MPMS | Ministério Público
MATO GROSSO DO SUL

Nota Técnica MPMS

Valoração de Dano Ambiental

VOLUME III

Núcleo Ambiental • Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente, da Habitação e Urbanismo e do Patrimônio Histórico e Cultural (CAOMA)

Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul (MPMS)
Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente, da Habitação e Urbanismo, e do Patrimônio Histórico e Cultural (CAOMA)
Núcleo Ambiental
Departamento Especial de Apoio às Atividades de Execução (DAEX)
Núcleo de Corpo Técnico do Meio Ambiente (CORTEC MA)
Núcleo de Geotecnologias (NUGEO)

NOTA TÉCNICA:
ORIENTAÇÕES PARA
VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL
EM PROCEDIMENTOS DO MINISTÉRIO PÚBLICO DE MATO GROSSO DO SUL

VOLUME III

DEZEMBRO DE 2021

Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul
Procuradoria-Geral de Justiça
Edifício Procurador de Justiça Fadel Tajher Iunes
Rua Pres. Manuel Ferraz de Campos Salles, 214
Jardim Veraneio – Campo Grande – MS
CEP 79.031-907
Telefone (67) 3318-2000
Portal: http://www.mpms.mp.br
E-mail: pgj@mpms.mp.br

Alexandre Magno Benites de Lacerda
Procurador-Geral de Justiça

Humberto de Matos Brittes
Procurador-Geral Adjunto de Justiça Jurídico

Nilza Gomes da Silva
Procuradora-Geral Adjunta de Justiça Administrativa

Paulo Roberto Gonçalves Ishikawa
Procurador-Geral Adjunto de Justiça Institucional

Silvio Cesar Maluf
Corregedor-Geral do Ministério Público

Renzo Siufi
Ouvidor do Ministério Público

Camila Augusta Calarge Doreto
Chefe de Gabinete do Procurador-Geral de Justiça

Bianka Karina Barros da Costa
Secretária-Geral do Ministério Público

NOTA TÉCNICA DE VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL – VOLUME III

SUPERVISÃO

Marigô Regina Bittar Bezerra
Procuradora de Justiça e Coordenadora do Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça do Meio Ambiente, da Habitação e Urbanismo e do Patrimônio Histórico e Cultural

COORDENAÇÃO

Luciano Furtado Loubet
Promotor de Justiça do Núcleo Ambiental

EQUIPE

Anderson Teodoro
Analista/Engenharia Ambiental

Farley Leles Froes Medeiros
Analista/Engenharia Agronômica
Chefe do Núcleo de Corpo Técnico do Meio Ambiente

Luciene Ramos do Canto
Técnica I

Marinês Honda
Analista/Biologia

Poliana Carolina Marquesini
Analista/Engenharia Florestal

Designação: Portaria nº 2178/2017-PGJ, de 5.7.2017

COLABORADORES

Ananda Rodrigues Oliveira
Chefe do Núcleo de Geotecnologias

Roni Berto Medina Espindola
Assessor em Ciências da Terra

Vítor Avila Barsotti
Analista/Geólogo

DIREÇÃO DE ARTE

Cynthia Silveira
Coordenadora da Assessoria de Comunicação

Flávio Sobreira Aquino
Chefe de Núcleo da Assessoria de Comunicação

REVISÃO ORTOGRÁFICA

Karl Frederick Alecksander Phillip de Figueiredo Rocha
Assessor Revisor

Thuliana Alves da Silveira
Assessora Revisora

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 5
A. O DANO AMBIENTAL E SUA REPARAÇÃO 6
A-1. DANO AMBIENTAL, POLUIÇÃO E DEGRADAÇÃO 6
A-2. DA ORDEM DE PREFERÊNCIA NA REPARAÇÃO DO DANO AMBIENTAL 7
A-2.1 Reparação *in situ* 7
A-2.2 Compensação ambiental 7
A-2.3 Indenização ambiental 8
A-2.4 Reparação do dano extrapatrimonial 9
A-2.5 Cumulação da reparação *in situ* e compensação ambiental/indenização ambiental 9
A-3. DA INDENIZAÇÃO DO DANO AMBIENTAL – COMPONENTE DA VALORAÇÃO 10
B. DA COLHEITA DE ELEMENTOS PARA EMBASAR A VALORAÇÃO DO DANO AMBIENTAL 12

1. VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL – SUPRESSÃO, ANELAMENTO, PODA E ENVENENAMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM ÁREAS URBANAS ..... ERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
1.1 APRESENTAÇÃO 15
1.2 METODOLOGIA – VALORAÇÃO MONETÁRIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS (VEA) 15
1.2.1 CUSTOS DE PLANTIO E MANUTENÇÃO 15
1.2.2 SERVIÇOS AMBIENTAIS (SA) 16
1.3 ESTUDO DE CASO 18
1.4 PLANILHA DE CÁLCULOS 19
1.4.1 ABA "CUSTO MÃO DE OBRA" 19
1.4.2 ABA "COTAÇÃO DO DÓLAR" 19
1.4.3 ABA "VEA" 19

2. VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL – QUEIMADA DE CANAVIALERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
2.1 APRESENTAÇÃO 21
2.2 METODOLOGIA – VALOR ECONÔMICO TOTAL DO DANO AMBIENTAL (VET) 21
2.2.1 CÁLCULO DO VALOR DE USO DIRETO (VUD) 21
2.2.2 CÁLCULO DO VALOR DE USO INDIRETO (VUI) 22
2.2.3 VALOR DE OPÇÃO (VO) E VALOR DE EXISTÊNCIA (VE) 23
2.2.4 DETERMINAÇÃO DO VALOR ECONÔMICO TOTAL DO DANO AMBIENTAL (VET) 23
2.3 ESTUDO DE CASO 23

3. VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL – ÁREAS CONTAMINADASERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
3.1 APRESENTAÇÃO 25
3.2 METODOLOGIA 26
3.2.1 MÉTODO DO CUSTO DE CONTROLE (MCC) 27
3.2.2 MÉTODO DO CUSTO DE REPOSIÇÃO (MCR) 28
3.3 ESTUDOS DE CASO 29

4. VALORAÇÃO DE DANO AMBIENTAL – PRECIFICAÇÃO DO CARBONOERRO! INDICADOR NÃO DEFINIDO.
4.1 APRESENTAÇÃO 32
4.2 METODOLOGIA 32
4.2.1 FITOFISIONOMIA 32
4.2.2 DIÓXIDO DE CARBONO EQUIVALENTE (CO_2EQ) 33
4.2.3 MERCADO DE CARBONO 33
4.2.4 SERVIÇOS AMBIENTAIS 34

4.3 ESTUDO DE CASO 34

REFERÊNCIAS 36

INTRODUÇÃO

A presente nota técnica, agora em seu 3º volume, tem por finalidade coletar informações sobre os conceitos jurídicos e técnicos a respeito da valoração do dano ambiental, bem como sugerir aos integrantes do Ministério Público do Estado de Mato Grosso do Sul (MPMS) e entidades conveniadas e parceiras métodos já reconhecidos e aplicados para a valoração de alguns tipos de danos mais comuns.

Não é um documento de conteúdo acadêmico e tem por finalidade apenas trazer os elementos essenciais para que membros e técnicos possam utilizar as metodologias já existentes e de maior aplicabilidade aos casos enfrentados no Estado.

É necessário registrar que não se objetivou aqui criar qualquer metodologia ou produzir doutrina sobre o tema, mas apenas buscar aquelas metodologias mais aplicáveis aos casos propostos e que sirvam de indicativo para a valoração do dano, complementando tais métodos com sugestões para que o cálculo abarque todas as facetas da indenização ambiental já aceitas pela jurisprudência, inclusive, do Superior Tribunal de Justiça (STJ), devendo sempre se ter em mente a necessidade de constante evolução das metodologias existentes.

A importância da valoração ambiental reside no fato de oferecer um valor de referência para quantificar monetariamente os impactos ambientais. Os métodos utilizados têm como escopo estimar valores econômicos para os recursos naturais, possibilitando, assim, uma avaliação mais real e abrangente do tipo de dano ambiental.

Existem, no Brasil e no mundo, diversos métodos de valoração, criados para mensurar bens e serviços ambientais, cada qual com suas peculiaridades, porém nem sempre atendem todos os casos de dano ambiental.

A escolha dos métodos de valoração a serem utilizados pelo MPMS fundou-se na análise de outros métodos, listados abaixo, utilizando-se, *a priori*, os casos mais comuns de danos ambientais ocorridos em Mato Grosso do Sul.

Não há uma norma que determine qual(is) deve(m) ser o(s) método(s) de valoração de dano ambiental a se aplicar no Brasil.

Além disto, "*não se pode olvidar a assertiva de Santana (2002)[,] que ressalta que existem diversos métodos que sugerem distintas perspectivas para 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*" (MAGLIANO, 2013, p. 38)[1].

Assim, a presente nota técnica aponta alguns dos métodos que, na avaliação dos seus elaboradores, melhor se aplicam às situações específicas propostas, levando-se em conta, também, os casos mais comuns identificados no âmbito de Mato Grosso do Sul.

A despeito de não existir regra jurídica que estabeleça método ou critério da valoração de dano ambiental, é possível a utilização, como referência, da NBR 14653, elaborada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Conforme aponta Luciano Furtado Loubet (2014, p. 60), a despeito de as normas técnicas não serem normas jurídicas de conteúdo obrigatório, revelam uma presunção de legitimidade em razão do amplo consenso técnico-científico em sua adoção[2].

A NBR 14653, em sua parte 6, que trata de avaliação de bens – recursos naturais e ambientais – no item 8.2.4, afirma que não é possível estabelecer, *a priori*, a prevalência de um método de valoração dos danos ambientais em relação ao outro. Contudo, apresenta alguns conceitos e referências, estabelecendo que o valor econômico do recurso ambiental (VERA) é igual ao valor de uso (VU), mais o valor de existência (VE) → VERA = VU + VE.

---

[1] MAGLIANO, M. M. **Valoração econômica em laudos periciais de crimes contra o meio ambiente**. 2013. 115 p. Dissertação (Mestrado em Perícias Criminais Ambientais) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

[2] LOUBET, L. F. **Licenciamento ambiental** – A obrigatoriedade da adoção das Melhores Técnicas Disponíveis (MTD). Belo Horizonte: Del Rey, 2014.

Ou, ainda, o VERA pode ser entendido como o valor de uso direto (VUD), mais o valor de uso indireto (VUI), mais o valor de opção (VO), acrescido do valor de existência (VE) → VERA = (VUD + VUI + VO) + VE.

Observa-se que os métodos diretos utilizam mercados de bens e serviços substitutos ou complementares ou mercados hipotéticos para medir as variações de bem-estar, enquanto os indiretos valoram os benefícios ambientais usando os custos evitados, as mudanças na qualidade ambiental, entre outros.

Ao discorrer sobre os métodos elegidos para cada tipo de dano a ser valorado, será perceptível que atendam a ABNT-NBR 14653-6:2008, em especial quanto aos componentes de valor comercial dos bens (8.5.1), custos de reposição (8.6.1.1), custos de relocalização (8.6.1.2), e também em relação aos métodos de bens substitutos (8.6.1), quando os preços de mercado podem ser adotados com base nos bens substitutos para o produto ou o recurso natural (crédito de carbono, serviços ambientais, entre outros).

Neste 3º volume da Nota Técnica do MPMS, foram utilizados métodos de valoração de dano ambiental em relação a:

1) supressão, anelamento, poda e envenenamento de espécies arbóreas em áreas urbanas;

2) queimadas de canavial;

3) áreas contaminadas; e

4) precificação do carbono.

