno social estrutural (não apenas cultural), sendo que mesmo os sujeitos inconscientes dele estão submetidos. Com efeito, parte das ameaças às quais os indivíduos estão expostos provém de decisões de outros agentes no manuseio dos avanços científicos e tecnológicos. Assim, a sociedade moderna é capaz de produzir ameaças tecnológicas capazes de ensejar os riscos, bem como de transferir a origem do risco para o comportamento do ser humano. Isso enseja uma coerção maior devido à alta periculosidade da atividade em um cenário fora dos parâmetros indicados pelo gestor público ou privado.

O fato é que qualquer equação matemática que procure valorar o risco à luz de indicadores de métodos analítico, cultural ou ambos associados, deve abarcar as análises de risco, as auditorias internas e externas, o desempenho da gestão de risco, o *compliance* às normas e aos princípios das áreas da saúde, ambiental, trabalhista, custos com prevenção evitados ou não internalizados, perdas de benefícios ecológicos, de segurança da saúde pública e ambiental, a valoração do bem ambiental acedido ou utilizado, perdas de serviços ambientais com a falta de conservação da natureza, apenas para citar algumas variáveis usualmente não contabilizadas pelo usuário do recurso natural.

Um mesmo objeto (cenário acidental) pode causar danos com extensões diversas para diferentes sujeitos. Por exemplo: a ruptura de uma barragem de mineração pode gerar perdas de vidas na população lindeira, gastos inesperados pelo Poder Público, devastação florestal e contaminação das águas, do ar e do solo.

A cada um desses danos corresponde uma gravidade, que pode ser medida em valores monetários, sendo que os riscos serão o produto da probabilidade de ocorrência desse evento pelas respectivas gravidades, com base em uma tabela com linhas dos riscos objetivos, conforme matriz e cenários de diagnósticos de riscos e com colunas de riscos da percepção subjetiva, conforme visão da comunidade envolvida seria possível idealizar, grosso modo, uma equação de valoração do risco.

- O somatório dos riscos nas linhas [R (ob-1; suj-A) + R (ob-1; suj-B) + R (ob-1; suj-C)] informa o risco total objetivo oferecido por este "objeto" (cenário acidental objetivo).
- O somatório dos riscos nas colunas [R (ob-1; suj-A); + R (ob-2; suj-A) + R (ob-3; suj-A)] informa o risco total subjetivo para este sujeito (*stakeholder*).

A média das somas dos riscos totais objetivos com os riscos totais subjetivos informa o risco global do empreendimento.

Outrossim, o risco discretizado ou monetizado, tal como as matrizes de risco monetizado elaboradas pela empresa Vale S/A que balizaram os pedidos nas ações ajuizadas pelo MPMG. Os riscos, em uma certa região, serão aproximadamente iguais aos riscos dimensionados por médias de probabilidade e totais de gravidade, se as variáveis se distribuírem de maneira homogênea pela região. Nesse sentido, ainda que seja mais complexo medir riscos discretizados, no tempo e no espaço, isto traz maior confiabilidade.

Valoração do risco ambiental aplicável à mineração

Esta seção visa a destacar a aproximação do conceito de risco do dano, por meio da prevenção, da precaução e do controle do risco.

Com efeito, o tema remete ao princípio-regra do controle do risco prescrito no artigo 225 da Constituição Federal[76], que se traduz numa precaução ampliada em relação à responsabilidade civil objetiva ambiental prevista no § 1º do artigo 14 da Lei nº 6.938/1981, que remete à antecipação da prevenção do dano, mesmo na incerteza dele. Ou seja, exige-se a evitação do risco, em especial nas atividades de risco independentemente de dúvida científica, como expresso no artigo 225, §1º, V, combinado com o artigo 2º, §2º, da Lei nº 12.608/2012[77]. A teoria da responsabilidade do risco integral alcança todo o processo produtivo. Com efeito, na lição de Annelise Monteiro Steigleder (2004, p. 204), todos os riscos abrangidos pela atividade deverão ser internalizados no processo de produção. Se o dano ocorrer, haverá uma presunção de causalidade entre tais riscos e o dano. Essa responsabilidade é ainda mais eloquente nas atividades de risco, previstas no artigo 225, V, da Constituição Federal, sendo certamente a mineração uma delas, se não, não teria a própria Constituição, no parágrafo 2º deste comando normativo, exigido a obrigatoriedade da recuperação da área degradada em especial nesse tipo de atividade produtiva.

A maximização de diagnósticos e prognósticos de riscos, leva a que uma vez mapeados, os riscos possam ser avaliados, evitados, gerenciados e controlados, durante todo o processo de produção transporte, comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias em todas as etapas da atividade de mineração, que

76 Artigo 225, § 1º., inciso V e VII, da Constituição Federal

77 BRASIL. Lei nº 12608/2012, que dispõe sobre a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil.

comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente. Trata-se da metodologia do custo evitado que se presta a valorar o risco não evitado tal como o dano.

No âmbito internacional a *Estrutura Ambiental e Social do IFC do Banco Mundial (Environmental and Social Framework – ESF*), datada de 1º de outubro de 2018, é constituída por dez *Padrões Ambientais e Sociais (ESS),* que estabelecem os requisitos que se aplicam a todos os novos financiamentos de projetos de investimento do Banco Mundial.

Os *Padrões de Desempenho sobre Sustentabilidade Socioambiental do IFC* são direcionados aos usuários interessados, fornecendo orientação sobre o modo de identificar riscos e impactos, e se destinam a ajudar a evitar, minimizar e gerenciar riscos e impactos, como forma de fazer negócios de maneira sustentável, incluindo o engajamento das partes interessadas e as obrigações de divulgação por parte do interessado no que se refere a atividades no âmbito do projeto.

No caso de seus investimentos diretos (incluindo os financiamentos de projetos corporativos fornecidos por meio de intermediários financeiros), o IFC requer que seus clientes apliquem os *Padrões de Desempenho sobre Sustentabilidade Socioambiental* para gerenciar riscos e impactos socioambientais a fim de melhorar as oportunidades de desenvolvimento.

O IFC estabeleceu uma diretriz específica para a indústria de mineração (*IFC Mining Industrial Sector Guideline).*

No caso da indústria de mineração, além da diretriz específica de mineração, dependendo do tamanho e condições do empreendimento, no caso de as operações serem amplas e/ou mais complexas, devem ser observadas também as seguintes *Diretrizes do Setor Industrial do IFC* (*IFC Industrial Sector Guidelines*).

6.3. Gestão de riscos: políticas, diretrizes e normas conforme CGU e TCU[78]

A presente seção visa à análise da governança corporativa, pública ou privada, voltada à eficiência no *compliance* e na gestão de risco, como fator determinante da responsabilidade pelo dano ou risco não evitado.

As *metodologias de gestão e análise de riscos* em nível de governança corporativa*, incluindo os riscos socioambientais,* têm sido utilizadas há várias décadas. Essas metodologias fazem parte dos processos de gestão utilizados no âmbito governamental, empresarial e acadêmico, tanto no Brasil como internacionalmente.

Da análise das políticas, normas e regulamentos da *Controladoria-Geral da União* (CGU), *do Tribunal de Contas da União* (TCU) e do *Ministério Público da União/Procuradoria-Geral da República* (PGR), pode-se concluir que esses órgãos e instituições federais do governo brasileiro possuem os procedimentos e as metodologias mais avançados sobre gestão e análise de riscos, no mesmo patamar de outras instituições nacionais e internacionais dos setores empresarial, público e privado.

No âmbito do Poder Executivo Federal, o marco regulatório da CGU, que orienta os órgãos e as entidades públicas à estruturação de mecanismos de controles internos, gestão de riscos e governança é a *Instrução Normativa MP/CGU nº 01, de 10 de maio de 2016*, que também apresenta conceitos, princípios, objetivos e responsabilidades relacionados aos temas. No âmbito da CGU, os seguintes normativos orientam a gestão de riscos do órgão: *(a) Portaria nº 915, de 12 de abril de 2017, que Institui a*

78 Esta seção foi organizada e compilada por Marcelo Drügg Barreto Vianna e revista por Ana Maria de Farias Martins (CGU) e Marlos Moreira dos Santos, respectivamente, auditora Federal de Finanças e Controle da CGU e diretor de Auditoria de Políticas de Infraestrutura, da Secretaria Federal de Controle Interno da CGU e por Sandra Akemi Shimada Kishi, procuradora Regional da República.

Política de Gestão de Riscos – PGR; (b) Portaria nº 910, de 3 de abril de 2018, que aprova a Metodologia de Gestão de Riscos; e (d) Manual para a operacionalização da Metodologia de Gestão de Riscos. Tais normas são orientativas para os demais órgãos do Poder Executivo Federal quando da implementação de seus sistemas de gestão de riscos.

Destaque-se a importância do documento da *CGU* intitulado *"Metodologia de Gestão de Riscos",* publicado em abril/2018, que apresenta: (a) *Fundamentos da Gestão de Riscos da CGU* – nesta seção, são descritos os conceitos básicos, os referenciais legais e teóricos, bem como os princípios e objetivos que norteiam a Gestão de Riscos da CGU; (b) *Estrutura da Gestão de Riscos da CGU*, que apresenta as competências das instâncias da CGU, a forma de integração dos processos organizacionais, os recursos necessários e os mecanismos de comunicação para a Gestão de Riscos; e (c) *Metodologia de Gestão de Riscos da CGU*, com detalhes das etapas do processo de gerenciamento de riscos.

Quanto aos normativos que orientam a Atividade de Auditoria Interna Governamental Baseada em Riscos, destacam-se os seguintes: *(a) Referencial Técnico da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal, aprovado pela Instrução Normativa nº 3, de 9 de junho de 2017; (b) Manual de Orientações Técnicas da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal, aprovado pela Instrução Normativa nº 8, de 6 de dezembro de 2017; e (c) Orientação Prática: plano de auditoria interna baseado em riscos, aprovada pela Portaria nº 1.055, de 30 de abril de 2020*. Ressalte-se que o Manual de orientações Técnicas da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal é o principal guia da atividade de auditoria interna governamental do Poder Executivo Federal e estabelece os procedimentos para a prática profissional, inclusive no que concerne à elaboração do Plano de Auditoria Interna Baseado em Riscos.

Além dos normativos acima citados, a Instrução Normativa Interministerial nº 5, de 6 de novembro de 2018, que trata do processo informatizado de análise de prestação de contas pelos gestores federais, baseada em riscos e o Decreto Federal nº 9.203/2017, que conta com referendo do sr. ministro de Estado Chefe da CGU, e também trata do tema de gestão de risco, ao dispor sobre a política de governança da administração pública federal direta, autárquica e fundacional.

O Tribunal de Contas da União publicou, em 2014, o *"Referencial Básico de Governança – Aplicável a Órgãos e Entidades da Administração Público* (*http://www.tcu.gov.br/governanca*)[79], que reúne e organiza boas práticas de governança pública para incrementar o desempenho de órgãos e entidades públicas, esclarecer e incentivar os agentes públicos na adoção *de boas práticas de governança*. Esse *Referencial* se torna um guia para as ações do próprio TCU na melhoria de sua governança interna.Para o TCU, gestão de riscos é a identificação, a avaliação e a priorização de riscos seguidas de uma aplicação coordenada e econômica de recursos para minimizar, monitorar e controlar a probabilidade e o impacto de eventos negativos ou maximizar o aproveitamento de oportunidades. O objetivo da gestão de riscos é

79 Para organização deste *"Referencial Básico de Governança"* do TCU, foram consultados diversos documentos correlatos, como artigos científicos, padrões, modelos e códigos de diversos países, entre os quais: (a) Código das melhores práticas de governança corporativa (IBGC, 2009); (b) *Enterprise risk management – integrated framework* (COSO, 2004); (c) *Good governance in the public sector* (IFAC, 2013); (d) *Good governance standard for public services* (CIPFA, 2004); (e) Governança corporativa de tecnologia da informação (ABNT, 2009); (f) *Government governance: corporate governance in the public sector* (NETHERLANDS, 2000); (g) *Guide for board members of public bodies in Scotland* (SCOTTISH, 2006); (h) *Guidelines for internal control standards for the public sector* (INTOSAI, 2004); (i) *Internal control – integrated framework* (COSO, 2013); (j) *Internal control management and evaluation tool* (GAO, 2001); (k) *International professional practices framework* (IIA, 2009); (l) *International public sector study* 13 (IFAC, 2001); (m) Norma de gestão de riscos – princípios e diretrizes (ABNT, 2009b); (n) Programa nacional de gestão pública e desburocratização – 2013b; e (o) *Public sector governance in Australia* (ANU, 2012).

promover meios para que as incertezas não desviem os esforços da organização de seus objetivos.

De acordo com a publicação do TCU (***Referencial Básico de Governança - Aplicável a Órgãos e Entidades da Administração Pública***), *"em uma organização moderna é comum que vários setores sejam responsáveis, de alguma forma, por tratar dos riscos da organização. O modelo de três linhas de defesa se propõe a designar as responsabilidades em forma de coordenação entre os envolvidos".*

O modelo pode ser visto abaixo:

Racionalização

Pressão *Oportunidade*



Referência: TCU – "Referencial Básico de Governança"

A primeira linha de defesa é composta pelos controles operacionais e internos dos gestores. Os gestores detêm os riscos do negócio e os gerenciam. Eles são responsáveis por implementar medidas corretivas nos processos e nos controles deficientes. É responsabilidade deles manter um controle interno efetivo. Os gestores devem identificar, avaliar e controlar os riscos, contribuindo para melhorar as políticas e assegurando que as atividades desenvolvidas estejam compatíveis com os objetivos da organização.

Na segunda linha de defesa está incluída a unidade de gestão de riscos, ou o exercício dessa função. Essa unidade ou função serve para monitorar e contribuir para a implementação de práticas de gestão de risco pelos gestores. Assistem os gestores na definição da tolerância ao risco e na forma como as informações de risco e controles são divulgadas internamente na organização. Além da gestão de riscos, pode-se incluir também nessa linha de defesa as atividades de compliance, que significa monitorar os riscos de desconformidade com leis e regulamentos, a controladoria, que monitora os riscos financeiros, e a função antifraude e anticorrupção, que monitora o risco de fraude e corrupção.

A terceira linha de defesa é composta pela auditoria interna da organização. Cabe à auditoria interna fornecer à alta administração e órgãos de governança a avaliação objetiva e independente quanto à eficácia dos controles internos, da gestão de risco e da governança.

O escopo dessa avaliação tipicamente inclui: eficiência e eficácia das operações, salvaguarda dos ativos, confiabilidade da comunicação interna, conformidade de leis, regulamentos e contratos.

O estabelecimento da auditoria interna deve ser um compromisso com a governança em qualquer organização. A auditoria interna deve seguir os padrões para

a atividade e reportar-se funcionalmente à mais alta instância interna de governança e, administrativamente, à alta administração.

Gestão de riscos é a identificação, avaliação e priorização de riscos seguida de uma aplicação coordenada e econômica de recursos para minimizar, monitorar e controlar a probabilidade e o impacto de eventos negativos ou maximizar o aproveitamento de oportunidades.

O objetivo da gestão de riscos é promover meios para que as incertezas não desviem os esforços da organização de seus objetivos. Todas as atividades de uma organização envolvem riscos decorrentes da natureza das atividades, de novas realidades, de mudanças nas circunstâncias e nas demandas sociais, da própria dinâmica da administração pública, bem como da necessidade de mais transparência e prestação de contas e de cumprir variados requisitos legais e regulatórios.

Por isso, as organizações precisam gerenciar riscos, identificando-os, analisando-os e, em seguida, avaliando se devem ser modificados por algum critério de modo a criar as condições para o alcance dos objetivos e de seus propósitos.

A gestão de riscos corretamente implementada e aplicada de forma sistemática, estruturada e oportuna gera benefícios que impactam diretamente os cidadãos e outras partes interessadas da organização. Para a implementação de uma gestão de riscos, a organização pode adotar padrões internacionais criados para estruturar essa atividade. Citam-se os mais comuns: o Coso II e a NBR ISO 31.000.

No âmbito do executivo federal existe a Instrução Normativa Conjunta MP/CGU nº 01/2016, de 10 de maio de 2016, que dispõe sobre controles internos, gestão de risco e governança no âmbito do Poder Executivo Federal. A parte de gestão de risco dessa IN é baseada no Coso II.

A NBR ISO 31.000 fornece princípios e diretrizes para gerenciar qualquer tipo de risco em toda ou em parte de qualquer tipo de organização. Trata-se de uma norma geral, independentemente de indústria, setor ou área e não concorre com outras normas sobre gestão de riscos em áreas específicas.

Seus objetivos são servir como um guia mestre em matéria de gestão de riscos e harmonizar os processos de gestão de riscos, fornecendo uma abordagem comum, que pode ser aplicada a uma ampla gama de atividades, incluindo estratégias, decisões, operações, processos, funções, projetos, produtos, serviços e ativos.

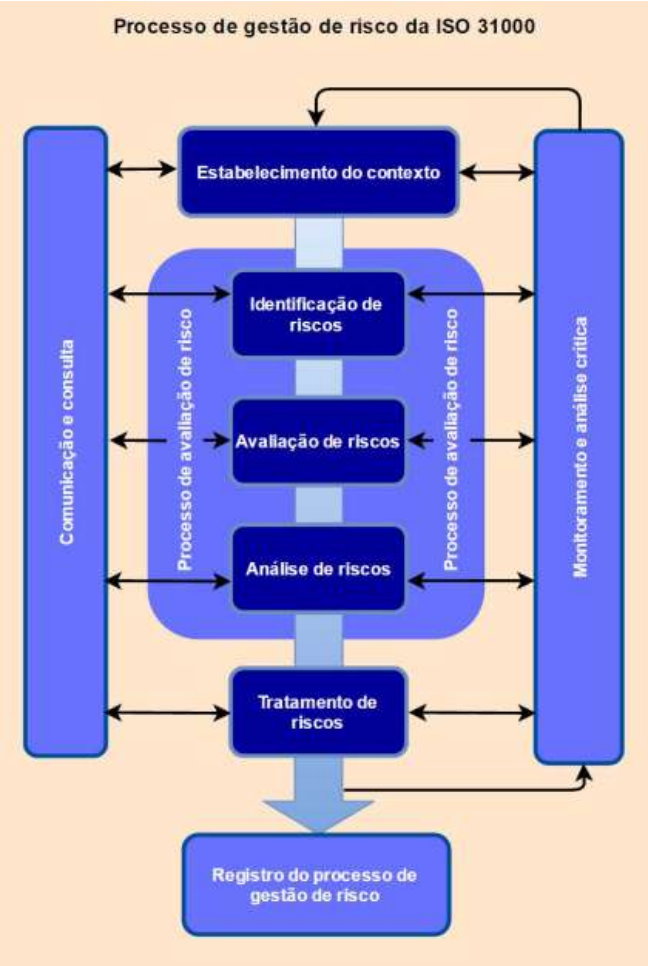


Figura: Processo de gestão de risco pela NBR ISO 31.000

Também, de acordo com o TCU, a implementação de uma gestão de riscos, deve seguir padrões e normas nacionais e internacionais, tais como: (a) *COSO II (Committe of Sponsoring Organizations of the Treadway Commission),* que se trata de modelo de gestão (COSO, 2013) de riscos predominante no cenário corporativo internacional, especialmente na América do Norte, com o propósito de fornecer uma estratégia de fácil utilização pelas organizações para avaliar e melhorar o gerenciamento de riscos; (b) NBR ISO 31000 e as demais da mesma família de normas. Nesse sentido, a NBR ISO 31.000 pode ser aplicada no contexto de fraude e corrupção. Um processo robusto de avaliação de risco de fraude e corrupção envolve comunicação e consulta a servidores-chave em todos os níveis dentro de uma organização durante todas as fases do processo de gestão de riscos.

Com base nos documentos do TCU, a abordagem da NBR ISO 31.000 assegura que os responsáveis pela implementação do processo de gestão de riscos e as partes interessadas compreendam a base de tomada de decisão e as razões pelas quais ações específicas são necessárias. Estabelecer o contexto é fundamental e envolve articular os objetivos da organização e os parâmetros externos e internos a serem levados em conta na gestão de riscos. Identificar os riscos de fraude e corrupção em nível de sistema e de programa ajuda as organizações a avaliarem o risco global da organização e a refletirem esses riscos em seus objetivos de planejamento estratégico.

O TCU, em janeiro de 2018, publicou o documento que consiste em um *roteiro* intitulado *"Gestão de Riscos – Avaliação da Maturidade",* o qual ressalta que um instrumento relevante para lidar com esse desafio é a gestão de riscos, processo estratégico e fundamental para as organizações do setor público, e considera que

gerenciar riscos de modo eficaz contribui para o aumento da confiança dos cidadãos nas organizações públicas ao subsidiar informações para a tomada de decisão, contribuir para um melhor desempenho na realização dos objetivos de políticas, organizações e serviços públicos e auxiliar na prevenção de perdas e no gerenciamento de incidentes.

A gestão de riscos eficaz melhora as informações para o direcionamento estratégico e para as tomadas de decisões de responsabilidade da governança, contribui para a otimização do desempenho na realização dos objetivos de políticas e serviços públicos e, consequentemente, para o aumento da confiança dos cidadãos nas organizações públicas, além de prevenir perdas e auxiliar na gestão de incidentes e no atendimento a requisitos legais e regulamentares. O *roteiro* do TCU intitulado *"Gestão de Riscos – Avaliação da Maturidade"* cobre de forma objetiva, exaustiva e abrangente todos os procedimentos necessários para abordagem de gerenciamento de riscos e avaliação de maturidade.

