



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PERÍCIAS CRIMINAIS AMBIENTAIS

Guilherme José Ribeiro Rodrigues

**AVALIAÇÃO E VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM LOCAIS DE
PERÍCIAS CRIMINAIS DE SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA NO BIOMA
CERRADO NO ESTADO DE GOIÁS**

Florianópolis

2023

Guilherme José Ribeiro Rodrigues

**AVALIAÇÃO E VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM LOCAIS DE
PERÍCIAS CRIMINAIS DE SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA NO BIOMA
CERRADO NO ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Perícias Ambientais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Perícias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Carlos José de Carvalho
Pinto

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC

Rodrigues, Guilherme José Ribeiro

Avaliação e valoração de danos ambientais em locais de perícias criminais de supressão de vegetação nativa no bioma Cerrado no estado de Goiás / Guilherme José Ribeiro Rodrigues ; orientador, Carlos José de Carvalho Pinto, 2023.

94 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Perícias Criminais Ambientais. 2. Perícia criminal ambiental. 3. Valoração ambiental. 4. Método do custo de reposição. 5. Custo social do desmatamento. I. Pinto, Carlos José de Carvalho. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. III. Título.

Guilherme José Ribeiro Rodrigues

AVALIAÇÃO E VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM LOCAIS DE PERÍCIAS
CRIMINAIS DE SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA NO BIOMA CERRADO NO ESTADO
DE GOIÁS

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado, em 25 de abril de 2023,
pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Carlos Henrique Lemos Soares
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Rodrigo de Almeida Heringer
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Kleber Isaac Silva de Souza
Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado
adequado para obtenção do título de Mestre em Perícias Ambientais.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Dr. Carlos Henrique Lemos Soares
Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Dr. Carlos José de Carvalho Pinto
Orientador

Florianópolis, 2023.

Este trabalho é dedicado
à minha esposa, aos meus
pais e aos meus irmãos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus criador que nos deu o dom da existência e ao senhor Jesus Cristo que deu exemplo de bondade a todos na face da Terra.

Gratidão imensurável à minha amada esposa Tuiane, que sempre esteve, está e estará ao meu lado, dando amor, carinho, forças e me apoiando em todos os momentos.

Aos meus pais, Antônio e Maria Inês, meus heróis, só tenho a agradecer pelos ensinamentos, conselhos, caráter, amor, amizade e educação dedicados durante toda a vida.

Aos meus irmãos, Fernanda, Augusto e Patrícia, saibam que cada conversa, afeto, amor fraterno e irmandade sempre serão lembrados, mesmo que a distância.

Ao professor Carlos Pinto o meu muito obrigado pelos direcionamentos, orientação e disposição por aceitar fazer parte dessa pesquisa.

Agradecimentos aos professores pelos conhecimentos repassados aos colegas do Mestrado Profissional em Perícias Ambientais pelas aulas e trabalhos realizados.

O meu agradecimento aos colegas do Laboratório de Perícias Ambientais da Polícia Científica de Goiás pelas trocas de informações e ensinamentos, que certamente compuseram grande parte desse trabalho.

Por fim, agradeço a todos aquele que de alguma forma, mesmo sem se ter ciência, contribuíram para minha formação, fazendo com que eu possa melhorar como pessoa durante minha passagem neste planeta.

“[...] O senhor vê: existe cachoeira;
e pois? Mas cachoeira é barranco
de chão, e água se caindo por ele,
retombando; o senhor consome essa
água, ou desfaz o barranco,
sobra cachoeira alguma?
Viver é negócio muito perigoso...
[...]” ROSA, João Guimarães.
Grande Sertão: Veredas, 2016, p 10.)]

RESUMO

A valoração de danos ambientais é um tema considerado ainda novo, complexo e com várias possibilidades, e tem sido discutido cada vez mais tanto no meio acadêmico como nos órgãos responsáveis pelas perícias criminais. Apesar da variedade de procedimentos disponíveis, a maior parte deles é morosa e onerosa, demandando extensas pesquisas de campo e análises de dados, o que impede sua utilização no dia a dia dos órgãos oficiais de perícia no Brasil, que geralmente possuem uma equipe reduzida de profissionais e recursos materiais limitados. Em relação a investigações periciais que envolvam desmatamento, o método do custo de reposição é atualmente um dos mais empregados por especialistas em diferentes regiões do país, devido à sua simplicidade e rapidez na aplicação. Este método consiste em calcular os custos necessários para repor a vegetação que fora suprimida em dada área, imputando esses custos ao valor do dano ambiental. Entretanto, os resultados obtidos tendem a subestimar o valor econômico dos recursos ambientais, uma vez que não englobam parcelas relevantes desse valor. De modo a contornar esse empecilho, adaptou-se uma equação inserindo dados dos custos sociais dos desmatamentos do bioma Cerrado no estado de Goiás, além de fatores de proteção legal, englobando áreas especiais existentes nos locais de perícia criminal. Os cálculos realizados apresentam valores mínimos e máximos de acordo com o valor de custo social de desmatamento adotado. A aplicação do método de valoração de danos ambientais ao cerrado (VDAC) mostra apenas uma das possibilidades que podem ser encontradas, visto que o tema de valoração de danos ambientais ainda está em estágio inicial e tende a se desenvolver cada vez mais. Os valores encontrados nos cálculos podem ser considerados bastante elevados quando comparados a outras formas de pagamento normalmente utilizados pelos aplicadores da lei, o que poderia reduzir o número de infrações futuramente, pois o infrator possa ser “sensibilizado” a ter que arcar com um valor financeiro considerável. Por fim, o trabalho realizado será difundido primeiramente entre os colegas do Laboratório de Perícias Ambientais do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues da Polícia Científica de Goiás para utilização e a médio/longo prazo, almeja-se que os colegas de todas as regionais possam fazer uso do produto desta pesquisa.

Palavras-chave: perícia criminal ambiental; valoração ambiental; método do custo de reposição; custo social do desmatamento.

ABSTRACT

The valuation of environmental damage is still considered a new, complex topic with several possibilities, and it has been increasingly discussed both in academia and in the bodies responsible for criminal investigations. Despite the variety of procedures available, most of them are time-consuming and costly, demanding extensive field research and data analysis, which prevents their daily use by official forensic bodies in Brazil, which generally have a reduced team of professionals. limited professional and material resources. Regarding expert investigations involving deforestation, the replacement cost method is currently one of the most used by specialists in different regions of the country, due to its simplicity and speed of application. This method consists of calculating the necessary costs to replace the vegetation that was suppressed in a given area, imputing these costs to the value of the environmental damage. However, the results obtained tend to underestimate the economic value of environmental resources, since they do not include relevant portions of this value. In order to get around this obstacle, an equation was adapted by inserting data on the social costs of deforestation in the Cerrado biome in the state of Goiás, in addition to legal protection factors, encompassing special areas existing in places of criminal expertise. The calculations made present minimum and maximum values according to the value of the social cost of deforestation adopted. The application of the valuation method for environmental damage to the cerrado (VDAC) shows just one of the possibilities that can be found, since the issue of valuation of environmental damage is still in its initial stage and tends to develop more and more. The values found in the calculations can be considered quite high when compared to other forms of payment normally used by law enforcers, which could reduce the number of infractions in the future, as the offender can be "sensitized" having to bear a considerable financial amount. Finally, the work carried out will be first disseminated among colleagues from the Laboratory of Environmental Expertise from the Leonardo Rodrigues Institute of Criminalistics of the Scientific Police of Goiás for use and in the medium/long term, it is intended that colleagues from all regions can make use of the product of this research.

Keywords: environmental forensic expertise; environmental economic valuation; replacement cost method; social cost of deforestation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Compilado das requisições de perícias ao Laboratório de Perícias Ambientais da SPTC-GO em 2022. Fonte: ODIN, 2023.	33
Figura 2 – Gráfico ilustrativo das requisições de perícias ao Laboratório de Perícias Ambientais da SPTC-GO em 2022	35
Figura 3 – Mapa de Biomas de Goiás	36
Figura 4 – Mapa das Regiões de Planejamento de Goiás	37
Figura 5 – Buritizal. Destaque para caracterização de dossel no diagrama inferior ..	41
Figura 6 – Fitofisionomias do Bioma Cerrado no Estado de Goiás	44
Figura 7 – Valor Econômico do Recurso Ambiental	53
Figura 8 – Tipologias vegetais de ocorrência no domínio do Bioma Cerrado no Estado de Goiás	64
Figura 9 – Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Cerrado (VDAC)	68
Figura 10 – Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Cerrado (VDAC)	70
Figura 11 – Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Cerrado (VDAC)	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Custo social de desmatamento no Cerrado. Adaptado de Campoli e Stivali (2023)	59
Tabela 2 – Tabela do Fator de proteção legal em percentuais. Adaptado de Vieira (2013).....	61
Tabela 3 – Compilado de Fatores de Proteção Legal (FPL)	62
Tabela 4 – Estimativa de Custo de Reposição (CR) de área desmatada	65
Tabela 5 – Custo social de desmatamento no Cerrado com valores corrigidos. Adaptado de Campoli e Stivali (2023).....	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP - Área de Preservação Permanente
APP CET - Área de Preservação Permanente de Cursos Hídricos, Encostas e Topos de Morro
APPNOA - Área de Preservação Permanente de Nascentes/Olhos d'água
BCB - Banco Central do Brasil
BRL - Real brasileiro
CMMAD - Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPOM - Comitê de Política Monetária
CRPT - Coordenações Regionais de Polícia Técnico-Científica
CR - Custo de reposição
DAP - Diâmetro à Altura do Peito
DEMA - Delegacia Estadual de Repressão a Crimes Contra o Meio Ambiente
DNA - Ácido Desoxirribonucleico
DPE - Divisão de Perícias Externas
DPI - Divisão de Perícias Internas
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICLR - Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues
IGP/SC - Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina
IMLAT - Instituto Médico Legal Aristoclides Teixeira
IPCA - Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo
IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LCA - Lei de Crimes Ambientais
LPA - Laboratório de Perícias Ambientais
MCE - Método de Custos Evitados
MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações
MCV - Método Custos de Viagem
MCR - Método de Custo de Reposição
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MPH - Método de Preços Hedônicos
MPGO - Ministério Público do Estado de Goiás
MPM - Método de Produtividade Marginal
MVC - Método de Valoração Contingente
PAPTC - Postos de Atendimento de Polícia Técnico-Científica
PC/DF - Polícia Civil do Distrito Federal
PEC - Proposta de Emenda à Constituição
PF - Polícia Federal
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente
POP - Procedimento Operacional Padrão
RL - Reserva Legal
SAM - Seção de Análises Ambientais
SEGEO - Seção de Geoprocessamento
SELCA - Seção de Exames de Local de Crime Ambiental
SELIC - Sistema Especial de Liquidação e de Custódia
SEMEV - Seção de Medicina Veterinária Aplicada à Fauna
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SPTC/GO – Superintendência de Polícia Técnico Científica de Goiás
STF - Supremo Tribunal Federal
TIQ - Territórios Indígenas e Quilombolas
TJGO - Tribunal de Justiça do Estado de Goiás
UC - Unidade de conservação
UCI - Unidade de Conservação Integral
UCS - Unidade de Conservação Sustentável
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
USD – Dólar estadunidense
VDAC - Valor do dano ambiental no Cerrado
VE - Valor de existência
VET – Valor econômico total
VERA - valor econômico dos recursos naturais
VO - Valor de opção
VUD - Valor de uso direto
VUI - Valor de uso indireto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	OBJETIVOS	19
3	JUSTIFICATIVA	20
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
4.1	LINHA DO TEMPO SOBRE O AUMENTO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL 21	
4.2	ARCABOUÇO LEGAL SOBRE O MEIO AMBIENTE NO BRASIL.....	22
4.3	A PERÍCIA CRIMINAL NO BRASIL	28
4.4	A PERÍCIA CRIMINAL EM GOIÁS.....	29
4.4.1	BREVE HISTÓRICO E ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	29
4.5	A PERÍCIA CRIMINAL AMBIENTAL EM GOIÁS	33
4.6	BIOMAS DE GOIÁS.....	36
4.6.1	BIOMA CERRADO EM GOIÁS	37
4.6.2	BIOMA MATA ATLÂNTICA EM GOIÁS	45
4.7	SERVIÇOS AMBIENTAIS PRESTADOS POR ECOSSISTEMAS FLORESTAIS.....	45
4.8	LEGISLAÇÃO E VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS	48
4.9	VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS	49
4.9.1	MÉTODO DE VALORAÇÃO DE RECURSOS AMBIENTAIS	52
4.9.2	MÉTODO DO CUSTO DE REPOSIÇÃO (MCR)	54
4.9.3	DEMAIS MÉTODOS DE VALORAÇÃO DANOS AMBIENTAIS	56
4.9.4	DESAFIOS NA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE VALORAÇÃO DANOS AMBIENTAIS NA PERÍCIA CRIMINAL	57
5	METODOLOGIA	58
5.1	MÉTODO DO CUSTO DE REPOSIÇÃO	58
5.2	CUSTO SOCIAL DA SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO	58
5.3	ADOÇÃO DE VALORES DE ACORDO COM OS TIPOS DE FORMAÇÕES 60	
5.4	FATOR DE PROTEÇÃO LEGAL	60
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	62
6.1	DADOS DO BIOMA CERRADO EM GOIÁS.....	62
6.2	VALORES REAIS PARA REPOSIÇÃO DE ÁREA DESMATADA	65