A. O dano ambiental e sua reparação

A-1. Dano ambiental, poluição e degradação

O nosso ordenamento jurídico não dispõe expressamente sobre o conceito de dano ambiental. Contudo, o artigo 3º, II e III, da Lei nº 6.983/81 dispõe sobre os conceitos de degradação e poluição, nos seguintes termos:

> *Art. 3º Para os fins previstos nesta Lei, entende-se por:*
> *(...)*
> *II – degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente;*
> *III – poluição, 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 estabelecidos; (...).*

Já o dano ambiental pode "*ser definido 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*."[3]

Nestes termos, uma vez ocorrido o dano ambiental, impõe-se a sua reparação, a qual pode ser dividida conforme exposto no item posterior.

[3] LEITE, J. R. M. **Dano ambiental**: do individual ao coletivo extrapatrimonial. São Paulo: RT, 2000, p. 100.

A-2. Da ordem de preferência na reparação do dano ambiental

Confirmada a responsabilidade civil 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, a impossibilidade de se quantificar o preço da vida, e, sobretudo, que a responsabilidade ambiental deve ter um sentido pedagógico tanto para o poluidor como para a própria sociedade, de forma que todos possam aprender a respeitar o meio ambiente[4].

A-2.1 Reparação *in situ*

É a atividade voltada justamente para reabilitação dos bens naturais da área que foi originalmente degradada. A isso dá-se o nome de recuperação *in situ* (no local). É a forma ideal e completa de reparação.

A recuperação *in natura,* feita mediante a imposição de obrigações de fazer, buscará a recuperação da capacidade funcional do ambiente degradado, devendo assegurar a possibilidade de autorregulação e autorregeneração do bem afetado, por meio da reconstituição de ecossistemas e *habitats* comprometidos e que estavam em desequilíbrio ecológico devido à lesão[5].

Para José de Sousa Cunhal Sendim (1998, p. 178), pode-se considerar o dano como ressarcido *in integrum* quando o bem juridicamente tutelado pela norma esteja novamente assegurado (ex.: quando a água volte a ser salubre, quando o ar tenha a qualidade adequada, quando a paisagem deixe de estar comprometida ou quando o equilíbrio ecológico esteja restabelecido)[6].

A recuperação *in natura,* segundo Lúcia Gomis Catalá (1998, p. 249)[7], deve ser a opção quando esta se afigurar, do ponto de vista ecológico, como a melhor. Diferentemente dos danos pessoais ou patrimoniais, os danos ambientais não podem ser dirigidos unicamente a partir de uma visão econômica, e, por conseguinte, a compensação monetária será sempre subsidiária em relação à reparação *in natura.*

A recuperação ambiental nada mais é, portanto, que a restituição do meio ao estado anterior, ou seja, visa reconstituir a situação que existiria se o fato não se tivesse verificado.

Por fim, apenas para efeitos elucidativos, deve-se levar em conta que a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que cria o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), define "restauração" como a "*restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original*" e "recuperação" como a "*restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original*".

A-2.2 Compensação ambiental

---

[4] STEIGLEDER, A. M. **Responsabilidade civil ambiental.** As dimensões do dano ambiental no direito brasileiro. 2. ed. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2011, p. 211.

[5] **Revista de Ciências Jurídicas**, UEM, v. 6 n. 2, jul./dez. 2008. Disponível em: http://eduem.uem.br/ojs/index.php/RevCiencJurid/article/viewFile/10941/5900. Acesso em: 29 mar. 2017.

[6] SENDIM, J. de S. C. **Responsabilidade civil por danos ecológicos**: da reparação do dano através da restauração natural. Coimbra: Coimbra, 1998.

[7] CATALÁ, L. G. **Responsabilidad por daños al medio ambiente**. Elcano (Navarro): Arazandi, 1998.

A compensação deve ser a opção quando a reparação *in natura* for impossível ou desproporcional e a satisfação do interesse ecológico precise de novas soluções que, ao menos, impeçam a ausência total de reparação.

Ela é uma forma de restauração natural do dano ambiental voltada para uma área diferente da degradada, mas com a maior proximidade possível de equivalência ecológica. O seu objetivo não é a restauração ou reabilitação dos bens naturais afetados, mas sim a substituição por bens equivalentes, de modo que o patrimônio natural na sua integralidade permaneça quantitativa e qualitativamente inalterado.

Fernando Reverendo Vidal Akaoui (*apud* STEIGLEDER, 2004, p. 249)[8] esclarece que "*a compensação por equivalente nada mais é do que a transformação do valor que deveria ser depositado no fundo de reparação dos interesses difusos lesados em obrigação de coisa(s) certa(s) ou incerta(s), que, efetivamente[,] contribua na manutenção do equilíbrio ecológico*". Para esse autor, a possibilidade de converter a indenização dos danos irreversíveis em medidas compensatórias, consistentes em obrigações de dar e de fazer, encontra fundamento no artigo 83 do Código de Defesa do Consumidor (CDC), segundo o qual, "*Para a defesa dos direitos e interesses protegidos por este código[,] são admissíveis todas as espécies de ações capazes de propiciar sua adequada e efetiva tutela*". O valor do dano ambiental reputado irreversível deve ser apurado para que haja uma correlação entre o dano e o valor da obrigação de dar coisa certa.

A compensação apresenta evidentes vantagens em relação à indenização e por isto deve ser buscada como prioridade, uma vez que ocasiona a conservação do meio ambiente e permite que a sociedade possa usufruir do bem ambiental.

A-2.3 Indenização ambiental

Já a indenização ambiental, como aponta a obra Responsabilidade Civil Ambiental, de Annelise Monteiro Steigleder (2004, p. 255), "*será medida claramente subsidiária, cabível apenas quando o dano aos bens ambientais for irreversível e não for possível a compensação ecológica na forma prevista pelo artigo 84, § 1º, do CDC*".

Portanto, a indenização ambiental somente deverá prevalecer em caso de impossibilidade de reparação do dano ou da compensação.

Contudo, sempre que não seja possível a "restauração" integral, deverá haver uma parte do componente a ser indenizado, uma vez que o ambiente não voltará a seu estado anterior, ainda que volte a uma condição de não degradado.

Para tanto, parte-se da premissa de que o dano material deverá partir do valor que seria gasto em caso de reintegração natural do dano, incluindo todas as despesas oriundas de estudos prévios necessários, caso possível.

É evidente a dificuldade de a economia quantificar adequadamente a degradação ambiental, uma vez que os bens ambientais são, em geral, insuscetíveis de valoração, dada sua natureza intrínseca.

Inexiste dúvida de que a avaliação desse dano sempre estará sujeita aos obstáculos inerentes à complexidade do dano ecológico e requer uma avaliação técnico-científica interdisciplinar, capaz de identificar todos os impactos para o ecossistema. Se

[8] STEIGLEDER, A. M. **Responsabilidade civil ambiental**: as dimensões do dano ambiental no Direito Brasileiro. Porto Alegre: Livraria do Advogado, 2004.

esta avaliação for parcial – e geralmente é, pela falta de um olhar interdisciplinar sobre o dano –, a posterior quantificação econômica também o será e, diferentemente do que ocorre na restauração *in situ*, na compensação ecológica, não haverá qualquer benefício imediato para a comunidade com o pagamento da indenização (STEIGLEDER, 2004, p. 257).

Além disto, há também que se indenizar o dano ocasionado pelo período de tempo em que aquele ambiente não prestará serviços ambientais, pois, conforme aponta José Roberto Marques (2011, p. 9), *"o degradador deverá indenizar por essa* depreciação*, estimando-se um período em que a situação (tentativa de composição) vai persistir, considerando-se até que haja completo restabelecimento"* (grifo do autor)[9].

Ainda a respeito da indenização ambiental, o artigo 19 da Lei nº 9.605/1998 determina que, sempre que possível, seja fixado o montante do prejuízo causado, ou seja, deve ser calculado o montante do dano ambiental ocorrido. Por outro lado, no artigo 20 da mesma lei, há a obrigação de que na sentença o juiz fixe o valor do dano.

A-2.4 Reparação do dano extrapatrimonial

A reparação do dano extrapatrimonial, por sua vez, compreende os danos morais coletivos e danos sociais, consistentes na perda pública representada pela não fruição do bem de uso comum do povo, bem como o dano ao valor intrínseco do ambiente, que tem conteúdo ético e diz respeito ao valor de existência do bem material.

Ademais, entende Steigleder (2004, p. 263) "*que o valor apurado como dano extrapatrimonial ao ambiente (dano social, dano moral coletivo e dano ao valor intrínseco do ambiente) poderá ser convertido em compensação ecológica por equivalente, medida que, como já exposto, é mais vantajosa ao ambiente do que a destinação da indenização ao Fundo de Reparação de Bens Lesados*".

A-2.5 Cumulação da reparação *in situ* e compensação ambiental/indenização ambiental

Conforme é cediço, verificada a amplitude e a força da responsabilidade civil pelo dano ambiental, necessário se faz indagar a aplicação do princípio da recuperação integral desse dano.

Neste diapasão, inequívoco afirmar a possibilidade da **cumulação** da reparação *in situ* com a compensação ou indenização ambiental, em especial, quando comprovado que a recomposição não conseguirá ser total ou nos casos em que, ainda que o seja, haja perda de serviços ambientais decorrentes do período de tempo que será necessário para que o bem ambiental seja recomposto.

Corroborando este entendimento, Álvaro Luiz Valery Mirra (2016), no artigo Responsabilidade Civil Ambiental e a Reparação Integral do Dano[10], afirma que:

> A reparação integral do dano ao meio ambiente abrange não apenas o dano causado ao bem ou recurso ambiental imediatamente atingido, como também "toda a extensão dos danos produzidos em consequência do fato danoso à qualidade

[9] MARQUES, J. R. Reparação do dano ambiental: necessidade de adequação do dimensionamento do pedido formulado em Ação Civil Pública. **MPMG Jurídico** – Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais – Edição Especial Meio Ambiente. A Valoração de Serviços e Danos Ambientais, Belo Horizonte, p. 8-9, 2011.

[10] MIRRA, Á. L. V. **Responsabilidade Civil Ambiental e a Reparação Integral do Dano**. Disponível em: http://www.conjur.com.br/2016-out-29/ambiente-juridico-responsabilidade-civil-ambiental-reparacao-integral-dano. Acesso em: 30 mar. 2017.

> ambiental" [CUSTÓDIO, 2015], incluindo: a) os efeitos ecológicos e ambientais da agressão inicial a um determinado bem ambiental que estiverem no mesmo encadeamento causal (como, por exemplo, a destruição de espécimes, *habitats* e ecossistemas inter-relacionados com o meio imediatamente afetado; a contribuição da degradação causada ao aquecimento global); b) as perdas de qualidade ambiental havidas no interregno entre a ocorrência do dano e a efetiva recomposição do meio degradado; c) os danos ambientais futuros que se apresentarem como certos; d) os danos irreversíveis causados à qualidade ambiental, que de alguma forma devem ser compensados; e) os danos morais coletivos resultantes da agressão a determinado bem ambiental.

O próprio STJ, em expressivo julgado da lavra do Ministro Herman Benjamin, foi ainda mais longe, decidindo que a reparação integral do dano ambiental compreende, igualmente, a restituição ao patrimônio público do proveito econômico do agente com a atividade ou empreendimento degradador, a mais-valia ecológica que o empreendedor indevidamente auferiu com o exercício da atividade degradadora (por exemplo, a madeira ou o minério retirados, ao arrepio da lei, do imóvel degradado ou, ainda, o benefício com o uso ilícito da área para fim agrossilvopastoril, turístico ou comercial)[11].