Da análise das políticas, normas e regulamentos da *Controladoria-Geral da União* e do *Tribunal de Contas da União,* pode-se concluir que esses órgãos e instituições federais possuem os mesmos procedimentos e metodologias sobre gestão e análise de riscos, no mesmo patamar de outras instituições nacionais e internacionais dos setores empresarial e público. Conhecer a estrutura e funcionalidades da gestão de riscos é importante ao presente trabalho para aferição de desempenho dos controles internos e da maturidade do *compliance* da governança voltada à sustentabilidade. Ademais, o entendimento do sistema de gestão de riscos ajuda também na delimitação das competências e responsabilidades pela prevenção do dano da governança corporativa.

6.4. Controle de risco: o risco evitado[80]

Conforme se verifica na seção 6.2, sobre teorias do risco, o Direito atualmente não pode desconsiderar o risco como elemento do tipo nas mais recentes normas, seja no âmbito da responsabilidade civil, administrativa ou penal, diante da necessária antecipação da adoção de medidas de precaução, durante o desenvolvimento das atividades de risco. Igualmente nas três esferas de poder, legislativa, administrativa e judiciária, o risco tem sido objeto cada vez mais de regulamentação, de controle e de base de decisão. Com efeito, a gestão e o controle de risco estão cada vez mais presentes no campo da **evitação do risco** ou **da evitação do próprio dano**, como um dever de diligência. Isso, diante da necessária eficiência na conformidade aos princípios e normas (*compliance),* da necessária boa governança corporativa justamente na evitação dos riscos sociais, ambientais e socioambientais. Os custos com a evitação do risco são vultosos, e demanda-se longo prazo até a restauração ou a efetiva preservação do meio ambiente e o cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável.

A repercussão dos novos riscos da sociedade contemporânea reflete tanto em nível do objeto de regulamentação, de controle e de decisão em torno do próprio risco como nas três frentes públicas da gestão e do controle, no Legislativo, no Executivo e no Judiciário. Em relação à repercussão na sociedade atual, em nível das condutas e das relações sociais, conclui José Renato Martins (2008, p. 28), parafraseando Alejandro Nieto (1994, p. 38), que "Quando essa atividade humana gera riscos que são capazes de produzir danos, parece que o instituto adequado para o tratamento jurídico do risco é mesmo a responsabilidade". O atual contexto de sociedade de risco reclama a adoção do conceito de indenização do risco, diante da relevância jurídica de uma necessária cultura da segurança jurídica fundada na Lei n. 13.655/2018, que alterou a Lei de Introdução às Normas do Direito Brasileiro, conferindo-lhe nova

80 Seção de autoria de Sandra Akemi Shimada Kishi, procuradora Regional da República e coordenadora do SG-Mineração de Valoração do Dano Ambiental do CNMP.

dimensão operacional: no âmbito público, com repercussão no setor privado, para reforçar a segurança jurídica com a necessária indenização do risco.

As metodologias de gestão e análise de riscos, incluindo os riscos socioambientais, fazem parte dos processos de gestão e de controle interno corporativo utilizados nos âmbitos governamental, empresarial e acadêmico, tanto no Brasil como internacionalmente, com o objetivo de evitar o dano. A gestão, a análise e o controle de riscos estão orientados pelo princípio da precaução e do controle do risco, previstos na Constituição da República Federativa do Brasil.[81]. A temática da gestão de riscos é atual e importante para o fortalecimento do binômio governança e gestão, nas esferas pública, em nível municipal, estadual e federal, e privada, consolidando robustez e integridade às administrações nas organizações públicas e privadas.

Revela-se necessário aqui distinguir, quanto à gestão e ao controle de risco, algumas questões de ordem prática e conceitual, conforme o ator que regula, administra, controla ou que decide sobre o risco, seja na esfera pública ou privada. Embora em termos de regulação sejam praticamente os mesmos conteúdos normativos, tanto no setor público quanto no privado, o risco tem posições diferenciadas a depender da diversidade dos escopos visando aos interesses públicos ou privados. E, nesse sentido, embora gestão e controle do risco estejam sob a égide de normas semelhantes nos seus elementos e objetos e no mesmo nível de aplicação, dependerá a estratégia de enfrentamento do risco, de determinado ator e do ponto de partida (ou de chegada) dos interesses, públicos ou privados, envolvidos em cada atividade.

A propósito, explica Bottini (2007, p. 52), a gestão de riscos é uma atividade generalizada na sociedade atual, levada a cabo por diversos personagens, em maior ou menor escala, seja na esfera pública, seja na esfera privada. A atividade de gestão do risco, portanto, se origina em um conflito, mas não em um conflito qualquer: naquele primordial, que sustenta o modelo de organização social atual. Decorre do litígio entre o discurso de defesa do risco, como motor do desenvolvimento, e o discurso pela restrição do mesmo risco, como ameaça.

Feita essa distinção, tratar de risco aqui é necessário tanto como as relações sociais são objeto do Direito e como elas geram riscos que, por sua vez, podem produzir danos, que levam à valoração e à busca da responsabilidade e sua devida indenização.

No final do século XX, a crise com a ineficiência da gestão, a não confiabilidade e todas as formas de exclusão social impulsionaram a revisão de direitos sociais, o ajuste fiscal e a melhoria da qualidade dos serviços. Nessa fase, as corporações públicas e privadas começaram a perceber que a aprovação de um plano não significava a sua efetiva realização. No século XXI, a sociedade de risco passa a adotar o modelo das três Linhas IIA-Global, com gerenciamento e controle de riscos em três níveis, desde a identificação ou mapeamento do risco ao gerenciamento de risco em toda a cadeia e em contato com as externalidades, e em nível de monitoramento. E, neste modelo, as ferramentas mestras são: *accountability*, relato integrado, combate à corrupção, ética e integridade ou *compliance*. Isso no âmbito da gestão pública ou privada.

As governanças corporativas, públicas e privadas, atentas à gestão e ao controle de riscos devem internalizar os custos com a prevenção do risco (precaução) ou do dano (prevenção).

O tema de gestão, avaliação e controle de riscos para evitação do dano tem especial relevância na atividade de mineração porque a Constituição Federal obriga expressamente que o meio ambiente deverá ser recomposto. Portanto, mais que justificada a presente abordagem sobre gestão de riscos, em nível técnico e jurídico, diante dos necessários gestão e controle do risco ao longo de todo o *iter* do

81 Respectivamente, nos artigos 225, *caput,* e §1º, IV, V e VII, da CF/1988.

desenvolvimento da atividade de risco, visando à segurança de barragens e às medidas precautórias e de controle do risco em todas as etapas da cadeia produtiva e mesmo após o descomissionamento da atividade, na gestão dos resíduos, em nível preventivo e de evitação do risco ou do próprio dano ambiental, durante essas fases da atividade de mineração. A valoração do risco evitado aproxima-se do método de custo evitado.[82]

Nesse sentido, por força do *caput* do artigo 47 do Código de Mineração, é obrigatório o "acompanhamento deve ser feito pelo automonitoramento, pela auditoria ambiental da própria empresa e pela inspeção dos órgãos públicos ambientais" (MACHADO, 2020, p. 869).

Como já dito, as normas da CGU e do TCU aplicam-se também ao setor privado, seja por similitude com as diretrizes e guias do setor privado, seja por força das parcerias público-privadas e das parcerias para investimentos no setor minerário.

As normas, os regulamentos e os procedimentos de controle interno e de governança do setor público são de mesmo conteúdo e alcance que as normas de gestão de risco do setor privado.

Com base nos documentos do TCU, a abordagem da ISO 31.000 assegura que os responsáveis pela implementação do processo de gestão de riscos e as partes interessadas compreendam a base de tomada de decisão e as razões pelas quais ações específicas são necessárias. Estabelecer o contexto é fundamental e envolve a articulação dos objetivos da organização e dos parâmetros externos e internos a serem levados em conta na gestão de riscos.

Instrumentos de autorregulamentação, de incentivo ao controle de riscos, de desenvolvimento sustentável pautam a atuação das organizações privadas – como a Organização Internacional de Normalização (ISO), que, por meio da série ISO 14000, busca uniformizar procedimentos de gestão empresarial visando, com isso, a reduzir seu impacto ambiental. (BOTTINI, 2007, p. 51)

A ISO 31.000 pode ser aplicada no contexto de fraude e corrupção. Um processo robusto de avaliação de risco de fraude e corrupção envolve comunicação e consulta a servidores-chave em todos os níveis dentro de uma organização durante todas as fases do processo de gestão de riscos.

Segundo Clarissa D'Isep (2009, p. 220), a certificação poderá figurar como cláusula contratual na relação comercial, dando ensejo inclusive à rescisão contratual, indenizações ou, de outro lado, à melhoria contínua pela autoexigência da qualidade da gestão e do crescente desempenho da gestão ambiental.

As certificações, as rotulagens, os selos são instrumentos de comunicação social e de automonitoramento voluntário orientados pela certificação ISSO/ABNT NBR 14001 de gestão e desempenho ambiental, a depender do grau de envolvimento dos atores externos à empresa na área de abrangência do empreendimento ou do projeto, ou seja, atores na bacia hidrográfica, que definitivamente podem ajudar na responsabilidade ambiental e na sadia qualidade de vida e do meio ambiente nessa bacia, para além da saúde e do desempenho da corporação.

No tocante às possíveis finalidades das avaliações do próprio bem ambiental e do direito minerário e sua incorporação aos ativos das empresas de mineração, conforme Decreto nº 69.885, de 31 de dezembro de 1971 e NBR/ABNT 146453-6/2008, podem ser o estudo de viabilidade técnico-econômica e ambiental; a efetividade da auditoria; a garantia de financiamentos; o estabelecimento de "royalties"; propósitos contábeis; aspectos regulatórios específicos[83]. Tais finalidades das avaliações do bem ambiental

82 V. anexo III. Tabela A.3.1 – Métodos de Valoração Econômica e suas Características Básicas/MCE ou Tabela 1 – Métodos de valoração e tipos de valores – Método indireto de valoração de Custos de controle evitados, conforme NBR 14.653-2, NBR 14.653-3 e NBR 14.653-4, 14653-6/2008, ABNT.

83 Algumas finalidades extraídas do rol do item 4 do Anexo A da NBR 146453-6/2008, da ABNT.

são diretamente relacionadas com o devido *compliance,* a gestão e o controle de riscos ambientais e socioambientais, com a internalização dos custos com a prevenção do dano.

A adoção pela área pública da auditoria e os modelos de gerenciamento de riscos da área pública e privada podem colaborar no avanço do binômio segurança e prevenção, com melhor desempenho da gestão pública nas ações de comando, controle e fiscalização em matéria de mineração.

O plano de implementação estabelecido em Joanesburgo em 2002 concentrou-se em aumentar a responsabilidade corporativa ambiental e social, incentivando as empresas à melhoria de seu desempenho ambiental de forma voluntária.

Conclui-se até aqui que a gestão de riscos deve diagnosticar e prever medidas de precaução, diante de riscos internos e externos e de preferência por setor e por temática.

Gestão e controle do risco para a garantia da vida, da qualidade de vida e do meio ambiente têm o objetivo de antecipar a prevenção para elidir o dano ambiental, social ou socioambiental, a partir do risco evitado.

No ordenamento jurídico brasileiro, essa obrigação é constitucional e se encontra no artigo 225, § 1º, V e VII, da Constituição da República Federativa do Brasil.

Paulo Affonso Leme Machado (2020, p. 19) anota que, na Espanha, a Lei nº 26/2007 (artigo 17) prevê a prevenção, em nível de evitação de novos danos. O autor ressalta a forma incisiva da lei espanhola ao apontar o dever de ação do operador em tomar as medidas preventivas apropriadas, sem esperar ato da Administração Pública, sendo que o Poder Público deve acompanhar a ação preventiva e até indicar a complementação das medidas tomadas pelo operador. É de ser ressaltada a terminologia da lei espanhola, que, além de utilizar o termo "prevenção", emprega conjuntamente o vocábulo "evitação", mostrando, sem qualquer dúvida, a determinação de que o dano deve ser aferido e impedido.

Apontou a Constituição Federal cinco atividades que deverão ser controladas pelo Poder Público: a produção, a comercialização, o emprego de técnicas, a utilização de métodos e o emprego de substâncias, que comportem riscos para a vida, qualidade de vida e para o meio ambiente e não se limita a casos de "ameaças sérias ou irreversíveis" e nem se questiona de incerteza científica[84]. Segundo Machado (2020, p.109), o "inciso V do §1º necessita ser levado em conta juntamente com o próprio caput do art. 225 da CF, onde o meio ambiente é considerado 'essencial à sadia qualidade de vida'".

A legislação brasileira trata, no artigo 2º, § 2º, da Lei nº 12608/2012, que "A incerteza quanto ao risco de desastre não constituirá óbice para a ação das medidas preventivas e mitigadoras da situação de risco". "Aí está um novo princípio da precaução", observa Paulo Affonso Leme Machado (2020, p. 109), que "tem na sua essência a incerteza e será aplicado independentemente da intensidade ou da gravidade do risco."

A Resolução 62/68 da Comissão de Direito Internacional da Assembleia-Geral das Nações Unidas, em 2007, em seu artigo 10, fala de fatores de um justo equilíbrio de interesses, sendo que nos termos do § 2º do art. 9º, os Estados interessados consideram os seguintes indicadores, em especial: a) o grau de risco de um dano transfronteiriço significativo e a medida existente de meios para prevenir esse dano ou para reduzir o risco ao mínimo ou de repará-lo; b) a importância da atividade, levando-se em conta as vantagens globais de ordem social, econômica e técnica, que

84 Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, promulgada pelo Decreto 2652, de 1º de julho de 1998.

aportem para o Estado de origem, em relação ao dano que possa resultar para o Estado suscetível de ser afetado; c) o risco de dano significativo para o meio ambiente e a medida existente em relação ao meio de prevenir esse dano ou de reduzir o risco ao mínimo, ou de reabilitar o meio ambiente; d) a medida pela qual o Estado de origem e, se aplicável, o Estado suscetível de ser afetado estejam prontos a assumir uma parte do custo da prevenção; e) a viabilidade econômica da atividade, levando-se em conta o custo da prevenção e a possibilidade de levar a atividade para outro local ou por outros meios ou ainda de substituí-la por outra atividade; f) as normas de prevenção aplicadas à mesma atividade ou a atividades comparáveis pelo Estado suscetível de ser afetado e aquelas que são aplicadas às atividades comparáveis em nível regional ou internacional.(MACHADO, 2020, p. 22)

Em relação aos Estados-Partes, "a negociação digna e transparente deve ser aceita ou procurada, para se aferirem os danos possíveis a serem evitados e quais poderão ser admitidos, perene ou temporariamente. Contudo, não se pode fazer tábua rasa do caráter preventivo do Direito do Ambiente". (MACHADO, 2020, p. 23)

O controle do risco e o risco evitado a ser valorado

Por que a forma como uma empresa está vinculada aos impactos adversos é importante? É relevante saber distinguir a posição da empresa frente ao nível de interrelações com as partes ou *stakeholders*, pois a relação ou a reação de uma empresa com um impacto adverso (isto é, se a empresa causa, contribui ou está diretamente vinculada por uma relação negocial) determina como uma empresa deve responder a um impacto e se há também a responsabilidade de prover ou cooperar na remediação[85]. Enfim, importa o domínio de saber essa distinção para as necessárias medidas precautórias anticorrupção ou de integridade, a depender de onde se encontra no *iter* do risco ao impacto/dano, ou seja, da gestão (em nível de plano de ação) e do gerenciamento de risco (no monitoramento da operação ou da atividade) à prevenção ou cessação do impacto/dano.

Registre-se que a necessidade de uma governança corporativa voltada à eficiência de medidas proativas de *compliance* é objeto de litígio em juízo, haja vista os pedidos formulados na ação civil pública contra a Vale S/A, BHP *Billington* e Samarco diante do rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG[86]. A responsabilidade por não *compliance* diante do rompimento da barragem Córrego do Feijão, em Brumadinho, também foi objeto de ação civil pública por parte do MPMG, invocando as necessárias *due diligence*, gestão de risco e governança voltada à sustentabilidade. No bojo dessa ação foi requerido pelo Ministério Público a realização de auditoria independente, inclusive financeira, para avaliar a responsabilidade e o envolvimento da governança corporativa das empresas em relação ao rompimento da barragem em Mariana e para identificar as falhas estruturais, na conformidade e nos necessários ajustes na adequada gestão e no controle de riscos, com a devida publicidade de seus relatórios e recomendações.

Após um ano do desastre em Mariana, conforme Relatório do Centro de Apoio Operacional do Ministério Público de Minas Gerais, haviam sido instaurados 22 inquéritos civis pelo Ministério Público brasileiro com o objetivo de apurar a qualidade nas análises de riscos, valoração de danos, verificação de irregularidades em licenças ambientais e questões relacionadas à segurança de barragens. Nesse período também foram realizados 60 laudos técnicos-periciais por peritos do Ministério Público de Minas Gerais, nas esferas de responsabilidade civil e criminal

85 Diretrizes da OCDE para Empresas Multinacionais. Princípios e padrões voluntários para conduta empresarial responsável em áreas que incluem emprego e relações industriais, direitos humanos, meio ambiente, divulgação de informações, concorrência, tributação e ciência e tecnologia.

86 Disponível em: <http://www.mpf.mp.br/mg/sala-de-imprensa/docs/acp-samarco>. Acesso em: 22 jun. 2021.

sobre temáticas relacionadas a riscos não evitados e a georreferenciamentos, conflitos socioambientais, patrimônio cultural, turístico, paisagístico, defesa da fauna, etc. [87]

Os esforços na conformação de matrizes de diagnósticos e conformação de elementos probatórios para a valoração do dano ambiental resultaram de colaborações interdisciplinares e de diversos setores da sociedade civil ao lado do Ministério Público, que assumiu um papel de catalisador de sinergias, laudos e estudos técnico-científicos. Assim, o Ministério Público em governança colaborativa intersetorial com a academia, gestores, 3º setor e a sociedade civil organizada construíram um conjunto coeso e consistente de prova técnica para uma tutela jurisdicional justa. Interessante é destacar que nessa iniciativa de novos modelos de formação de provas técnicas "são inapropriados tanto o modelo que deixa exclusivamente à iniciativa das partes (próprio do *adversarial system of litigation*) como o sistema baseado na exclusiva iniciativa probatória do juízo (*principle of officiality ou offizialprinzip*)". (SALVADOR; YOSHIDA; CASTANHEIRO; KISHI; MAGALHÃES, 2020, p. 1164).

Atividades de risco como as de mineração, segundo normas e metodologias de gestão de riscos reconhecidas internacionalmente, pressupõem uma matriz de interconectividade. Ou seja, além da usual matriz de riscos dos negócios, que avalie como um determinado risco influencia em outro, é necessário aferir e levar em conta o grau efetivo de exposição a risco, inclusive os riscos associados. Deve-se considerar uma matriz de impactos cruzados, diante da motricidade e dinâmica sinérgica dos riscos, alterando-se graus de criticidade, dependendo dos níveis de cruzamentos dos riscos em sinergia com os impactos. Tudo tal como realizado pelos peritos do Ministério Público brasileiro integrantes desse Subgrupo Mineração de Valoração do Dano Ambiental do CNMP visando a elaborar uma espécie de termo de referência mínimo para uma adequada quesitologia parametrizada aos diversos impactos associados, a ser dialogada entre membros de Ministério Público e peritos servidores do próprio MP ou de empresas contratadas para realizar uma justa valoração do dano.

Quanto ao tipo de risco relacionado a impactos a serem controlados, importante é a observação de Paulo Affonso Leme Machado (2020, p. 28), no tocante ao inciso V do artigo 225, § 1º, da Constituição da República Federativa do Brasil, que "não se refere ao tipo de risco a ser controlado, se alto, médio ou baixo". O artigo 2º, VIII, da Lei nº 12334/2010, alterado pela Lei nº 14066/2020, alinhou a categoria de risco à "classificação da barragem de acordo com os aspectos que possam influenciar na possibilidade de ocorrência de acidente ou desastre", o que significa dizer que a categoria de risco pode ser alta mesmo para risco baixo. A Constituição, portanto, exige que seja controlado todo tipo de risco, seja qual for o risco da atividade, da técnica ou substância.

O controle do risco é elemento objetivo do ilícito por ofensa ao patrimônio público, por ato de corrupção passível de responsabilização[88], sem necessidade de se demonstrar culpa.[89] O conceito de gestão de risco encontra-se no artigo 2º da Lei 12334/2010 como as "ações de caráter normativo, bem como aplicação de medidas para prevenção, controle e mitigação de riscos".

Foi a conclusão a que chegou a Justiça Estadual em Minas Gerais em relação ao desastre do rompimento da barragem Córrego do Feijão, em Brumadinho, conferindo a tutela jurisdicional favorável ao pedido do MP[90] em relação aos atos

87 Relatório do Centro de Apoio Operacional do Ministério Público de Minas Gerais, disponível em: <file:///C:/Users/Particular-PC/Downloads/Relat_rio%20-%20CAOMA.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2021.