6.3	TAXAS DE CORREÇÕES DO DÓLAR E INFLAÇÃO	66
7	ESTUDOS DE CASO E APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	67
7.1	ESTUDO DE CASO 1	67
7.2	ESTUDO DE CASO 2	69
7.3	ESTUDO DE CASO 3	70
8	CONCLUSÃO	72
9	PERSPECTIVAS	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
	APÊNDICE A – MINUTA DE PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP) PARA CÁLCULO DE VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS PARA PERÍCIAS DE SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO NATIVA DO BIOMA CERRADO EM GOIÁS	86

1 INTRODUÇÃO

A evolução do ser humano durante os milênios caminha lado a lado com o aumento das alterações causadas por ele no meio ambiente, visando criar condições mais adequadas às suas necessidades de sobrevivência. Entretanto, o aumento da população humana traz inúmeras consequências e tem sido objeto de discussão em diversas esferas, incluindo social, acadêmica e governamental. A ação humana no planeta já apresenta problemas evidentes e recentes "catástrofes ambientais" em várias partes do mundo têm levado governantes e a sociedade a refletir sobre essas questões, construindo uma opinião pública cada vez mais informada e crítica sobre o assunto (MENDONÇA, 2005).

É sabido que com o aumento da população mundial ao longo dos anos, e a fim de se atender ao incremento da demanda por alimentos e produtos, correlacionado ao sistema de consumo adotado atualmente, os processos de antropizações no meio ambiente se elevam e contribuem significativamente na degradação dele, seja por avanço de fronteiras agropecuárias, mineração, obras, intensa urbanização e outros tipos de estresses aplicados à natureza (BORLAUG, 2017).

No entanto, foi a partir da Revolução Industrial, que começou na Inglaterra em meados do século XVIII, que as atividades humanas começaram a provocar impactos mais significativos e visíveis no meio ambiente. Durante esse período, houve um aumento na utilização de matérias-primas e combustíveis fósseis, além da intensificação da produção de resíduos de várias naturezas, juntamente com inovações tecnológicas e grande expansão da produtividade industrial (CHIAVENATO, 2005).

As respostas para reverter essa degradação dos ecossistemas naturais não são simples e exigem ações em várias esferas, incluindo iniciativas de educação ambiental e engajamento individual, atuação da sociedade civil organizada, reestruturação do sistema econômico, políticas entre outras.

Dentro deste contexto, surgiram nos últimos anos pensamentos contrários aos paradigmas socioeconômicos dominantes, como os conceitos de desenvolvimento sustentável, economia verde, produção limpa, ecoeficiência e consumo consciente, reconhecendo a necessidade de mudar urgentemente os padrões de produção e consumo da humanidade. Caso contrário, os recursos

naturais se esgotarão e ocorrerão alterações ambientais que podem inviabilizar nossa sobrevivência no planeta (SACHS, 2002).

A degradação dos ecossistemas naturais pode ser considerada como um dos maiores desafios enfrentados pelo planeta hoje. É causada principalmente pelas antropizações no meio ambiente que se elevam e contribuem significativamente, seja por avanço de fronteiras agropecuárias, mineração, a exploração de recursos naturais, a poluição, obras, intensa urbanização e outros tipos de estresses aplicados à natureza (FOLKE, 2010).

Por não ser algo tão elementar a ser feito, existem no Brasil, em todos os níveis: federal, estadual e municipal, mecanismos de proteção e planejamento ambiental, além de legislação moderna e pertinente, com vista a melhorar a implementação do chamado desenvolvimento sustentável, entretanto suas aplicações são grandes desafios a serem enfrentados. A efetividade das leis não é refletida na prática, pois sua aplicação e fiscalização ainda são precárias, principalmente devido às deficiências estruturais dos órgãos públicos envolvidos nessas funções (ANDRADE, 2014).

Na área jurídica, a perícia criminal é uma etapa crucial, com um trabalho baseado em critérios e metodologias estritamente técnicas e científicas. Na área ambiental, a perícia envolve diversos aspectos técnicos complexos devido à multidisciplinaridade das ciências ambientais (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PERITOS CRIMINAIS FEDERAIS, 2023).

Assunto este que tem ganhado relevância em diversos setores nos últimos anos, sendo usada em iniciativas de políticas públicas para pagamento de serviços ambientais. Na perícia ambiental, que se concentra na valoração dos danos ambientais, e em outros setores que exigem valoração ambiental, há várias metodologias disponíveis, mas muitas delas envolvem inferências subjetivas e ainda precisam de respostas fundamentadas para apoiar de forma segura os valores calculados (MACHADO e ALMEIDA, 2018).

Em adição, por tratar-se de um tema novo e ainda em desenvolvimento, os peritos ainda enfrentam desafios na definição da melhor metodologia para uma situação específica e na identificação dos pontos fracos de cada uma. As limitações estruturais dos órgãos oficiais de perícia, tanto em recursos humanos como materiais, muitas vezes tornam inviável a aplicação de algumas das metodologias

existentes devido à necessidade de amplos levantamentos de campo e análise de dados.

O trabalho de se realizar uma valoração monetária de determinado dano ambiental ainda é bem divergente, visto que existem diversas metodologias atualmente disponíveis, e com dificuldades inerentes a cada uma destas, além de críticas aos fundamentos teóricos que as embasam (MACHADO e ALMEIDA, 2018).

Dentre os vários métodos de valoração de danos ambientais existentes, o método de custo de reposição é considerado de fácil aplicação e que pode ser utilizado para reverter os efeitos da degradação causada pelas atividades humanas em uma determinada área. Este método é relativamente simples e consiste em calcular os custos necessários para restaurar a área degradada e é amplamente utilizado em casos de supressão de vegetação e existem planilhas específicas que estabelecem valores de reposição por unidade de área, baseados nos custos de serviços e materiais necessários (GUIMARÃES, ARAÚJO E MARQUES, 2008).

O método do custo de reposição apresenta duas grandes vantagens: sua objetividade, uma vez que se baseia nos valores de mercado de produtos e serviços, e a relativa facilidade de aplicação, não exigindo levantamentos de campo complexos e demorados. No entanto, este método não é capaz de abranger todos os aspectos teóricos envolvidos na valoração de danos ambientais, muitos dos quais são subjetivos e têm valor intangível, especialmente aqueles relacionados às perdas ou interrupções de serviços ambientais prestados pelos ecossistemas (NOGUEIRA *et al.* p. 17, 1998)

O bioma Cerrado é um dos mais importantes biomas brasileiros, representa cerca de 22% do território nacional e abriga uma grande diversidade de fauna e flora. No entanto, nas últimas décadas, o desmatamento no Cerrado tem sido uma preocupação crescente e tem gerado impactos significativos, incluindo a perda de biodiversidade e mudanças do clima e no solo. O estado de Goiás está inserido quase que totalmente dentro do citado bioma, tendo algumas pequenas áreas de Mata Atlântica na divisa com Minas Gerais, portanto, devido à casuística, este trabalho é voltado ao bioma Cerrado (IBGE, 2004).

Posto isto, vislumbrou-se a oportunidade de adaptar o método de reposição para casos de perícias criminais ambientais envolvendo supressão de vegetação em ecossistemas do Bioma Cerrado.

2 OBJETIVOS

Objetivos gerais deste trabalho adaptar o método de valoração nominado método de custo de reposição para que se encaixe à realidade das perícias criminais ambientais da Polícia Científica de Goiás, construindo, assim, uma ferramenta de valoração dos danos ambientais para casos de supressão de vegetação no Bioma Cerrado, a qual possa ser aplicada de forma prática.

Como objetivos específicos pode-se destacar:

- Adaptar o método de custo de reposição, aliado ao custo social do desmatamento do bioma Cerrado;
- Indicar fatores de correção que garantam proporcionalidade aos valores calculados, de acordo as características específicas de cada área degradada (Área de Preservação Permanente de Nascentes/Olhos d'água - APPNOA, Área de Preservação Permanente de Cursos Hídricos, Encostas e Topos de Morro – APPCET, Reserva Legal - RL, Territórios Indígenas e Quilombolas - TIQ, Unidade de Conservação de Uso Sustentável – UCS e Unidade de Conservação de Proteção Integral - UCI, etc);
- Aplicar o método adaptado em estudos de caso, a fim de avaliar os resultados obtidos, principalmente em relação aos elementos de proporcionalidade.
- Gerar um Procedimento Operacional Padrão (POP) acompanhado de tabela de cálculo de valoração de danos ambientais para utilização dos colegas peritos criminais da Polícia Científica de Goiás;

3 JUSTIFICATIVA

Um dos temas que ainda desafia o trabalho dos peritos é a valoração dos danos ambientais, etapa que tem grande importância no contexto dos processos jurídicos na esfera ambiental e atualmente, o Laboratório de Perícias Ambientais – LPA do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues – ICLR da Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás – SPTC-GO ainda não realiza tais estudos de valoração, o que se tornou uma grande demanda a ser atendida, devido às quesitações de Delegados de Polícia, Promotores de Justiça ou Juízes de Direito.

Na época presente, a utilização dos métodos convencionais de avaliação ambiental com uso de levantamentos de campo é impraticável para a maioria dos órgãos oficiais de investigação, devido às suas restrições estruturais, tais como falta de recursos humanos e a indisponibilidade de equipamentos de campo e laboratórios de análises ambientais. Esse cenário muitas vezes resulta na desconsideração da fase de avaliação de danos ambientais, prejudicando o desenvolvimento dos processos legais.