Corroborando tal entendimento, segue pertinente ementa:

> AMBIENTAL. DESMATAMENTO. CUMULAÇÃO DE OBRIGAÇÃO DE FAZER (REPARAÇÃO DA ÁREA DEGRADADA) E DE PAGAR QUANTIA CERTA (INDENIZAÇÃO). POSSIBILIDADE. INTERPRETAÇÃO DA NORMA AMBIENTAL. 1. Cuidam os autos de Ação Civil Pública proposta com o fito de obter responsabilização por danos ambientais causados pelo desmatamento de área de mata nativa. A instância ordinária considerou provado o dano ambiental e condenou o degradador a repará-lo; porém, julgou improcedente o pedido indenizatório. 2. 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. Precedentes da Primeira e Segunda Turmas do STJ. 3. A restauração *in natura* nem sempre é suficiente para reverter ou recompor integralmente, no terreno da responsabilidade civil, o dano ambiental causado, daí não exaurir o universo dos deveres associados aos princípios do poluidor-pagador e da reparação *in integrum*. 4. A reparação ambiental deve ser feita da forma mais completa possível, de modo que a condenação a recuperar a área lesionada não exclui o dever de indenizar, sobretudo pelo dano que permanece entre a sua ocorrência e o pleno restabelecimento do meio ambiente afetado (= *dano interino ou intermediário*), bem como pelo *dano moral coletivo* e pelo *dano residual* (= degradação ambiental que subsiste, não obstante todos os esforços de restauração). 5. 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. 6. Recurso Especial parcialmente provido para reconhecer a possibilidade, em tese, de cumulação de indenização pecuniária com as obrigações de fazer voltadas à recomposição *in natura* do bem lesado, com a devolução dos autos ao Tribunal de origem para que verifique se, na hipótese, há dano indenizável e para fixar eventual *quantum debeatur*. (STJ – Resp nº 1.180.078/MG; Rel: Ministro Herman Benjamin; j. 2.12.2010, DJe: 28.2.2012 – grifos do original)

A-3. Da indenização do dano ambiental – componente da valoração

Não há, no direito brasileiro, uma norma que aponte quais verbas exatamente deverão compor a indenização do dano ambiental.

[11] STJ – 2ª T. – REsp nº 1.145.083/MG – j. 27.9.2011, DJe: 4.9.2012 – rel. min. Herman Benjamin. Disponível em: https://ww2.stj.jus.br/processo/revista/documento/mediado/?componente=ITA&sequencial=975073&num_registro=200901152629&data=20120904&formato=PDF. Acesso em: 30 mar. 2017.

Em outros ordenamentos, há tal previsão, conforme aponta Cristina Godoy de Araújo Freitas (2011, p. 11)[12], ao citar:

> A Diretiva 2004/35, de 21 de abril de 2004, relativa à responsabilidade ambiental em termos de prevenção e reparação de danos ambientais, do Parlamento Europeu e do Conselho da União Européia, especialmente em seu Anexo II (que trata da reparação dos danos ambientais causados à água, às espécies e *habitats* naturais protegidos) estabelece o conceito de "reparação compensatória", justamente em relação aos danos interinos:
> "a) Reparação 'primária', qualquer medida de reparação que restitui os recursos naturais e/ou serviços danificados ao estado inicial, ou os aproxima desse estado;
> b) Reparação 'complementar', qualquer medida de reparação tomada em relação aos recursos naturais e/ou serviços para compensar pelo facto de a reparação primária não resultar no pleno restabelecimento dos recursos naturais e/ou serviços danificados;
> c) Reparação 'compensatória', qualquer acção destinada a compensar perdas transitórias de recursos naturais e/ou de serviços verificadas a partir da data de ocorrência dos danos até a reparação primária ter atingido plenamente os seus efeitos;
> d) 'Perdas transitórias': perdas resultantes do facto de os recursos naturais e/ou serviços danificados não poderem realizar as suas funções ecológicas ou prestar serviços a outros recursos naturais ou ao público enquanto as medidas primárias ou complementares não tiverem produzido efeitos. Não consiste numa compensação financeira para os membros do público."

Há algumas referências que poderão ser utilizadas, tais como o Decreto Federal nº 4.339/2002, que estabelece que "*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 ecológico, genético, social, econômico, científico, educacional, cultural, recreativo e estético*."

Ainda que não seja uma norma impositiva, há também a existência da NBR 14653, que traz vários elementos para embasar os estudos de valoração de dano ambiental. Contudo, a maior referência para estabelecer composição da parcela indenizatória dos danos ambientais foi muito bem estabelecida no acórdão do Recurso Especial nº 1.198.727-MG (2010/0111349-9), do STJ, de lavra do Ministro Herman Benjamim, julgado em 14 de agosto de 2012, cuja ementa parcial traz os seguintes elementos:

> 6. Se o bem ambiental lesado for imediata e completamente restaurado ao *status quo ante* (*reductio ad pristinum statum*, isto é, restabelecimento à condição original), não há falar, ordinariamente, em indenização. Contudo, a possibilidade técnica, no futuro (= prestação jurisdicional prospectiva), de restauração *in natura* nem sempre se mostra suficiente para reverter ou recompor integralmente, no terreno da responsabilidade civil, as várias dimensões do dano ambiental causado; por isso não exaure os deveres associados aos princípios do poluidor-pagador e da reparação *in integrum*.
> 7. A recusa de aplicação ou aplicação parcial dos princípios do poluidor-pagador e da reparação *in integrum* arrisca projetar, moral e socialmente, a nociva impressão de que o ilícito ambiental compensa. Daí a resposta administrativa e judicial não passar de aceitável e gerenciável "risco ou custo do negócio", acarretando o enfraquecimento do caráter dissuasório da proteção legal, verdadeiro estímulo para que outros, inspirados no exemplo de impunidade de fato, mesmo que não de direito, do infrator premiado, imitem ou repitam seu comportamento deletério.
> 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.

[12] FREITAS, C. G. de A. Valoração do Dano Ambiental: algumas premissas. **MPMG Jurídico** – Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais – Edição especial Meio Ambiente. A Valoração de Serviços e Danos Ambientais, Belo Horizonte, p. 10-17, 2011.

> 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, p. ex., 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 (p. ex., madeira ou minério retirados irregularmente da área degradada ou benefício com seu uso espúrio para fim agrossilvopastoril, turístico, comercial). (grifos do original).

Portanto, tendo-se em vista que nenhum dano ambiental é passível de reparação imediata, sendo evidente que há necessidade de tempo para a recomposição do dano (quando possível) e, no mais das vezes, o bem nunca retorna a seu estado anterior, retiram-se do julgado os seguintes itens a se considerar:

- *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[13] *ou* dano extrapatrimonial;
- e, por fim, a necessidade de *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*.

Portanto, qualquer método de valoração do dano ambiental, para que atenda o mínimo razoável para sua fixação – devendo-se deixar claro que muito dificilmente será possível valorar todas as facetas do ambiente afetado –, deverá pautar-se pelos pontos acima mencionados.

B. Da colheita de elementos para embasar a valoração do dano ambiental

Para que seja possível a valoração dos danos ambientais, é essencial que haja, por parte de cada membro do Ministério Público, a colheita do maior número de elementos possível visando a instrução da perícia.

Nestes termos, Annelise Monteiro Steigleder (2011, p. 29)[14] sugere o seguinte:

> *Dessa forma, o promotor de Justiça, no contexto do inquérito civil, deve, ainda que necessite de apoio técnico, nortear a perícia de dimensionamento do dano ambiental, formulando quesitos claros e objetivos, com vistas a apurar:*
> *a) a identificação da substância causadora do dano (suas características, volume, quantidade);*

[13] Sobre o dano moral coletivo, veja-se o julgado do STJ (Recurso Especial nº 791.653-RS), de lavra do Ministro José Delgado, que confirmou acórdão do Tribunal de Justiça do Rio Grande do Sul em razão de dano decorrente de poluição sonora, no montante de R$ 7.000,00, à época.

[14] STEIGLEDER, A. M. Valoração de Danos Ambientais Irreversíveis. **MPMG Jurídico** – Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais – Edição Especial Meio Ambiente. A Valoração de Serviços e Danos Ambientais, Belo Horizonte, p. 24-30, 2011.

b) a duração da liberação/derramamento/deposição;
c) a data e a localização do dano, com descrição das condições de tempo, da extensão geográfica do dano;
d) a identificação da gravidade do dano, descrevendo 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 identificação do estado anterior do ambiente lesado, examinando as áreas contíguas, analisando-se inventários, etc[.];
i) a identificação dos custos públicos que o órgão ambiental teve para minimizar os danos;
j) a identificação dos impactos na sociedade (atividades agrícolas, comércio, recreação, pesca, turismo, uso público de praias, parques, etc.).

Assim, essencial que haja atos visando buscar informações em quantidade e de qualidade para que os peritos possam desenvolver o seu trabalho.

Importante salientar por fim que, mesmo com o levantamento do maior número de informações possíveis para valoração do dano ambiental, o valor da indenização ainda será mínimo, haja vista a existência de diversos outros fatores de difícil valoração.

Destarte, o artigo 35 da Resolução nº 15/2007-PGJ, de 27 de novembro de 2007, dispõe que o órgão de execução não ficará adstrito ao exato valor estabelecido em laudo ou parecer técnico que fixe o montante de eventual indenização. Se o compromisso de ajustamento estabelecer valor inferior ao que constar no laudo ou parecer técnico, deverá o órgão de execução justificar as razões da redução, com base nos critérios da razoabilidade, proporcionalidade e capacidade financeira do investigado.

SUPRESSÃO, ANELAMENTO, PODA E ENVENENAMENTO DE ESPÉCIES ARBÓREAS EM ÁREAS URBANAS

1

VALORAÇÃO DE **DANO** AMBIENTAL

1.1 Apresentação

O presente trabalho apresenta a metodologia de valoração monetária de espécies arbóreas (VEA), utilizando critérios de agrupamento das árvores de acordo com o porte e o estádio de desenvolvimento, disponibilizando parâmetros genéricos para a composição civil de dano ambiental envolvendo supressão, anelamento, poda e envenenamento de espécies arbóreas em áreas urbanas.

1.2 Metodologia – Valoração Monetária de Espécies Arbóreas (VEA)

A metodologia VEA é utilizada pelo Ministério Público do Estado de Mato Grosso (MPMT) e pelo Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG), tendo por base:

a. custos individuais de plantio e manutenção do desenvolvimento das espécies arbóreas;

b. valor dos serviços ambientais.

Sendo assim, para compor o valor final de cada árvore, são considerados o valor médio das mudas de espécies para a arborização urbana, o valor da mão de obra para o plantio e a manutenção, os insumos, os materiais e os serviços ambientais.

Os valores das mudas foram obtidos a partir de cotações em viveiros da região do Estado de Mato Grosso; os insumos e materiais (fertilizantes e estruturas de proteção) foram cotados em mercado local, em março de 2016[15], pelo MPMT[16], o custo da mão de obra baseou-se no valor do salário mínimo, acrescido de encargos sociais, e os serviços ambientais foram valorados em pecúnia a partir de trabalhos do MPMG[17].

1.2.1 Custos de Plantio e Manutenção

a. Mudas

Valores de mercado das mudas de espécies arbóreas frequentemente utilizadas na arborização e no paisagismo urbano – de acordo com os dados, o preço médio das mudas com altura acima de 1,5 m é de R$ 30,35[18].

b. Covas

O plantio da muda envolve a confecção de cova adequada, com dimensões de 0,60 m x 0,60 m x 0,60 m. Considera-se a abertura de 16 covas ao dia por homem[19]; o custo por cova é de R$ 4,85.

c. Adubação

Por cova aberta, aplicam-se 400 g de calcário, 600 g superfosfato simples, 20 litros de esterco de curral curtido e 100 g de sulfato de amônio (cobertura). Nos primeiros dois anos, aplicam-se, ao ano, 150 g de sulfato de amônio e 200 g de NPK fórmula 20-5-20, gerando um custo de adubação e insumos de R$ 4,64 por planta.

d. Estrutura de proteção da muda

---

[15] Nesta nota técnica, os valores foram atualizados de março de 2016 a 31 de janeiro de 2021 pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA). Disponível em: https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice. Acesso em: 20 fev. 2021.

[16] MATO GROSSO. Ministério Público Estadual. **Valoração do dano ambiental** – casos aplicados ao estado de Mato Grosso. Cuiabá: MPMT, 2016.

[17] MINAS GERAIS. Ministério Público Estadual. **Orientação técnica de parâmetros genéricos para composição civil de dano ambiental envolvendo supressão, anelamento, poda e envenenamento de espécies arbóreas em logradouros públicos ou em propriedades privadas alheias em áreas urbanas**. Belo Horizonte: Centro de Apoio Técnico (CEAT), 2009.