88 BRASIL. Lei nº 12846, de 1º de agosto de 2013.

89 BRASIL. Constituição Federal, artigo 225, § 1º, V, c.c. artigo 5º, V, da Lei nº 12846/2013.

90 Decisão liminar 0066055560, em maio de 2020, nos autos das ações n. 5002549-18.2019.8.13.0090 e n.de responsabilidade por atos de corrupção, ajuizadas pelo MPMG, da 1ª. Vara Cível, Criminal e da Infância e Juventude de Brumadinho/MG. Disponível em https://mpmgbarragens.info/wp-content/uploads/2020/06/20200526-Decisao-Acao-por-Dano-Material.pdf e em https://mpmgbarragens.info/

lesivos à Administração Pública pelas empresas de mineração Vale S/A e de auditoria geotécnica e de certificação de qualidade, pela empresa de auditoria técnica Tüv Süd Bureau de Projeto e Consultoria Ltda e de Laboratório de Análise de Produtos, que desconsiderou riscos e anomalias geotécnicas de liquefação, evidenciando uma grave falha na gestão de risco.[91] A indenização do risco parece aos olhos do Ministério Público não só plausível, como recomendável para o efetivo *compliance* e para adequadas medidas proativas de integridade que proporcionem, por exemplo, a adoção da melhor tecnologia disponível, diante do arcabouço de normas e princípio que assim determinam para a continuidade das atividades com monitoramento e evitação do risco e do dano.

Luciano Loubet (2014) defende a aplicação do princípio da obrigatoriedade do uso das Melhores Técnicas Disponíveis, que consiste na obrigação de, nos pedidos de licenciamento ambiental ou de renovação da licença ou alteradas as condições que autorizaram a atividade com tecnologias ultrapassadas frente a atuais, mais seguras e menos poluidoras, serem avaliadas as possibilidades de escolha de melhores técnicas existentes que levem em conta a maior proteção, mediante estudos de viabilidade econômica de sua implementação.[92] Segundo Paulo Affonso Leme Machado e Sandra Kishi (2021), o artigo 225, §1º, V, da Constituição Federal de 1988 aponta para um necessário monitoramento de segurança de barragens de mineração com controle social acerca de laudos técnicos de gestão de risco acessíveis por toda a sociedade, de forma transparente, inclusive com mapas de riscos monetizados com adicionalidade de periculosidades com valoração de danos ambientais, antrópicos e do dano social na área potencialmente a ser atingida por eventual rompimento de barragem, à luz de diferentes cenários e associados a métodos de curvas de aversão a riscos de dano, para efetiva aferição dos custos, os mais próximos do real necessário a ser internalizado na empresa usuária, com apoio em contabilidade e auditoria socioambiental.

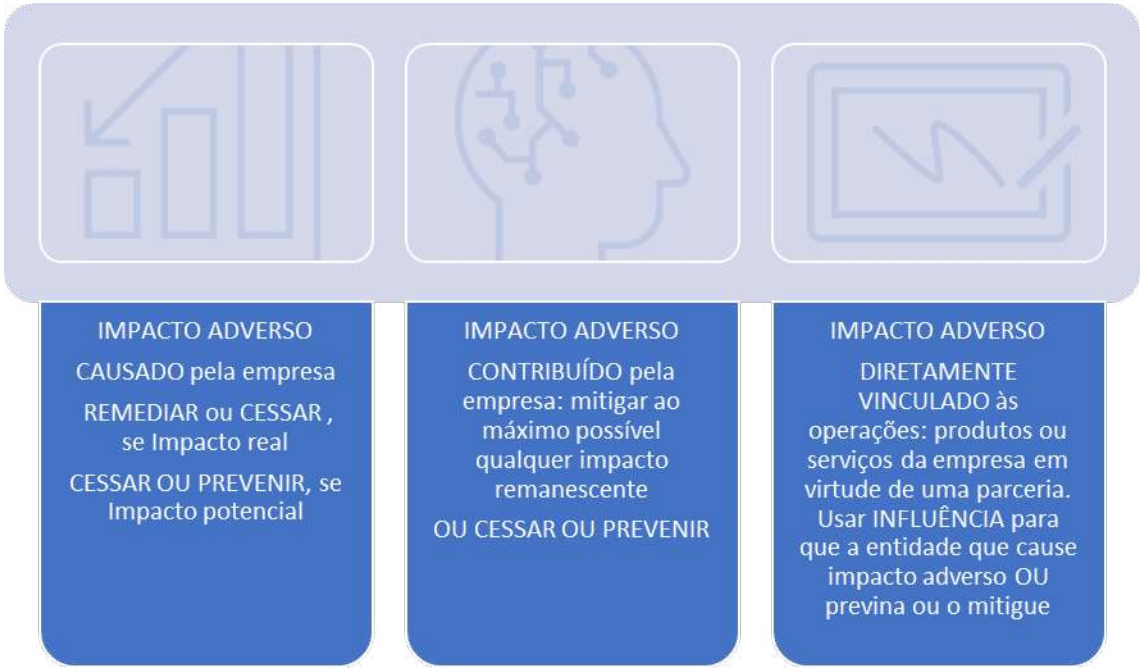
Certo é que as empresas de mineração (MACHADO; KISHI, 2021) devem adotar padrões internacionais existentes para estruturar a atividade de monitoramento das operações em todas as fases e *stakeholders* da cadeia produtiva e o controle de riscos, pautados nas principais orientações regulatórias[93], conforme o guia da OCDE de devida diligência para as governanças corporativas, públicas e privadas, responsáveis

wp-content/uploads/2020/01/09052019-Decisao-1-Instancia-Lac-TUV-SUD-Brumadinho.pdf. Acesso em 18.06.2021

91 Ações de responsabilidade de pessoa jurídica por ato de corrupção contra a Administração Pública, ajuizadas por membros do GAECO/MPMG (Grupo de Atuação Especial de Combate ao Crime Organizado, disponíveis em whttps://mpmgbarragens.info/wp-content/uploads/2020/06/20191014-0089106656_MPMG-Acao-LAC-Vale-CorregodoFeijao.pdf e https://mpmgbarragens.info/wp-content/uploads/2020/01/28032019-Acao-LAC-TUV-SUD-Brumadinho.pdfAcesso em 18.06.2021.

92 Disponível em: Livro de Promotor do MPMS contribui para decisão judicial que visa mais segurança nas barragens de Minas Gerais - MPMS. Acesso em 19.06.2021.

93 COSO II e NBR ISO 3100014, 15, para citar apenas as referências internacionais mais conhecidas e também adotadas no âmbito da Tribunal de Contas da União e da Controladoria-Geral da União sobre *compliance* e gestão de riscos, a exemplo da Instrução Normativa Conjunta MP/CGU nº 01/2016, de 10 de maio de 2016, que dispõe sobre controles internos, gestão de risco e governança no âmbito do Poder Executivo Federal. Tradução da autora do original trecho do artigo Deficiencias en Las Leyes de Presas, Desastres Ambientales y Nuevas Frentes de Actuación del Ministerio Público Brasileño, in *Revista Actualidad Juridica Ambiental*, ISSN 1989:5666, Madrid (2021, no prelo).



Obs.: *layout* elaborado pela coordenação/autores da seção à luz da fonte referenciada.

Fonte: OCDE (2011), p. 72, GUIA DA OCDE DE DEVIDA DILIGÊNCIA PARA UMA CONDUTA EMPRESARIAL RESPONSÁVEL.

Uma vez reconhecidos os impactos, é necessário desenvolver e implementar planos adequados para prevenir riscos e mitigar potenciais (futuros) impactos adversos ou danos. Qual é a diferença entre prevenir e mitigar impactos adversos? A prevenção refere-se a atividades destinadas a evitar a ocorrência de um impacto. Já mitigação refere-se a atividades que reduzem o impacto, uma vez que esse ocorra. Exemplo: em processos de tratamento de água, pode-se mitigar os impactos da poluição da água por meio da diminuição do nível de resíduos encontrados na água.

Conclusões da seção

No atual contexto, em decorrência do princípio da precaução e do controle do risco, a prevenção é o principal objetivo da devida diligência.

Isso leva a que os custos com a evitação do risco sejam efetivamente internalizados, diante da responsabilidade civil e necessária indenização pelo risco/dano não evitado. O risco não evitado há de ser valorado, antes mesmo da eclosão do dano, até por conta *da metodologia do custo evitado de valoração econômica do dano ambiental*, com base em arcabouço de princípios e normas, em nível constitucional e infraconstitucional sistematizados, aliado à reconhecida doutrina, expostos neste capítulo. Para além desses fundamentos jurídicos, a prática tem evidenciado a tendência à judicialização da responsabilidade civil pela não prevenção do risco e a crescente atuação em instâncias de arbitragem, mediação e negociação visando a acordos, em que o risco é o objeto da responsabilidade civil questionada. Citem-se como exemplos os pedidos nas principais ações civis públicas em razão do rompimento da barragem do Córrego do Feijão da Vale S/A, em Brumadinho[94]. Há, outrossim, tratativas visando a cauções como garantias do cumprimento de TACs (termos de ajustamento de condutas) frente às indenizações por riscos da atividade de mineração de carvão, como reconhecido por decisão judicial homologatória de acordo

94 Informações sobre todas as ações e procedimentos disponíveis em: <https://mpmgbarragens.info/wp-content/uploads/2020/06/20191014-0089106656_MPMG-Acao-LAC-Vale-CorregodoFeijao.pdf> e <www.mpmgbarragens.info>. Acesso em: 20 jun. 2021.

do Ministério Público Federal com empresas carboníferas na região de Criciúma/SC pela necessária evitação de riscos e prevenção de danos.

Em nível internacional, compromissos assumidos na Conferência Rio +20 (Rio de Janeiro), na Cúpula, Pós-2015 (New York) e na COP 21 (Paris), principalmente, estabelecem e incentivam novos conceitos de governança, gestão de sustentabilidade e gestão socioambiental, gestão de risco, controle do risco e medidas de integridade e de responsabilidade anticorrupção. Tais documentos invocam de todos os setores medidas precautórias e incentivam medidas proativas inovadoras, políticas efetivas de gerenciamento de riscos ambiental, social, socioambiental, de segurança da saúde, de segurança do trabalho e de controle do risco. Tais preocupações e esforços são voltados a iniciativas de efetiva gestão de risco que atendam às demandas de comando e de controle de riscos na busca do desenvolvimento sustentável, com aumento de eficiência.

As estratégias de sustentabilidade e de responsabilidade socioambientais voltadas à eficiência no *compliance* em relação aos negócios das empresas passaram a ser condição imprescindível na gestão eficiente e na busca de competitividade empresarial, pública ou privada, voltada à sustentabilidade.

Um dos fatores importantes no sucesso na gestão de sustentabilidade e responsabilidade social envolvendo a gestão e o controle de riscos socioambientais relacionados aos indicadores econômicos, de inovação, socioambientais, de segurança do trabalho e da saúde é o comprometimento dos Conselhos de Administração e da Alta Direção, tanto nos setores público, empresarial e das instituições financeiras (VIANNA 2017, p. 402).

Finalmente, na governança e na gestão dos processos, o setor empresarial, público e privado, e nas instituições financeiras, os custos com mecanismos de medição de desempenho no controle de riscos socioambientais, sociais, ambientais, de saúde ambiental, saúde ocupacional e climáticos e com medidas de integridade hão de ser internalizados, para se evitar a responsabilidade anticorrupção, diante dos desafios nas companhias, considerando as percepções e as demandas da comunidade onde atua, sempre envolvendo o maior número de partes interessadas (*stakeholders* e *shareholders*) nesses processos de participação social para o desenvolvimento sustentável.

Na medida em que estão em voga parcerias nos investimentos e novos modelos de PPPs (parcerias público-privadas), o núcleo central emissor de decisões não deve partir de conselhos de administração que não atendam aos interesses públicos da sociedade e tampouco observem os riscos tal como assim entendidos pelas comunidades, em especial as vulneráveis, onde a exposição a riscos tem grau máximo, de uma determinada região geográfica ou na bacia hidrográfica do projeto ou do empreendimento.

Em todas as atividades humanas e empresariais, da sociedade presente e futura, torna-se necessário e primordial a incorporação de modelos de governança e gestão de sustentabilidade e de responsabilidade por *compliance* ambiental e social, incluindo gestão de riscos, controle de riscos e programas anticorrupção, em consonância com diretrizes e normas estabelecidos nacional e internacionalmente.

O controle de riscos ambientais e sociais em modelos de bom desempenho pelas governanças corporativas públicas ou privadas (ou desempenho ESG – sigla em inglês para *environmental, social and governance* ou ASG – ambiental, social e governança) influenciarão definitivamente na cultura de segurança primada por efetiva gestão de risco e prevenção do dano, com devidos precaução e controle de risco, avaliados por indicadores de qualidade de desempenho que valorem o real custo da prevenção do dano ou do risco ambiental internalizados por governanças responsáveis.

REFERÊNCIAS

ABDALA, G. C.; MOTA. J.A.; BANDEIRA, C. (orgs.). *Estudo de Perdas e Danos do PAE Juruti Velho – Resumo Metodológico*. ECOOIDEIA/ALCOA/ACORJUVE/ INCRA/MPPA/MPF, Relatório Técnico, Brasília/DF, 2014. Disponível em: <www. epdjurutivelho.org.br>.

ARAUJO, Romana Coêlho de. *Procedimentos prévios para valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público*. Universidade de Brasília. Instituto de Ciências Humanas. Departamento de Economia. Dissertação de Mestrado. Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente. Brasília, 2003.

_____. *Valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público*. Brasília: Escola Superior do Ministério Público da União, 2011.

BATEMAN, I.; TURNER, R. Kerry. Valuation of the Environmental, Methods and Techinics: The Contingent Valuation Method. In: KERRY, Turner R. *Sustainable Environmental Economics and Management. Principles and Practice*. London: Belhaven Press, 1992.

_____. *et al. Economic Valuation with Stated Preference Techniques:* a Manual. Clarendon: Edward Elgar, 2002.

BECK, Ulrich, *La sociedad del riesgo. Hacia uma nueva modernidade*. Trad. Jorge Navarro, Daniel Jiménez e Maria Rosa Borrás. Barcelona: Paidós, 1998.

BENJAMIN, A. H.; LECEY, E.; CAPPELLI, Silvia. in: INSTITUTO O DIREITO POR UM PLANETA VERDE. Mudanças climáticas, biodiversidade e uso sustentável de energia. *Anais do Congresso Internacional de Direito Ambiental*. v.1. São Paulo. São Paulo: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, 2008.

BENNETT, E.M.; PETERSON, G.D.; GORDON, L.J. Understanding relationship among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*, Oxford, v. 12, 2009.

BOTTINI, Pierpaolo Cruz. *Crimes de perigo abstrato e princípio da precaução na sociedade de risco*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2007.

BRAAT, L.; KLOK, C.; WALPOLE, M.; KETTUNEN, M.; PERALTA-BEZERRA, N.; TEN BRINK, P. Changes in ecosystem services. In: BRAAT, L.; TEN BRINK, P. (Ed.). *The cost of policy inaction*: the case of not meeting the 2010 biodiversity target. Wageningen: Alterra, 2008.

BRASIL. *Acordo Regional de Escazú/Costa Rica*, Assembleia-Geral das Nações Unidas, 27.9.2018, Nova York. Dispõe sobre acesso à informação, participação pública e acesso à Justiça em Assuntos Ambientais na América Latina e no Caribe. Disponível em: <www.itamaraty.gov.br> (nota 334). Acesso em: 20 jun. 2018.

_____. *Constituição Federal da República Federativa do Brasil*, 5 de agosto de 1988. Disponível em: <Constituição (planalto.gov.br)>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. *Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. *Lei 8.078, de 11 de setembro de 1990*. Código de Defesa do Consumidor. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8078compilado.htm>. Acesso em: 19 jun. 2021.

BRASIL. *Lei 8176, de 8 de fevereiro de 1991*. Define crimes contra a ordem econômica e cria o Sistema de Estoques de Combustíveis. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8176.htm>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. *Lei 9605, 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. *Lei 12334, de 20 de setembro de 2010*. Estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos, à disposição final ou temporária de rejeitos e à acumulação de resíduos industriais, cria o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens e altera a redação do art. 35 da Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, e do art. 4º da Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Disponível em: <L12334 (planalto.gov.br)>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. *Lei 12608, de 10 de abril de 2012*. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil – PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil-SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil – CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12608.htm>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. *Lei 12.846, 1º de agosto de 2013*. Dispõe sobre a responsabilização administrativa e civil de pessoas jurídicas pela prática de atos contra a administração pública, nacional ou estrangeira, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12846.htm>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. *Lei 13655, de 25 de abril de 2018*. Inclui no Decreto-Lei nº 4657, de 4 de setembro de 1942 (Lei de Introdução às Normas do Direito Brasileiro), disposições sobre segurança jurídica e eficiência na criação e na aplicação do direito público. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/L13655.htm>. Acesso em: 20. jun. 2021.

_____. *Lei Federal 14.119, de 13 de janeiro de 2021*. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis nº 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política. Disponível em: <L14119 (planalto.gov.br)>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. CONAMA. *Resolução 1, de 23 de janeiro de 1986*. Dispõe sobre as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. Superior Tribunal de Justiça. *Súmula 629*. Quanto ao dano ambiental, é admitida a condenação do réu à obrigação de fazer ou a de não fazer cumulada com a de indenizar. Disponível em: <file:///C:/Users/Particular-PC/Downloads/5059-18998-1-PB.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. Superior Tribunal de Justiça, REsp 1.410.698/MG, Relator Ministro Humberto Martins, 2ª. Turma, DJE 30/6/2015. Disponível em: <<<https://scon.stj.jus.br/SCON/jurisprudencia/toc.jsp?i=1&b=ACOR&livre=((%27RESP%27.

clas.+e+@num=%271410698%27)+ou+(%27REsp%27+adj+%271410698%27.suce.))&thesaurus=JURIDICO&fr=veja>. Acesso em: 19 jun. 2021.

BRASIL. Tribunal de Contas da União. *Gestão de Riscos – Avaliação da Maturidade* (jan/2018). Dispõe sobre gestão de riscos, processo estratégico e fundamental para as organizações do setor público e desempenho na realização dos objetivos de políticas, organizações, serviços públicos e na prevenção de perdas e gerenciamento de incidentes Disponível em: <https://portal.tcu.gov.br/biblioteca-digital/gestao-de-riscos-avaliacao-da-maturidade.htm>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. Tribunal de Contas da União. *Referencial Básico de Governança – Aplicável a Órgãos e Entidades da Administração Público*. Dispõe sobre boas práticas de governança pública para incrementar o desempenho de órgãos e entidades públicas, na adoção de boas práticas de governança. Disponível em: <file:///C:/Users/Particular-PC/Downloads/RBGO_digital.-1pdf.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. Controladoria-Geral da União. *Portaria nº 915, de 12 de abril de 2017*. Institui a Política de Gestão de Riscos PGR do Ministério da Transparência, Fiscalização e Controladoria-Geral da União. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/20163452/do1-2017-04-13-portaria-n-915-de-12-de-abril-de-2017-20163381>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. _____. *Portaria 910, de 03 de abril de 2018*. Aprova a Metodologia de Gestão de Riscos da Controladoria-Geral da União. Disponível em: <https://repositorio.cgu.gov.br/bitstream/1/41300/8/Portaria_910_2018.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. _____. *Instrução Normativa n. 3, de 9 de junho de 2017*. Aprova o Referencial Técnico de atividade de auditoria interna governamental do Poder Executivo Federal. Disponível em: <https://www.in.gov.br/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/19111706/do1-2017-06-12-instrucao-normativa-n-3-de-9-de-junho-de-2017-19111304>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. _____. *Portaria nº 1.055, de 30 de abril de 2020*. Ressalte-se que o Manual de orientações Técnicas da Atividade de Auditoria Interna Governamental do Poder Executivo Federal. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-1.055-de-30-de-abril-de-2020-255164890>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. *Decreto n. 9.203, de 22 de novembro de 2017*. Dispõe sobre a política de governança da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, baseada em gestão de risco. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/d9203.htm>. Acesso em: 20 jun. 2021.

_____. *Decreto 69.885, de 31 de dezembro de 1971*. Dispõe sobre a incorporação dos direitos de lavra ao Ativo das empresas de mineração e dá outras providências. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1970-1979/decreto-69885-31-dezembro-1971-419008-publicacaooriginal-1-pe.html>. Acesso em: 19 jun. 2021.

_____. *Decreto Federal 4339, de 22 de agosto de 2002*. Institui princípios e diretrizes para a implementação da Política Nacional da Biodiversidade. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4339.htm>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Secretaria de Governo. *Manual de Gestão de Riscos (julho/2020)*. Disponível em: <https://www.gov.br/secretariadegoverno/

pt-br/assuntos/noticias/manual-de-gestao-de-riscos-segov.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BURKHARD, B.; KROLL, F.; MÜLLER, F.; WINDHORST, W. Landscapes capacities to provide ecosystem services: a concept for land-cover based assessments. *Landscape Online*, Nürtingen, v. 15, 2009.

_____. Mapping ecosystem service supply, demand and budgets. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 21, 2012.

CASTRO, Joana D'Arc Bardella, *Usos e Abusos da Valoração Econômica do Meio Ambiente*: Ensaios sobre Aplicações de Métodos de Função Demanda no Brasil. Tese de Doutorado em Economia, 2015, Universidade de Brasília.

_____; NOGUEIRA, Jorge Madeira. *Valoração econômica do meio ambiente* – teoria e prática, Curitiba: CRV, 2019.

Ciriacy-Wantrup, S-V (1947), "Taxation and the Conservation of Resources", Quarterly Journal of Economics, 58 (2): 157–195, doi:10.2307/1883316.

DASGUPTA, P. The Stern review's economics of climate change. *National Institute Economic Review* 199:4-7, 2007.

DOUGLAS, Mary, *Natural symbolics:* explorations in cosmology. 2nd ed. London: Barrie and Jenkins, 1973.

DUNFORD, R. W.; GINNB, T. C.; DESVOUSGES, W. D. The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessments. *Ecological Economics* 48:49–70, 2004.

D'ISEP, Clarissa Ferreira Macedo. *Direito Ambiental Econômico e a ISSO 14000* – Análise jurídica do modelo de gestão ambiental e certificação ISSO 14001, 22ª ed., São Paulo: Editora RT, 2009.