Nesse contexto, os objetivos desta pesquisa visam preencher uma lacuna significativa que ainda existe na atuação dos órgãos oficiais de perícia criminal no Brasil, com enfoque para os casos ocorridos no bioma Cerrado no estado de Goiás. Foi feita a opção de trabalhar com casos de supressão de vegetação nativa (desmatamento), pois esses casos são os mais frequentes tratados por nossa equipe.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com intuito de facilitar a inserção dos temas, a seguir, serão expostos os principais marcos teóricos que fundamentam a pesquisa foco deste trabalho. Em um primeiro momento será apresentada uma breve linha do tempo que mostra trabalhos importantes que são considerados marcos históricos sobre a preocupação com a degradação ambiental. Em seguida tem-se a síntese da legislação ambiental brasileira, com foco nos principais regulamentos e diretrizes em vigor atualmente. Após isto serão abordadas a situação e leis acerca da perícia criminal ambiental, discutindo os principais conceitos e o panorama atual do órgão de perícia oficial de natureza criminal do estado de Goiás. Em sequência, serão apresentadas informações sobre as características naturais do estado goiano, bem como dados marcantes do Bioma Cerrado, foco deste estudo. Mais adiante, serão apresentados os principais métodos de avaliação atualmente utilizados para calcular o valor dos prejuízos ambientais, indicando qual deles será utilizado neste trabalho. Para encerrar, será realizado um estudo sobre os serviços ambientais, que fornecerá a base para a metodologia utilizada na investigação.

4.1 LINHA DO TEMPO SOBRE O AUMENTO DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL

Em 1798, na obra "*An Essay on the Principle of Population*", Thomas Malthus argumenta que a população humana cresce exponencialmente, enquanto a produção de alimentos cresce linearmente, o que inevitavelmente levaria à escassez e fome. Deste modo, buscando aumentar a produção de alimentos, o homem cada vez mais adentra em biomas anteriormente pouco ou nada explorados para aumentar seus meios de produção agrícola e industrial (MALTHUS, 1978).

Nos anos seguintes, uma sociedade de consumo se consolidou, principalmente nos países mais desenvolvidos, com base nos princípios do capitalismo e do livre mercado. Esse tipo de sociedade baseia-se em valores materiais e no consumo massivo de bens e serviços para obter satisfação pessoal, status e poder social. As consequências ambientais de uma sociedade e modelo de desenvolvimento econômico baseados no consumo de bens materiais são diversas. As indústrias e empresas precisam sempre melhorar a produtividade e aumentar seus lucros, o que leva as pessoas a consumir cada vez mais, através de conceitos

como obsolescência programada, incentivando a utilização de produtos e materiais descartáveis e aumentando a pressão sobre os recursos naturais.

Vinculado a isto, quanto maior a demanda, maior é a quantidade de pesticidas que devem ser utilizados para se bater recordes de produção. A obra "*Silent Spring*" de Rachel Carson de 1962 alerta para os efeitos negativos dos pesticidas sobre o meio ambiente e a vida selvagem, e defende a necessidade de uma abordagem mais cautelosa em relação à utilização dessas substâncias (CARSON, 1962).

Em 1972, o denominado "Relatório do Clube de Roma - Os limites do crescimento" - destacou a necessidade de considerar os limites do crescimento econômico em relação aos recursos naturais e apontou para os riscos da degradação ambiental em um mundo cada vez mais populoso e consumista (MEADOWS, 1972).

Já em 1987 o "Relatório *Brundtland* - Nosso Futuro Comum" - relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) propôs uma abordagem mais integrada do desenvolvimento econômico e ambiental, que leve em conta as necessidades das gerações presentes e futuras (CORREA, 1991).

A Rio-92 foi um marco, pois tratou-se da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento que resultou na assinatura da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima e da Convenção sobre Diversidade Biológica, entre outros acordos internacionais (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992).

No ano de 2015 houve o Acordo de Paris que estabeleceu metas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e limitar o aumento da temperatura global a menos de 2°C acima dos níveis pré-industriais (MCTIC, 2015).

Por fim, em 2023: o Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) foi apresentado entre os dias 13 a 17 de março de 2023 na cidade de Interlaken, na Suíça e reforçou a urgência de agir para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e limitar o aquecimento global a fim de evitar os piores impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2023).

4.2 ARCABOUÇO LEGAL SOBRE O MEIO AMBIENTE NO BRASIL

O Estado brasileiro compilou ao longo do tempo, da mesma forma que vários outros países, um vasto ordenamento jurídico visando proteger o meio ambiente dentro de seus limites territoriais, além de ser signatário de várias convenções internacionais, possuindo leis, decretos, regulamentos, portarias e resoluções, e outras normas jurídicas, seja na esfera federal, estadual/distrital ou municipal.

Até a promulgação da atual Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, o antigo Código Florestal (Lei nº 4.771/1965) e a Lei de Proteção à Fauna (Lei nº 5.197/1967) eram considerados como os principais instrumentos jurídicos de proteção ambiental vigentes no território nacional (BRASIL, 1965 e BRASIL, 1967).

Esse antigo Código Florestal de 1965 sofreu várias modificações nos anos posteriores, com intuito de estabelecer normas para o ordenamento da ocupação e da supressão da vegetação nativa. Em 2012, essa lei foi revogada com a promulgação da Lei nº 12.651/2012, que instituiu o “Novo Código Florestal”, nome genérico para esta lei que *“Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...]”*, tendo sido constituída em meio a muitas discussões, audiências, controvérsias, em um cenário de grandes embates ideológicos, políticos e financeiros, visto que vários atores de cargos eletivos da política possuem interesses direta ou indiretamente ligados a atividades que causam danos ambientais no país. Embora esta legislação tenha sofrido muitas críticas e reveses, ainda pode ser considerada como uma das mais utilizadas para proteção dos ecossistemas florestais no Brasil (BRASIL, 2012).

Dos espaços protegidos importantes abordados no Novo Código Florestal, pode-se citar a Reserva Legal (RL) e a Área de Preservação Permanente (APP), definida como:

“área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (BRASIL, 2012).

As matas ciliares das nascentes, rios, córregos, lagos e reservatórios, a vegetação ocorrente nas localidades com declividade acentuada (maior que 45°) e nos topos de morro, são algumas das áreas de preservação permanente (BRASIL, 2012).

Importante citar a diferenciação de proteção das tipologias de “Áreas de Preservação Permanente”:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (grifo nosso) (BRASIL, 2012).

Decisão do Supremo Tribunal Federal – STF apresenta interpretação conforme a Constituição para incluir as nascentes e olhos d'água intermitentes na limitação definida no art. 4º, IV, da Lei nº 12.651/2012 (SOUZA, *et al.*, 2019).

Percebe-se, portanto que o tratamento das nascentes e olhos d'água devem ser diferenciados, visto que se trata área ecológica que cumpre função ecológica de suma importância.

No que diz respeito à situação mundial, tem-se como principal marco que fundamentou as políticas ambientais brasileiras, tal como a legislação atual, a 1ª Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente, que foi realizada em 1972 em Estocolmo, na Suécia, que concebeu a nominada Declaração de Estocolmo Sobre o Meio Ambiente Humano, também conhecida como Declaração Universal do Meio Ambiente. Tal documento possui suma importância pois abriu caminho para que a legislação brasileira, e as demais legislações ao redor do planeta, promovessem a doutrina protetiva com a promulgação de normas ambientais mais amplas e efetivas (FARIAS, 2007).

A Lei da Política Nacional do Meio Ambiente - PNMA, nº 6.938/81, que tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia

à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).

Essa legislação fixou ideias, metas e fundamentos significativos para orientar as atividades governamentais direcionadas à preservação dos ecossistemas, consolidando múltiplos recursos para alcançar esses objetivos, como a definição de critérios de excelência ambiental, a ordenação territorial ambiental, a análise de consequências ambientais e a concessão de autorização ambiental. É importante ressaltar a criação do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) (BRASIL, 1981).

Outras questões relevantes da PNMA incluíram a implementação da norma da responsabilidade civil objetiva, que dispensa a comprovação de culpa para a responsabilização do(s) responsável(eis) por determinado dano ambiental de acordo com o art. 14, § 1º, da mesma lei reza que:

“o poluidor é obrigado, independentemente de existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade” (BRASIL, 1981).

A Constituição Federal da República Federativa do Brasil de 1988, em seu Artigo 225 versa que:

“Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e a coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 1988).

Na década de 1990, foi sancionada a denominada Lei de Crimes Ambientais – LCA, através da Lei nº 9.605/1998, que:

“dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências” (BRASIL, 1998).

A Lei 9.605/98 pode ser considerada uma tentativa de estabelecer uma legislação uniforme e integral sobre o assunto. Os princípios elementares do direito

penal permanecem essenciais e válidos para imputar a responsabilidade do infrator do delito ambiental. Os princípios essenciais da legalidade, tipicidade e subjetividade possuem a mesma relevância no direito penal ambiental que têm em outros ramos do direito penal, tanto no geral quanto no especial (ANDRADE, 2004).

Tal lei estabeleceu as várias ações consideradas como crimes ambientais e infrações administrativas, e estipulou os critérios para o seu cumprimento. A investigação e a imposição das sanções relacionadas aos crimes ambientais são de responsabilidade da esfera penal, sujeitando os autores à punição através de multas, privação de liberdade ou limitação de direitos. Já a infração administrativa ambiental, de acordo com o artigo 70, parágrafo 1º, é

“[...] toda ação ou omissão que viole as regras jurídicas de uso, gozo, promoção, proteção e recuperação do meio ambiente”.

A averiguação é de atribuição das entidades ambientais que integram o SISNAMA e da Capitania dos Portos, implicando em sanções administrativas, tais como multas, apreensões ou interdições, entre outras, aos responsáveis (BRASIL, 1998).

Além das já citadas ainda existem outras leis importantes tais como a criação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985/2000, que regulamentou os procedimentos de criação, implementação e gestão de unidades de conservação em nível federal, estadual e municipal, e a Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006), que estabeleceu as medidas jurídicas de proteção específicas para a flora nativa do bioma Mata Atlântica. O SNUC definiu unidade de conservação (UC) como o:

“espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000 e BRASIL 2006).”

Tais Unidades de Conservação foram separadas em dois tipos distintos que são: as unidades de proteção integral, cujo objetivo básico é “[...] preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais [...]” e as

unidades de uso sustentável, cujo objetivo básico é “[...] compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais.” Desde modo cada tipo desempenha um papel específico que deve ser levado em consideração (BRASIL, 2000).

Como pode ser verificado, a legislação brasileira apresenta uma diversidade e completude no que diz à preservação dos recursos ambientais, trazendo tipificações para aqueles que causem danos ao meio ambiente, tanto nas esferas administrativas, civis e penais aos infratores. Em relação ao arcabouço legal pode-se mencionar: a Lei que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31/08/1981), o Capítulo VI do Título VIII da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que trata do meio ambiente e já citado pelo Artigo 225, a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605, de 12/02/1998) e a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, comumente conhecido como novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25/05/2012) (BRASIL, 1981; BRASIL, 1998 e BRASIL, 2012).