[18] Os valores das mudas e da estrutura de proteção da muda foram atualizados pelo IPCA de março de 2016 a 31 de janeiro de 2021.

[19] Os valores relativos a cova, adubação e tratos culturais foram calculados utilizando como referência o valor do salário mínimo de R$ 1.100,00, acrescidos de encargos sociais, em fevereiro de 2021.

Após a finalização do plantio da muda, deve-se instalar uma estrutura de proteção, normalmente constituída de um gradil metálico triangular, cujo custo é de R$ 18,21 por planta (valor atualizado pelo IPCA de março de 2016 a 31 de janeiro de 2021).

e. Tratos culturais

Para estabelecimento efetivo da planta, é necessário adotar práticas de cultura e manejo das plantas, entre os quais se destacam a capina no entorno, o tutoramento das plantas e o controle de formigas.

e.1 A capina custava, à época da averiguação, R$ 77,75 por homem ao dia, considerando o tratamento em 40 plantas por dia, durante quatro dias nos dois primeiros anos; assim, chega-se ao valor de R$ 15,52/planta.

e.2 As atividades de tutoramento ou de adubação possuíam o valor de R$ 77,75 por homem ao dia, período no qual se efetivava o tratamento em 80 plantas. Realizava-se o tratamento durante quatro dias nos dois primeiros anos, logo custava R$ 7,76/planta.

e.3 O combate às formigas, cujo custo de mão de obra era de R$ 77,75 por homem ao dia, considerando que 200 plantas podem ser tratadas por dia e que o controle é realizado em média por 48 dias ao ano, nos dois anos iniciais, tinha como custo R$ 36,48/planta.

Somando-se os custos da mão de obra desses três tratamentos culturais, chega-se ao valor de R$ 59,76/planta.

1.2.2 Serviços Ambientais (SA)

Os benefícios advindos da arborização urbana estão diretamente relacionados aos serviços ambientais realizados pelas árvores, tais como: amenização da poluição atmosférica, sonora e hídrica; conforto microclimático; regularização hídrica; estabilidade do solo; controle da redução da biodiversidade; controle biológico, composição paisagística etc.

Desta forma, o valor em pecúnia dos serviços ambientais prestado por cada árvore danificada será obtido a partir da seguinte fórmula[20]:

SA = FAmb x (APC x f) x h x t

A seguir são detalhadas cada uma das variáveis:

FAmb = funções ambientais.

Este componente foi baseado em trabalhos de valorização monetária das funções ambientais do ecossistema Mata Atlântica[21] expostos na tabela abaixo.

Serviço	US$/m²/ano-¹	Referência
Regulação do clima	0,0223	Constanza *et al.* 1997
Regulação da perturbação	0,0005	Constanza *et al.* 1997
Regulação das águas	0,0006	Constanza *et al.* 1997
Suprimento de água	0,1610	Oliveira *et al.* 1995
Controle de erosão	0,0245	Constanza *et al.* 1997
Reciclagem de nutrientes	0,0922	Constanza *et al.* 1997
Controle biológico	0,0021	Santos *et al*. 2000

[20] MINAS GERAIS. Ministério Público Estadual. **Orientação técnica de parâmetros genéricos para composição civil de dano ambiental envolvendo supressão, anelamento, poda e envenenamento de espécies arbóreas em logradouros públicos ou em propriedades privadas alheias em áreas urbanas**. Belo Horizonte: Centro de Apoio Técnico (CEAT), 2009.

[21] IBAMA. PEIXOTO, S. L. (coord.). **Modelo de valoração econômica de impactos em unidades de conservação (UCs)**. 2002. Trabalho apresentado no VIII Encontro Nacional de Chefes de UCs e III Congresso Brasileiro de UCs, em Fortaleza/CE, 2002.

Recreação	0,0112	Constanza *et al.* 1997
Cultural	0,0002	Constanza *et al.* 1997
TOTAL	0,31 (R$ 1,67/m²/ano-¹)*	

Fonte: adaptado de PEIXOTO (2002).
*O valor do dólar deve ser atualizado na planilha, possibilitando o ajuste automático nas equações. Em 20.2.2021, foi atualizado (US$ 1,00 = R$ 5,38). Disponível em: https://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/. Acesso em: 20 fev. 2021.

Apesar de as funções ambientais de um ecossistema dependerem das interligações existentes entre as diversas espécies da comunidade biótica, considera-se que cada espécie arbórea, individualmente, dentro de um espaço urbano, também realiza as funções apresentadas acima, portanto, devem receber o mesmo valor monetário, então:

FAmb = R$ 1,66 $m^2.ano^{-1}$

APC = área de projeção da copa (m^2).

As árvores são classificadas de acordo com o seu potencial de crescimento[22], característico de cada espécie, em:

De pequeno porte: até 5 m de altura;
De médio porte: maior que 5 m e com até 10 m de altura; e
De grande porte: maior que 10 m de altura.

Adotou-se o formato arredondado para as projeções das copas das árvores com a finalidade de cálculo da área, portanto:

APC = $\eth r^2$, em que **r** = raio da copa (m).

Porte		
Pequeno	Médio	Grande
2,5 m	4 m	5 m

Fonte: COPEL (200-?)

f = corresponde ao fator de correção da APC.

As espécies arbóreas, durante o ciclo de crescimento, passam por diferentes estádios de desenvolvimento (altura real = H), dos quais consideram-se três níveis:

Porte	Inicial	Intermediário	Avançado
Pequeno	H ≤ 3 m	3 < H ≤ 4 m	4 m < H
Médio	H ≤ 4 m	4 < H ≤ 6 m	6 m < H
Grande	H ≤ 5 m	5 < H ≤ 10 m	10 m < H

A dimensão das copas das árvores varia em função do estádio de desenvolvimento. Diante disso, aplica-se um fator de correção visando uma aproximação da dimensão real da copa da espécie avaliada, apresentado na tabela abaixo:

Estádio de Desenvolvimento (H)		
Inicial	Intermediário	Avançado
0,3	0,6	1

[22] SÃO PAULO. Prefeitura Municipal Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Manual Técnico de Arborização Urbana**. 2. ed. São Paulo: [*S. n.*], 2005.

Fator de correção (f) relacionado a H.

h = índice de altura.

De acordo com o porte e o estádio de desenvolvimento (H) da espécie avaliada, adotam-se os seguintes índices de altura em metros (h):

Porte	Inicial	Intermediário	Avançado
Pequeno	3	4	5
Médio	4	5	8
Grande	5	8	11

***t* =** tempo de estabelecimento (ano).

O tempo de estabelecimento é o período necessário, após o plantio da muda, para que uma árvore tenha condições de desenvolvimento independentemente de ações humanas. Considera-se um período de quatro anos para o estabelecimento da planta.

Logo, a VEA pode ser expressa da seguinte maneira:

VEA = custos de implantação/condução[23] + SA[24]

1.3 Estudo de Caso

Caso 1: supressão de *Astronium graviolens* (guaritá ou guaritá-do-cerrado), com altura de 12 m e em estádio de desenvolvimento avançado.

VEA = R$ 4.308,22

1	**VEA**	
2		
3	Nome científico	*Astronium graviolens*
4	Altura real	12
5	Porte	grande
6	Estádio de desenvolvimento	avançado
7		
8	1 CUSTOS PLANTIO/MANUTENÇÃO	
9	a) Muda	R$ 30,35
10	b) Cova	R$ 4,86
11	c) Adubação	R$ 4,64
12	d) Gradil	R$ 18,21
13	e) Tratos culturais	R$ 60,64
14	Subtotal 1	R$ 118,70
15		
16	2 SERVIÇOS AMBIENTAIS	
17	a) Famb	R$ 1,67
18	b) APC	78,5
19	c) r	5
20	d) f	1
21	e) h	8
22	f) t	4
23	Subtotal 2	R$ 4.189,51
24		
25	**Valor total**	**R$ 4.308,22**

[23] Atualizando o salário mínimo (aba "custo mão de obra"), a planilha ajusta automaticamente os valores de cova, adubação e tratos culturais.

[24] Quando inseridas as informações nas células B2 (aba "cotação do dólar"), B3, B4 e B6 (aba "EVA") da planilha, os componentes dos serviços ambientais são ajustados automaticamente.

Caso 2: supressão de *Melanoxylon brauna* (baraúna ou quebracho), com altura de 12 m e em estádio de desenvolvimento avançado.

Observação: esta espécie é protegida pela Resolução Semade nº 9, de 13.5.2015, alterada pela Resolução Semade nº 679, de 9.9.2019[25]; no art. 52, § 4º, determina-se o plantio de 10 mudas para cada exemplar que sofreu supressão[26].

VEA = R$ 4.308,22 x 10 = R$ 43.082,20

1.4 Planilha de Cálculos

Há uma planilha[27] complementar a esta nota técnica, com cinco guias/abas, denominadas: "VEA", "custo mão de obra", "nome científico", "nome comum" e "cotação do dólar", elaborada originalmente pelo MPMG, em arquivo digital, com o objetivo de facilitar os cálculos apresentados na metodologia.

Seguem as orientações para preenchimento das cinco células, para obter a valoração monetária do dano de um exemplar arbóreo.

1.4.1 Aba "Custo mão de obra"

Atualizar o valor do salário mínimo mensal na **célula B24** (o programa faz automaticamente as demais alterações devidas).

1.4.2 Aba "Cotação do dólar"

Atualizar a cotação do dólar, em real, **na célula B2** (o programa faz automaticamente as demais alterações devidas).

1.4.3 Aba "VEA"

a. Clicar na aba "nome científico", copiar o nome que corresponde à espécie relatada nos autos do procedimento administrativo e colar na **célula B3** da aba "VEA" (observação: para relacionar o nome científico da espécie arbórea com um nome popular, consultar a aba "nome comum");

b. Digitar a altura da espécie arbórea na **célula B4**;

c. Digitar o estádio de desenvolvimento da árvore na célula **B6** (inicial, intermediário ou avançado).

O valor final, em reais, aparecerá na célula B25.

---

[25] MATO GROSSO DO SUL. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e do Desenvolvimento Econômico (Semade). **Resolução Semade nº 9**, de 13 de maio de 2015. Estabelece normas e procedimentos para o licenciamento ambiental estadual. Disponível em: https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/11/Res-Semade-09-2015-compilada.pdf. Acesso em: 21 fev. 2021.

[26] É necessária uma maior quantidade de mudas para cada exemplar danificado por a espécie estar ameaçada de extinção.

[27] Os servidores e membros do MPMS que necessitem da planilha devem solicitá-la ao Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Meio Ambiente, da Habitação e Urbanismo e do Patrimônio Histórico e Cultural (Caoma), pelo *e-mail* caoma@mpms.mp.br.

QUEIMADA DE CANAVIAL

2

VALORAÇÃO DE **DANO** AMBIENTAL

2.1 Apresentação

O trabalho busca estimar o valor dos danos ambientais decorrentes da queimada de uma determinada área de plantação de cana-de-açúcar realizada sem autorização do órgão ambiental competente.

A valoração baseia-se no valor da palha queimada devido à adoção de tecnologia de colheita da cana agressiva ao meio ambiente, no valor dos créditos de carbono necessários para a neutralização da emissão de gases de efeito estufa (GEE) decorrentes da queimada e no valor dos serviços ambientais que seriam prestados pela palha da cana, objeto da queima. Esta metodologia é uma adequação da utilizada por Oliveira (2013)[28].

Na esfera legal, a queima da cana é considerada agressão ao meio ambiente e, desse modo, os responsáveis por queimadas em suas propriedades devem ser compelidos a reparar os danos provocados, sendo necessário determinar o valor da indenização pecuniária pelo dano ao ambiente.