KRUPNICK, A.; CAMPBELL, S.; COHEN, M.A; PARRY, W.H. *Understanding the costs and benefits of deep water oil drilling regulation*. Discussion Paper10-62, 2011.

LIST, J. A.; PRICE, M. K. *Handbook on Experimental Economics and the Environment*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2013.

FREEMAN III, A. M. *The Measurement of Environment and Resources Values*. Washington: Resources for the Future, 1993.

GENELETTI, D. Reasons and options for integrating ecosystem services in strategic environmental assessment of spatial planning. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services and Management*, Oxfordshire, v. 7, n. 3, 2011.

GIDDENS, Anthony. *Em Defesa da Sociologia*: Ensaios, Interpretações e tréplicas. São Paulo: UNESP, 2001.

HEIN, L.; KOPPEN, K.; GROOT, R.S.; IERLAND, E. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics*, Amsterdam, v. 57, 2006.

HONRADO, J.P.; VIEIRA, C.; SOARES, C.; MONTEIRO, M.B.; MARCOS, B.; PEREIRA, H.M.; PARTIDÁRIO, M.R. Can we infer about ecosystem services from EIA and SEA practise? A framework for analysis and examples from Portugal. *Environmental Impact Assessment Review*, New York, v. 40, 2013.

ISO – International Organization for Standartization (Organização Internacional de Normalização). No Brasil é representada pela Associação Brasileira de Normas

Técnicas. NBR (Normas Brasileiras), ISO série 14000 (sobre gestão ambiental e certificação), NBR ISO 14001/2004 (certificação) e NBR 14004/2005 (sobre sistema de gestão ambiental e (ISSO 19011), 14010/11/12 (sobre auditoria ambiental e procedimentos e critérios para qualificação de auditores), 14011, 14012. NBR 14.5653-1, NBR 14653-4, NBR 13.028:2017 e NBR 13.029:2017 (sobre impactos e valoração do dano ambiental).

ISO – International Organization for Standartization 31000/2009. Dispõe sobre diretrizes de gestão de riscos nas organizações, para os setores público ou privado, em quaisquer atividades, incluindo a tomada de decisão em todos os níveis. Elaborado pela Comissão de Estudo Especial de Gestão de Riscos (ABNT/CEE-063). Disponível em: <http://www.abnt.org.br/imprensa/releases/5753-lancada-a-nova-versao-da-norma-iso-31000-gestao-de-riscos>. Acesso em: 20 jun. 2021.

JUCOVSKY, Vera Lúcia R. S. *Responsabilidade Civil do Estado por Danos Ambientais*. Brasil-Portugal, São Paulo: Editora Juarez de Oliveria, 2000.

KARJALAINEN, T.P.; MARTTUNEN, M.; SARKKI, S.; RYTKÖNEN, A. Integrating ecosystem services into environmental impact assessment: An analytic-deliberative approach. *Environmental Impact Assessment Review*, New York, v. 40, 2013.

KIENAST, F.; BOLLIGER, J.; POTSCHIN, M.; GROOT, R.S.; VERBURG, P.H.; HELLER, I.; WASCHER, D.; HAINES-YOUNG, R. Assessing landscape functions with broad-scale environmental data: insights gained from a prototype development for Europe. *Environmental Management*, New York, v. 44, 2009.

KOPP, R. J.; Smith, V. K. *Valuing natural assets*. The economics of natural resource damage assessment. Resources for the future. Washington D.C., 1993.

KREMEN, C. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters*, Oxford, v. 8, 2005.

LANDSBERG, F.; OZMENT, S.; STICKLER, M.M.; HENNINGER, N.; TREWEEK, J.; VENN, O.; MOCK, G. *Ecosystem services review for impact assessment:* introduction and guide to scoping. Washington: World Resources Institute, 2011. 34p.

LANDSBERG, F.; TREWEEK, J.; STICKLER, M.M.; HENNINGER, N.; VENN, O. *Weaving ecosystem services into impact assessment*: a step-by-step method. Abbreviated version 1.0. Washington: World Resources Institute, 2013.

LONGO, M. H. C. *Serviços ecossistêmicos e a atividade minerária*: um estudo de caso no Vale do Ribeira, SP. 2014. 107p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, 2014.

LOUBET, Luciano Furtado, *Licenciamento Ambiental* – A Obrigatoriedade da Adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD). 1ª. ed., Belo Horizonte: Del Rey Editora, 2014.

IPEA. *Estimação da taxa social de desconto para investimentos em infraestrutura no Brasil*. Texto para Discussão. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, Ministério da Economia, Secretaria Especial de Produtividade, Emprego e Competitividade, 2019.

JENKINS, Glenn P.; KUO, Chun-Yan; HARBERGER, Arnold C. *Cost-Benefit Analysis for Investment Decisions*. Independently published, 599 pages, ISBN-13- -978-1790667505, 2013.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. *Direito Ambiental Brasileiro*. 17 ed. São Paulo; Malheiros, 2009.

_____. Paulo Affonso Leme Machado. *Direito Ambiental Brasileiro*. 27ª ed., São Paulo: Ed. Jus Podivm e Malheiros Editores, 2020.

_____. Estudos de Direito Ambiental 3. São Paulo, Malheiros Editores, 2019, 128p.

_____. *A prevenção e os danos ambientais no Direito Internacional, Comparado e brasileiro*. Belo Horizonte/MG: Revista Interesse Público, ano 22, n. 124, 2020.

_____; KISHI, Sandra Akemi Shimada. Deficiencias en Las Leyes de Presas, Desastres Ambientales y Nuevas Frentes de Actuación del Ministerio Público Brasileño. *Revista Actualidad Juridica Ambiental*, Madrid (2021, no prelo). Tradução livre da autora.

MAGLIANO, Mauro Mendonça. *Valoração Econômica de Danos Ambientais*. Universidade de Brasília: Tese de Doutorado em Engenharia Florestal. 2019.

MARQUES, Joao Fernando; COMUNE, Antonio Evaldo. *Quanto vale o meio ambiente:* interpretações sobre o valor econômico ambiental. In: Encontro Nacional de Economia, 1995, Salvador. *Anais*... Salvador, 1995.

MARTINS, José Renato. *Tutela Penal em Decorrência das Atividades Nucleares*. Tese de doutorado apresentada no Departamento de Direito Penal, Medicina Legal e Criminologia, da Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo, 2008.

MOTTA, R. S. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. IPEA/MMA/PNUD/CNPQ, Rio de Janeiro:1998.

MEA. *Millennium Ecosystem Assessment Ecosystems and Human Well-being:* Synthesis. Washington, DC.: Island Press, 2005.

MENDOZA. *El derecho penal em la sociedade del riesgo*. Madrid: Civitas, 2001.

MENDOZA BUERGO, Blanca. El delito ecológico y sus técnicas de tipificación. *Revista Actualidad Penal*, Madrid, n. 13, 2002.

MPMG. Histórico de Atuações em Segurança de Barragens e em relação ao desastre do rompimento da barragem do Fundão em Mariana/MG. Disponível em: <https://www.mpmg.mp.br/comunicacao/noticias/historico-de-noticias-sobre-o-desastre-de-mariana.htm>. Acesso em: 20 jun. 2021.

MPMG. Portal de Atuações nas áreas ambiental, socioeconômica e criminal da Força Tarefa sobre Barragens do Ministério Público de Minas Gerais, com informações sobre atuação institucional em segurança hídrica para a região metropolitana de BH, proteção de populações em município que barragens sem segurança garantida, reformulação de mapas de *dam break* e de planos de ações emergenciais, entre outros assuntos. Disponível em: <https://mpmgbarragens.info/>. Acesso em: 20 jun. 2021.

NAVRUD, S. Value transfer and environmental policy. In: TIETEMBERG, T.; FOLMER, H. (eds). *The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 2004/2005:* a survey of current issues. London: Edgar Elgar Publishers, 2004.

NIETO, Alejandro. *Derecho Administrativo Sancionador*. 2a. edição. Madrid: Tecnos, 1994.

NOAA. Habitat Equivalency Analysis: An Overview. *Policy and Technical Paper Series*, No. 95-1. Disponível em: <http://www.darrp.noaa.gov/library/pdf/heaoverv.pdf>. 2000.

NOGUEIRA, J.M.; MEDEIROS, M. A. A.; ARRUDA, F. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou Empirismo? *Cadernos de ciência e tecnologia*. Embrapa. Brasília, v.17, n.2, 2000.

OCDE. Guia da OCDE de Devida Diligência para uma Conduta Empresarial Responsável, 2011. Disponível em: <https://mneguidelines.oecd.org/guia-da-ocde-de-devida-diligencia-para-uma-conduta-empresarial-responsavel-2.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2021.

POLIDO, Walter Antonio. Contrato de seguro: a efetividade do seguro ambiental na composição de danos que afetam direitos difusos. *Revista de Direito Ambiental n. 45*. São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2007. Disponível em: <https://ibds.com.br/artigos/contrato-de-seguro-ambiental-publicacao.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2021.

PRIEUR, Michel. *Droit de l'environnement*. 4.ed. Paris: Dalloz, 2001.

READY, R.; NAVRUD, S. International benefit transfer: methods and validity tests. *Ecological Economics*, 60(2): 429-434, 2006.

READY, R.; NAVRUD S.; DAY, B; DUBOURG, R.; MACHADO, F.; MOURATO, S.; SPANNINKS, F.; RODRIQUEZ, M.X.V. Benefit Transfer in Europe: How Reliable Are Transfers Across Countries? *Environmental & Resource Economics*, 29: 67-82, 2004.

REMEDE. *Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in the EU*, Sixth Framework Programme, Deliverable No. 6A: Review Report on Resource, Equivalence Methods and Applications, Stratus Consulting Inc., 2007.

SALVADOR, Aline Valéria Archangelo; YOSHIDA, Consuelo Moromizato; CASTANHEIRO, Ivan Carneiro; KISHI, Sandra Akemi Shimada; MAGALHÃES, WELLINGTON. Ação Civil Pública na sociedade contemporânea: integridade, integração, inovação científico-tecnológica e eficiência. In MILARÉ, Edis (Coord.), *Ação Civil Pública após 35 Anos*. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2020.

SAMPAIO. Francisco José Marques. *Responsabilidade Civil e Reparação de Danos ao Meio Ambiente*. Lumen Juris. 1998.

SEROA DA MOTTA, R. *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 1998.

_____; ORTIZ, R.; FREITAS, S. Health and economic values for mortality and morbidity cases associated with air pollution in Brazil. *Ancillary Benefits and Costs of Greenhouse Gas Mitigation*, Paris: OECD/RFF, 2000.

STEIGLEDER, Annelise Monteiro. *Responsabilidade Civil Ambiental*. As dimensões do dano ambiental brasileiro. 1ª Edição, Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2004.

STERN, N. H. *The Economics of Climate Change:* The Stern Review (1st ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007.

TAVEIRA, Ana Lucia Silva. *Provisão de recursos financeiros para o fechamento de empreendimentos mineiros*, 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Mineral) – Escola Politécnica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

TRAEGER, C. P. On option values in environmental and resource economics. *Resource and Energy Economics* 37:242-252, 2014.

VIANNA, M. D. B.; VERONESE, G. Políticas ambientais empresariais. RAP. *Revista Brasileira de Administração Pública*, v.26, p.123 - 144, 1992.

VIANNA, M.D.B. Article-"Sustainability and Social Responsibility" in Book Deloitte-Challenges and Strategies for the Manufacturing Industry-Competitive Brazil, 2012.

VIANNA, M. D. B. Governança e gestão de sustentabilidade e de responsabilidade social no setor empresarial e nas instituições financeiras: busca do atendimento dos compromissos das recentes conferências das Nações Unidas. *Finanças Sustentáveis e a Responsabilidade Socioambiental das Instituições Financeiras*.1 ed. Belo Horizonte: Fórum, 2017, v.1.

WEITZMAN, M. L. A Review of The Stern Review on the Economics of Climate Change. *Journal of Economic Literature* XLV:703–724, 2007.

APÊNDICES

Apêndice I

Tabela A.1 – Levantamento, por amostragem de 22 laudos técnicos escolhidos pelo CNMP, do uso da valoração de danos ambientais no Ministério Público, SG-Mineração:

Posição na Planilha Excel (relator no SG)	Documentos analisados à luz do Roteiro de Discussões, CNMP	Método utilizado no Laudo
Linha 2 (ID1) (Reinaldo Pimenta, MPMG)	Parecer técnico, caracterização dos danos ambientais intercorrentes decorrentes de extração ilegal de granito – RJ	Método da produtividade marginal. Capturou o valor de uso direto do recurso ambiental. Valorou a superfície degradada, valor econômico e serviços ecossistêmicos correspondentes ao bem ambiental retirado.
Linha 3 (ID2) (Reinaldo Pimenta, MPMG)	Parecer Técnico 1199/2019. Bairro Pinheiro/Maceió/AL – Braskem – Mineração de Poços de Sal-Gema – Valoração de Danos Ambientais. Sppea/DF	Método da produtividade marginal. Metodologia de transferência de valor, mediante estudo com características semelhantes, realizado em outro país. Valorou-se os custos diretos dos Serviços Ecossistêmicos do lago avaliado (Biodiversidade, alimentos, processamento de nutrientes, amenidades e estética, recreação).
Linha 4 (ID 3) (Soraia Knez, MPE-PA)	Estudo de Perdas e Danos em Juruti Velho/PA. Extração de bauxita via ALCOA. Empresa externa Ecooideia/DF. (Resumo Executivo)	No EPD foi feita uma interpretação de “danos atuais” (ocorridos), “danos potenciais futuros” e outros tipos de danos. Perdas dos serviços ecossistêmicos foram analisadas. A principal abordagem relaciona-se ao uso de recursos naturais pelas comunidades considerando, para isso, externalidades negativas, decorrência da alteração do ambiente causada pelo empreendimento. Por exemplo, adotou-se o método custos de oportunidades (MCO) para os danos com valor de mercado já definido. Além do método da valoração contingente (MVC), para a valoração de danos relativos a bens/serviços sem valor definido no mercado – em que os valores são estimados, a partir da aplicação de técnicas de questionamentos, sendo criado um mercado hipotético para aquele determinado bem/serviço.

Posição na Planilha Excel (relator no SG)	Documentos analisados à luz do Roteiro de Discussões, CNMP	Método utilizado no Laudo
Linha 5 (ID 4) (Edvaldo Oliveira, MPE-MT)	Nota Técnica número SGDP: 2645592/ SISCEAT: 26411009. Apontar os riscos pela implantação de barragens de rejeitos de mineração pela técnica de alteamento por montante e a existência de alternativas tecnológicas e seguras p dispor rejeitos minerários – MG	inexiste qualquer menção a valoração de danos ambiental/social.
Linha 6 (ID5) (Romana Araujo, 6ªCCR/MPF e Luiz Forgiarini, MPE-RS)	Parecer Técnico 1495/2019. Mineração em ouro. Fórmula para estimar danos ambientais e sociais. SPPEA/PGR/DF	Transferência Direta de Valor, ou seja, utilizam-se valores estimados para danos análogos ocorridos em outros pontos do tempo e do espaço geográfico, valores esses apresentados por diferentes estudos, cada um para cada tipo de dano. Considerou também o efeito danoso do mercúrio metálico na contaminação da fauna e o alcance às pessoas que vivem na área e se alimentam de animais e principalmente peixes dos rios atingidos direta e indiretamente pela dispersão do mercúrio. Qual o método? Foram considerados valores referentes aos produtos (não) madeireiros (valor de uso direto), turismo (valor de uso direto), serviços ecossistêmicos (valor de uso indireto), bioprospecção (valor de quase opção), conservação/existência (valor de existência), danos à saúde por mercúrio.
Linha 7 (ID6) (Victor Barsotti, MPE-MS)	Parecer Técnico 1199/2019. Bairro Pinheiro/Maceió/AL – Braskem – Mineração de Poços de Sal-Gema – Valoração de Danos Ambientais. Sppea/DF	Metodologia da Transferência de valores, justificada pela ausência de características físico-biológicas do local e restrição de prazo. Qual o método? No estudo original, o valor de existência da biodiversidade via métodos de precificação indiretos; a provisão de alimentos via preços de mercado de consumo; o sequestro de nutrientes mediante o método indireto de custo de reposição com base em tratamento artificial para remoção de excesso de nutrientes; valores estéticos via métodos de preços hedônicos; e do impacto da qualidade da água no preço dos imóveis; valores de recreação via gasto com turismo relacionado ao lago.

Posição na Planilha Excel (relator no SG)	Documentos analisados à luz do Roteiro de Discussões, CNMP	Método utilizado no Laudo
Linha 8 (ID7) (Victor Barsotti, MPE-MS)	Mineração. Lavra a céu aberto, inclusive de aluvião, com/ sem beneficiamento. Especificação de metodologia/ parâmetros para o cálculo do valor econômico de danos ambientais – RJ	O cálculo envolve três componentes distintos: danos permanentes da extração do granito (uso direto, pelo método CUSTO DE OPORTUNIDADE); danos permanentes da supressão da vegetação (método CUSTO DE REPOSIÇÃO para restaurar); e danos intercorrentes da supressão da vegetação pelos serviços ambientais perdidos (uso indireto, TRANSFERÊNCIA DE VALORES).
Linha 9 (ID 8) (Victor Barsotti, MPE-MS)	Proposição de metodologia. Dano ambiental causado pela extração irregular de areia – RJ	Cálculo em dois componentes distintos: ganho econômico indevido da extração de areia (estimado pela metodologia do CUSTO DE OPORTUNIDADE); e custo de recuperação da área degradada, basicamente da vegetação suprimida (estimado pela metodologia do CUSTO DE REPOSIÇÃO).
Linha 10 (ID 9) (Edvaldo Oliveira, MPE-MT)	Orientação técnica SGDP 1.041.493. Mineração. Exploração de granito. Vale do Jequitinhonha – MG	Aborda aspectos pertinentes à exploração do bem mineral e suas relações com impactos potenciais, mas não versa, em qualquer momento, sobre a valoração do dano ambiental.
Linha 11 (ID 10) (Reinaldo Pimenta, MPMG)	Orientação Técnica nº 1257186. Extração de argila e fabricação de telhas, tijolos e outros artigos de barro cozido – MG	Foi utilizado o Método do Custo de Reposição (MCR) e o cálculo do ganho econômico indevido pela exploração do bem mineral.
Linha 12 (ID 11) (Luiz Forgiarini, MPE-RS)	Orientação técnica para composição civil de dano ambiental por extração irregular de areia. Ref. 2208-2007 – MG	Método CATE I – DAI (Custos Ambientais Totais Esperados – Dano Ambiental Intermitente): calcula o valor presente dos custos ambientais esperados (CATE) em função de um determinado dano ambiental intermitente, para então, calcular o dano ambiental irreversível (DAI).
Linha 13 (ID 12) (Soraia Knez, MPPA)	Orientação Técnica n. 869845. Dano ambiental por extração irregular de areia – MG	Método CATE I – DAI (Custos Ambientais Totais Esperados – Dano Ambiental Intermitente). A base metodológica é direcionada para o cálculo primeiramente do valor presente dos custos ambientais esperados (CATE) em função de um determinado dano ambiental intermitente, para e posteriormente para calcular o dano ambiental irreversível (DAI).

Posição na Planilha Excel (relator no SG)	Documentos analisados à luz do Roteiro de Discussões, CNMP	Método utilizado no Laudo
Linha 14 (ID 13) (Osório Thomaz, IPT)	Desmate para produção de carvão – MG	Métodos: CATE; VERA; Emergia (perda energética) e VCP. Usaram quatro métodos para valorar o dano ao cerrado causado pela extração de madeira nativa (base = cerrado strictu sensu) para produzir 70 MdC (metros cúbicos de carvão) sem considerar sua origem específica. O objetivo era prover o Ministério Público de um critério de valoração multiaplicável a situações em que as áreas de desmatamento fossem desconhecidas.
Linha 15 (ID 14) (Osório Thomaz, IPT)	Instalação de postos de combustível. Sem licença ambiental e lavra de recursos mineral com grande volume – RS	Método informal para recuperar a área do açude que foi aterrado. Calculou apenas a camada de solo removida via o metro cúbico de terra vegetal de R$ 143,57, de dez/2019 do SINAPI/CEF. Não computou os serviços ecossistêmicos perdidos. Não foi feita a correção monetária nem foi sugerido um método para correção posterior.
Linha 16 (ID 15) (Ricardo Lima, MPF)	Danos pela mineração. Extração de bauxita via ALCOA/Pará. Empresa externa Ecooideia/DF. (Resumo executivo)	Foram usados métodos consagrados na literatura técnico-científica de valoração ambiental. Cada externalidade foi valorada de acordo com a sua aderência ao método. Por exemplo, a perda de produtos florestais não madeireiros e perda da pesca foram valoradas com o método de produção de uso sacrificado (custo de oportunidade), a poluição luminosa, poluição sonora, poluição do ar e o prejuízo da paisagem foram valorados com o método de valoração contingente, e a desestruturação do solo foi calculada com base no método de custo de reposição.
Linha 17 (ID 16) (Mariana H.C. Longo, IPT)	Parecer. Valoração por inexistência de reserva legal. MG	Valor da Compensação Ambiental em Pecúnia (VCP) Proposta de medida compensatória em pecúnia, em substituição ao reflorestamento de 01,00 ha em área de preservação permanente às margens do rio São Francisco. Proposta elaborada em junho de 2006 por técnicos do Escritório Regional de Lavras, baseado em estudo realizado por técnicos do IBAMA nas Flonas de Ipanema/SP e Passa Quatro/MG, com índices utilizados pela EMATER/MG e carteira agrícola do Banco do Brasil SA.