No âmbito estadual, para Goiás, através de seu acervo de Legislação (Leis, Decretos, Portarias e Instruções Normativas), tem-se a lei similar ao Novo Código Florestal Brasileiro, que se trata da Lei nº 18.104, de 18 de julho de 2013 que: “Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, institui a nova Política Florestal do Estado de Goiás e dá outras providências.” Tem-se ainda as legislações referentes à criação do Conselho Estadual do Meio Ambiente-CEMAM via Decreto Estadual nº2.730 de 05/06/1987, a Lei Ordinária Estadual nº 21.054 de 15/07/2021 e que “Institui a Política Estadual de Proteção e Preservação das Nascentes de Água”, dentre outras, todas visando a conservação ambiental no estado (GOIÁS, 1987; GOIÁS, 2013 e GOIÁS, 2021).

Pode-se perceber que o Brasil possui um arcabouço jurídico bastante moderno e complexo, e os infratores que violam as leis ambientais estão sujeitas a várias formas de punição, que se aplicam independentemente, nas esferas penal, administrativa e cível. Dessa forma, o legislador não só busca punir os infratores, mas também garantir a reparação dos danos ambientais causados.

Entretanto, embora haja uma ampla gama de regulamentos ambientais, ainda existem muitos obstáculos para a aplicação efetiva das sanções estabelecidas na legislação brasileira, o que é também observado em outras áreas do direito. A burocracia inerente ao sistema judiciário, onde os processos se arrastam por anos, e a falta de estrutura dos órgãos e instituições públicas responsáveis pela fiscalização

e aplicação das leis, são os principais motivos que levam à ineficiência na aplicação das sanções. Isso reflete a incapacidade do Estado em garantir a aplicação das normas legais que ele próprio instituiu.

A maioria dos crimes ambientais é considerada de menor potencial ofensivo (com penas inferiores a dois anos ou com possibilidade de sanção somente por multa), o que faz com que os processos tramitem, na grande maioria dos casos, através de mecanismos como os termos circunstanciados e transações penais. Esses mecanismos permitem maior agilidade no andamento dos processos, e é comum a aplicação de penas restritivas de direito e pecuniárias, com o pagamento de valores monetários como forma de multa e/ou compensação pelos danos ambientais causados.

4.3 A PERÍCIA CRIMINAL NO BRASIL

A perícia é meio de prova, que deve ser embasado em aspectos técnico-científicos. Os especialistas responsáveis por sua realização são os peritos, que podem ser oficiais - isto é, funcionários públicos que trabalham em órgãos oficiais de perícia, designados por meio de concurso público - ou profissionais qualificados indicados pelo juiz para realizar uma perícia específica. Os peritos oficiais são competentes para atuar em casos criminais. Em ações civis comuns ou na falta de peritos oficiais, o juiz designa um ou mais especialistas de confiança com conhecimento técnico apropriado para realizar a perícia, que serão chamados de peritos judiciais (MARTINS e MARTINS, 2019).

De acordo com informações da Associação Nacional dos Perito Criminais Federais (2023):

“a perícia criminal é atividade típica de Estado, de cunho técnico-científico, prevista no Código de Processo Penal, Decreto-Lei nº 3.689/1941, que visa a analisar vestígios, sendo indispensável para elucidação de crimes” (BRASIL, 1941).

A legislação acerca da perícia criminal, está prevista do Código de Processo Penal, e que versa em seu artigo 158 prevê que “quando a infração deixar vestígios, será indispensável o exame de corpo de delito, direto ou indireto, não podendo supri-lo a confissão do acusado.” Este artigo é totalmente aplicável às infrações na

área ambiental, visto que na grande maioria das vezes, produzem vestígios, em vários níveis (BRASIL, 1941).

Já no artigo 159 da mesma legislação tem-se: “O exame de corpo de delito e outras perícias serão realizados por perito oficial, portador de diploma de curso superior”. No que diz respeito à valoração dos danos, os artigos 19 e 20 da Lei de Crimes Ambientais, apresentam e apontam o papel primordial na determinação do valor do dano causado ao meio ambiente (BRASIL, 1941).

A atividade é exercida pelo perito oficial, responsável pela produção da prova material, consubstanciada em laudo pericial, após a devida identificação, coleta, processamento e correta interpretação dos vestígios dentro dos limites estabelecidos pela ciência.

Sobre os laudos tem-se que no Art. 160. Os peritos elaborarão o laudo pericial, onde descreverão minuciosamente o que examinarem, e responderão aos quesitos formulados (BRASIL, 1941).

Já a lei 12.030 de 2009, que dispõe sobre as perícias oficiais, estabelece quem são os peritos oficiais de natureza criminal, a saber: peritos criminais, peritos médico-legistas e peritos odontologistas (BRASIL, 2009).

Os peritos criminais desenvolvem suas atribuições motivados por requisições provenientes de autoridades competentes, no interesse de procedimentos pré-processuais (inquéritos policiais) e processuais (processos judiciais) de natureza criminal, cabendo-lhes as mesmas suspeições dos juízes.

Por fim, no art. 280 do CPP. É extensivo aos peritos, no que lhes for aplicável, o disposto sobre suspeição dos juízes (BRASIL, 1941).

4.4 A PERÍCIA CRIMINAL EM GOIÁS

4.4.1 BREVE HISTÓRICO E ESTRUTURA ORGANIZACIONAL

De acordo com o sítio eletrônico da Polícia Científica de Goiás, 2023, o embrião da Superintendência de Polícia Técnico-Científica foram os Gabinetes Médico-Legal e de Identificação, criados pelo Decreto-Lei nº 234, de 6 de dezembro de 1944, no governo de João Teixeira Álvares Júnior, interventor federal no Estado de Goiás, o qual cria a Secretaria de Estado do Interior, Justiça e Segurança Pública (POLÍCIA CIENTÍFICA DE GOIÁS, 2023).

A Lei nº 13.456, de 16 de abril de 1999, editada no governo Marconi Ferreira Perillo Júnior, introduziu modificações na estrutura organizacional do Poder Executivo. A Secretaria da Segurança Pública passou a denominar-se Secretaria da Segurança Pública e Justiça.

Com o advento desta lei, a Superintendência volta a denominar-se Polícia Técnico-Científica e a subordinação hierárquica passa a ser diretamente ao Secretário da Segurança Pública. A estrutura organizacional da Superintendência continua a mesma.

Após muitas idas e vindas, mudanças de nomenclaturas e organogramas, atualmente a Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás reporta diretamente ao Secretário de Estado da Segurança Pública de Goiás.

Atualmente tramita no Senado Federal a Proposta de Emenda à Constituição nº 76, de 2019 (PEC da polícia científica), que visa: “Alterar a Constituição Federal, para incluir as polícias científicas no rol dos órgãos de segurança pública.” A explicação da emenda:

“Inclui entre os órgãos de segurança pública as polícias científicas, subordinadas aos Governadores dos Estados e dirigidas por perito oficial da ativa. A polícia científica exerce com exclusividade a perícia oficial de natureza criminal” (BRASIL, 2019).

Tal projeto visa a constitucionalização no art. 144 da CFB das Polícias Científicas Estaduais, visando autonomia e uniformização de todas os Institutos de Criminalística, visto que hoje algumas Polícias Científica estão subservientes à Polícia Civil, em outros estados são administrativamente independentes, e em algumas situações nem são considerados como policiais.

No estado de Goiás, no momento, 408 peritos criminais atendem o estado de acordo com o Portal da Transparência de Goiás (GOIÁS, 2023). De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2021 a população estimada para o estado era de 7.206.589, o que representa uma proporção de 1 perito criminal para aproximadamente 17.664 habitantes. Sendo que a recomendação das Organizações das Nações Unidas – ONU é de que os países tenham um perito para cada cinco mil habitantes (ATLAS DA VIOLÊNCIA, 2019).

Adiante serão apresentadas mais informações das estruturas físicas e organizacionais de acordo com o sítio oficial da Polícia Científica de Goiás. As

estruturas físicas atuais em Goiânia são representadas pelo Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues (ICLR) e pelo Instituto Médico-Legal Aristoclides Teixeira (IMLAT).

O Instituto de Criminalística abarca várias divisões, grupos, laboratórios e seções especializadas que atendem a todo o estado de Goiás. Dentre as especialidades tem-se: Divisão de Perícias Externas (DPE) que compreende Grupo Especializado em Perícias de Crimes Contra a Vida, Grupo Especializado em Perícias de Patrimônio, Grupo Especializado em Perícias de Crimes de Trânsito.

Já a Divisão de Perícias Internas (DPI) possui o Laboratório de Biologia e DNA Forense, subdividido na Seção de Biologia Forense, Seção de DNA Forense e Seção de Perfis Genéticos; Seção de Balística Forense; Seção de Documentoscopia Forense; Seção de Engenharia Forense, dentre outras.

Com enfoque na área ambiental, existe o Laboratório de Perícias Ambientais (LPA) que é ordenado em quatro seções, que são: Seção de Análises Ambientais (SAM), Seção de Geoprocessamento (SEGEO) e Seção de Medicina Veterinária Aplicada à Fauna (SEMEV) e Seção de Exames de Local de Crime Ambiental (SELCA), sendo esta última seção a que realiza perícias em campo e que serão utilizadas como estudos de caso mais adiante.

Nas principais cidades do interior do estado, existem as chamadas Coordenações Regionais de Polícia Técnico-Científica (CRPTC), que atendem a todos os tipos de ocorrências de periciais criminais, inclusive de meio ambiente, no total de quatorze e que são complementadas por mais oito Postos de Atendimentos de Polícia Técnico-Científica (PAPTC), apresentados adiante:

- ✓ 1ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Aparecida de Goiânia;
- ✓ 2ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica da Cidade de Goiás;
- ✓ 3ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Formosa;
- ✓ 4ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Itumbiara;
- ✓ Posto de atendimento de Polícia Técnico-Científica de Morrinhos;
- ✓ Posto de atendimento de Polícia Técnico-Científica de Caldas Novas;

- ✓ 5ª CRPTC – Coordenação Regional Polícia Técnico-Científica de Rio Verde;
- ✓ Posto de atendimento de Polícia Técnico-Científica de Quirinópolis;
- ✓ 6ª CRPTC – Coordenação Regional Polícia Técnico-Científica de Ceres;
- ✓ 7ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Uruaçu;
- ✓ Posto de atendimento de Polícia Técnico-Científica de Porangatu;
- ✓ 8ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Catalão;
- ✓ 9ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Iporá;
- ✓ Posto de atendimento de Polícia Técnico-Científica de Aragarças;
- ✓ 10ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Anápolis;
- ✓ 11ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico Científica de Jataí;
- ✓ Posto de atendimento de Polícia Técnico- Científica de Mineiros;
- ✓ 12ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Campos Belos;
- ✓ Posto de atendimento de Polícia Técnico-Científica de Posse;
- ✓ 13ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Goianésia;
- ✓ 14ª CRPTC – Coordenação Regional de Polícia Técnico-Científica de Luziânia;
- ✓ Posto de atendimento de Polícia Técnico-Científica de Águas Lindas.

Em resumo, apesar de existir no Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues – ICLR, o Laboratório de Perícias Ambientais – LPA especializado na área, todas as unidades periciais do estado podem e devem atender a demandas emergenciais de perícias criminais ambientais, dito isso, um Procedimento Operacional Padrão – POP, constando as bases de cálculos de valoração seria extremamente útil na persecução penal.