2.2 Metodologia – Valor Econômico Total do Dano Ambiental (VET)

O valor econômico total do dano decorrente da queima da palha de uma área de cana-de-açúcar pode ser estimado a partir da relação:

$$VET = (VUD + VUI + VO) + VE$$

Em que:

VET = valor total do dano ambiental;
VUD = valor de uso direto;
VUI = valor de uso indireto;
VO = valor de opção;
VE = valor de existência.

2.2.1 Cálculo do Valor de Uso Direto (VUD)

- Valor da palha queimada (Vpq)

O cálculo do valor de uso direto será determinado pelo valor da palha queimada. Para tanto, será utilizada uma produtividade de 75 t/ha de cana-de-açúcar[29], conforme dados da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) relativos à safra 2019/2020 em Mato Grosso do Sul. Em pesquisa junto às usinas de álcool e açúcar do Estado de Mato Grosso do Sul, para o ano de 2020 obteve-se o custo mínimo de produção da cana-de-açúcar no valor de R$ 2.080,00 por hectare (considerando cana-soca e somente custos de tratos culturais e insumos). Estudos de Paula *et al.*[30] concluíram que o percentual de palha produzida por hectare em uma plantação de cana-de-açúcar equivale a 12,76% da produtividade, ou seja, 9,57 t/ha de material queimado, com custo de produção de R$ 27,73 por tonelada. Portanto, temos o valor da palha queimada, sendo a quantidade de palha produzida (t/ha) multiplicada por seu custo (R$/t).

Vpq = (75,0 t/ha x 12,76/100) x R$ 27,73/t;
Vpq = 9,57 t/ha x R$ 27,73/t;
Vpq = R$ 265,38/ha

[28] OLIVEIRA, C. M. de; DINIZ, P. S.; SOARES, A. F. S. (ed). **Valoração econômica de danos ambientais**: Coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais. Belo Horizonte: CEAT, 2020. p. 106-110.

[29] COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. v. 6 – Safra 2019/20 – n. 1 – Primeiro levantamento, maio de 2019. Brasília, 2019. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar. Acesso em: 4 ago. 2020.

[30] PAULA, M. de; PEREIRA, F. A. R.; ARIAS, E. R. A.; SCHEEREN, B. R.; SOUZA, C. C. de; MATA, D. S. da. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 633-640, maio/jun., 2010.

2.2.2 Cálculo do Valor de Uso Indireto (VUI)

- Perda dos serviços ambientais (Psa)

Os serviços ambientais são aqueles que o meio ambiente desempenha naturalmente e que resultam em benefícios para os seres humanos. Estes incluem serviços: de provisão, tais como produção de alimentos, fibras, madeira e água potável; de regulação entre ocorrência de períodos de chuva e seca; de suporte, tais como formação do solo, ciclagem de nutrientes; e culturais, como os recreativos, espirituais, religiosos e outros benefícios não materiais. Este é o conceito mais aceito na literatura[31].

Costanza *et al.* (1997, *apud* GOMES; DANTAS NETO; SILVA, 2018, p. 15) em seu artigo "*The value of the world's ecosystem services and natural capital*", evidencia pela primeira vez a estimativa do valor econômico de vários serviços ecossistêmicos em diversos biomas do mundo, definindo-os como "os benefícios que as sociedades obtêm, direta ou indiretamente, das funções dos ecossistemas"[32]. Romacheli (2011)[33], em seu trabalho "*Quanto vale o cerrado goiano? Uma proposta de valoração econômica para a fitofisionomia do cerrado típico*", destacou a similaridade entre o bioma Cerrado e a Savana apresentada por Costanza *et al*. (1997, *apud* ROMACHELI; SPÍNOLA, 2011, p. 7). Partindo dessa premissa, entende-se que a palha da cana, objeto da queima, presta importantes serviços ambientais na medida em que promove o controle de erosão, contribui para a formação e a composição do solo e na regulação de gás e da água de forma equivalente aos serviços de regulação prestados pelo bioma "Cerrado".

SERVIÇO DE REGULAÇÃO PRESTADO PELO BIOMA CERRADO	VALOR ESTIMADO DO BENEFÍCIO GERADO (US$/hapor ano)
Regulação de gás	7
Regulaçao da água	3
Controle da erosão	29
Formação do solo	1
Depuração de resíduos	87
~~Polinização~~	~~25~~
~~Controle biológico~~	~~23~~
Produção alimentar	67
~~Recreação~~	~~2~~
TOTAL	**232**

Excluindo-se os serviços prestados relativos a polinização, controle biológico, e recreação, aplicáveis ao Cerrado, mas não à palha da cana, verifica-se que o valor estimado do benefício da cobertura morta da palha da cana é da ordem de US$ 194,00/ha ao ano (OLIVEIRA, 2013[34]).

- Emissão de GEE

A atmosfera é composta por gases e vários deles interferem nas radiações (tanto as emitidas pelo Sol quanto as irradiadas pela Terra) – alguns fazem isso diretamente, por meio da absorção ou reflexão, como o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O); já outros, indiretamente, como os hidrofluorcarbonos (HFCs), que destroem o ozônio, permitindo a passagem de ondas solares como os raios ultravioleta. Essa

[31] EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviços Ambientais. Perguntas e Respostas. *In*: **Espaço Temático**. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-servicos-ambientais/perguntas-e-respostas. Acesso em: 5 out. 2020.

[32] GOMES, A. S.; DANTAS NETO, J.; SILVA, V. F. Serviços ecossistêmicos: conceitos e classificação. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p.12-23, 2018.

[33] ROMACHELI, R. A; SPÍNOLA, C. M. **Quanto vale o cerrado goiano? Uma proposta de valoração econômica para a fitofisionomia do cerrado típico.** II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, nov. 2011. Disponível em: http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/VI-007.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

[34] OLIVEIRA, C. M. de; DINIZ, P. S.; SOARES, A. F. S. (ed). **Valoração econômica de danos ambientais**: Coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais. Belo Horizonte: CEAT, 2020. p. 106-110.

absorção ou reflexão pelos gases é chamada de “efeito estufa” e atua na manutenção do clima em nosso planeta, evitando temperaturas extremas (YU, 2004)[35].

Durante a queima da palha de cana-de-açúcar, é emitida grande quantidade de gases na atmosfera, principalmente de gás carbônico (CO_2), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), óxido nitroso (N_2O), óxidos de nitrogênio (NO_x) conhecidos também como GEE, além de fumaça e fuligem, produzindo significativos efeitos negativos na qualidade do ar.

Paula *et al.* (2010)[36] concluíram, em seu trabalho “*Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar*”, que, durante o processo de queima da palha da cana, são emitidos na atmosfera 13,53 t ha^{-1} CO_2eq.

Para valorar o dano decorrente da emissão de GEE, a fórmula utilizará de créditos de carbonos necessários para neutralização total da emissão de CO_2eq produzidos na queimada. Para efeitos de cálculos monetários, utilizaremos o valor estabelecido no âmbito do Fundo Amazônia, que toma como base o valor de referência **US$5,00/t$CO_2$**, adotado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDS) conforme descrito na Nota Técnica nº 2093/2018-MMA[37].

Portanto o valor pela emissão de GEE (VGEE), será de **US$ 67,65/ha** (13,53 tC/ha x US$ 5,00/tC) de área queimada.

2.2.3 Valor de Opção (VO) e Valor de Existência (VE)

O VO e o VE, normalmente, são determinados pela análise de contingência, ou seja, pela disposição do indivíduo para pagar pela conservação ou não uso do recurso. Neste trabalho essas parcelas não foram determinadas.

2.2.4 Determinação do Valor Econômico Total do Dano Ambiental (VET)

A substituição das parcelas determinadas acima na relação principal do cálculo do valor total do dano ambiental conduz a:

VET = VUD + VUI

*Cotação do dólar[38] - US$1,00 = R$ 5,03

VET = R$ 265,38/ha + R$ 5,03 (US$ 194,00/ha + US$ 67.65/ha)
VET= R$ 1.581,48/ha

2.3 Estudo de Caso

Realizar-se-á a valoração econômica dos danos ambientais decorrentes da queimada ocorrida sem autorização do órgão ambiental competente, em uma área de canavial correspondente a 290 ha de plantação de cana.

Sabendo que a área total da queimada em plantação de cana-de-açúcar foi de 290 ha, o valor econômico total do dano decorrente da queima da palha da cana-de-açúcar será de:

$VET_{(total)}$= R$ 1.581,48/ha x 290ha
$VET_{(total)}$= R$ 458.629,20 (cotação do dólar em 16/6/2021)

---

[35] YU, C.M. **Seqüestro florestal de carbono no Brasil**: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. São Paulo: Annablume IEB, 2004. 280p.

[36] PAULA, M. de; PEREIRA, F. A. R.; ARIAS, E. R. A.; SCHEEREN, B. R.; SOUZA, C. C. de; MATA, D. S. da. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 633-640, maio/jun., 2010.

[37] BRASIL. Presidência da República. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudança do Clima e Florestas. Departamento de Florestas e de Combate ao Desmatamento. Coordenação-Geral de Combate a Desmatamento, Degradação Florestal e Queimadas. **Nota Técnica nº 2093/2018-MMA**, de 22 de outubro de 2018. Disponível em http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/ctfa/Nota_Tecnica_11a_2018.pdf. Acesso em: 16 jun. 2021.

[38] Disponível em https://www.melhorcambio.com/dolar-hoje. Acesso em: 16 jun. 2021.

ÁREAS CONTAMINADAS

3

VALORAÇÃO DE**DANO** AMBIENTAL

3.1 Apresentação

O conceito de contaminação está definido na Resolução Conama nº 420/2009[39] (art. 6º, inc. V) como a presença de substâncias químicas no ar, na água ou no solo, provenientes de atividades antrópicas e capazes de restringir a utilização desses recursos ambientais para seu uso presente ou futuro. Vale lembrar que a concentração dessas substâncias químicas deve ser definida com base em avaliação de risco à saúde humana e aos bens a proteger, em cenário de exposição padronizado ou específico.

De acordo com o Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), áreas contaminadas são locais ou terrenos onde ocorreu a introdução de quaisquer substâncias ou resíduos, depositados, acumulados, armazenados, enterrados ou infiltrados de forma planejada, acidental ou até mesmo natural. Os contaminantes podem ser transportados e propagados pelo ar, pelo solo e pelas águas subterrâneas e superficiais, alterando suas características naturais com impactos negativos na própria área ou em seus arredores.

O art. 23 da Resolução Conama nº 420/2009 aponta que, para o gerenciamento de áreas contaminadas, o órgão ambiental competente deverá instituir procedimentos e ações de investigação e de gestão, de maneira a contemplar as seguintes etapas:

I - identificação: etapa em que serão identificadas áreas suspeitas de contaminação com base em avaliação preliminar e, para aquelas em que houver indícios de contaminação, deve ser realizada uma investigação confirmatória, às expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes;

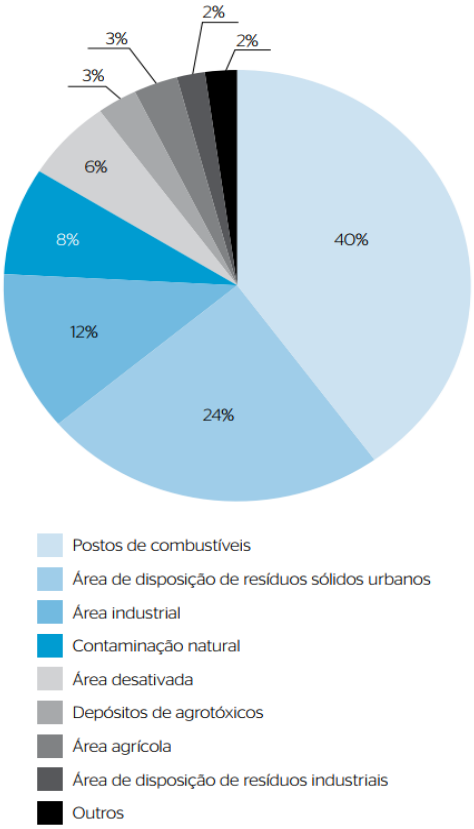
II - diagnóstico: etapa que inclui a investigação detalhada e a avaliação de risco, às expensas do responsável, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes, com objetivo de subsidiar a etapa de intervenção, após a investigação confirmatória que tenha identificado substâncias químicas em concentrações acima do valor de investigação;

III - intervenção: etapa de execução de ações de controle para a eliminação do perigo ou redução, a níveis toleráveis, dos riscos identificados na etapa de diagnóstico, bem como o monitoramento da eficácia das ações executadas, considerando o uso atual e futuro da área, segundo as normas técnicas ou procedimentos vigentes.