Posição na Planilha Excel (relator no SG)	Documentos analisados à luz do Roteiro de Discussões, CNMP	Método utilizado no Laudo
Linha 18 (ID 17) (Larissa F. Demarco, IPT)	Parecer. ID 869847. Dano ambiental por depósito irregular de resíduos sólidos, como entulho de construção – MG	Método escolhido foi o Valor de Compensação Ambiental, definindo uma valoração para uma área de 1 m², primeiramente considerando área protegida e em sequência área não protegida, tendo como referência a Proposta de Medida Compensatória em pecúnia. A atualização monetária não foi citada no parecer.
Linha 19 (ID 18) (Claudia Z.T. Rebelo, IPT)	Parecer técnico. ID 86849. Valoração devido a movimentação irregular de terra/ terraplenagem – MG	Metodologia proposta por técnicos do IBAMA (2006). Como a metodologia adotada, pelo IBAMA, não apresentou custo de remoção e destinação dos resíduos da construção civil, optou-se em utilizar metodologia complementar, do qual os cálculos foram apresentados. No entanto, em alguns momentos não foi apresentado memorial detalhado de cálculos nem índices considerados.
Linha 20 (ID19) (Isaac A, O. Almeida, SPPEA/MPF)	Valoração de danos ambientais acerca de desmates irregulares. 3 laudos, Parte 1, 2, 3 – MG	CATE: Custos Ambientais Totais Esperados; e VCP: Valor da Compensação Ambiental somados os custos de reflorestamento.
Linha 21 (ID 20) (Isaac A. O. Almeida, SPPEA/MPF)	Valoração. Construções em APP – Margens de corpos hídricos. Id. 1238116 –MG	Foram considerados na metodologia da apuração do valor pelo não reflorestamento da área objeto da construção, sendo denominado de Valor de Compensação em Pecúnia (VCP), composto por: valor da muda, abertura das covas, correção e adubação de solo, tratos culturais e impacto ecossistêmico.
Linha 22 (ID 21) (Sidnei Luís da C. Zomer e Tiago Luiz da Costa e Silva. PGR e PRM Criciúma/SC)	Laudo Pericial dos Autos nº 5001646-68.2016.4.04.7204/ SC elaborado por engenheiro de minas designado como Perito Judicial, contendo as informações referentes ao modelamento e fechamento de mina de carvão, incluindo no anexo 7 o relatório de Valoração de Danos Ambientais.	O método de valoração correspondeu à metodologia de cálculo do Valor Econômico Total (VET), apresentando os Valores de Uso Direto (VD) e Valores de Uso Indireto (VI) por meio do Método Custo de Reposição/ Recuperação (MCR), Método de Custos Evitados (MCE), Método de Preços Hedônicos (MPH). Valores relacionados ao Valor de Opção e o Valor de Existência não foram contemplados nos cálculos.

Fonte: elaborado por Romana Araujo, assessora Econômica 6ª CCR/MPF, com base em contribuições de colaboradores externos e servidores do Ministério Público brasileiro integrantes do Subgrupo Mineração, de

acordo com roteiro orientativo do GT CNMP de valoração do dano, para uma amostra, num reduzido universo de 22 laudos periciais acerca dos métodos utilizados no MP brasileiro.

APÊNDICE II – INDICAÇÕES DE LITERATURA CIENTÍFICA SOBRE VALORAÇÃO ECONÔMICA CONFORME PROFESSOR DR. JORGE MADEIRA NOGUEIRA

1. Referências Internacionais

No intuito de facilitar o acesso aos assuntos relacionados à valoração econômica do meio ambiente, é essencial a consulta à literatura internacional de qualidade científica comprovada. Um início de leitura eficaz é o Volume 2 da extraordinária obra *Handbook of Environmental Economics*, editada por K-G. Mäler e J.R. Vincent e publicada em 2005 pela Elsevier B.V. em três volumes (DOI: 10.1016/S1574-0099(05)02012-7).

Ao longo de quase 600 páginas (da página 517 a 1097), o leitor poderá absorver os fundamentos teóricos e operacionais dos métodos de valoração econômica, tanto dos métodos do grupo baseado na função demanda e do grupo baseado na função de produção.

Os fundamentos teóricos/conceituais desses métodos são ainda atuais, apesar dos 15 anos transcorridos desde a publicação do *Handbook*.

Os nove capítulos que compõem o Volume 2 foram escritos por renomados economistas, incluindo dois vencedores do Prêmio Nobel de Economia.

As aplicações desses métodos mencionadas em alguns dos capítulos devem ser atualizadas, naturalmente, uma vez que muitas aplicações foram realizadas nesses 15 anos.

Os capítulos do Volume 2 são:

Chapter 12
Welfare Theory and Valuation
NANCY E. BOCKSTAEL e A. MYRICK FREEMAN III
Chapter 13
Environment, Uncertainty, and Option Values
KARL-GÖRAN MÄLER AND ANTHONY FISHER
Chapter 14
Valuing the Environment as a Factor of Production
KENNETH E. MCCONNELL AND NANCY E. BOCKSTAEL
Chapter 15
Recreation Demand Models
DANIEL J. PHANEUF AND V. KERRY SMITH
Chapter 16
Property Value Models
RAYMOND B. PALMQUIST
Chapter 17
Contingent Valuation
RICHARD T. CARSON AND W. MICHAEL HANEMANN
Chapter 18
Cognitive Processes in Stated Preference Methods
BARUCH FISCHHOFF
Chapter 19
Experimental Methods and Valuation
JASON F. SHOGREN
Chapter 20
Quantifying and Valuing Environmental Health Risks
W. KIP VISCUSI AND TED GAYER

Conforme professor dr. Jorge Madeira Nogueira

2. Referências Nacionais

A literatura de valoração econômica por autores brasileiros é numerosa. Destacam-se aplicações dos métodos de valoração econômica apresentados no item 3.3. deste Capítulo. As contribuições teóricas/conceituais são mais escassas, materializando-se em teses de doutoramento em Economia, que podem ser obtidas nos Repositórios das universidades brasileiras (ver, em particular, os das Universidades de Brasília, Federal do Rio de Janeiro, de São Paulo e Federal de Goiás) e no banco de Teses e Dissertações do IBICT.

É recomendável a consulta às seguintes publicações (por ordem cronológica de publicação):

SEROA, Ronaldo Seroa da. *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Brasília: MMA, 1998, 218p. ISBN: 85-7300-059-7.

NOGUEIRA, Jorge Madeira; MEDEIROS, Marcelino Antonio Asano de. Quanto vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*. V.16, p.59-83, 1999.

NOGUEIRA, Jorge Madeira; MEDEIROS, Marcelino Antonio Asano de; ARRUDA, F. S. T. Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo?. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*. V.17, p.81-115, 2000.

CASTRO, Joana D´Arc Bardela. *Valoração Econômica do Meio Ambiente:* Teoria e Prática. Curitiba: Editora CRV, 2019, 188p. ISBN: 978-85-444-3344-7. DOI: 10.24824/978854443344.7.

CASTRO, Joana D`Arc Bardela; NOGUEIRA, Jorge Madeira. *Valoração Econômica Ambiental:* Métodos Função de Produção: teorias e estudos de caso. Curitiba: Editora CRV, 2019, p.194. ISBN: 978-85-444-3669-1. DOI: 10.24824/978854443669.1

Valoração Econômica do Meio Ambiente – videoaulas por Jorge Madeira Nogueira

Aula A: <https://youtu.be/U7rdco3EwX8>

Aula B: <https://youtu.be/wXx9GdArT3g>

APÊNDICE II – INDICAÇÕES DE LITERATURA CIENTÍFICA SOBRE VALORAÇÃO ECONÔMICA

Conforme professor dr. Ronaldo Seroa da Motta

FREEMAN III, A. M. *The Measurement of Environment and Resources Values*. Washington: Resources for the Future, 1993.

HANLEY, N. et al. *Environmental Economics*: in Theory and Practice. Oxford University Press, 1996

PEARCE, D.; TURNER, R.K. *Economics of Natural Resources and The Environment*. Baltimore, The John Hopkins University Press. 1992.

MOTTA, Ronaldo Seroa da. Economia Ambiental. Rio de Janeiro: FGV Editora, 2006.

MOTTA, R. Seroa da. *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1998

REMEDE. Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in the EU, Sixth Framework Programme, *Deliverable No. 6A*: Review Report on Resource, Equivalence Methods and Applications, Stratus Consulting Inc., 2007.

NOAA. Habitat Equivalency Analysis: An Overview. *Policy and Technical Paper Series*, No. 95-1, 2000. Available on: <http://www.darrp.noaa.gov/library/pdf/heaoverv.pdf>.

DUNFORD, R. W.; GINNB, T. C.; DESVOUSGES, W. D. The use of habitat equivalency analysis in natural resource damage assessments. *Ecological Economics* 48:49–70, 2004.

LIST, J. A.; PRICE, M. K. *Handbook on Experimental Economics and the Environment*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2013.

NAVRUD, S. Value transfer and environmental policy. In: TIETEMBERG, T.; FOLMER, H. (eds). *The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 2004/2005:* a survey of current issues. London: Edgar Elgar Publishers, 2004.

READY, R.; NAVRUD, S. International benefit transfer: methods and validity tests, *Ecological Economics*, 60(2): 429-434, 2006.

READY, R.; NAVRUD S.; DAY, B; DUBOURG, R.; MACHADO, F.; MOURATO, S.; SPANNINKS, F.; RODRIQUEZ, M.X.V. Benefit Transfer in Europe: How Reliable Are Transfers Across Countries? *Environmental & Resource Economics*, 29: 67-82, 2004.

REMEDE. Resource Equivalency Methods for Assessing Environmental Damage in the EU, Sixth Framework Programme, *Deliverable No. 6A*: Review Report on Resource, Equivalence Methods and Applications, Stratus Consulting Inc., 2007.

Referências sobre Governança, Gestão de Sustentabilidade e Gestão de Riscos

VIANNA, M. D. B. Risk Management Current Problems and Practices in Brazil in Why do complex organizational systems fail – Jens Rasmussen and Roger Batstone – World Bank, October-1989. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/en/535511468766200820/pdf/multiopage.pdf>. Acesso em: 26 jun. 2021.

VIANNA, M. D. B.; WAISBERG, I. Sustentabilidade e responsabilidade social nas instituições financeiras: Princípios do Equador. *Revista de Direito Bancário do Mercado de Capitais e da Arbitragem*, v.11, p.177 - 196, 2008.

VIANNA, M. D. B. *Boas Práticas Internacionais em Responsabilidade Ambiental e Gestão de Riscos de Desastres Naturais*. Fórum Nacional de Secretários e Gestores Estaduais de Relações Internacionais. 7 de novembro de 2019.

VIANNA, M. D. B. *Governança, gestão de riscos e crises nos setores internacional e público. O Brasil no Contexto das Mudanças Climáticas e de Desastres Ambientais*: Aspectos Jurídicos, Econômicos, Sociais e Ecológicos. Ministério Público Federal (MPF), 4 de dezembro de 2019.

VIANNA, M. D. B. *Governança e Gestão de Sustentabilidade e Responsabilidade Social nas Empresas e Instituições Financeiras*: FIESP, Gestão Empresarial & Sustentabilidade Desafios e Perspectivas de Sustentabilidade na Gestão Empresarial, 8 de junho de 2017.

MORAIS, A. T.; MARCONDES, B. O.; SOUZA, G.; VIANNA, M. D. B.; VIEGAS, M.; LEONHARDT, R. D. Responsabilidade socioambiental das instituições financeiras e governança corporativa. *Finanças Sustentáveis e a Responsabilidade Socioambiental das Instituições Financeiras*.1 ed. Belo Horizonte: Fórum, 2017, v.1, p. 221-233.

APÊNDICE III

Tabela A.3.1 – Métodos de Valoração Econômica e suas Características Básicas

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Valoração Contingente – MVC	Estima valores econômicos para praticamente qualquer ecossistema ou serviço ambiental. Pede que pessoas explicitem sua disposição a pagar por serviços ambientais específicos, com base em um cenário hipotético. Assim, o MVC extrai a disposição a pagar (DAP) ou de receber compensação (DAC) de uma amostra de pessoas direta ou indiretamente relacionadas com a mudança em nível da disponibilidade do bem ou do serviço ambiental. Parte do pressuposto de que pessoas apresentam diferentes graus de preferência, de desejos ou de gostos por distintos bens e serviços. Esse pressuposto deriva da constatação de que pessoas, ao adquirir bens e serviços, expressam sua respectiva máxima de disposição a pagar (DAP). Assim, pode ser argumentado que, de modo similar, pessoas também têm uma disposição a receber compensação (DAC) por conviver ou suportar a ausência de um bem ou serviço. Contudo, deve-se evitar a DAC, pois ela não reflete as restrições orçamentários do consumidor. A operacionalização do MVC se dá mediante o emprego de questionários devidamente formulados para uma amostra representativa da população interessada ou atingida. Obtidas as informações empíricas, desenvolvem-se análises emolduradas por técnicas estatísticas, análise de regressão múltipla, obtém-se o valor econômico do bem, serviço ou dano ambiental estudado.	O método mais utilizado para estimar valores de não uso ou “uso passivo”. Apresenta flexibilidade e capacidade de estimar todos os componentes do VET. Entretanto, a literatura aponta crítica quanto à consistência teórica das estimativas empíricas obtidas, bem como à existência de vieses no uso do MVC. Além disso, exige um elevado custo de aplicação. Deve ser, portanto, utilizado em situações de danos ambientais de grandes escalas. Pode ser utilizado para a valoração do dano moral coletivo.

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Custos de Viagem – MCV	Estima valores econômicos associados a ecossistemas ou locais que são usados para recreação. Assume que o valor de um site se reflete no quanto as pessoas estão dispostas a pagar para viajar para visitar o sítio. O MCV baseia-se no somatório de todos os gastos efetuados por um indivíduo ou famílias para chegar a um determinado lugar, geralmente, para visitação, lazer ou recreação. Esses gastos podem ser utilizados como uma aproximação dos benefícios proporcionados pela visitação, lazer ou recreação (Pearce, 1993, pp.105-6). Assim, o comportamento do consumidor é utilizado como parâmetro para valorar os bens/os serviços ambientais que não têm mercado explícito mediante as despesas efetuadas [Hanley e Spash (1993, p.83) em Nogueira et al. (2000)]. Entretanto, e ainda em Nogueira et al. (2000), o MCV apresenta dificuldades estatísticas com a seleção da amostra de entrevistados. Nem sempre todos os entrevistados de um determinado local estão ali exclusivamente para visitar o local. Assim, as estimativas de DAP/DAC podem ser superdimensionadas.	Também exige um elevado custo para a sua aplicação. Cuidados na obtenção de gastos em viagem multipropósitos, nas quais a visitação é apenas parte de outros objetivos dos viajantes. A modelagem estatística necessária para a elaboração das informações não é trivial. Uma informação que exige cautela em sua transformação em valores monetários é o custo de oportunidade do tempo de visitação.

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Preços Hedônicos – MPH	Estima valores econômicos para serviços ecossistêmicos ou ambientais que afetam diretamente os preços de mercado de algum outro bem, em particular os transacionados em mercado imobiliário. Mais comumente aplicadas a variações nos preços da habitação que refletem o valor dos atributos ambientais locais. Foi aplicado na problemática ambiental, em 1967, visando a demonstrar que o valor de um imóvel não está associado somente às suas próprias características físicas, mas também pelo cômputo das variáveis relacionadas à sua localidade e às suas características ambientais. Dessa forma, o método possibilita usar os dados dos valores de uma específica propriedade para estimar as mudanças nos parâmetros da qualidade ambiental [Nogueira et al. (2000)]. A operacionalização do método se dá após a tabulação dos dados e das informações obtidas mediante análise econométrica. Aqui também são apresentados problemas com relação à estimação da função de preço hedônico e à segmentação do mercado imobiliário.	Tem aplicação apenas nos casos em que os atributos ambientais possam ser capitalizados nos preços de residências ou imóveis.

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Dose-Resposta – MDR	Estima valores econômicos para produtos ou serviços ecossistêmicos que contribuam para a produção de bens comercializados em mercados. O MDR associa diferentes níveis de degradação com diferentes níveis de produção. Por exemplo, para cada "dose" de poluição, existirá uma "resposta" em termos de redução na quantidade produzida de uma determinada cultura e, consequentemente, no seu valor de produção. O MDR não somente atrela os níveis de produção aos níveis perdidos de poluição, mas também permite que os custos necessários para repor uma determinada área possam ser medidos em mercados explícitos. O MDR, ao utilizar os preços de mercado ou o ajuste pelo preço-sombra, não se baseia na estimativa de curva de demanda para se chegar às medidas de bem-estar, mas relaciona as doses-resposta devido à degradação ambiental observada.	A aplicação do MDR exige a existência de informações sobre a relação física/biológica entre a degradação ambiental e o nível de produção obtida a partir do componente do meio ambiente. Pearce (1993, p.110) afirma que o método é teoricamente correto, mas pode haver erros dos relacionamentos da dose-resposta ou, ainda, incertezas da aplicação dos modelos econômicos segundo considerações de Hanley e Spash (1993, p.103).

Métodos	Características Básicas	Observações
Método Custo de Reposição – MCR	O MCR se baseia nos custos de restauração e reposição de um patrimônio ambiental alterado por um dano. O conhecimento desses custos a preços de mercado representará uma aproximação dos custos necessários para restabelecer os benefícios que antes existiam ou que poderiam proporcionar no futuro. O MCR pode ser tido como uma medida mínima do dano ocorrido conforme Nogueira et al. (2000). Assim, os custos necessários para a reposição do patrimônio às suas características originais serão uma aproximação dos benefícios anteriormente vigentes e proporcionados à sociedade. Sua operacionalização é o cômputo dos gastos totais para reparação de um dano que tenha atingido a qualidade ou a quantidade de um bem ou serviço ambiental.	A literatura aponta limitações do método. Primeiro, a incerteza e a dificuldade técnica para repor o recurso ambiental atingido pela degradação. Segundo, o MCR não capta o verdadeiro valor da disposição a pagar ou a receber (DAP ou DAC) da população por uma melhoria ambiental. E, por último, ele não estima o valor de opção e o valor de existência do VET. A reparação se dá por meio da utilização de bens ou serviços substitutos, já que as características intrínsecas de espécies e indivíduos como fontes de variabilidade genética e biodiversidade, não podem ser integralmente repostos. Os custos de reposição, nesses casos, podem diferir muito conforme a solução técnica adotada, tendo em vista a falta de um parâmetro de substituição lastreado em normativos aplicáveis.
Método de Custos Evitados – MCE	Estima valores econômicos com base nos custos de danos evitados resultantes da perda de serviços ecossistêmicos. O MCE demonstra que gastos defensivos ou preventivos em produtos substitutos ou complementares podem ser utilizados para mensurar monetariamente decisões de indivíduos visando a manter, no mínimo, seu nível de bem-estar. Na parte operacional do método utiliza-se a análise de regressão múltipla.	A literatura aponta cuidados no manuseio dos dados com a dificuldade de identificar-se a real motivação pela mudança do comportamento e problemas provenientes de dupla contagem.
Método do Custo de Oportunidade – MCO	Visa a estimar o valor de recursos ambientais a partir da produção/renda sacrificada de atividades econômicas derivadas de tais recursos.	Comparação com a renda que poderia ser obtida se a área danificada continuasse a ser utilizada para produção.

Fonte: elaborada por Romana C. Araujo, assessora Econômica 6ª CCR/MPF, e Jorge M. Nogueira, professor Titular do Departamento de Economia da Universidade de Brasília.