4.5 A PERÍCIA CRIMINAL AMBIENTAL EM GOIÁS

Como apresentado anteriormente, o Laboratório de Perícias Ambientais (LPA) que é dividido em quatro seções, que são: Seção de Análises Ambientais (SAM), Seção de Geoprocessamento (SEGEO) e Seção de Medicina Veterinária Aplicada à Fauna (SEMEV) e Seção de Exames de Local de Crime Ambiental (SELCA). A última, atende todo os 246 municípios de Goiás, realizando diversos exames, tais como: Exame de local de atividade potencialmente poluidora, Exame de Local de Dano Ambiental, Exame de Local de Degradação em Áreas Protegidas, Exame de Local de Desflorestamento, Exame de Local de Incêndios Florestais, dentre outros.

Utilizando-se o Sistema de Informações de Criminalística da Polícia Científica de Goiás – ODIN, compilou-se dados do quantitativo de perícias criminais requisitadas no ano de 2022 por autoridades tais como Delegados de Polícia, Juízes de Direito e Promotores de Justiça, totalizando 1937 requisições. Figuras 1 e 2.

Figura 1 – Compilado das requisições de perícias ao Laboratório de Perícias Ambientais da SPTC-GO em 2022. Fonte: ODIN, 2023.

Exame ¹	Quantidade
ANÁLISE DE DBO	35
ANÁLISE DE DQO	42
CONSTATAÇÃO DE REPARAÇÃO DE DANO AMBIENTAL	8
EXAME DE BENS PROTEGIDOS (OBRA DE ARTE, PEÇA ARQUEOLÓGICA E SACRA)	2
EXAME DE EDIFICAÇÕES PROTEGIDAS POR LEI (TOMBADAS)	2
EXAME DE IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIE VEGETAL (PLANTA, FRUTOS, FOLHAS E FLORES) OU PRODUTOS DE ORIGEM VEGETAL (MADEIRA PROCESSADA, TORA E CARVÃO)	57
EXAME DE LOCAL DE ATIVIDADE POTENCIALMENTE POLUIDORA (TODOS OS OUTROS EXCETO INDÚSTRIA E COMÉRCIO)	74
EXAME DE LOCAL DE COMÉRCIO (ATIVIDADE POTENCIALMENTE POLUIDORA)	24
EXAME DE LOCAL DE DANO AMBIENTAL (OBRA EM APP, VISTORIA EM FLORA)	590
EXAME DE LOCAL DE DEGRADAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS PROTEGIDAS	153
EXAME DE LOCAL DE DESFLORESTAMENTO	96
EXAME DE LOCAL DE DISPOSIÇÃO FINAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (ENTULHO, LIXÃO, ATERRO SANITÁRIO)	57
EXAME DE LOCAL DE EXTRAÇÃO MINERAL	28
EXAME DE LOCAL DE INCÊNDIOS FLORESTAIS (APP, RESERVA LEGAL, PARQUES, ÁREA PROTEGIDA)	189
EXAME DE LOCAL DE INDÚSTRIA / COMÉRCIO	11
EXAME DE LOCAL DE INDÚSTRIA (ATIVIDADE POTENCIALMENTE POLUIDORA)	15
EXAME DE LOCAL DE PARCELAMENTO DE SOLO (COM DANO AMBIENTAL EM APP, RESERVA LEGAL, PARQUES, ÁREA PROTEGIDA)	159

EXAME DE LOCAL DE POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	3
EXAME DE LOCAL DE POLUIÇÃO DO SOLO	21
EXAME DE LOCAL DE POLUIÇÃO HÍDRICA	57
EXAME DE LOCAL DE POLUIÇÃO SONORA	96
EXAME DE LOCAL DE POLUIÇÃO VISUAL	5
EXAME DE LOCAL DE PRODUÇÃO/MANIPULAÇÃO DE PRODUTOS DE ORIGEM ANIMAL	8
EXAME DE LOCAL INDÚSTRIA DE CARVÃO E CORRELACIONADOS	1
EXAME DE MAUS-TRATOS EM ANIMAIS	71
EXAME DE VISTORIA EM FLORA	6
EXAME DE VISTORIA RELACIONADO À FAUNA	9
EXAME EM LOCAL DE PICHACÃO	3
EXAME PERICIAL DE ANÁLISE EM DOCUMENTOS TÉCNICOS AMBIENTAIS	11
GEOREFERENCIAMENTO	43
PESQUISA DE COLIFORMES	44
PESQUISA DE SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS	11
VISTORIA EM OBJETO (PETRECHOS DE CAÇA / PESCA / DESMATAMENTO)	5
VISTORIA EM RPAS (DRONES)	1
TOTAL	1937

Destas, considerando-se apenas os exames que causam a supressão de vegetação nativa citados abaixo:

- Exame de local de dano ambiental (obra em APP, vistoria em flora);
- Exame de local de degradação ambiental em áreas protegidas;
- Exame de local de desflorestamento;
- Exame de local de incêndios florestais (APP, Reserva legal, parques, área protegida);
 - Exame de local de parcelamento de solo (com dano ambiental em app, reserva legal, parques, área protegida);
 - Exame de vistoria em flora.

Os números de tais exames totalizam 1193, sendo que apenas o “Exame de local de dano ambiental (obra em APP, vistoria em flora)” apresentou 590 requisições. Por fim, fazendo a divisão de 1193 com o somatório de todos os exames (1937) obtém-se o valor de 61,59%, ou seja, mais de 60% da demanda requisitada no estado de Goiás atinge a vegetação nativa, motivo este que influenciou na decisão de fazer tal pesquisa.

Figura 2 – Gráfico ilustrativo das requisições de perícias ao Laboratório de Perícias Ambientais da SPTC-GO em 2022



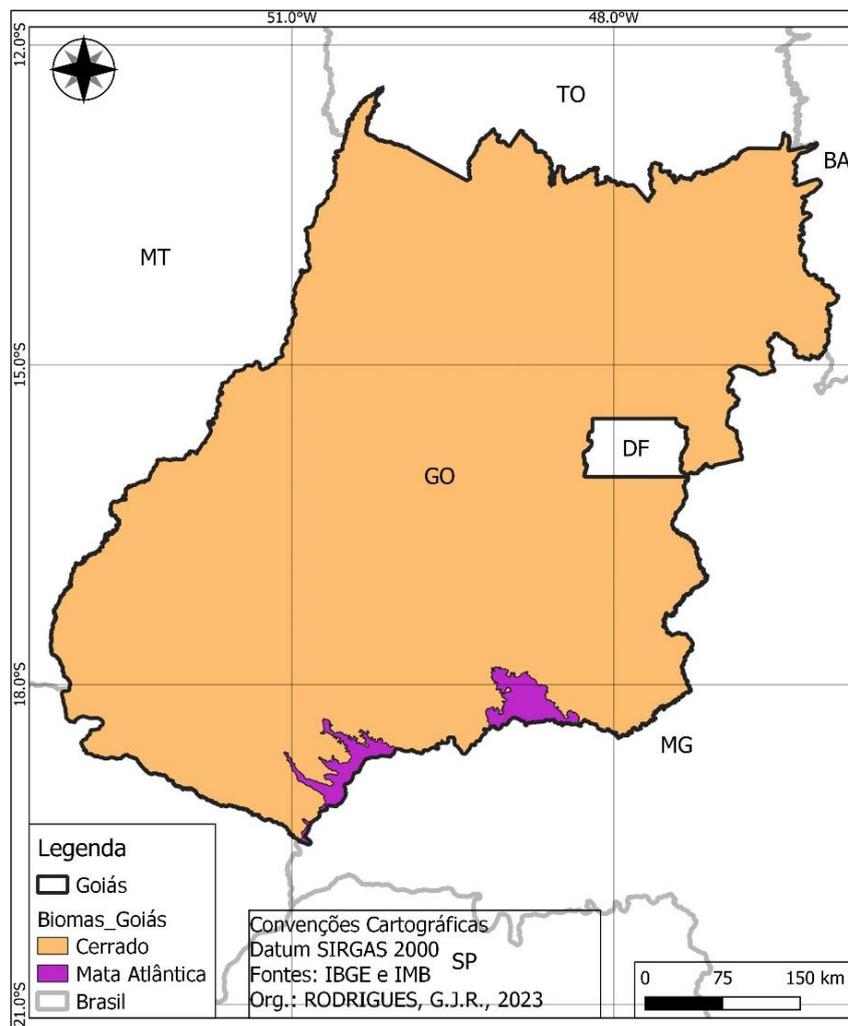
Fonte: ODIN, 2023

4.6 BIOMAS DE GOIÁS

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, o estado de Goiás possui 10 regiões de planejamento, constando 246 municípios totalizando população de 7.206.589 pessoas, área da unidade territorial de 340.242,856 km², área urbanizada de 2.005,27 km², sendo considerado o 7º maior em extensão territorial no Brasil e o 8º em área urbanizada (IBGE, 2021).

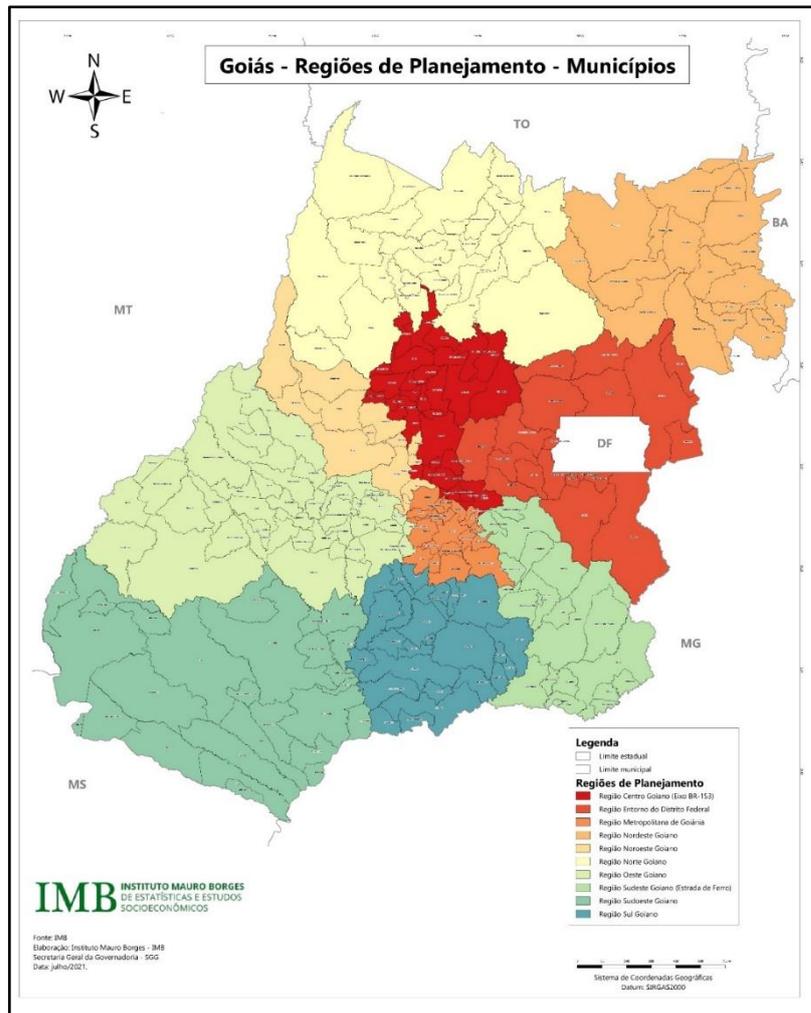
A região na qual se localiza o estado de Goiás se destaca por ser área central do Cerrado, estando quase toda ela inserida no bioma – com exceção de uma pequena porção (2,9%) nas regiões de planejamento Sul, Sudeste e Sudoeste de Goiás, divisas com o estado de Minas Gerais, que constitui domínio da Mata Atlântica (RIBEIRO; WALTER, 2008; SANO *et al.*, 2007). Cada um dos Biomas será abordado separadamente adiante, apresentando suas características. Figuras 3 e 4.