Conforme os dados do Sistema de Informação de Vigilância em Saúde de Populações Expostas a Solo Contaminado (Sissolo), do Ministério da Saúde, presentes no trabalho desenvolvido por Ferreira *et. al.* (2020), mais da metade (64%) das áreas contaminadas no Brasil são oriundas de derramamento de combustíveis e áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos (Figura 1).

[39] BRASIL. Presidência da República. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama). **Resolução Conama nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=601. Brasília: MMA, 2009. Acesso em: 15 abr. 2021.

Figura 1. Distribuição da origem da contaminação de áreas no Brasil.



Recuperar áreas contaminadas consiste em adotar medidas corretivas em áreas de interesse visando readequá-las para uso compatível com as metas estabelecidas após intervenção. A remediação de áreas contaminadas é alcançada por meio da aplicação de um conjunto de técnicas para remoção ou contenção dos contaminantes presentes, de modo a assegurar uma utilização segura para a área. Mesmo com a aplicação das mais variadas técnicas no gerenciamento de áreas contaminadas, não é possível garantir a recuperação e condição ambiental anterior à contaminação, pois as medidas exigidas são fundamentadas em análise de risco aceitável para o uso que se pretende.

Em um cenário otimista, mesmo que se promova a remoção ou a eliminação de toda a massa de contaminantes do solo e da água subterrânea, a reparação integral do dano ambiental não será alcançada. Restará, ainda, o dano intercorrente, relacionado ao tempo em que tais locais permaneceram contaminados. Esta contaminação duradoura reflete em perda ou redução das funções e dos serviços ecossistêmicos, enquanto não for realizada a remediação.

É oportuno ressaltar que, em diversos casos, mesmo com a intervenção realizada no local, a fim de remediar o cenário presente, ainda restará um passivo ambiental devido à presença de contaminantes remanescentes no solo ou na água subterrânea. Dessa maneira, a aplicação de metodologias capazes de estimar o valor do dano ambiental causado em áreas contaminadas, contemplando o dano intercorrente, é de grande valia na busca por reparação integral ou condição mais próxima desta.

3.2 Metodologia

Foi realizada ampla pesquisa bibliográfica para escolha de metodologia de valoração de danos ambientas para áreas contaminadas. O foco da busca foi por metodologias que pudessem ser aplicadas e/ou adaptadas para a elaboração de relatórios

de vistoria técnica no âmbito do MPMS. Diversas metodologias foram encontradas, desde as mais simples até casos bem abrangentes, com elevada complexidade para aplicação. De todo o material consultado, a metodologia de valoração de danos ambientais para áreas contaminadas utilizada pelo Ministério Público do Rio de Janeiro (MPRJ) foi a que mais se ajustou às necessidades presentes. Dessa maneira, a metodologia descrita nesta nota técnica foi baseada no documento intitulado Informação Técnica nº 420/2020 do MPRJ, sobre metodologia de análise e valoração do dano ambiental.

Para a estimativa do valor do dano ambiental em áreas contaminadas, serão utilizados o método do custo de controle (MCC) ou o método do custo de reposição (MCR), de acordo com cada caso analisado. O MCC estima os custos de controle em que os usuários incorreriam para evitar a variação de um serviço ambiental, ou seja, o quanto se deveria investir para que o recurso ambiental se mantivesse inalterado em termos de qualidade e quantidade. Como exemplo, poderíamos citar o quanto uma prefeitura deveria investir no controle dos resíduos sólidos gerados (coleta e disposição final adequada) para evitar a degradação do solo e de águas subterrâneas. O MCR consiste em estimar o custo de restaurar e restabelecer a um nível o mais próximo possível da qualidade ou da quantidade do recurso inicialmente existente, antes da degradação.

3.2.1 Método do Custo de Controle (MCC)

O MCC apresenta uma aproximação do valor de uso direto do recurso natural, sem considerar os valores de opção e existência. Os valores utilizados no método podem ser estimados por preços de mercado. Assim, são calculados os investimentos não realizados ou realizados tardiamente em sistemas de controle, contemplando o período desde o início do dano ambiental até a intervenção adequada na área contaminada. Os valores devem ser corrigidos até o término do dano por um índice que represente o custo de oportunidade pela privação dos serviços ambientais.

Nos casos em que não é possível determinar os valores de custo de controle para o ano de ocorrência do dano ambiental, realiza-se a estimativa de custos para os dias atuais e posterior deflação até a data em que o controle deveria ter sido efetivamente implantado. Por derradeiro, atualiza-se o valor presente com base em um índice que represente o custo de oportunidade (aplicação em caderneta de poupança). As equações do método são as seguintes:

Equação 1

$$VT = (VP + \sum VPM) * Fp$$

Em que:

VT = valor total do dano ambiental;
VP = valor presente dos custos de controle;
∑VPM = somatório do valor presente do custo de operação/manutenção da ação de controle ao longo do período em que a atividade poluidora permaneceu sem as medidas de controle mínimas para atendimento da legislação;
Fp = fator de participação municipal (relação entre o valor estimado do orçamento do município causador do dano ambiental e o orçamento estimado total dos municípios consorciados).

Conforme explicado anteriormente, o custo atual de implantação do sistema de controle deve ser deflacionado até a data de início de operação, de acordo com as variações do IPCA, e depois atualizado ao valor presente com base em um índice que represente o custo de oportunidade (aplicação em caderneta de poupança):

Equação 2

$$VP = \frac{VC}{(1+i)^t} * (1+m)^t$$

Em que:

VC = valor de construção do sistema de controle estimado para o ano mais atual;
$(1 + i)^t$ = fator de deflação com base no IPCA acumulado, a partir do ano em que se iniciou a atividade poluidora até o ano "t" de fim do dano ou data de análise;
$(1 + m)^t$ = índice de capitalização do custo de oportunidade para calcular o valor presente do custo de controle, com base em aplicação em caderneta de poupança.

Os custos de operação e manutenção do sistema de controle devem ser estimados em valores anuais e deflacionados para cada ano em que houve o dano ambiental, de acordo com as variações do IPCA, e depois atualizados ao valor presente com base em um índice que represente o custo de oportunidade (poupança), por meio da seguinte equação:

Equação 3

$$VPM_t = \frac{VM}{(1+i_{t-1})^{t-1}} * \ (1+i)^t$$

Em que:

VM = valor de manutenção e operação do sistema, estimado no ano mais atual;
$(1 + it\text{-}1)^{t-1}$ = fator de deflação com base no IPCA acumulado, a partir do ano em que se iniciou a atividade poluidora até o ano "t" de fim do dano ou data de análise;
$(1 + i)^t$ = índice de capitalização do custo de oportunidade para calcular o valor presente do custo de manutenção/operação, com base em poupança.

O MCC será aplicado, por exemplo, nos casos em que as prefeituras não implantaram aterros sanitários. Por outro lado, o MCR será aplicado, por exemplo, nos casos de derramamento de combustível no solo.

3.2.2 Método do Custo de Reposição (MCR)

O MCR consiste em estimar o custo de restaurar e restabelecer a um nível o mais próximo possível da qualidade ou da quantidade do recurso inicialmente existente, antes da degradação. Este método se concentra em gastos que possuem preços de mercados definidos, podendo ser utilizados como base da valoração do dano ambiental.

A estimativa do custo de reparação deve ser feita com base no custo de restauração da área por m² ou volume de solo removido/tratado em m^3, considerando todo o ciclo de recuperação plena da área contaminada. Por este método, é feita a estimativa de o quanto

seria necessário para restaurar os serviços ambientais o mais próximo da condição anterior à degradação. De maneira direta, o valor do dano ambiental corresponde ao produto do custo unitário de recuperação pelo total da área degradada ou volume degradado em análise, sendo o custo de recuperação deflacionado até a data de início do dano ambiental, de acordo com as variações do IPCA, e depois atualizado ao valor presente com base em um índice que represente o custo de oportunidade (poupança). A seguir a equação utilizada no MCR:

Equação 4

$$VT = \left(\frac{VR}{(1+i)^t} * (1+m)^t\right) * F_p$$

Em que:

VT = valor total do dano ambiental (R$);
VR = valor total de recuperação em função da área ou volume recuperado;
$(1 + i)^t$ = fator de deflação com base no IPCA acumulado, a partir do ano em que ocorreu o dano ambiental até o ano "t" de fim do dano ou data de análise;
$(1 + m)^t$ = índice de capitalização do custo de oportunidade para calcular o valor presente do custo de recuperação, com base em poupança;
F_p = fator de proteção [1,5 para dano ambiental ocorrido em área de reserva legal (RL) e 1,75 para dano ambiental ocorrido em área de preservação permanente (APP)].

3.3 Estudos de Caso

Caso 1. Determinada área é utilizada irregularmente para disposição inadequada de resíduos sólidos por uma prefeitura há 10 anos. Sabendo-se que o município em questão gera aproximadamente 100 toneladas de resíduos sólidos por dia e que sua participação no orçamento total dos municípios em uma possibilidade de solução consorciada é de 20%, deve ser estimado o valor do dano ambiental causado pela degradação da área.

Resolução: De acordo com as estimativas do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) para investimentos em aterro sanitário com 20 anos de vida útil, o custo de implementação para atender uma demanda de 100 toneladas por dia é de R$ 35.700.000,00 (trinta e cinco milhões e setecentos mil reais). Esse valor deve ser deflacionado para o ano de 2011 (faz 10 anos que ocorre a disposição irregular e inadequada). O custo de operação durante a vida útil do aterro (20 anos) é de R$ 92.000.000,00 (noventa e dois milhões). Observa-se que esses valores iniciais a serem utilizados nas equações são muito elevados, inviabilizando a aplicação do método. Além disso, essas estimativas são para implementação de aterro sanitário que atenda um único município.

De acordo com o estudo de indicadores de resíduos sólidos realizado pelo Tribunal de Contas do Estado de Mato Grosso do Sul (TCE/MS), a solução mais viável para a implementação de aterros sanitários é por meio de consórcios, atendendo vários municípios e diminuindo os custos. O estudo mostrou que o custo médio mensal para implementação e operação (soma de VP + VPM na equação 1 - MCC) de aterros sanitários que atendam uma demanda de 100 ton./dia é de R$ 200.000,00 (duzentos mil reais por mês).

De posse desse valor, é possível realizar a deflação do custo de implementação e operação do aterro para a data de início do dano ambiental e depois capitalizá-lo até a presente data, considerando a participação do município no orçamento total de municípios em uma possibilidade de solução consorciada de 20%. Dessa maneira, o valor estimado

para o dano ambiental do caso em tela é de R$ 4.995.349,00 (quatro milhões, novecentos e noventa e cinco mil, trezentos e quarenta e nove reais).

Caso 2. Há 2 (dois) anos, um caminhão transportando óleo diesel irregularmente, tomba e derrama parte do combustível, contaminando uma área de aproximadamente 100 m^2, com profundidade de 0,5 m, localizada na faixa de APP de um córrego. Deve ser estimado o valor do dano ambiental causado.

Resolução: Entre as diversas técnicas de remediação de áreas contaminadas, a remoção de solo, o coprocessamento e a biorremediação são as mais aplicadas. A remoção do solo contaminado é realizada por meio de escavação mecânica ou manual da área delimitada durante o procedimento de investigação, removendo o solo e contaminantes que representam riscos. Resumidamente, o coprocessamento é a técnica de queima de resíduos em fornos de cimento. A biorremediação é uma tecnologia que utiliza o metabolismo de microrganismos para eliminação ou redução de poluentes.