APÊNDICE IV

9.1. Tabela A.4.1 – Da identificação dos Impactos por Fases e Tipos de Atividades Minerárias

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Fases e Tipos de Atividades Minerárias						
			Pesquisa Mineral	Lavra a Céu Aberto	Lavra Subterrânea	Beneficiamento Mineral	Disposição de estéril e rejeitos	Transporte de minérios beneficiados (Mineriodutos, transporte por caminhões e ou ferroviário)	Operações Auxiliares (oficinas mecânicas, laboratórios e postos de abastecimento de combustíveis)
1	Supressão de vegetação	Intervenção em vegetação de áreas legalmente protegidas (APPs, Unidades de Conservação, Corredores Ecológicos, Comunidades tradicionais, áreas tombadas etc.)	X	X		X	X	X	X
		Intervenção em vegetação – Áreas não protegidas	X	X		X	X	X	X

1	Supressão de vegetação	Supressão de espécies vegetais legalmente protegidas e de interesse para a conservação	X	X	X	X	X	X	X
		Supressão de espécie vegetal de valor econômico para comunidades tradicionais extrativistas	X	X	X	X	X	X	X
		Intensificação da Pressão Antrópica sobre a Flora		X		X	X	X	X
2	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	Contaminação química de águas superficiais	X	X	X	X	X	X	X
		Contaminação química de águas subterrâneas	X	X	X	X	X		X
		Contaminação biológica de águas superficiais		X	X	X	X	X	X
		Contaminação biológica de águas subterrâneas		X	X	X	X	X	X
		Aumento da turbidez em águas superficiais		X	X	X	X	X	X
		Aumento da turbidez em águas subterrâneas		X	X	X	X		X
		Alteração na disponibilidade hídrica superficial	X	X	X	X	X	X	X
		Alteração na disponibilidade hídrica subterrânea		X	X	X	X		X

2	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	Alteração da configuração da rede hídrica superficial (supressão de trechos de cursos d'água ou interferência escoamento natural das águas em outros trechos)		X	X		X	X	X
		Redução do nível dos aquíferos por desaguamento de mina.		X	X				
		Risco de surgência de águas contaminadas pela drenagem de minas subterrâneas de encosta, ou pela recuperação dos aquíferos após cessação do desaguamento de minas		X	X				

3	Efeitos sobre a fauna silvestre (interferência com a fauna terrestre, aquática e subterrânea)	Destruição de nichos ecológicos	X	X	X	X	X	X	X
		Afugentamento de fauna silvestre (terrestre, aquática, aves e subterrânea)	X	X	X	X	X	X	X
		Afetação de espécies protegidas da fauna ou em processo de extinção	X	X		X	X	X	X
		Perecimento de espécies da fauna (terrestre, aquática, aves e subterrânea)	X	X	X	X	X	X	X
		Perda de habitats		X	X	X	X	X	X
		Fragmentação de habitats naturais e perda de conectividade		X		X	X	X	X
		Intensificação da pressão antrópica sobre a fauna	X	X		X	X	X	X
		Alteração da qualidade física de habitats	X	X	X	X	X	X	X
		Contaminação de habitats aquáticos e associados	X	X	X	X	X	X	X
		Alteração da Entomofauna de importância sanitária na área de influência do projeto	X	X	X	X	X	X	

4	Problemas de vibração, ruídos e ultralançamentos Problemas	Alteração dos níveis de pressão sonora e vibração devido a sondagens diversas	X	X	X		X		X
		Alteração dos níveis de pressão sonora e vibração devido a desmontes por explosivos a céu aberto e subterrâneos		X	X				
		Alteração dos níveis de pressão sonora e vibração devido à execução de desmontes mecânicos a céu aberto e subterrâneos		X	X				
		Alteração dos níveis de pressão sonora e vibração devido ao tráfego de caminhões e equipamentos no interior das instalações minerárias		X	X	X	X		
		Alteração dos níveis de pressão sonora e vibração devido ao tráfego de caminhões, trens, minerodutos etc., em áreas externas às instalações minerárias						X	
		Lançamento de fragmentos de rocha, devido à execução de desmontes, em áreas externas ao empreendimento minerário (ultralançamentos)		X	X				

5	Interferência em sítios arqueológicos e espeleológicos	Interferência em cavidades naturais subterrâneas	X	X	X	X	X	X	X
		Destruição de cavidades naturais subterrâneas	X	X	X	X	X	X	X
		Interferência em sítios arqueológicos	X	X	X	X	X	X	X
		Destruição de sítios arqueológicos	X	X	X	X	X	X	X
		Obstrução de sítios arqueológicos e sítios espeleológicos	X	X	X	X	X	X	X
6	Emissões Atmosféricas	Alteração na qualidade do ar devido à emissão de material particulado (sondagem geológica e geotécnica, desmontes por explosivos, beneficiamento etc.)	X	X	X	X	X	X	
		Alteração na qualidade do ar devido à emissão de gases (desmontes por explosivos, tráfego de caminhões e equipamentos de lavra, trens etc.)	X	X	X	X	X	X	X

7	Degradação do solo	Perda de permeabilidade	X	X	X	X	X	X	X
		Contaminação do solo por graxas, óleos e elementos químicos diversos	X	X	X	X		X	X
		Deflagração de processos erosivos	X	X	X	X	X	X	X
		Desestabilização de encostas e taludes		X	X		X	X	X
		Perda de fertilidade do solo		X	X	X	X	X	X
8	Impacto Visual	Degradação da paisagem	X	X		X	X	X	X

Fonte: elaborado por Reinaldo Pimenta, MPMG, em 29/12/20.

APÊNDICE V

Tabela A.4.2 – Da identificação do dano, oriundo da atividade minerária e respectivos quesitos com foco na valoração econômica

a) Quesitos Gerais para um Empreendimento Minerário

1	Quais e quantas estruturas/equipamentos implantados no empreendimento minerário investigado (cavas, usinas de beneficiamento, oficinas, postos de abastecimento de combustível, depósitos de estéril, depósitos de rejeitos, dragas de sucção, estruturas de contenção de sedimentos, etc.)?
2	Todas as estruturas do empreendimento minerário possuem licenciamento ambiental?
3	Quais as licenças ambientais amparam o funcionamento do empreendimento minerário investigado? Especificar a licença com as respectivas estruturas licenciadas?
4	O empreendedor vem cumprindo as condicionantes estabelecidas nos processos de licenciamento ambiental vigentes no empreendimento?
5	O empreendimento minerário encontra-se regular perante a Agência Nacional de Mineração?
6	Se negativa a resposta aos quesitos 2 ou 4 ou 5: Qual a produção do empreendimento, no período em que operou de maneira irregular?
7	Em quais poligonais de processos minerários o empreendimento minerário encontra-se inserido? Especificar o número da poligonal, o regime de aproveitamento de substâncias minerais da referida poligonal e as estruturas inseridas na referida poligonal?
8	Os usos de recursos hídricos do empreendimento encontram-se regulares perante os órgãos ambientais competentes?
9	Especificar os documentos que autorizam os diferentes tipos de usos de recursos hídricos no empreendimento investigado.
10	O empreendedor vem cumprindo as condições estabelecidas nos documentos autorizativos dos diferentes tipos de usos de recursos hídricos do empreendimento?
11	Os recursos hídricos usados pelo empreendimento minerário são compartilhados por núcleos familiares ou comunidades?
12	Em caso positivo, qual a estimativa do número de indivíduos residentes nesses núcleos familiares ou comunidades?

13	Em caso positivo, quais seriam os usos compartilhados pelo empreendimento minerário e núcleos familiares ou comunidades (pesca, transporte, recreação ou consumo de água após tratamento simplificado ou não)?
14	Há relatos de modificações na qualidade das águas ou alterações na disponibilidade de recursos pesqueiros após o início do empreendimento minerário?
15	Há relatos do aumento da incidência de agravos de saúde após o início do empreendimento minerário?
16	As intervenções realizadas em vegetação são devidamente autorizadas pelos órgãos ambientais competentes?
17	Elencar os documentos autorizativos de intervenção na vegetação vigentes no empreendimento relacionando com a área onde foi permitida a referida intervenção?
18	Qual a vida útil do empreendimento?
19	Houve extração de bens minerais, intervenção em recursos hídricos, vegetação sem o devido documento autorizativo, emitido pelo órgão competente (ANM, órgão ambiental)?
20	Se positiva a resposta ao quesito anterior, procurar quantificar o volume de bens minerais extraídos, de recursos hídricos afetados e a superfície intervida irregularmente.

b) Quesitos específicos por Fase e Tipo de Atividades Minerárias

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
1	Supressão de vegetação	a) Intervenção em vegetação de áreas legalmente protegidas (APPs, Unidades de Conservação, núcleos familiares e/ou comunidades tradicionais ou não, áreas tombadas, entre outros)	1) As atividades minerárias causaram e vêm causando dano direto ou indireto à área, espaço territorial especialmente protegido, assim entendido como qualquer unidade de conservação ou sua zona de amortecimento (Lei Federal 9985/2000), área de preservação permanente (arts. 2º e 3º da Lei Federal 4.771/65), de proteção especial, reserva legal obrigatória (art. 16 da Lei Federal 4.771/65), ou em outra área descrita na legislação federal, estadual ou municipal vigente? As áreas afetadas se situam na Área Diretamente Afetada (ADA), na Área de Influência Direta (AID) ou na Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento? Especificar.
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, especificar a superfície situada no espaço territorialmente protegido, incluindo a sua categorização e o(s) bioma(s) atingindo(s) pela atividade minerária.
			3) A intervenção, obra, empreendimento ou atividade impediram ou dificultaram a regeneração natural da vegetação nativa? Justificar.
			4) Se positiva a resposta ao quesito anterior, especificar a superfície e o bioma afetado.

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
1	Supressão de vegetação	b) Intervenção em vegetação em áreas não protegidas	1) As atividades minerárias causaram e/ou vêm causando dano direto ou indireto em áreas não protegidas ou dificultando a sua regeneração?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, especificar a superfície impactada pela atividade minerária.
		c) Supressão de espécies vegetais legalmente protegidas	1) As atividades minerárias provocaram a supressão de espécies vegetais legalmente protegidas?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, especificar o número de indivíduos e o(s) tipo(s) vegetais impactados, apresentando o instrumento legal de proteção das espécies.
		d) Intensificação da Pressão Antrópica sobre a Flora	1) As atividades minerárias intensificaram a pressão antrópica sobre elementos da flora do local?
2	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	a) Contaminação química, física e biológica de águas superficiais	1) Existem cursos d'água superficiais que atravessam o empreendimento minerário (ADA) ou se situam em seu entorno (AID)?
			2) Qual o enquadramento dos cursos d'água (Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005) eventualmente existentes no empreendimento ou em seu entorno?
			Os corpos hídricos que atravessam o empreendimento minerário são compartilhados por núcleos familiares ou comunidades tradicionais ou não?
			Em caso positivo, qual a estimativa do número de indivíduos residentes nesses núcleos familiares ou comunidades?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
2	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	a) Contaminação química, física e biológica de águas superficiais	Em caso positivo, quais seriam os usos das águas dos corpos hídricos por esses núcleos familiares ou comunidades (pesca, transporte, recreação ou consumo de água após tratamento simplificado ou não)?
			Há registros e/ou relatos e/ou percepções de modificações/ alterações na qualidade das águas ou alterações na disponibilidade dos recursos pesqueiros após o início do empreendimento minerário?
			Em caso positivo, há registros e/ou relatos e/ou percepções de intensificação dessas modificações/ alterações na qualidade das águas ou alterações na disponibilidade dos recursos pesqueiros em períodos sazonais distintos e/ou em momentos pontuais de maior ou menor incidência de chuvas?
			Nesses núcleos familiares e/ou comunidades que usam os corpos hídricos há registros e/ou relatos e/ou percepção do aumento na incidência de agravos de saúde após o início do empreendimento minerário?
			3) O empreendedor apresenta relatórios de monitoramento de parâmetros hídricos nos cursos d'água existentes no interior do empreendimento ou em seu entorno?
			4) Os parâmetros monitorados nas águas superficiais dos cursos d'água do empreendimento encontram-se dentro dos valores admitidos na Resolução CONAMA 357/2005?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
2	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	a) Contaminação química, física e biológica de águas superficiais	5) De acordo com a natureza da atividade minerária, outros parâmetros relativos às águas superficiais, além dos estabelecidos no licenciamento ambiental do empreendimento, deveriam ser monitorados? Quais parâmetros deveriam ser monitorados?
3	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	b) Contaminação química, física e biológica de águas subterrâneas	1) Indique, com base nos documentos disponíveis de licenciamento ambiental, as profundidades da mina ou da cava a céu aberto, tipo de aquíferos envolvidos e o nível potenciométrico do lençol freático no empreendimento.
			2) Qual a classificação das águas subterrâneas no empreendimento e em seu entorno (Resolução CONAMA nº 396/2008)?
			3) A lavra alcançou o lençol freático ou o aquífero no local do empreendimento?
			4) Há disposição de rejeitos ou estéreis com potencial geração de contaminação, incluindo Drenagem Ácida de Mina?
			5) Se positiva a resposta do item anterior, os rejeitos/estéreis encontram-se hidricamente isolados?
			6) No empreendimento é realizado monitoramento da água subterrânea? São apresentados relatórios de monitoramento?
			7) Se positiva a resposta ao quesito anterior, os parâmetros monitorados nas águas subterrâneas encontram-se dentro dos valores admitidos na Resolução CONAMA 396/2008?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
3	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	b) Contaminação química, física e biológica de águas subterrâneas	8) De acordo com a natureza da atividade minerária, outros parâmetros relativos às águas subterrâneas, além dos estabelecidos no licenciamento ambiental do empreendimento, deveriam ser monitorados? Quais?
			Existem comunidades ou núcleos familiares no entorno do empreendimento minerário que utilizem as águas subterrâneas para consumo humano ou animal, a partir de poços ou sistemas alternativos, ou para atividades cotidianas de limpeza de ambientes e/ou banho?
			Em caso positivo, qual a estimativa do número de indivíduos residentes nesses núcleos familiares ou comunidades que usam as águas subterrâneas e estão localizados no entorno de empreendimentos minerários?
			Há registros e/ou relatos e/ou percepções de modificações/alterações na qualidade das águas subterrâneas após o início do empreendimento minerário?
			Em caso positivo, há registros e/ou relatos e/ou percepções de intensificação dessas modificações/alterações na qualidade das águas subterrâneas em períodos sazonais distintos e/ou em momentos pontuais de maior ou menor incidência de chuvas?
3	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	b) Contaminação química, física e biológica de águas subterrâneas	Nesses núcleos familiares e/ou comunidades que usam as águas subterrâneas há registros e/ou relatos e/ou percepção do aumento na incidência de agravos de saúde após o início do empreendimento minerário?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
3	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	c) Alteração na disponibilidade hídrica superficial/subterrânea	1) No empreendimento são realizadas operações relacionadas ao rebaixamento do lençol freático?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, qual o volume de bombeamento estabelecido nos documentos do licenciamento ambiental?
			3) O empreendedor apresenta relatórios de monitoramento do bombeamento realizado?
			4) Os valores de bombeamento monitorados encontram-se dentro dos limites estabelecidos no licenciamento ambiental?
			5 - Há modelamento hidrogeológico para previsão dos efeitos de bombeamento para o desaguamento da mina e de possibilidade de surgência e contaminação após a recuperação dos aquíferos?
			6) Há relatos de secamento ou redução de vazão de nascentes e/ou cursos d'água na Área Diretamente Afetada (ADA), na Área de Influência Direta (AID) ou de Área de Influência Indireta (AII) do empreendimento?
			Em caso positivo existem núcleos familiares ou comunidades atingidas? Qual o número de indivíduos impactados?
			7) Há informações quantitativas ou qualitativas sobre os cursos e/ou nascentes que eventualmente tenham secado ou reduzido sua vazão durante ou após a operação do empreendimento minerário? Especificar as informações obtidas.

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
3	Impactos qualitativos e quantitativos em águas superficiais e subterrâneas	d) Alteração da configuração da rede hídrica superficial (supressão de trechos de cursos d'água ou interferência escoamento natural das águas em outros trechos)	1) Durante a operação do empreendimento, foi necessária a realização de atividades relativas à alteração do leito de cursos d'água situados no empreendimento investigado ou em suas áreas de influência?
			Em caso positivo, existem núcleos familiares e/ou comunidades diretamente afetados com essas modificações originárias das atividades do empreendimento minerário?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, essa alteração do leito foi devidamente licenciada perante o órgão ambiental competente?
			3) Se a alteração do leito do curso d'água foi licenciada, após o encerramento das atividades, foram adotadas medidas que proporcionassem o retorno do leito ao seu percurso original ou definido outro percurso?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
4	Efeitos sobre a fauna silvestre (interferência com a fauna terrestre, aquática e subterrânea)	a) Destruição de nichos ecológicos	1) A atividade modificou, danificou ou destruiu ninho, abrigo ou criadouro natural? (art. 29, § 1º, II, Lei 9.605/98).
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, especificar as características biológicas do(s) nicho(s) afetado(s).
			3) Quais as medidas adotadas pelo empreendedor para reestabelecimento dos nichos afetados?
			4) As medidas adotadas fizeram surtir efeitos positivos compensatórios?
			A destruição de nichos ecológicos modificou/alterou, direta ou indiretamente, a disponibilidade pesqueira e/ou de caça de núcleos familiares e/ou comunidades localizadas no entorno do empreendimento minerário?
4	Efeitos sobre a fauna silvestre (interferência com a fauna terrestre, aquática e subterrânea)	b) Afetação de indivíduos de espécies protegidas da fauna ou em processo de extinção	1) As operações, as intervenções, as obras e as estruturas do empreendimento atingiram indivíduos de espécies endêmicas, ou raras ou consideradas ameaçadas de extinção, ainda que somente no local da infração?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, quantificar os indivíduos e/ou as espécies atingidas.
			A extinção de espécies protegidas da fauna ou em processo de extinção modificou/alterou, direta ou indiretamente, a disponibilidade pesqueira e/ou de caça de núcleos familiares e/ou comunidades localizadas no entorno do empreendimento minerário?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
4	Efeitos sobre a fauna silvestre (interferência com a fauna terrestre, aquática e subterrânea)	c) Afetação de espécies da fauna (terrestre, aquática, aves e subterrânea)	1) As intervenções de instalação e operação provocaram a perda de indivíduos da fauna? Se positivo, detalhar quais intervenções e/ou operações e em quais habitat os indivíduos foram mais afetados?
			2) Eventual lançamento de efluentes, acúmulo ou carreamento de materiais provocou o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas ou em outros corpos hídricos? (art. 33, Lei 9.605/98).
			3) As operações, intervenções, obras e estruturas do empreendimento (em especial bacias, diques e barragens) colocaram em risco ou atingiram de forma desfavorável espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas ou em outros corpos hídricos?
			Em caso positivo, essa afetação modificou/alterou, direta ou indiretamente, a disponibilidade pesqueira e/ou de caça de núcleos familiares e/ou comunidades localizadas no entorno do empreendimento minerário?
		d) Perda de habitats	1) A implantação das estruturas produtivas do empreendimento minerário proporcionou a perda de habitats naturais?
			Em caso positivo, essa perda de habitats, direta ou indiretamente, a disponibilidade pesqueira e/ou de caça de núcleos familiares e/ou comunidades localizadas no entorno do empreendimento minerário?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
4	Efeitos sobre a fauna silvestre (interferência com a fauna terrestre, aquática e subterrânea)	e) Fragmentação de habitats naturais e perda de conectividade	1) A implantação das estruturas produtivas do empreendimento minerário proporcionou a fragmentação de habitats ou a perda de conectividade entre eles?
		f) Intensificação da Pressão Antrópica sobre a Fauna	1) Foram observados indícios de intensificação da pressão antrópica sobre a fauna nativa da área do empreendimento?
			2) Foram observadas mudanças de comportamento em indivíduos e/ou comunidades da fauna decorrentes da intensificação dos níveis de ruídos, vibrações?
		g) Alteração da qualidade física de habitats	1) A implantação das estruturas produtivas do empreendimento minerário proporcionou a perda de habitats naturais?
		h) Contaminação de habitats aquáticos e associados	1) Eventual lançamento de efluentes, acúmulo ou carreamento de materiais provocou a contaminação de habitats aquáticos?
			2) As operações, intervenções, obras e estruturas do empreendimento (em especial bacias, diques e barragens) colocaram em risco ou atingiram de forma desfavorável habitats aquáticos e associados?
			Em caso positivo, há registros do acúmulo de contaminantes em espécies aquáticas ou animais?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
5	Problemas de vibração, ruídos e ultralançamentos	a) Alteração dos níveis de ruído e vibração devido às atividades/ operações executadas no empreendimento minerário (a céu aberto e/ou subterrâneo)	1) As atividades executadas no empreendimento minerário (pesquisa mineral, lavra [desmonte, carregamento/transporte no interior da mina], beneficiamento, transporte do bem mineral e seus subprodutos em área externa a mina) causa(m) ou causou(ram) alterações nos níveis de ruído do local e no entorno do empreendimento investigado no entorno das rotas de transporte previstas para escoamento da produção?
			2) Foram efetuadas medições do nível de ruído durante a execução das atividades acima citadas?
			3) Se positiva a resposta ao quesito anterior, quais os níveis de ruído foram obtidos?
			4) Os valores monitorados mostraram-se superiores aos limites estabelecidos na legislação ambiental e/ou normas técnicas pertinentes?
			5) As atividades executadas no empreendimento minerário (pesquisa mineral, lavra [desmonte, carregamento/transporte no interior da mina], beneficiamento, transporte do bem mineral e seus subprodutos em área externa a mina) causa(m) ou causou(ram) alterações nos níveis de vibração em relação a construções e à população residente no entorno do local em que se pretende instalar o empreendimento?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
5	Problemas de vibração, ruídos e ultralançamentos	a) Alteração dos níveis de ruído e vibração devido às atividades/ operações executadas no empreendimento minerário (a céu aberto e/ou subterrâneo)	6) Foram efetuadas medições dos parâmetros correspondentes ao nível de vibração aérea e subsuperfície durante a realização das operações acima citadas?
			7) Se positiva a resposta ao quesito anterior, quais níveis de vibração (velocidade vibração da partícula de pico e frequência) foram obtidos?
			8) Os valores monitorados mostraram-se superiores aos limites estabelecidos na legislação ambiental e/ou normas técnicas pertinentes?
			9) O empreendedor possui um canal para atendimento de reclamações da comunidade residente no entorno do empreendimento, conforme recomenda o item 6.1 da Norma Técnica ABNT NBR 9653:2018?
			10) Houve reclamação da população residente no entorno da área de pesquisa, com relação aos níveis de ruído e vibração oriundos das operações aí exercidas?
			11) Se positiva a resposta ao quesito anterior, quais são as medidas adotadas pela empresa no sentido de minimizar os efeitos negativos decorrentes das atividades exercidas?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
5	Problemas de vibração, ruídos e ultralançamentos	b) Lançamento de fragmentos de rocha em áreas externas ao empreendimento minerário, devido à execução de desmontes por explosivos (ultralançamentos)	1) O empreendedor possui um canal para atendimento de reclamações da comunidade residente no entorno do empreendimento, conforme recomenda o item 6.1 da Norma Técnica ABNT NBR 9653:2018?
			2) Há relatos de ocorrência de ultralançamentos no empreendimento investigado?
			3) Se negativa a resposta ao quesito anterior, quais são as medidas adotadas pela empresa com o intuito de minimizar o risco de ocorrência de ultralançamentos?
			4) Se positiva a resposta ao quesito 2, quais são as medidas adotadas pelo empreendedor com o intuito de evitar a ocorrência de novos casos de ultralançamento?
			5) O empreendedor mantém um cadastro dos desmontes por explosivos realizados no empreendimento, tal qual como recomendam os Anexos A e B da Norma Técnica ABNT 9653:2018?
			6) As medidas adotadas pelo empreendedor têm se mostrado eficazes no controle da ocorrência de ultralançamentos?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
6	Impactos do tráfego de caminhões de minério na vizinhança do empreendimento investigado	a) Aumento de tráfego de caminhões na vizinhança do empreendimento	1) O empreendimento é obrigado a apresentar Estudo de Impacto de Vizinhança (EIV), segundo a Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001?
			2) O Poder Público Municipal exigiu a apresentação do EIV?
			3) O EIV foi apresentado?
7	Interferência/ destruição de cavidades naturais subterrâneas	a) Impactos em cavidades naturais subterrâneas e suas respectivas áreas de influência	1) Nos estudos ambientais que embasaram a emissão das licenças ambientais do empreendimento investigado, foram apresentados estudos de relevância das cavidades naturais subterrâneas (*in* ICMBio 02/2017) eventualmente existentes nas áreas de influência do referido empreendimento?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, as cavidades inventariadas mantêm seus atributos conforme estabelecido no estudo de relevância apresentado?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
7	Interferência/ destruição de cavidades naturais subterrâneas	a) Impactos em cavidades naturais subterrâneas e suas respectivas áreas de influência	3 - Se negativa a resposta ao quesito 2, enumerar os impactos ambientais, devido às atividades de extração mineral, verificados nas cavidades eventualmente danificadas ou em suas respectivas áreas de influência.
			4) Se negativa a resposta ao quesito 1, o empreendimento investigado encontra-se em qual classe de grau de potencialidade de ocorrência de cavidades naturais subterrâneas (consultar o mapa de potencialidade de ocorrência de cavidades disponível no endereço eletrônico do CECAV)?
			5) Se o empreendimento se localizar em áreas consideradas de alto a muito alto grau de potencialidade de ocorrência de cavidades e não sendo exigida a apresentação de estudos de relevância de cavidades no empreendimento, o empreendedor adota alguma medida preventiva para proteção de possíveis cavidades a serem encontradas?
			6) Há notícia de ocorrência de impactos em cavidades situadas nas áreas de influência do empreendimento investigado (Sugere-se acessar o CANIE para pesquisar a possível ocorrência de cavidades no local e no entorno do empreendimento investigado)?
8	Interferência/ destruição de sítios históricos/ arqueológicos	a) Impactos em sítios históricos/arqueológicos	1) Nos estudos ambientais que embasaram a emissão das licenças ambientais do empreendimento investigado, foram apresentadas prospecções históricas/ arqueológicas realizadas nas áreas de influência do empreendimento?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
8	Interferência/ destruição de sítios históricos/ arqueológicos	a) Impactos em sítios históricos/arqueológicos	3) Se positiva a resposta ao quesito 1, há relatos de ocorrência de impactos aos bens históricos/ arqueológicos inventariados?
			4) Se positiva a resposta ao quesito 3, enumerar os impactos ambientais verificados nos bens históricos/ arqueológicos eventualmente impactados.
			5) Se negativa a resposta ao quesito 1, há relatos de ocorrência de impactos, devido ao exercício das atividades de extração mineral, em bens históricos/arqueológicos nas áreas de influência do empreendimento investigado?
			6) Se positiva a resposta ao quesito anterior, enumerar os impactos constatados em bens arqueológicos/ históricos eventualmente existentes nas áreas de influência do empreendimento?
			7) Quais as medidas adotadas pelo empreendedor com relação à proteção dos bens arqueológicos/ históricos eventualmente situados nas áreas de influência do empreendimento investigado?
		b) Ocorrência de impactos em áreas ou bens inventariados ou tombados	1) Nas áreas de influência do empreendimento investigado existem áreas ou bens inventariados ou tombados?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, há relatos de ocorrência de impactos decorrentes do exercício da atividade minerária aos bens/ áreas inventariadas/tombados?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
8	Interferência/ destruição de sítios históricos/ arqueológicos	b) Ocorrência de impactos em áreas ou bens inventariados ou tombados	3) Se positiva a resposta ao quesito 1, quais são as medidas adotadas pelo empreendedor com o objetivo de manter a integridade das áreas/ bens inventariados/tombados eventualmente situados nas áreas de influência do empreendimento?
			4) As medidas elencadas na resposta ao quesito 3 podem ser consideradas eficazes/suficientes?
9	Emissões atmosféricas	a) Alteração na qualidade do ar devido à emissão de material particulado (sondagem geológica e geotécnica, desmontes por explosivos, beneficiamento etc.)	1) Entre os estudos ambientais que embasaram a emissão das licenças ambientais do empreendimento investigado, foram apresentados relatórios de monitoramento da qualidade do ar nas áreas de influência do empreendimento investigado? Foram realizados estudos de dispersão do ar para a escolha dos pontos de monitoramento? Quais foram os valores monitorados?
			2) O empreendimento realiza o monitoramento sistemático da qualidade do ar de seu entorno? Foram realizados estudos de dispersão do ar para a escolha dos pontos de monitoramento? Quais foram os valores monitorados?
			3) Se positiva a resposta ao quesito anterior, os valores de qualidade do ar monitorados encontram-se dentro dos limites estabelecidos na legislação pertinente (Resolução CONAMA nº 491/2018)?
			4) Se positivas as respostas aos quesitos 1 e 2, são observadas alterações nos valores dos parâmetros de emissão atmosférica, se compararmos os valores monitorados anteriormente à implantação do empreendimento com os constantes do monitoramento sistemático da qualidade do ar no entorno do empreendimento investigado?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
9	Emissões atmosféricas	a) Alteração na qualidade do ar devido à emissão de material particulado e gases (sondagem geológica e geotécnica, desmontes por explosivos, beneficiamento etc.)	Em caso positivo, essa modificação na qualidade do ar ou emissão de particulados e/ou gases e/ou elementos voláteis, direta ou indiretamente, podem afetar núcleos familiares e/ou comunidades localizadas no entorno do empreendimento minerário?
			Em caso positivo, há registro ou relatos ou percepções de agravos de saúde associados as modificações na qualidade do ar devido às emissões de particulados atmosféricos e/ou gases e/ou elementos voláteis?
			5) Quais são as medidas adotadas pelo empreendedor com o objetivo de controlar o nível das emissões atmosféricas oriundas do empreendimento?
			6) As medidas listadas na resposta ao quesito 5 podem ser consideradas eficazes? Justificar.