Figura 3 – Mapa de Biomas de Goiás



Fonte: O autor, 2023.

Figura 4 – Mapa das Regiões de Planejamento de Goiás



Fonte: Instituto Mauro Borges, 2021

4.6.1 BIOMA CERRADO EM GOIÁS

O Bioma Cerrado, localizado principalmente na região central do Brasil, possuindo diversidade biológica e única, abrigando uma grande variedade de espécies vegetais e animais, além de recursos hídricos fundamentais para a manutenção da vida em todo o país. No entanto, o desmatamento do Bioma Cerrado tem sido uma questão crítica nas últimas décadas, resultando em graves danos ambientais.

O bioma Cerrado é a mais extensa savana tropical sul-americana, que inclui grande parte do Brasil Central, fazendo limite com outros quatro biomas brasileiros: ao norte, com a Amazônia, a leste e a nordeste com a Caatinga, a leste e a sudeste com a Mata Atlântica e a sudoeste, com o Pantanal. Nas áreas de contato, existem

faixas de transição ou ecótonos. Nenhum outro bioma da América do Sul tem tantas zonas de contatos biogeográficos tão distintos, o que confere ao Cerrado um aspecto ecológico único (BRASIL, 2009, p. 19).

Sobre o bioma Cerrado, tem-se que ele é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando aproximadamente 21% do território nacional, e sendo superado em área apenas pela Amazônia (BORLAUG, 2017). O termo Cerrado é tradicionalmente utilizado para caracterizar o conjunto de ecossistemas (savanas, matas, campos e matas de galeria) que ocorrem no Brasil Central (EITEN, 1977; RIBEIRO *et al.*, 1981).

O bioma é considerado como um dos '*hotspots*' para a conservação da biodiversidade mundial, visto que, nos últimos 35 anos mais da metade dos seus 2 milhões de km² originais foram devastados e transformados em áreas de pastagens plantadas e culturas anuais. Devido a este fato, o Cerrado vem sofrendo perda substancial de sua rica flora, considerada a maior dentre as savanas do mundo (>7.000 espécies), com alto nível de endemismo (KLINK & MACHADO, 2005).

O cerrado é um complexo vegetacional que tem relações fisionômicas e ecológicas com outras savanas da região tropical das Américas e de continentes como África e Oceania, ocorrendo, no Brasil, em altitudes de 300 m a 1.600 m. Além do clima, tem influência na distribuição florística efeitos devido à fertilidade e propriedades físicas do solo, o relevo e a geomorfologia, a latitude, a frequência das queimadas, a profundidade do lençol freático, entre outros (SANO *et al.*, 2008, p. 39).

O Cerrado compreende um mosaico de diversos tipos de vegetação, incluindo savanas, matas, campos, áreas úmidas e matas de galeria. Tanta diversidade de fitofisionomias decorre da diversidade de solos, de topografia e de climas que ocorrem na região de sua ocorrência (BRASIL, 2009, p. 20).

A vegetação do Cerrado é composta por fisionomias que abrangem florestas, savanas, campos e veredas. O termo savana está relacionado a áreas com vegetação arbórea e arbustiva espalhada sobre um estrato gramíneo, sem que haja formação de dossel contínuo. Nos campos, predominam as espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando espécies arbóreas na paisagem (RIBEIRO e WALTER, 2008, p. 156).

O Bioma Cerrado é caracterizado por uma grande diversidade de fitofisionomias, que variam de acordo com as condições climáticas e edáficas,

resultando em uma variedade de espécies e formas de vida. Dentre as fitofisionomias mais comuns no Cerrado, podemos citar:

- A Savana Florestada, também conhecida como Cerradão, possui dossel contínuo com cobertura das copas das árvores oscilando entre 50% e 90%. Essa cobertura varia com a estação do ano, sendo maior na estação chuvosa (novembro a abril) do que na seca (maio a outubro). A altura média dos espécimes arbóreos pode variar de 8 a 15 m, o que proporciona condições de luminosidade para a formação dos estratos herbáceo e arbustivo diferenciados (RIBEIRO e WALTER, 2008, p. 172).

- O Cerradão apresenta fisionomia típica e característica restrita a áreas areníticas lixiviadas com solos profundos, que ocorrem em um clima tropical estacional. Possui sinúsias lenhosas de micro e nanofanerófitos, com caules tortuosos de ramificação irregular. Em alguns locais, onde a altura das árvores é maior, o Cerradão é muito semelhante fisionomicamente a Florestas Estacionais, embora apresentando composição florística diferente. Apresenta relvado hemicriptófito, permeado com plantas lenhosas raquílicas e palmeiras anãs (IBGE, 2012, p. 113).

- A Savana Arborizada (Cerrado *scrito sensu*) apresenta árvores de pequeno porte, inclinadas e tortuosas, com ramificações irregulares, geralmente submetida periodicamente à ação do fogo. A vegetação arbustiva e subarbustiva encontra-se espalhada na paisagem, sendo que algumas espécies possuem órgãos vegetativos subterrâneos, que rebrotam após as queimadas. De acordo com a densidade da vegetação, o cerrado sentido restrito pode apresentar cobertura das copas entre 50% e 70% com altura média entre 5 m e 8 m no Cerrado Denso, de 20% a 50% com altura média entre 3 a 6 m no Cerrado Típico e de 5% a 20% com altura média de 2 m a 3 m no Cerrado Ralo (RIBEIRO e WALTER, 2008, p. 174 e 176).

- A Savana Parque é essencialmente constituída por um estrato graminoide, composto por hemicriptófitos e geófitos entremeados por nanofanerófitos isolados, com aparência típica de um “Parque Inglês” (Parkland). Algumas vezes, ocorre naturalmente com feição de campos litossólicos e/ou rupestres (IBGE, 2012, p. 117).

- A Savana Parque caracteriza-se por apresentar árvores agrupadas em pequenas elevações do terreno, conhecidas como “murundus” ou “monchões”. Nesses agrupamentos arbóreos, os indivíduos possuem altura média entre 3 m e 6 m, com cobertura de 50% a 70%. Como nas depressões, a cobertura cai para praticamente 0%, a cobertura arbórea no total da paisagem desta tipologia vegetal fica entre 5 e 20% (RIBEIRO e WALTER, 2008, p. 178-179).

- A Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo-limpo-de-cerrado) é constituída predominantemente por estrato graminoide entremeado de plantas lenhosas raquíticas, ocupando áreas extensas onde predominam hemicriptófitos que, quando manejados por queimada ou pastoreio, vão sendo substituídos por geófitos que se diferenciam por possuir colmos subterrâneos que são mais resistentes ao pisoteio e ao fogo (IBGE, 2012, p. 118).

- O Campo Limpo pode ser encontrado em diferentes posições topográficas, com variações quanto à umidade e à profundidade e umidade do solo. No entanto, é mais facilmente encontrado nas encostas, nas chapadas, nos olhos d'água e no entorno das Veredas, comumente em Neossolos Litólicos, Cambissolos ou em Plintossolos Pétricos (RIBEIRO e WALTER, 2008, p. 185).

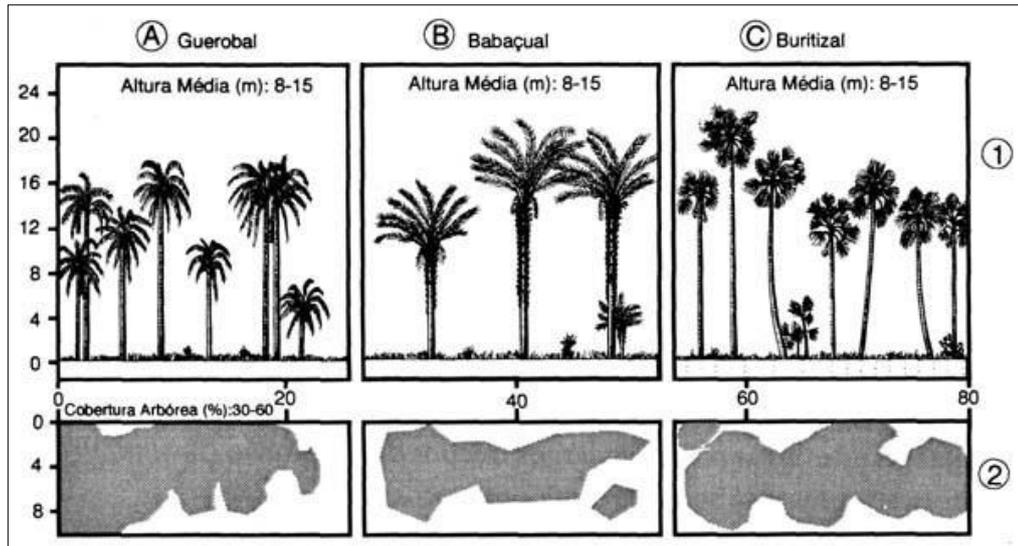
- Vereda é uma vegetação de áreas úmidas, com presença de palmeiras, gramíneas e arbustos, além de cursos de água sazonal. São encontradas em solos com elevada disponibilidade hídrica, principalmente em áreas de várzea.

Sobre as veredas e buritizais, o CFB (Art. 3º, XII) traz a seguinte definição de vereda: fitofisionomia de savana, encontrada em solos hidromórficos, usualmente com a palmeira arbórea *Mauritia flexuosa* – buriti emergente, sem formar dossel, em meio a agrupamentos de espécies arbustivo-herbáceas.

Dossel pode ser definido como cobertura florestal formada pela copa das árvores. O texto legal é compatível com os trabalhos de Ribeiro e Walter (2008), que consideram que na presença de dossel relacionado à palmeira buriti, temos o buritizal.

Para os citados autores e texto, muitas vezes o “Buritizal” tem sido referido como Vereda, uma formação vegetal em que há, necessariamente, uma camada arbustivo-herbácea acompanhando o buriti, sem a formação de uma cobertura contínua (dossel) e sem um trecho de campo associado. Figura 5.

Figura 5 – Buritizal. Destaque para caracterização de dossel no diagrama inferior



Fonte: Ribeiro e Walter (EMBRAPA), 2008

Não obstante a correlação de vereda a não formação de dossel realizada pelo CFB, ocorrem diferentes definições sobre o tema.

De acordo com Novaes (1993), *apud* Dourado (2013), veredas “são ambientes alagados ou brejosos onde o nível da água flutua sazonalmente, localizado nos fundos de vales na província do Cerrado e caracterizado pela presença de buriti.”

Para Ferreira (2006), *apud* Bastos (2010), “são espaços brejosos ou encharcados, com nascentes ou cabeceiras de cursos d’água sobre solos hidromórficos, caracterizados sempre por renques de buritis do brejo (*Mauritia vinifera* e/ou *Mauritia flexuosa*)”.

Independente da classificação adotada, o buriti é espécie marcante nas veredas e/ou buritizais do Brasil central, estando vinculado aos locais com afloramentos naturais de águas.