Estimativas apontam para um custo médio aproximado[40] (valor de recuperação) de R$ 1.717,00/m^3 (mil, setecentos e dezessete reais por metro cúbico) para remoção de solo contaminado e disposição final em aterro de resíduos perigosos (sem considerar tratamento e distância de transporte). Assim, aplicando-se a equação 4 (MCR), o valor estimado para o dano ambiental do caso em tela é de R$ 145.962,00 (cento e quarenta e cinco mil, novecentos e sessenta e dois reais).

[40] Valor médio determinado em consulta realizada nas empresas Oca Ambiental, MS Ambiental e Sol Ambiental, todas sediadas em Mato Grosso do Sul.

PRECIFICAÇÃO DO CARBONO

4

VALORAÇÃO DE**DANO** AMBIENTAL

4.1 Apresentação

O desmatamento provoca vários impactos ambientais negativos, como: degradação de *habitat*, perda da biodiversidade, erosão, modificação do clima, impactos sociais, entre outros.

O presente trabalho oferece orientações técnicas para valoração econômica da perda do estoque de carbono devido ao desmatamento no Estado de Mato Grosso do Sul, em complementação à valoração do dano ambiental causado por supressão de vegetação nativa, abordada no primeiro volume da Nota Técnica de Valoração de Dano Ambiental do MPMS[41].

O estoque de carbono emitido a partir do desmatamento contribui para o aquecimento global e, a fim de comparar as emissões de vários gases de efeito estufa (GEE), criou-se uma medida métrica baseada no potencial de aquecimento global de cada um. Tal medida foi definida a partir da Decisão 2 da 3ª Conferência das Partes (COP 3), e no artigo 5 revisado do Protocolo de Quioto, e denomina-se CO_2 equivalente (CO^2eq).

Os valores apresentados neste estudo são referentes ao monitoramento via sensoriamento remoto e trabalho *in loco* nos biomas do Estado de Mato Grosso do Sul, a partir do cruzamento dos dados disponíveis nos trabalhos técnicos, visando obter um valor monetário para a perda do estoque de carbono devido ao desmatamento (existem outros gases que contribuem. Outra questão relevante é que, para esta nota, foram considerados somente os valores de estoque de carbono por unidade de área (tC/ha) para desmatamento de vegetação nativa dos biomas Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica de Mato Grosso do Sul.

4.2 Metodologia

Neste estudo, para a precificação do carbono devido ao desmatamento, utilizamos os seguintes dados:

- Fitofisionomia do local do dano;
- Estimativa de emissões de GEE no Brasil;
- Estoque de carbono por unidade de área total (tC/ha) e dos diferentes reservatórios das fitofisionomias dos biomas de Mato Grosso do Sul;
- Quantificação de CO^2 de acordo com a base de dados de estimativa de emissões de GEE no Brasil 1970-2016;
- Valor monetário da comercialização do crédito de carbono no Brasil.

4.2.1 Fitofisionomia

Para identificação de cada fitofisionomia de Mato Grosso do Sul, foram utilizados os mapeamentos do Projeto GEOMS[42] e os dados de estoque de carbono por unidade de área total (tC/ha) e dos diferentes reservatórios (biomassa acima e abaixo do solo, madeira morta e serapilheira) das fitofisionomias dos biomas Cerrado, Pantanal e Mata Atlântica, que foram apresentados no estudo de estoque de carbono do relatório de Emissões no Setor, Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas publicados pelo Ministério da

[41] MATO GROSSO DO SUL. Ministério Público Estadual. Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente, da Habitação e do Urbanismo e do Patrimônio Histórico e Cultural. Nota Técnica de Valoração de Dano Ambiental. Vol. 1. Campo Grande: CAOMA-MPMS, 2018. Disponível em: https://www.mpms.mp.br/cao/cao-i/artigos. Acesso em: 12 abr. 2021.

[42] **GEOMS** – Sistema de Informação Georreferenciada coordenado pela Embrapa Informática Agropecuária (Campinas/SP), em parceria com o Imasul (Campo Grande), a Embrapa Gado de Corte (Campo Grande), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, São José dos Campos/SP), da Universidade Federal do Estado de Mato Grosso do Sul (UFMS – *campus* de Campo Grande) e a Fundação de Apoio à Pesquisa Agropecuária e Ambiental (Fundapam, Campo Grande) e financiado pelo Governo de Mato Grosso do Sul.

Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC, 2015). Segue abaixo a Tabela 1, contendo as fitofisionomias dos biomas do Município de Corumbá, dados extraídos do anexo.

Os mapeamentos do GEOMS foram disponibilizados ao MPMS pelo Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL).

Tabela 1. Fitofisionomia dos biomas do Município de Corumbá, do estudo de estoque de carbono do relatório de Emissões no Setor, Uso da Terra, Mudanças do Uso da Terra e Florestas publicados pelo MCTIC (2015), dados extraídos do anexo.

CÓDIGO	REGIÃO FITOECOLÓGICA, FORMAÇÃO OU SUBFORMAÇÃO (MUNICÍPIO DE CORUMBÁ)	ESTOQUE DE CARBONO (TC/HA)	
		PANTANAL	CERRADO
Tgf	Savana Estépica (chaco) - Gramíneo-Lenhosa (campo, campo limpo, campo sujo, caronal e campo alagado) - com floresta-de-galeria	5,27	-
Tgs	Savana Estépica (chaco) - Gramíneo-Lenhosa (Campo, Campo limpo, Campo sujo, Campina e Campo alagado) - sem floresta-de-galeria	5,27	5,27
Tpf	Savana Estépica (chaco) - Parque (Carandazal, Campina de Carandá) - com floresta-de-galeria	11,45	11,45
Tps	Savana Estépica (chaco) - Parque (Carandazal, Campina de Carandá) - sem floresta-de-galeria	11,45	11,45
Ta+Tg	Savana Estépica (chaco) - Gramíneo-Lenhosa (campo, campo limpo, campo sujo, caronal e campo alagado) - Arborizada + Gramíneo-Lenhosa	11,96	-
Tas	Savana Estépica (chaco) - Arborizada (chaco) - sem floresta-de-galeria	11,96	15,23
Tg+Ta	Savana Estépica (chaco) - Gramíneo-Lenhosa (campo, campo limpo, campo sujo, caronal e campo alagado) - Gramíneo-Lenhosa + Arborizada	11,96	15,23
Sgf	Savana (cerrado) - Gramíneo-Lenhosa (campo, campo limpo, campo sujo, caronal e campo alagado) - Com floresta-de-galeria	18,49	18,49
Sgs	Savana Gramíneo Lenhosa Sem floresta-de-galeria	18,49	18,49
Sps	Savana (cerrado) - Savana Parque - sem floresta-de-galeria	31,68	-
Sa+Sg	Savana (cerrado) - Arborizada + Gramíneo Lenhosa	55,92	39,92
Saf	Savana Arborizada com floresta-de-galeria (Saf)	55,92	-
Sas	Savana arborizada sem floresta-de-galeria (Sas)	55,92	39,92
Sg+Sa	Savana (cerrado) - Gramíneo Lenhosa + Arborizada	55,92	39,92
Pa	Formações Pioneiras - Vegetação com Influência Fluvial, e/ou Lacustre - arbórea (cambarazal), arbustiva (Espinheiral, Saranzeiro, Macega, Pateiral, Pimenteiral), herbácea (Pirizal, Caetezal, Brejo e Bacero)	81,6	-
TPt(T+Pa)	Áreas de Tensão Ecológica ou Contatos Florísticos - Ecótono - Savana Estépica/Formações Pioneiras (Chaco, Campo Sujo)	81,6	-
Vs.Td	Áreas Antrópicas - Vegetação Secundária - Vegetação Secundária de Savana Estépica Florestada	99,32	30,54
Ap.S	Áreas Antrópicas - Pecuária (Pastagem plantada) - Pastagem plantada na Região de Floresta Estacional Semidecidual Submontana	103,45	-
Sa+Sd	Savana (cerrado) - Arborizada + florestada	103,45	103,45
Sd	Savana Florestada (Sd)	103,45	-
Sd+Sa	Savana (cerrado) - Florestada + Arborizada	103,45	103,45
Sd+Sg	Savana (cerrado) - Gramíneo-Lenhosa (campo, campo limpo, campo sujo, caronal e campo alagado) - Florestada + Gramíneo Lenhosa	103,45	103,45
Sg+Sd	Savana (cerrado) - Gramíneo Lenhosa + Florestada	103,45	-
Ap.Cb	Áreas Antrópicas - Pecuária (Pastagem plantada) - Pastagem plantada na Região de Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas	105,11	-
Cb	Floresta Estacional Decidual - Terras Baixas (mata, mata seca)	105,11	105,11
TNc/(Td+Cb)	Áreas de Tensão Ecológica ou Contatos Florísticos - Encrave - Savana Estépica/Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas (Mata)	105,11	105,11
Vs.Cb	Áreas Antrópicas - Vegetação Secundária - Vegetação Secundária de Floresta Estacional Decidual de Terras Baixas	105,11	-
Ap.Fs	Áreas Antrópicas - Pecuária (Pastagem plantada) - Pastagem plantada na Região de Floresta Estacional Semi-decidual Submontana	123,05	-
Fs	Floresta Estacional Semidecidual - Submontana (mata)	123,05	-
Ap.Cs	Áreas Antrópicas - Pecuária (Pastagem plantada) - Pastagem plantada na Região de Floresta Estacional Decidual Submontana	127,83	127,83
Cs	Floresta Estacional Decidual - Submontana (mata, mata seca, mata calcária)	127,83	127,83
SNc/(Sd+Cs)	Áreas de Tensão Ecológica ou Contatos Florísticos - Encrave - Savana/Floresta Estacional Decidual Submontana (SNc/(Sd+Cs))	127,83	-
Vs.Cs	Áreas Antrópicas - Vegetação Secundária - Vegetação Secundária de Floresta Estacional Decidual de Submontana	127,83	127,82
Fa	Vegetação Ciliar Aluvial (Fa)	167,52	167,52
NPt(F+Pa)	Áreas de Tensão Ecológica ou Contatos Florísticos - Ecótono - Floresta Estacional Semi-decidual/Formações Pioneiras (Mata)	167,52	-

4.2.2 Dióxido de Carbono Equivalente (CO_2eq)

O conceito "dióxido de carbono equivalente" é utilizado para representar todos os GEE em uma única unidade de valor. Para o valor do CO_2, foi utilizada a base de dados de estimativa de emissões de GEE no Brasil 1970-2016, publicada pelo Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa, SEEG[43], em que **1 tonelada de carbono = 3,66 ton. de CO_2 equivalente.** Isso é decorrente da multiplicação das toneladas emitidas de GEE pelo seu potencial de aquecimento global.

4.2.3 Mercado de Carbono

[43] SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Download [de] Base de Dados**. Disponível em: http://seeg.eco.br/download. Acesso em: 12 abr. 2021.

O mercado de carbono surgiu a partir da criação da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança Climática (*United Nations Framework Convention on Climate Change*, UNFCCC, em inglês), durante a ECO-92, no Rio de Janeiro[44].

A *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD) em 2001 apresentou modelos que estimam o preço de equilíbrio do comércio de carbono, utilizando os instrumentos do Protocolo de Quioto (mecanismo de desenvolvimento limpo e quotas transferíveis) e curvas de custos de controle de cada país apontam um intervalo de preço entre US$ 3 e US$ 10 tC[45].

Nordhaus (2000) *apud* Jacoski *et al*. (2014) revê estudos que utilizam modelos mundiais de equilíbrio geral para estimar o custo de oportunidade da tonelada de carbono poupada e oferece uma estimativa plausível em torno de US$ 10,00 a US$ 15,00 (este valor pode variar, lembrando-se que o objetivo aqui é demonstrar o cálculo utilizando os métodos).