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
10	Degradação do solo	a) Perda de permeabilidade	1) A atividade econômica conferiu características desfavoráveis à ocupação humana ou outros usos de uma área ou sua bacia hidrográfica?
			2) A perda da permeabilidade potencialmente causou alterações no regime hídrico ou velocidade de escoamento dos corpos d'água da bacia hidrográfica?
		b) Contaminação do solo por graxas, óleos e elementos químicos diversos	1) O posto de abastecimento, oficina mecânica, troca de óleo e lavagem de veículos/equipamentos estão operando adequadamente? Existe piso impermeabilizado no local? Foram instaladas caixa SAO e canaletas? Estas estruturas operam adequadamente? Os resultados apresentados na investigação de passivo ambiental indicam a necessidade de remediação da área, conforme Resolução CONAMA nº 273, de 29 de novembro de 2000?
		c) Deflagração de processos erosivos	1) É observada a ocorrência de processos erosivos em taludes de cavas, de pilhas de estéril, encostas, diques e bacias de contenção de sedimentos eventualmente existentes no empreendimento?
			2) Existem porções de solo exposto no empreendimento vistoriado? Foram adotadas medidas para contenção de ocorrência de processos erosivos e consequente de carreamento de sedimentos oriundos desses solos expostos?
			3) Foi observada a ocorrência de carreamento de sedimentos oriundos dessas áreas expostas? As medidas adotadas pelo empreendedor têm sido eficazes na solução do(s) carreamento(s) verificado(s)?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
10	Degradação do solo	d) Desestabilização de encostas e taludes	1) Os taludes de pilhas de estéril, cavas encontram-se estáveis?
			2) Foram apresentados estudos comprobatórios da estabilidade de taludes de cavas, pilhas de estéril, pilhas de rejeito, depósitos de estéril e taludes de cava existentes no empreendimento?
11	Impacto visual	a) Degradação da paisagem	1) A atividade extrativa causou impactos à paisagem do entorno do empreendimento?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, a paisagem impactada recebe algum tipo de proteção legal?
12	Áreas para disposição de estéril e rejeitos	a) Barragens de contenção de rejeitos	1) No empreendimento encontram-se implantadas barragens de contenção de rejeitos?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, quantas barragens encontram-se implantadas? De qual(is) tipo(s) (montante, jusante, linha de centro ou etapa única)?
			3) As barragens existentes no empreendimento estão cadastradas no Sistema Integrado de Gestão de Barragens de Mineração (SIGBM) da Agência Nacional de Mineração (ANM)?
			4) Qual(is) são a(s) classificação(ões) da(s) barragen(s) existente(s) no empreendimento vistoriado?
			5) Qual(is) são o(s) dano(s) potencial(is) associado(s) à(s) barragem(ns) existente(s) no empreendimento vistoriado?
			6) Qual(is) são a(s) categoria(s) de risco associada(s) à(s) barragem(ns) existente(s) no empreendimento vistoriado?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
12	Áreas para disposição de estéril e rejeitos	a) Barragens de contenção de rejeitos	7) O empreendedor apresentou a(s) Declaração(ões) de Condição de Estabilidade das Barragens existentes no empreendimento? Quando a última declaração foi apresentada? O prazo de apresentação está correto com a legislação?
			8) A(s) Barragem(ns) existente(s) no empreendimento investigado necessita(m) da apresentação do Plano de Ação de Emergência para Barragens (PAEBM)? Tal documento foi apresentado?
		b) Pilhas de disposição de estéril/rejeitos (PDE)	1) No empreendimento encontram-se implantadas pilhas para disposição de estéril/rejeitos?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, quantas estruturas desse tipo encontram-se instaladas no empreendimento? Categorizá-las?
			3) Foram apresentados Projetos de Construção e Implantação das pilhas existentes no empreendimento?
			4) Se positiva a resposta ao quesito 3, os planos apresentados obedecem à Norma Técnica ABNT NBR 13.029:2017?
			5) Se positiva a resposta ao quesito anterior, o empreendedor está obedecendo ao Manual de Operação da pilha?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
13	Fechamento de mina	a) Plano de fechamento	1) O empreendimento minerário apresentou o Plano de Fechamento de Mina (PFM), tal qual como disposto nos artigos 2º ou 3º da Resolução ANM nº 68, de 30 de abril de 2021?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, o PFM apresentado cumpre o estabelecido na Resolução ANM 68/2021?
			O fechamento de minas contemplou estudos epidemiológicos, clínicos e laboratoriais de indivíduos potencialmente expostos a contaminantes (ambiental e ocupacional) em núcleos familiares e/ou comunidades localizadas em áreas no entorno das atividades do entorno do empreendimento minerário?
			O fechamento de mina contemplou acompanhamento da qualidade das águas superficiais ou subterrâneas de uso compartilhado por núcleos familiares ou comunidades localizadas em em áreas no entorno
			O fechamento de mina contemplou estudos de biomonitoramento dos níveis de contaminantes na fauna e flora existente nas áreas do entono do empreendimento minerário, em especial aquelas usadas como fonte proteica por núcleos familiares e/ou comunidades?
			3) Existem estruturas e/ou áreas impactadas no empreendimento não contempladas no PFM apresentado?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
13	Fechamento de mina	b) Áreas contaminadas no fechamento	1) Há registro de implantação de programa de monitoramento de qualidade do solo e das águas subterrâneas na área do empreendimento, principalmente na área das oficinas, laboratórios e tanque de abastecimento de combustíveis? Foi apresentado relatório técnico conclusivo sobre a qualidade do solo e das águas subterrâneas?
			2) Se positiva a resposta ao quesito anterior, foram detectadas áreas com possível contaminação de solos e/ou águas subterrâneas?
			3) Se negativa a resposta ao quesito, solicitar a investigação confirmatória e o cumprimento dos demais artigos da Resolução CONAMA nº 420, de 28 de dezembro de 2009.
		c) Impactos pós-fechamento	1) O empreendimento encontra-se ativo, paralisado ou fechado?
			2) Se o empreendimento se encontrar fechado, todas as estruturas encontram-se corretamente descomissionadas?
			3) Se negativa a resposta ao quesito anterior, enumerar as estruturas incorretamente descomissionadas.

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
14	Resíduos sólidos industriais na mineração, excetuando-se material estéril de mina e rejeitos do beneficiamento	a) Gerenciamento dos resíduos sólidos	1) A empresa tem um plano de gerenciamento de resíduos sólidos?
			2) Quais os tipos de resíduos são gerados no empreendimento?
			3) Qual é a classificação dos resíduos gerados segundo a Norma Técnica ABNT NBR 10.004/2004? 3.1) Quais resíduos gerados são enquadrados como Perigosos (Classe I)? 3.2) Quais resíduos gerados são enquadrados como Não Perigosos – Não Inertes (Classe II A)? 3.3) Quais resíduos gerados são enquadrados como Não Perigosos – Inertes (Classe II B)?
			4) Qual a destinação dos resíduos gerados no empreendimento? 4.1) Qual a destinação dos resíduos considerados perigosos? 4.2) Qual é a destinação dos resíduos considerados Não Perigosos – Não Inertes (Classe II A)? 4.3) Qual é a destinação dos resíduos considerados Não Perigosos – Inertes (Classe II B)?
			5) Existe algum tipo de resíduo com destinação inadequada no empreendimento? 5.1) Quantificar o(s) volume(s) de resíduo(s) destinado(s) inadequadamente.
15	Alterações no modo de vida da população local	a) Impactos socioambientais, econômicos e culturais vinculados a atividade mineraria	1) Havia ou ainda há ocupação humana nas áreas de influência do empreendimento ADA? É possível estimar a data dessa ocupação? Houve movimentações humanas nas demais áreas de influência devido ao empreendimento?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
15	Alterações no modo de vida da população local	a) Impactos socioambientais, econômicos e culturais vinculados a atividade mineraria	2) Em caso positivo, qual tipo de ocupação foi identificada: comunidades rurais, (agroextrativistas, ribeirinhos, povos tradicionais – indígenas, quilombolas etc.), povoados e/ou centros urbanos. Esses territórios são reconhecidos legalmente?
			3) Essa população se sente direta ou indiretamente afetada negativamente pelo empreendimento?
			4) Em caso positivo, está relacionado a qual impacto? Sonoro, atmosférico, contaminação de corpos hídricos, supressão de vegetação, perda de fauna, redução da disponibilidade hídrica, perda de serviços ecossistêmicos, outros? Quais?
			5) Qual é a principal base econômica da população nas áreas de influência do empreendimento?
			6) As atividades do empreendimento afetaram ou afetam as atividades socioeconômicas e/ou sociocultural dessas comunidades? De que forma? A empresa absorve mão de obra local? Qual é o percentual?
			7) É possível afirmar que o empreendimento mudou o modo de vida das comunidades? Explique.
			8) Foram implementados programa/projetos sociais demandados pela sociedade que são reconhecidos positivamente pela população afetada? Quais?
			8.1) Ainda existem demandas da sociedade referentes aos serviços básicos? Quais?

Item	Impacto	Detalhamento do Impacto	Quesitos
15	Alterações no modo de vida da população local	a) Impactos socioambientais, econômicos e culturais vinculados a atividade mineraria	9) Existe estratégia de sustentabilidade de programas/ projetos voltados à população após o encerramento do empreendimento? Quais?
			10- Houve apresentação de uso futuro? De que maneira essa alternativa afetará a comunidade do entorno?
			Há núcleos familiares ou comunidades ou trabalhadores potencialmente expostos, ambiental ou ocupacionalmente, a contaminantes químicos oriundos das atividades do empreendimento minerário a partir do lançamento de efluentes, modificações na qualidade das águas de corpos hídricos ou subterrâneas ou emissões atmosféricas de particulados, gases ou elementos químicos voláteis?
			Há necessidade de biomonitoramento da fauna e da flora quanto à presença de contaminantes químicos, usada como fonte proteica de subsistência, e acompanhamento epidemiológico, clínico e laboratorial de indivíduos residentes em núcleos familiares ou comunidades localizadas no entono do empreendimento minerário e expostas ambientalmente por essas atividades?
			Há necessidade de monitoramento dos níveis de contaminantes no material particulado e/ou elementos voláteis (*indoor* ou *outdoor*) nas residências de núcleos familiares e/ou comunidades do entorno de empreendimento minerário? Qual seria o prazo mínimo?

Fonte: elaborado por Romana Araujo (6º CCR/MPF), Reinaldo Pimenta (MPMG), Soraya Knez (MPPA), Sidnei Zomer (SPPEA/MPF), Marcelo Lima (Instituto Evandro Chagas).

Obs 1: ver outros quesitos específicos nos demais Subgrupos;

Obs. 2: percebe-se que outros danos ainda podem ser oriundos da atividade minerária, como o alcoolismo, aliciamento, conflitos internos na população local, danos à saúde ambiental, danos à saúde pública e outros.

TABELA DE QUESITOS PARA TIPOS PENAIS					
Quesitos para tipos penais relacionados a atividades da mineração					
TIPOS PENAIS	**QUESITOS**	**QUESITOS**	**QUESITOS**	**QUESITOS**	**QUESITOS**
Artigo 55 da Lei 9605/1998: Executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença, ou em desacordo com a obtida. **Pena** – detenção, de seis meses a um ano, e multa	1) O agente executou pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, sem permissão ou sem concessão de lavra?	2) O agente extraía recursos minerais sem licença ou em desacordo com ela?			
Parágrafo único do Artigo 55 da Lei 9605/1998. Nas mesmas penas incorre quem deixa de recuperar a área pesquisada ou explorada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente.	1) O agente recuperou a área pesquisada ou explorada de recursos minerais?	2) O agente recuperou a área de pesquisa ou explorada nos termos da autorização, permissão, licença, concessão?	3. O agente recuperou a área de pesquisa ou explorada nos termos da determinação do órgão competente?		
Artigo 56 da Lei 9605/1998. Produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos: **Pena** – reclusão, de um a quatro anos, e multa.	1) O agente produziu, processou, embalou, importou, exportou, comercializou, forneceu, transportou, armazenou, guardou, teve em depósito ou usou produto ou substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou nos seus regulamentos?	2) Qual era o produto ou a substância tóxica, perigosa ou nociva?	3) O produto ou a substância, nas quantidades encontradas, são proibidas? Atendem a padrões de toxicidade?		

Art. 2º da Lei 8176/1991) Constitui crime contra o patrimônio, na modalidade de usurpação, produzir bens ou explorar matéria-prima pertencentes à União, sem autorização legal ou em desacordo com as obrigações impostas pelo título autorizativo. **Pena** – detenção de um a cinco anos e multa.	1) O agente ou o usuário produziu bens ou explorou matéria-prima sem autorização legal ou em desacordo com as obrigações da autorização?	2) O bem produzido ou explorado era matéria-prima da União?	3) O bem produzido ou explorado contém matéria-prima advinda do subsolo?	4) O agente ou o usuário produziu bens ou explorou matéria-prima em território indígena ou de comunidade tradicional?	5) O agente ou o usuário que produziu bens ou explorou matéria-prima em território indígena detinha autorização legislativa (CN) e consentimento prévio informado da comunidade tradicional?
§ 1º Incorre na mesma pena aquele que, sem autorização legal, adquirir, transportar, industrializar, tiver consigo, consumir ou comercializar produtos ou matéria-prima, obtidos na forma prevista no caput deste artigo.	1) O agente tinha autorização legal para adquirir ou transportar o bem do subsolo?	2) O agente industrializava, tinha consigo, consumia ou comercializava produtos ou matéria-prima em desacordo com a autorização ou permissão de lavra?	3) O agente adquiriu, transportou, industrializou, teve consigo ou comercializou produtos ou matéria-prima em terras indígenas ou de comunidade tradicional?	4) O agente que adquiriu, transportou, industrializou, teve consigo ou comercializou produtos ou matéria-prima em terras indígenas detinha autorização legislativa (CN) e autorização de lavra?	5) O agente que adquiriu, transportou, industrializou, teve consigo ou comercializou produtos ou matéria-prima em terras indígenas detinha autorização de lavra, autorização do CN e consentimento prévio livre e informado do povo indígena? Detalhe o processo de consentimento prévio. Houve contrato de repartição de benefícios?

Fonte: elaborado por Sandra Akemi Shimada Kishi (MPF).

Obs. 1: consultar outros quesitos de outros Subgrupos temáticos em relação a tipos penais por condutas em concurso com ilícitos penais por atividades de mineração (ex: os crimes contra a fauna, flora, poluição, patrimônio cultural, crimes que afetem a saúde pública ou saúde ambiental etc.).

Obs. 2: Fundamental para uma adequada valoração de ilícitos penais é considerar o grau de reprovabilidade social e a ofensa a outros bens jurídicos lesados pela prática do delito (grau de lesividade do delito). Destarte, importam as seguintes percepções:

- Qual a importância do bem jurídico tutelado para a comunidade ofendida?
- Os procedimentos de consentimento prévio obedeceram a direitos culturais da comunidade tradicional?
- Foram detalhadas as repartições de benefícios?
- Quantas pessoas serão impactadas positivamente com o projeto?
- Quanto tempo será necessário para desenvolver o projeto e para recuperar a área degradada?