Em compatibilidade ao explanado, publicação EMBRAPA traz o buritizal como formação florestal: “no Buritizal há formação de dossel descontínuo, embora não haja uma vegetação arbustivo-herbácea associada da maneira típica como na Vereda. O dossel do Buritizal possui altura variável de 12 a 20 metros e forma uma cobertura quase homogênea ao longo do ano, variável de 40% a 70%. Como referido antes, em sentido puramente fisionômico alguns trechos com Buritizal devem ser considerados formações florestais, o que também vale para determinados trechos com outras espécies de palmeiras arbóreas.”

Pode-se citar algumas espécies de destaque da vegetação nativa do cerrado e seus locais de ocorrência, tais como: *Caryocar brasiliense* (pequizeiro), da família *Caryocaraceae*; Cerradão, cerrado (stricto sensu), campo sujo, campo com murundus; *Astronium fraxinifolium* Schott ex Spreng. (gonçalo-alves), da família *Anacardiaceae*; *Anadenanthera* sp. (angico) da família *Fabaceae*; Mata de galeria. Mata seca, cerradão *Myracrodruon urundeuva* (aroeira) da família *Anacardiaceae* Habitat: Mata Ciliar, Mata Seca (Semidecídua, Decídua), Carradão, Cerrado (stricto sensu); *Apuleia leiocarpa* (J. Vogel) J. F. Macbr. (garapeira), da família *Leguminosae-Caesalpinaceae*; *Dipteryx alata* (baru), da família *Fabaceae*: Mata de galeria, mata seca semidecídua, cerradão, Cerrado (stricto sensu); *Tabebuia aurea* (ipê-amarelo), da família *Bignoniaceae*. Mata de galeria, mata seca, cerradão, cerrado (lato sensu); *Mauritia flexuosa* (buriti), da família *Arecaceae*; Mata ciliar, mata de galeria, vereda, palmeiral, brejo e *Croton urucurana* (sangra d'água), da família *Euphorbiaceae* (VELOSO *et al.*, 1991, p. 87).

Essas são apenas algumas das fitofisionomias do Cerrado, que podem variar bastante em relação à altura e densidade da vegetação, além de outros fatores como a presença de água e fogo. Figura 6.

Tendo-se como foco nas supressões de vegetações nativas que ocorrem no globo terrestre, é importante frisar que elas causam diversos danos ao meio ambiente, incluindo:

- Perda de biodiversidade: As florestas são habitats de uma grande variedade de espécies de plantas e animais. Quando uma área é desmatada, muitas espécies perdem seus habitats, o que pode levar à extinção.
- Erosão do solo: As raízes das árvores ajudam a prender o solo e evitam a erosão. Quando as árvores são removidas, o solo pode ser levado pela chuva e ventos.
- Alteração do ciclo da água: As florestas ajudam a regular o ciclo da água. Quando são removidas, menos água é retida e mais escoada pela superfície, podendo causar enchentes e deslizamentos de terra.
- Mudanças climáticas: As florestas ajudam a absorver o dióxido de carbono da atmosfera, um dos principais gases responsáveis pelo efeito estufa. Quando são desmatadas, ocorre uma liberação significativa de dióxido de carbono, contribuindo para o aquecimento global.

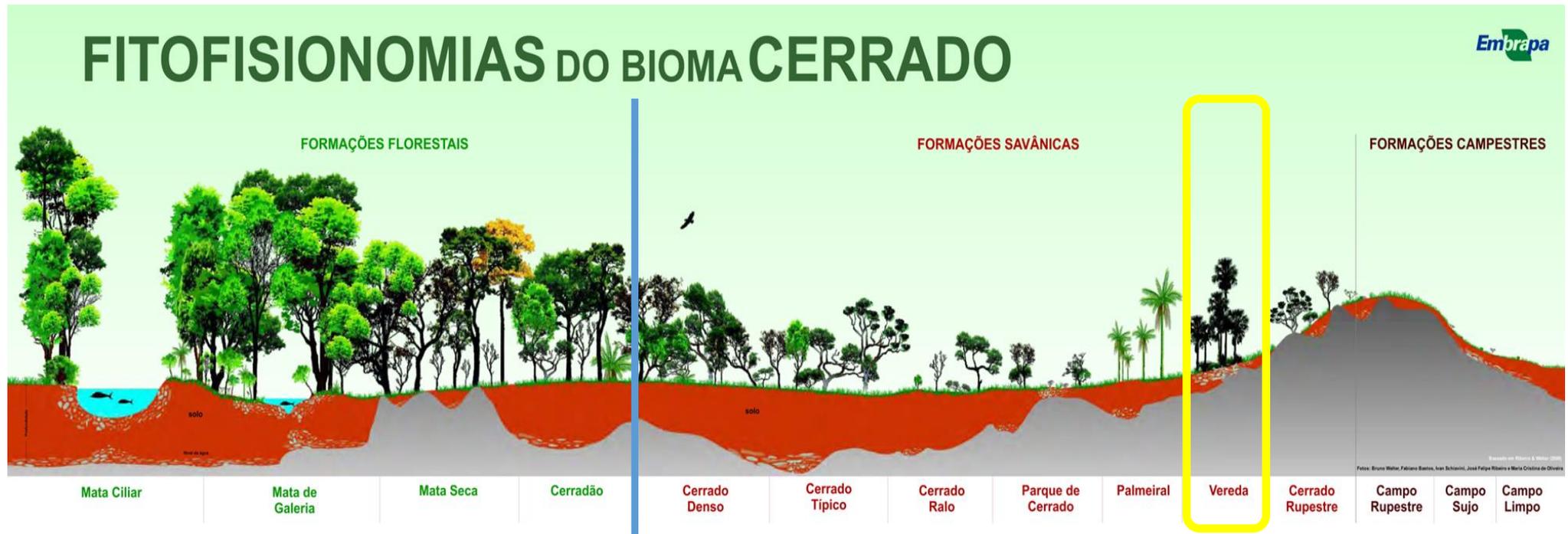
- Perda de serviços ecossistêmicos: As florestas fornecem uma série de serviços ecossistêmicos, incluindo regulação do clima, regulação hídrica, polinização, controle de pragas, entre outros. Quando são desmatadas, esses serviços são perdidos.

Sobre as Unidades de Conservação de Uso Sustentável ou de Conservação Integral, o estado de Goiás possui 23 unidades de conservação, sendo 13 pertencentes ao grupo de proteção integral (12 parques e 1 estação ecológica) e 10 ao grupo de uso sustentável (08 áreas de proteção ambiental, 1 floresta estadual e 1 área de relevante interesse ecológico) (GOIÁS, 2023).

Eles promovem a conservação e pesquisa da biodiversidade, da água, do solo, da regulação do clima, da geração de energias renováveis e da produção de medicamentos, gerando mais renda e lazer para cidadãos e visitantes (GOIÁS, 2023).

Os parques estaduais goianos possibilitam a realização de pesquisas científicas do uso sustentável dos recursos naturais e do desenvolvimento de atividades de educação e de interpretação ambiental, além de recreação e turismo ecológico (GOIÁS, 2023).

Figura 6 – Fitofisionomias do Bioma Cerrado no Estado de Goiás¹



Fonte: EMBRAPA, 2006

¹ Seta azul dividindo as fitofisionomias entre florestais e savânicas/campestres. Polígono amarelo indicando a fitofisionomia vereda

4.6.2 BIOMA MATA ATLÂNTICA EM GOIÁS

A expressão “Mata Atlântica”, de uso comum na literatura, simplesmente é um indicativo que a floresta está próxima ao Oceano Atlântico, entretanto existem várias reentrâncias desse importante bioma no interior do Brasil (GUEDES *et al.*, 2005, p. 42).

O Bioma Mata Atlântica avança nas áreas da Bacia do Rio Paranaíba no Estado de Goiás – Municípios de Marzagão, Água Limpa, Corumbaíba, Morrinhos, Buriti Alegre e Itumbiara onde existe área mapeada com características florestais (Floresta Estacional Decidual e Semidecidual), circundada por áreas de contato entre Florestas e Savanas (IBGE, 2019).

Já nos municípios de Quirinópolis, Gouvelândia, Inaciolândia, Cachoeira Dourada e Itumbiara, ocorrem extensas áreas de contato entre vegetação florestal e savanas, com indicação de predomínio de vegetação de Savana. Dessa forma, foram consideradas, nesses trechos, como pertencentes ao Bioma Mata Atlântica, apenas as áreas mapeadas como Florestas. Salienta-se que se trata de uma região onde ocorreu intensa antropização (IBGE, 2019).

O Estado de Goiás é o único dos que integram o bioma Mata Atlântica que não possui regulamentação pelo CONAMA, prevista no art. 4º, da Lei nº 11.428/2006.

Devido ao fato de corresponder a pequena porção do estado de Goiás, apesar de extrema importância, esse bioma não será abordado nesse trabalho, que tem como enfoque a vastidão do Bioma Cerrado no estado.

4.7 SERVIÇOS AMBIENTAIS PRESTADOS POR ECOSISTEMAS FLORESTAIS

COSTANZA, *et al.*, 1997 versa que: o conceito de bens e serviços tem origem nas ciências econômicas. Bens são definidos como tudo aquilo que seja útil ao homem, com ou sem valor econômico - ex: madeira, alimentos, fármacos, resinas, óleos, água e outros. Os serviços são prestações de assistência ou realização de tarefas que contribuem para satisfazer as necessidades humanas, sejam elas individuais ou coletivas - ex: sequestro de carbono, regulação do clima, regulação do

ciclo hidrológico, controle de erosões e outros. Os principais bens e serviços que os ecossistemas florestais fornecem são:

- matérias-primas - madeira, combustíveis e fibras;
- material genético;
- controle biológico;
- alimento - pesca, caça, frutos, sementes;
- produtos farmacêuticos;
- recreação, ecoturismo e lazer;
- recurso educacional;
- cultural - estético, artístico, científico e espiritual;
- controle de erosão, enchentes, sedimentação e poluição;
- armazenamento de água em bacias hidrográficas, reservatórios e aquíferos;
- controle de distúrbios climáticos como tempestades, enchentes e secas;
- proteção de habitats utilizados na reprodução e migração de espécies;
- tratamento de resíduos e filtragem de produtos tóxicos;
- regulação dos níveis de gases atmosféricos poluentes;
- regulação de gases que afetam o clima;
- ciclagem de minerais.

Atualmente, as preocupações com o desmatamento e as mudanças do clima têm demonstrado a necessidade de valorar e remunerar economicamente os bens e os serviços ecossistêmicos, mesmo diante de valores subjetivos (ex: valor cultural) e das limitações metodológicas e práticas de mensuração (SEROA DA MOTTA, 1997).

As florestas são importantes ecologicamente por sua biodiversidade e pelos serviços ambientais que prestam. As florestas naturais são as maiores fontes de diversidade biológica ou biodiversidade, que é uma das maiores riquezas do país, e ainda pouco conhecida. Essa variedade de organismos vivos pode tornar-se um bem econômico, como princípios ativos de plantas, como fonte de alimentos e, ainda, fonte de tecnologia através de bio-mimetismo (tecnologia que imita a natureza) (MYERS, 1997).

Os processos de antropizações promovidas em áreas de interações complexas, como áreas consideradas de preservação permanente ou áreas com afloramentos naturais de águas, determinam na quebra de um equilíbrio natural

existente entre os fatores bióticos e abióticos, com danos que repercutem em cadeia pelos ecossistemas, visto a importância ecológica destas áreas (SILVA, 2011).