No Brasil, os créditos de carbono têm seus preços definidos no mercado secundário, ou seja, por meio de transações de compra e venda entre usuários. Esses preços são formados de forma independente e seguem regras de mercado. Desta forma, o valor de crédito pago representa um valor numérico relativo, pois depende da cotação do dia.

Para efeitos de cálculos monetários, utilizaremos o valor estabelecido no âmbito do Fundo Amazônia, que toma como base o valor de referência **US$5,00/t$CO_2$**, valor adotado pelo BNDES conforme descrito na Nota Técnica nº 2093/2018-MMA[46].

4.2.4 Serviços Ambientais

Os serviços ambientais, devido ao desmatamento, serão valorados ambientalmente utilizando a metodologia da supressão de vegetação nativa do primeiro volume da Nota Técnica de Valoração de Dano Ambiental do MPMS.

4.3 Estudo de Caso

Como exemplo, foram utilizados os valores do estoque de carbono por fitofisionomia apresentada no município de Corumbá (todos os municípios estão com os biomas e valores de estoque de carbono por fitofisionomia na planilha complementar a esta nota técnica).

Nesta situação hipotética, utilizaremos a área de desmatamento de 10 hectares para realizar a precificação em relação à fitofisionomia vegetal.

Conforme o cruzamento de dados da área desmatada com os valores de estoque de carbono por fitofisionomia, foi identificado que o desmate ocorreu em áreas de Savana arborizada sem floresta-de-galeria (**Sas**) e Savana (cerrado) - Arborizada + florestada (**Sa+Sd**), totalizando 882,4 toneladas de carbono emitido, conforme tabela abaixo.

---

[44] INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNICA (IPAM). O que é e como funciona o mercado de carbono? *In*: **Cartilhas**. Disponível em: https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/o-que-e-e-como-funciona-o-mercado-de-carbono/. Acesso em: 7 jun. 2021.

[45] UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). **Unctad Annual Report 2001**. Disponível em https://unctad.org/system/files/official-document/edm22_en.pdf. Acesso em: 7 jun. 2021

[46] BRASIL. Presidência da República. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudança do Clima e Florestas. Departamento de Florestas e de Combate ao Desmatamento. Coordenação-Geral de Combate a Desmatamento, Degradação Florestal e Queimadas. Nota Técnica nº 2093/2018-MMA, de 22 de outubro de 2018. Disponível em http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/ctfa/Nota_Tecnica_11a_2018.pdf. Acesso em: 16 jun. 2021.

Tabela 2. Fitofisionomia e emissão de carbono por área desmatada.

FITOFISIONOMIA	ESTOQUE (TC/HA)	ÁREA DO DESMATE (HA)	EMISSÃO (TC)
Sas	55,92	3,2	178,94
Sa+Sd	103,45	6,8	703,46
			=882,4 tC

Estoque por Fitofisionomia (tC/ha) x área de desmate = Emissão de tC

Emissão de tC x 3,66 CO^2equivalente = CO^2eq

CO^2equivalente x valor do crédito de Carbono = valor monetário da emissão de CO^{2eq}

Portanto: (55,92tC/ha x 3,2 hectares) + (103,45 tC/ha x 6,8 ha)

= 882,4

882,4 tC x 3,66 CO_2eq = 3.229,584 CO_2eq

3.229,584 CO_2eq x US$5,00 = U$ 16.497,92 (valor monetário da emissão do CO_2 devido ao desmatamento).

Conclusão: O desmatamento de 10 hectares, **por fitofisionomia**, como áreas de Savana arborizada sem floresta-de-galeria (**Sas**) e Savana (cerrado) - arborizada + florestada (**Sa+Sd**), em Corumbá, MS, resultou no valor monetário da emissão do CO_2 devido ao desmatamento em **U$ 16.497,92**. Este valor, no entanto, deve ser convertido em moeda nacional dependendo da cotação diária[47], conforme o exemplo abaixo.

US$1,00 = R$ 5,03

U$ 16.497,92* R$ 5,03 = **R$82.984,54**

[47] Conforme cotação disponível em https://www.melhorcambio.com/dolar-hoje. Acesso em: 16 jun. 2021.

REFERÊNCIAS

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Calculadora do Cidadão**. Correção de valor por índices de preços. Disponível em: https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAO/publico/corrigirPorIndice.do?method=corrigirPorIndice. Acesso em: 2 maio 2021.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). INGOUVILLE, M.; PINTO, M. A. C.; VITAL, M. H. F. Estimativa de investimentos em aterros sanitários para atendimento de metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos entre 2015 e 2019. **BNDES Setorial** 40, p. 43-92.

BRASIL. Presidência da República. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Terceiro Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa. **Relatório de Referência**: Emissões no setor uso da terra, mudança do uso da terra e floresta. Brasília: [*s. n.*]: 2015. Disponível em: http://redd.mma.gov.br/images/FREL/RR_LULUCF_Mudana-de-Uso-e-Floresta.pdf. Acesso em: 2 mai. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 420**, de 28 de dezembro de 2009. Disponível em: http://conama.mma.gov.br/?option=com_sisconama&task=arquivo.download&id=601. Brasília: MMA, 2009. Acesso em: 15 abr. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Mudança do Clima e Florestas. Departamento de Florestas e de Combate ao Desmatamento. Coordenação-Geral de Combate a Desmatamento, Degradação Florestal e Queimadas. **Nota Técnica nº 2093/2018-MMA**, de 22 de outubro de 2018. Disponível em http://www.fundoamazonia.gov.br/export/sites/default/pt/.galleries/documentos/ctfa/Nota_Tecnica_11a_2018.pdf. Acesso em: 16 jun. 2021.

CAMPO GRANDE. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Desenvolvimento Urbano (Semadur). **Guia de Arborização Urbana**. 1. ed. Campo Grande: [*s. n.*]: 2012. Disponível em: http://www.campogrande.ms.gov.br/semadur/wp-content/uploads/sites/24/2018/05/Guia-de-Arboriza%C3%A7%C3%A3o-Urbana-2012.pdf. Acesso em: 7 jun. 2021.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **Manual de gerenciamento de áreas contaminadas**. [*S. l.*: *s. n.*]. 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar.** v. 6 – Safra 2019/20 – n. 1 – Primeiro levantamento, maio de 2019. Brasília, 2019. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar. Acesso em: 4 ago. 2020.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA (COPEL). **Guia de Arborização para os municípios**. [*S. l.*: *s. n.*], [200-?].

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Serviços Ambientais. Perguntas e Respostas. *In*: **Espaço Temático**. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-servicos-ambientais/perguntas-e-respostas. Acesso em: 5 out. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). NICODEMO, M. L. F.; PRIMAVERSI, O. **Por que manter árvores na área urbana?** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2009. (Documentos 89).

FERREIRA, R. M.; LOFRANO, F. C.; MORITA, D. M. Remediação de áreas contaminadas: uma avaliação crítica da legislação brasileira. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 25, n. 1, p. 115-125, 2020.

GOMES, A. S.; DANTAS NETO, J.; SILVA, V. F. Serviços ecossistêmicos: conceitos e classificação. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 4, p.12-23, 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. PEIXOTO, S. L. (coord.). **Modelo de valoração econômica de impactos em unidades de conservação**. 2002. Trabalho apresentado no VIII Encontro Nacional de Chefes de UCs e III Congresso Brasileiro de UCs, em Fortaleza, 2002.

INSTITUTO DE PESQUISA AMBIENTAL DA AMAZÔNICA (IPAM). O que é e como funciona o mercado de carbono? In: **Cartilhas**. Disponível em: https://ipam.org.br/cartilhas-ipam/o-que-e-e-como-funciona-o-mercado-de-carbono/. Acesso em: 7 jun. 2021.

JACOSKI, C. A.; GISI, A. J.; BALBINOT, A.; & LIMA, R. F. **Valoração econômica de recursos naturais**: Avaliação do desmatamento de uma área de floresta ombrófila mista. Disponível em: https://periodicos.pucpr.br/index.php/estudosdebiologia/article/view/22972/22070. Acesso em: 7 jun. 2021.

MATO GROSSO DO SUL. Governo do Estado. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e do Desenvolvimento Econômico (Semade). **Resolução Semade nº 9**, de 13 de maio de 2015. Estabelece normas e procedimentos para o licenciamento ambiental estadual. Disponível em: https://www.imasul.ms.gov.br/wp-content/uploads/2019/11/Res-Semade-09-2015-compilada.pdf. Acesso em: 21 fev. 2021.

MATO GROSSO DO SUL. Instituto de Meio Ambiente. **Geoprocessamento.** Disponível em: https://www.imasul.ms.gov.br/geoprocessamento/. Acesso em: 10 mai. 2021.

MATO GROSSO DO SUL. Ministério Público Estadual. Centro de Apoio Operacional do Meio Ambiente, da Habitação e do Urbanismo e do Patrimônio Histórico e Cultural. **Nota Técnica de Valoração de Dano Ambiental**. Vol. 1. Campo Grande: CAOMA-MPMS, 2018. Disponível em: https://www.mpms.mp.br/cao/cao-i/artigos. Acesso em: 12 abr. 2021.

MATO GROSSO DO SUL. Tribunal de Contas. Inspetoria de Engenharia, Arquitetura e Meio Ambiente – IEAMA. **Indicadores de resíduos sólidos nos municípios de MS**. Campo Grande: TCE-MS / ESCOEX, 2016. (Série Transparência 5).

MATO GROSSO. Ministério Público Estadual **Valoração do dano ambiental** – casos aplicados ao Estado de Mato Grosso. Cuiabá: MPMT, 2016.

MAXIMIANO, A. M. de S.; MORAES, S. L. de.; TEIXEIRA, C. E.(org.). **Guia de elaboração de planos de intervenção para o gerenciamento de áreas contaminadas**. 1.ed. rev. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT); BNDES, 2014.

MINAS GERAIS. Ministério Público Estadual. **Orientação técnica de parâmetros genéricos para composição civil de dano ambiental envolvendo supressão, anelamento, poda e envenenamento de espécies arbóreas em logradouros públicos ou em propriedades privadas alheias em áreas urbanas**. Belo Horizonte: Centro de Apoio Técnico (CEAT), 2009.

OLIVEIRA, C. M. de; DINIZ, P. S.; SOARES, A. F. S. (ed). **Valoração econômica de danos ambientais:** Coletânea da Central de Apoio Técnico do Ministério Público de Minas Gerais. Belo Horizonte: CEAT, 2020. p. 106-110.

OLIVEIRA, M. V. M.; ROSIN, J. A. E. G. Arborização dos espaços públicos: uma contribuição à sustentabilidade urbana. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**. v. 1, n. 3, p. 1-14, 2013.

PAULA, M. de; PEREIRA, F. A. R.; ARIAS, E. R. A.; SCHEEREN, B. R.; SOUZA, C. C. de; MATA, D. S. da. Fixação de carbono e a emissão dos gases de efeito estufa na exploração da cana-de-açúcar. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 633-640, maio/jun., 2010.

RIO DE JANEIRO. Ministério Público Estadual. **Informação Técnica nº 420/2020** (metodologia de análise e valoração do dano ambiental). Rio de Janeiro: [*s. n.*]: 2020.

ROMACHELI, R. A; SPÍNOLA, C. M. **Quanto vale o cerrado goiano?** Uma proposta de valoração econômica para a fitofisionomia do cerrado típico. II Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, nov. 2011. Disponível em: http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2011/VI-007.pdf. Acesso em: 8 out. 2020.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. **Manual Técnico de Arborização Urbana**. 2. ed. São Paulo: [*s. n.*], 2005.

SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA (SEEG). **Download [de] Base de Dados**. Disponível em: http://seeg.eco.br/download. Acesso em: 12 abr. 2021.

UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT (UNCTAD). **Unctad Annual Report 2001**. Disponível em https://unctad.org/system/files/official-document/edm22_en.pdf. Acesso em: 7 jun. 2021

YU, C.M. **Seqüestro florestal de carbono no Brasil**: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas. São Paulo: Annablume IEB, 2004. 280p.