Outros quesitos específicos por situação e em caso concreto

1. Em relação a derramamento de substância causadora de poluição hídrica:

Quesitos 1 a 29, conforme Parecer nº 19/2008, 6ª CCR/MPF, Romana Araújo. Ação Cautelar de produção antecipada de provas nº 2008.72)01)000702)1)

1) identificação da substância causadora da lesão ou dano;

2) quantidade dessa substância, massa ou volume transportada e derramada;

3) duração da liberação/derramamento;

4) data da liberação/derramamento (dia, mês, ano e hora);

5) localização do acidente;

6) condições do tempo na data do acidente;

7) extensão das ações de resposta;

8) extensão em dias e em km² da área afetada e como foi isolada;

9) estimativa da quantidade resgatada da substância derramada (via operação de limpeza);

10. para avaliar o litoral: condições das correntes e marés;

11) para os grandes lagos: temperatura do ar; temperatura da superfície da água; concentração total dos sedimentos suspensos; velocidade média da sedimentação dos sólidos suspensos; habitat (tipo);

12) identificação física: informar se houve lesão no recurso natural em virtude do dano causado por descarga ou derramamento de óleo ou substância(s) perigosa(s) ao meio ambiente, e sua respectiva quantificação;

13) informar quais foram os recursos atingidos; definição da lesão ou dano; determinação do caminho do produto danificador; teste e prova dos métodos de valoração;

14) definir o recurso atingido em água de superfície, leito oceânico, ar, recurso geológico ou biológico;

15) selecionar o(s) método(s) de valoração econômica para cada impacto anteriormente avaliado;

16) apresentar a causa do dano;

17) identificar e quantificar a(s) comunidade(s), direta e indiretamente, afetada(s);

18) identificar as atividades econômicas, sociais e culturais dessas comunidades que foram afetadas pelo acidente;

19) quantificar a extensão da lesão causada ao recurso natural em termos da perda dos serviços anteriormente fornecidos;

20) quantificar cada recurso ambiental danificado em termos de sua respectiva recuperação, restauração ou reposição;

21) quantificar os danos questionados pelas comunidades afetadas;

22) quantificar os efeitos pelo derramamento ou descarga de óleo e/ou

substância perigosa em termos do que o bem ou serviço ambiental proporcionava antes do acidente;

23) estimativas do tempo de recuperação de cada recurso natural atingido;

24) mensuração do nível de redução do serviço afetado por uma lesão a um recurso natural;

25) apresentar medidas para estabilizar as condições existentes anteriormente;

26) apresentar estimativas de custos e utilizar os métodos de valoração ambiental para determinar a compensação baseada nos custos de restauração, reabilitação, reposição e/ou aquisição de recurso equivalente;

27) utilizar o(s) seguinte(s) método(s) para cada impacto identificado: valor contingente, custo viagem, preço hedônico, dose-resposta, custo de reposição, custo evitado;

28) elaborar o Relatório de Avaliação com todas as informações, dados e resultados dos métodos aplicados;

29) apresentar todos os valores apurados em uma tabela resumida para uma mesma data indicando cada impacto e respectivo método de valoração adotado.

2. Outras questões a serem levantadas em virtude de dano ambiental por atividade de mineração:

Quesitos de 1 a 8. Referência: Parecer nº 157/2006 6ª CCR/MPF, Romana Araújo. PA 1)23)002)000006/2002)87)

1) é possível qualificar e quantificar exemplares das espécies vegetais extraídas da área de ocupação? Se positivo, qual o custo de reposição, inclusive o tempo de espera para sua devida maturação? (verificar possível extrativismo tradicional local).

2) qual o valor de recuperação do meio ambiente do local da extração de argila consoante solução técnica exigida pelo órgão competente?

3) há necessidade de implantar estrutura(s) de conservação no solo visando a evitar o surgimento de processo erosivo no local? Em caso positivo, quais e apontar o devido valor?

4) qual o valor de reposição para adequar o solo para futuro aproveitamento na recuperação das áreas degradadas, em especial, na área de preservação permanente e mata ciliar?

5) qual o valor de reparação dos danos ambientais causados no interior ao local devido à escavação de tanques ou para a construção de algum suporte técnico?

6) houve perdas na fauna, flora e ictiofauna, uma vez que houve modificações ambientais?

7) qual é o valor de reparação aos recursos ambientais necessários à reprodução física e cultural, segundo seus costumes e tradições de uma possível comunidade indígena ou tradicional?

8) qual o valor da renda cessante das áreas ocupadas, em especial após retirada de alguma matéria prima essencial à comunidade local?

3. Outras questões a serem levantadas em virtude de riscos e impactos ambientais por atividades de carboníferas:

Quesitos 1 a 46 da perícia judicial da Mina do Verdinho, Municípios de Forquilhinha e Criciúma/SC.[95]

1) Caracterize de forma sucinta, com base nos documentos disponíveis de licenciamento ambiental e DNPM, a Mina do Verdinho no que se refere à sua extensão, e elementos de superfície e subsuperfície que a compõem.

2) Ilustre, com base nas plantas existentes, de forma acessível, a Mina do Verdinho com seus setores e as zonas de falhas e/ou fraturas geológicas. Utilize divisões da planta em folhas, para detalhamentos.

3) Sobre a mina subterrânea, indique, com base nos documentos disponíveis de licenciamento ambiental, as profundidades da mina, tipo de aquíferos envolvidos, seus níveis potenciométricos e cone de depressão por bombeamento, sentido de fluxo da água do aquífero profundo, localização dos poços de monitoramento.

4) Aponte os danos ambientais presentes na planta industrial da mina, em superfície e subsolo, no momento da perícia.

5) Há setores da mina subterrânea que foram explorados pelo método de recuperação de pilares?

6) Quais os riscos do método de recuperação de pilares para a segurança estrutural? E para a surgência de DAM, em razão inclusive de comunicação de aquíferos?

7) A inundação da mina é uma técnica de fechamento de mina? Ou o fechamento da mina é um conjunto de medidas adotadas para viabilizar o desligamento das bombas de drenagem, que podem resultar em inundação?

8) Em abstrato, quais seriam as análises/estudos/coleta de dados que devem ser feitas, em superfície e subsolo, para garantir o correto fechamento de uma mina dessas dimensões?

9) A falta de acesso da mina em si, em subsolo, é prejudicial à avaliação completa e adequada para garantir o correto fechamento de uma mina dessas dimensões? Caso afirmativo, quais são os riscos envolvidos na falta desses dados/análises que deveriam ser coletados no subsolo?

10) Em abstrato, além das análises, quais os passos seguintes para garantir o correto fechamento de uma mina dessas dimensões?

11) É possível realizar o correto fechamento de uma mina sem analisar, a partir do subsolo, as falhas e as fraturas que causam drenagem de água superficial ou subterrâneas para seu interior?

12) Os procedimentos de fechamento de mina relacionados à vedação das aberturas e isolamento dos setores são normalmente feitos em que momento do desenvolvimento da mina? É possível fazê-los após sua inundação?

13) Com relação à Mina Verdinho, quais os riscos envolvidos na falta de análise do subsolo antes da inundação que está em curso?

14) Com relação à Mina Verdinho, seria possível a vedação da área minerada com recuo de pilares caso tivesse sido feito o fechamento correto da mina? Qual o risco da ausência desse procedimento de vedação, especialmente quanto à surgência de DAM?

15) No caso da Mina Verdinho, quais as diferenças dos ganhos e riscos, entre duas opções: o "alagamento controlado" proposto pela TRACTEBEL/ENGIE e o fechamento correto, que deveria ser feito a partir de estudos, análises e medidas adotadas previamente em subsolo?

95 Autorizada a divulgação pelos peritos do SPPEA/MPF e pelo procurador da República natural para a causa.

16) Tendo sido constatado pelo DNPM, em 2013, a ausência de um plano de fechamento de mina (processo administrativo DNPM nº 48400-000302/201677 com cópia anexa no processo judicial), não seria de praxe haver sido exigido o isolamento de setores exauridos da mina subterrânea?

17) Independentemente de custo econômico, é tecnicamente possível retomar o bombeamento da mina, permitindo que ela seja novamente frequentada por pessoal especializado que possa recolher os dados e adotar todas medidas para o seu correto fechamento? Esse bombeamento deveria visar a garantir o acesso a todos os lugares da mina em subsolo, ou bastaria o bombeamento parcial, garantindo o acesso da equipe em locais sensíveis para coleta de dados/análises e adoção de eventuais medidas?

18) É possível recuperar as instalações de ventilação e iluminação necessárias para operações em subsolo?

19) Procede a suspeita que a MINA TRÊS da COOPERMINAS, adjacente à Mina Verdinho, não sofreu inundação até o presente porque suas águas escorriam para dentro dessa última, sendo drenada pelo seu sistema de bombeamento? Caso afirmativo, quais são os riscos ambientais e de segurança estrutural envolvidos nessa inundação tardia da MINA TRÊS?

20) Caso haja riscos descritos no item 18, quais medidas devem ser tomadas para evitá-los? Independentemente da possibilidade de acesso ao subsolo da Mina Verdinho, a adoção das melhores e mais seguras medidas para evitar os riscos indicados no item 18 seriam aquelas adotadas a partir do subsolo da Mina Verdinho, ou medidas tomadas a partir da superfície podem surtir os mesmos efeitos?

21) Após a inundação da Mina Verdinho, quando atingido o restabelecimento de um estado de equilíbrio dos níveis dos aquíferos, e considerando a atual comunicação direta através das galerias entre as extremidades norte e Sul da Mina, haverá possibilidade de surgência de águas subterrâneas pelas aberturas da Mina (como por falhas e fraturas abertas e/ou eventuais furos de sondagem não tamponados)?

22) Considerando o perfil 4 e as figuras 2 e 3 do Relatório Técnico Conjunto nº 001/2016/IBAMA/DNPM/MMA, qual é a região em que há maior probabilidade de surgências de DAM após a inundação da mina Verdinho?

23) Qual a qualidade da água esperada para em caso de eventual futura surgência e sua alteração qualitativa ao longo do tempo?

24) Considerando não ter havido um fechamento correto da mina Verdinho, na hipótese de haver surgências, quais medidas são capazes de fazer cessar o dano de contaminação das águas freáticas e superficiais?

25) Caso houvessem sido feitos os procedimentos corretos de fechamento de mina, em especial o isolamento de setores, as chances de surgência de DAM na superfície ou contaminação de freático seriam eliminadas ou minimizadas?

26) Considerando a estratigrafia da região da extremidade sul da mina, é possível que, ao invés de surgências na superfície, haja contaminações do freático que escoem subsuperficialmente para os rios? Caso afirmativo, seria possível identificar, considerando o solo e subsolo da região, a origem da DAM? Seria possível tamponar, corrigir ou tratar essa drenagem ácida?

27) Na hipótese do item 25, e considerando haver setores minerados com recuperação de pilares, quantos piezômetros seriam necessários para registrar as possíveis contaminações? O monitoramento de águas subterrâneas instalado já era suficiente para o acompanhamento do controle ambiental? São piezômetros multinível?

28) Se tomarmos como exemplo minas mais antigas, embora menores, a exemplo da Mina Santa Augusta (ICRD), que foram inundadas sem os procedimentos de fechamento de mina, há surgências de DAM conhecidas? Essas surgências são controláveis, sob o ponto de vista de não serem geradoras de poluição ambiental?

29) Considerando toda a área da mina, é possível tratar eventuais surgências de DAM? Como seriam identificadas contaminações não surgentes? Caso identificadas, é possível executar alguma remediação ou cessação neste caso?

30) O depósito de rejeitos grossos da Mina do Verdinho encontra-se executado de forma a evitar o ingresso de águas meteóricas no seu interior?

31) O depósito de rejeitos grossos da Mina do Verdinho contribui para a contaminação das águas do freático? Quais seriam as ações possíveis para evitar tais contaminações de forma definitiva?

32) O que indica a sequência de dados de monitoramento de qualidade de águas freáticas no entorno do depósito de rejeitos?

33) É possível cessar totalmente a geração de DAM superficial e subterrânea na área da mina, depósitos, bacias e beneficiamento? Quais medidas são necessárias para promover a cessação da contaminação?

34) Considerando a incerteza quanto à manutenção do revestimento do depósito, devido à circunstancial ausência de um responsável em condições de fazê-lo, qual seriam as especificações de recuperação ambiental mais seguras para seu fechamento?

35) Na hipótese de não ser possível cessar totalmente a contaminação, qual medida deve ser tomada para o tratamento das águas? É possível e recomendável reativar a estação de tratamento de DAM e a wetland pré-existentes?

36) A área do wetland foi, durante algum tempo, parte fundamental do sistema de tratamento da empresa. Hoje o sistema aparenta estar inoperante. Quais seriam as medidas de remediação necessárias para tal sítio?

37) Identifique, em lista detalhada, os possíveis equipamentos presentes em subsolo, indicando a probabilidade de risco ambiental associado à sua permanência em tal local.

38) Indique se é possível a remoção dos equipamentos.

39) Faça uma correlação entre os riscos ambientais da remoção dos equipamentos que estão em subsolo e os riscos envolvidos em sua retirada, independentemente da questão do custo econômico das operações.

40) Indique ocorrência e volume de cada tipo de óleo em subsolo, incluindo a possibilidade de existência de bifenilas policloradas. Indique se foram seguidas as normas e procedimentos para a limpeza dos transformadores e demais equipamentos.

41) Em decorrência de atos de depredação, houve abertura irregular e sem cuidados de alguns transformadores da mina na superfície, com vazamento de óleo no solo? Há contaminação nesse sentido? Quais ações para remediação ou cessação da poluição?

42) A estrutura do beneficiamento e outras edificações estão presentes na área? Quais alternativas para desmobilização, assim como o fechamento do poço, plano, ventilação e suspiro que possa haver?

43) Do ponto de vista ambiental, qual é a melhor escolha entre as medidas a serem executadas para o correto fechamento da mina e a recuperação ambiental de todas as instalações?

44) Faça uma comparação de custos entre as alternativas de correto fechamento de mina em relação àquelas implicadas na hipótese de inundação da mina e solução de problemas posteriores.

45) Na hipótese de haver danos irreversíveis em decorrência do alagamento da mina, inclusive surgências de DAM, faça uma valoração econômica de danos ambientais conforme Motta (1998) para os cenários possíveis.

46) Faça uma valoração econômica dos danos ambientais já existentes, em razão da área degradada e da poluição gerada, na superfície da planta operacional da Mina Verdinho.

4. Outros quesitos[96]

• Identificar a área investigada, registrando sua localização geográfica.

• Identificar a empresa responsável pela atividade.

• A extração está de acordo com as condições estabelecidas nalicença ambiental?

• A extração está de acordo com as condições estabelecidas naautorização do DNPM (Departamento Nacional de ProduçãoMineral)?

• Descrever quais minerais são ou foram explorados.

• O empreendimento está localizado em APP/Reserva Legal?

Em caso positivo, avaliar se os impactos gerados estãocontemplados nas licenças, bem como se suas mitigações ecompensações estão ocorrendo devidamente.

• A intervenção, obra, empreendimento ou atividadeimpediram ou dificultaram a regeneração natural davegetação nativa? Justificar.

• A extração fora dos limites da licença ambiental causou ouestá causando degradação ambiental? De qual tipo? Épossível a recuperação da área?

• Relacionar os demais riscos e danos ambientais, diretos eindiretos, aos meios físico, biótico e antrópico, decorrentesda atividade em questão.

• Independentemente da exigência de estudos ou projetosmais aprofundados, qual(is) medida(s) emergencial(is)deverá(ão) ser adotada(s) para conter, ao menosparcialmente a degradação ambiental encontrada?

• No caso de a atividade estar regular no que diz respeito aos documentos necessários para tanto, o responsável pela extração deixou de recuperar a área explorada ou pesquisada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente?

Outras observações e recomendações pertinentes. *Documentos complementares para a análise técnica:*

• Licença ambiental;

• Autorização do DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral);

• Projetos de Recuperação de Área Degradada por Extração Minerária (PRADE-MI) ou documento correspondente.

Apêndice IV – A.4.3 – Fechamento de Mina, por Reinaldo Paulino Pimenta, MPMG

– A.4.4 – Gestão de Resíduos em Atividades Minerárias, por Reinaldo Paulino Pimenta, MPMG

Apêndice V – Contribuição técnica de Nivaldo Caetano da Cunha

Apêndice VI – Glossários de termos técnicos do MPF e outros[97]

96 Contribuições de Luciano Loubet, coordenador do GT CNMP de Valoração do Dano Ambiental.

97 Agradecimentos a Joyce Cruz di Giovanni, pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) pela elaboração do glossário para este Subgrupo Mineração de Valoração do Dano Ambiental do CNMP.

ANEXOS:

I – Termo de Cooperação Técnica Procuradoria Geral da República/MPF, Ministério das Minas e Energia/MME e Agência Nacional de Mineração/ANM.

II – Documentos Complementares ao caso Juruti Velho/PA

- Documento 1
- Documento 2
- Documento 3
- Documento 4
- Documento 5
- Documento 6
- Documento 7

III – Carta Compromisso do Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) perante a Sociedade

IV – Nota Técnica do GT – Mineração da 4ª Câmara de Coordenação e Revisão do Ministério Público Federal

Valoração econômica do dano ambiental em inquérito civil público, Romana Coêlho de Araujo, Brasília: Escola Superior do Ministério Público da União, 2011, 200p.

Valoração De Serviços e Danos Ambientais do MPMG.

Nota Técnica – Valoração do Dano Ambiental do MPMS.

Manual de Atuação do Promotor de Justiça com sugestões de quesitos para perícia.

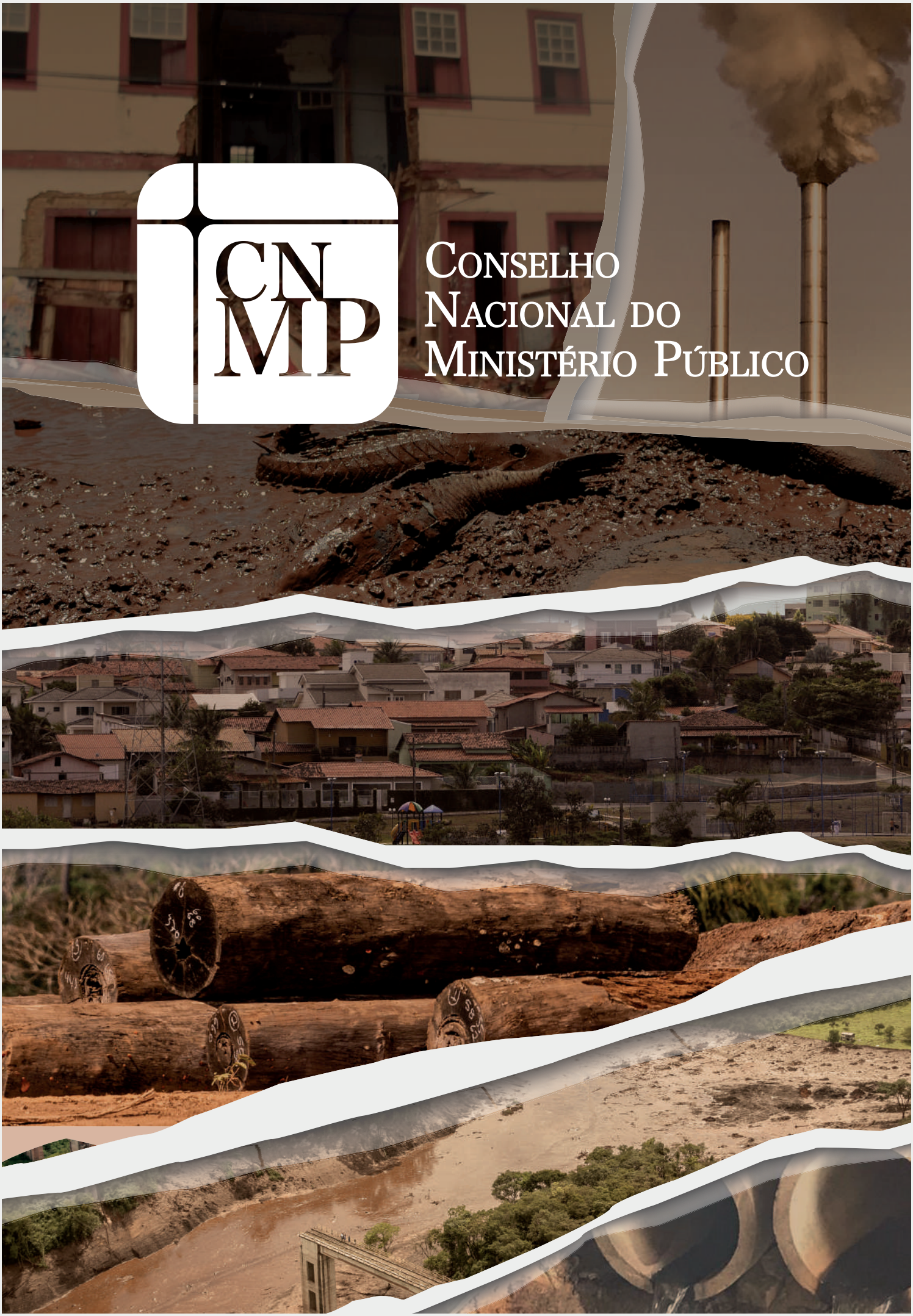
Levantamento de custos de recuperação de área degradada.

Valoração de danos em matéria de meio ambiente e patrimônio cultural Roteiros para vistoria expedita e perícia multidisciplinar em procedimentos do Ministério Público Federal.

Quesitos para perícia em Mineração do MPGO.

Guia Prático de Perídias Ambientais do MPMG.

Guia Técnico para Atuação do Ministério Público no Licenciamento Ambiental de atividades de Mineração.


CN
MP
Conselho
Nacional do
Ministério Público