Em relação à vegetação natural, marginal aos mananciais, ela tem função primordial, visto: que melhora e conserva a umidade do solo e do ar local; protege o solo de erosões e compactação; conserva os lençóis freáticos, tornando-se um alimentador das redes fluviais; funciona como banco de recursos genéticos, alimentares e habitats para espécies aquáticas e terrestres; permite a filtragem do ar atmosférico; e conserva e adiciona nutrientes ao solo (FERREIRA, 2004).

Quanto às matas ciliares, atuam como barreira física, regulando os processos de troca entre os ecossistemas terrestres e aquáticos e desenvolvendo condições propícias à infiltração. Sua presença reduz significativamente a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por sedimentos, resíduos de adubos e defensivos agrícolas, conduzidos pelo escoamento superficial da água no terreno (FERREIRA, 2004).

Antropizações que promovam a destruição de matas ciliares propiciam o aumento do escoamento da água da chuva, diminuindo sua infiltração e armazenamento no lençol freático. Com isso, reduzem-se as nascentes, os córregos, os rios e os riachos, com impactos às populações humanas e danos aos ecossistemas nativos (SILVA, 2011).

Nos ambientes simplificados, a procura dos alimentos demanda muito gasto de energia, além disso, a probabilidade do animal ser encontrado por um predador aumenta, colocando em risco a sobrevivência da prole. Por este motivo, os talhos homogêneos, como das florestas implantadas, distantes de reservas naturais e sem sub-bosque, apresentam populações animais muito reduzidas, compostas praticamente por indivíduos transitórios. A homogeneidade da vegetação é inversamente proporcional à diversidade da fauna em áreas florestais” (ALMEIDA, 1996).

Áreas destituídas de sub-bosque e serrapilheira podem ser consideradas ambientes simplificados

“Quantidades significativas de nutrientes podem retornar ao solo através da queda de componentes senescentes da parte aérea das plantas e sua posterior decomposição. Estes fragmentos orgânicos, ao caírem sobre o solo, formam uma camada denominada serapilheira” (ANDRADE, *et al.*, 2003).

4.8 LEGISLAÇÃO E VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS

Uma das grandes dificuldades na realização de uma perícia ambiental é a questão da valoração dos danos ambientais, etapa que tem grande importância no contexto dos processos jurídicos na esfera ambiental (VIEIRA, 2013).

Atualmente, a aplicação dos métodos tradicionais de valoração ambiental é inviável para a maioria dos órgãos oficiais de perícia, em função de suas estruturas limitadas, como efetivo reduzido e indisponibilidade de equipamentos de campo e de laboratórios de análises ambientais. Esta realidade faz com que a etapa da valoração dos danos ambientais muitas vezes seja desconsiderada, prejudicando, assim, o andamento dos processos jurídicos (VIEIRA, 2013).

A valoração de danos ambientais é fundamental para medir o impacto do desmatamento no Cerrado e para definir políticas públicas e estratégias de conservação mais eficazes. A valoração dos danos ambientais no Cerrado pode ser realizada por meio de diversas metodologias, incluindo a avaliação de ecossistemas, a valoração contingente e a valoração de recursos naturais. Essas metodologias permitem a quantificação dos impactos ambientais causados pelo desmatamento e a determinação do valor econômico desses impactos (ROMACHELI e SPINOLA 2011).

A avaliação de ecossistemas, por exemplo, considera a perda de serviços ecossistêmicos, como o fornecimento de água, a regulação do clima e a polinização de plantas, para calcular o valor dos danos ambientais. Já a valoração contingente consiste em questionários com a população para avaliar a disposição a pagar para proteger áreas de preservação permanente, como o Cerrado. Por fim, a valoração de recursos naturais mede o valor dos recursos naturais presentes no Cerrado, como a madeira e os minérios (ROMACHELI e SPINOLA 2011).

Em relação à legislação pertinente, a Lei de Crimes Ambientais em seu art. 19 diz: “A perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa. Como complemento, tem-se no art. 20 que “A sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente” (BRASIL, 1998).

Os danos ambientais provocados em geral prejudicam a fauna, a flora, solo, água, ar e as populações. O termo dano ambiental é definido por: “todo dano causado diretamente ao meio ambiente assim considerado, independentemente de suas repercussões sobre as pessoas e sobre os bens”. Entretanto, não se pode afirmar que toda alteração negativa do meio ambiente pode ser qualificada como poluição ou dano (ALMEIDA, 2010).

A valoração do dano ambiental implica a existência de prejuízo a um bem ou a um recurso. Segundo Seroa da Motta (1997), "atribuir um valor econômico a um recurso ambiental envolve estabelecer quanto a mudança na quantidade de bens e serviços ambientais afetará o bem-estar das pessoas, seja por meio da utilização ou não desses recursos". Portanto, atribuir valor a algo é uma ação intrinsecamente subjetiva, mas que a ciência procura tornar sistemática e reproduzível. Para fazer sentido, a valoração deve ter um objeto e uma finalidade claramente definidos.

A avaliação dos danos ambientais é uma tarefa extremamente delicada, especialmente agora que a sociedade está ciente de que a espécie humana está modificando o planeta de uma maneira que pode tornar a sua própria sobrevivência inviável e que os recursos naturais são limitados, como foi afirmado por Hardin em 1968 com sua teoria da tragédia dos comuns. É por isso que Nogueira (2000) e Seroa da Motta (1997) afirmam que a valoração ambiental sempre será parcial e incompleta.

Há indícios de que a valoração de danos ambientais no Cerrado já é utilizada por órgãos de perícia oficial em outras unidades da federação tal como pela Polícia Civil do Distrito Federal, através de trabalho de peritos criminais como citado em Almeida, 2010.

Em Goiás, sabe-se que o Ministério Público do estado através de seus técnicos periciais faz uso de metodologias de valoração de danos ambientais.

No entanto, essa abordagem ainda enfrenta desafios significativos, incluindo a dificuldade em quantificar os impactos ambientais e o fato de que os valores monetários dos danos ambientais muitas vezes não refletem o valor intrínseco da natureza.

4.9 VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS

A missão de avaliar financeiramente um dano ambiental específico ainda não foi totalmente resolvida de maneira consensual na comunidade acadêmica. Existem várias abordagens disponíveis atualmente, mas ainda há desafios na implementação dessas abordagens, além de críticas aos princípios teóricos subjacentes a elas.

A compreensão do valor de um objeto, recurso ou serviço geralmente está relacionada às preferências e aos benefícios que eles trazem para os seres humanos. Quando se trata de bens e serviços ambientais, a opinião predominante, especialmente entre os economistas, segue essa mesma perspectiva (PEARCE, 1992).

Em geral, a valoração de danos ambientais é uma ferramenta importante para ajudar a tomar decisões informadas sobre questões ambientais e para assegurar que as empresas e os governos sejam responsabilizados pelos danos causados ao meio ambiente. No entanto, é importante lembrar que a valoração de danos ambientais pode ser complexa e envolve muitos fatores, incluindo questões éticas e valorações subjetivas.

Por exemplo, Pearce (1992) divide o valor de um bem ou serviço ambiental em quatro componentes principais: o valor de uso direto (VUD), o valor de uso indireto (VUI), o valor de opção (VO) e o valor de existência (VE) e que podem ser definidos por Motta, 1997, como:

- Valor de Uso Direto (VUD) - quando o indivíduo se utiliza atualmente de um recurso, por exemplo, na forma de extração, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto;
- Valor de Uso Indireto (VUI) - quando o benefício atual do recurso se deriva das funções ecossistêmicas, como, por exemplo, a proteção do solo e a estabilidade climática decorrente da preservação das florestas;
- Valor de Opção (VO) - quando o indivíduo atribui valor em usos direto e indireto que poderão ser optados em futuro próximo e cuja preservação pode ser ameaçada. Por exemplo, o benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais ainda não descobertas de plantas em florestas tropicais;
- Valor de Existência (VE), ou valor de não-uso, refere-se ao valor inerente aos recursos naturais, simplesmente por existirem. É o valor intrínseco desses recursos, independentemente de sua utilização direta ou indireta pelos seres

humanos ou de suas preferências individuais. Esse componente apresenta os maiores desafios para sua avaliação, pois envolve questões éticas e morais, além de se basear em conceitos subjetivos que podem variar de acordo com os contextos sociais, econômicos, culturais e políticos da sociedade.

Visando facilitar o estudo e aplicação metodológica, neste trabalho o valor de quase-opção será incorporado ao valor de opção (VO), no sentido de que ambos são referentes às possibilidades de uso futuro de dado recurso ambiental, mesmo que haja diferenças teóricas quanto ao conhecimento acerca de tal uso.

É importante ressaltar que determinar o Valor de Uso Indireto (VUI) e o Valor de Opção (VO) nem sempre é uma tarefa simples, dada a limitação do conhecimento científico sobre os processos ecológicos e as relações que garantem a existência da vida humana. Além disso, o valor de muitos dos serviços ambientais prestados pelos ecossistemas naturais é inestimável, pois são fundamentais para a sobrevivência da humanidade. Por exemplo, como estabelecer um valor monetário para o ar que respiramos ou para a água que bebemos? Esses recursos não são supérfluos que podem ser escolhidos com base nas tradicionais relações de oferta e demanda do mercado.

Em relação ao valor de existência (VE), podemos questionar e refletir com perguntas bastante simples e ao mesmo tempo complexas: como determinar um valor para um determinado organismo da fauna ou flora? É possível que haja um preço para a madeira ou para a compra do animal, inclusive no mercado negro, mas quanto vale a vida daquele indivíduo dentro do contexto do ecossistema em que ele vive? E quanto vale a espécie como um todo? Como avaliar os danos causados pela extinção da espécie? Do ponto de vista ético, esses valores, juntamente com muitos outros relacionados ao valor de existência de bens e serviços ambientais, são intangíveis e, portanto, impossíveis de serem estabelecidos de maneira justa por meio das concepções humanas. Podem ser considerados valores virtualmente infinitos.

Nesta perspectiva sobre o valor dos recursos ambientais, a avaliação dos danos ambientais nos confronta com um paradoxo em relação à inviabilidade de aplicação de uma metodologia ideal. De um lado, limitações científicas, éticas e morais impediriam a determinação de valores confiáveis para os valores indiretos, de opção e de existência, tendo em conta, por exemplo, o simples direito de toda e qualquer indivíduo no planeta à existência, independentemente da espécie, incluindo

as futuras gerações humanas. Por outro lado, a sistemática atual da justiça brasileira, dentro de um paradigma cartesiano e mecanicista, requer e confere grande importância à avaliação dos prejuízos ambientais, pois isso fornece informações essenciais para a tomada de decisão dos operadores do direito, garantindo que, em última instância, a condução dos processos jurídicos cumpra sua função de assegurar a conservação e o uso racional dos recursos naturais.

4.9.1 MÉTODO DE VALORAÇÃO DE RECURSOS AMBIENTAIS

Segundo a classificação adotada por Pearce (1992), Seroa da Motta (1997) e Maia (2002), o valor econômico dos recursos naturais pode ser agrupado na fórmula do Valor Econômico Total (VET) ou VERA (Valor Econômico de Recurso Ambiental) (Figura 7):

$$\text{VERA} = (\text{VUD} + \text{VUI} + \text{VO}) + \text{VE}$$

onde:

VERA: valor econômico dos recursos ambientais;

VUD: valor de uso direto;

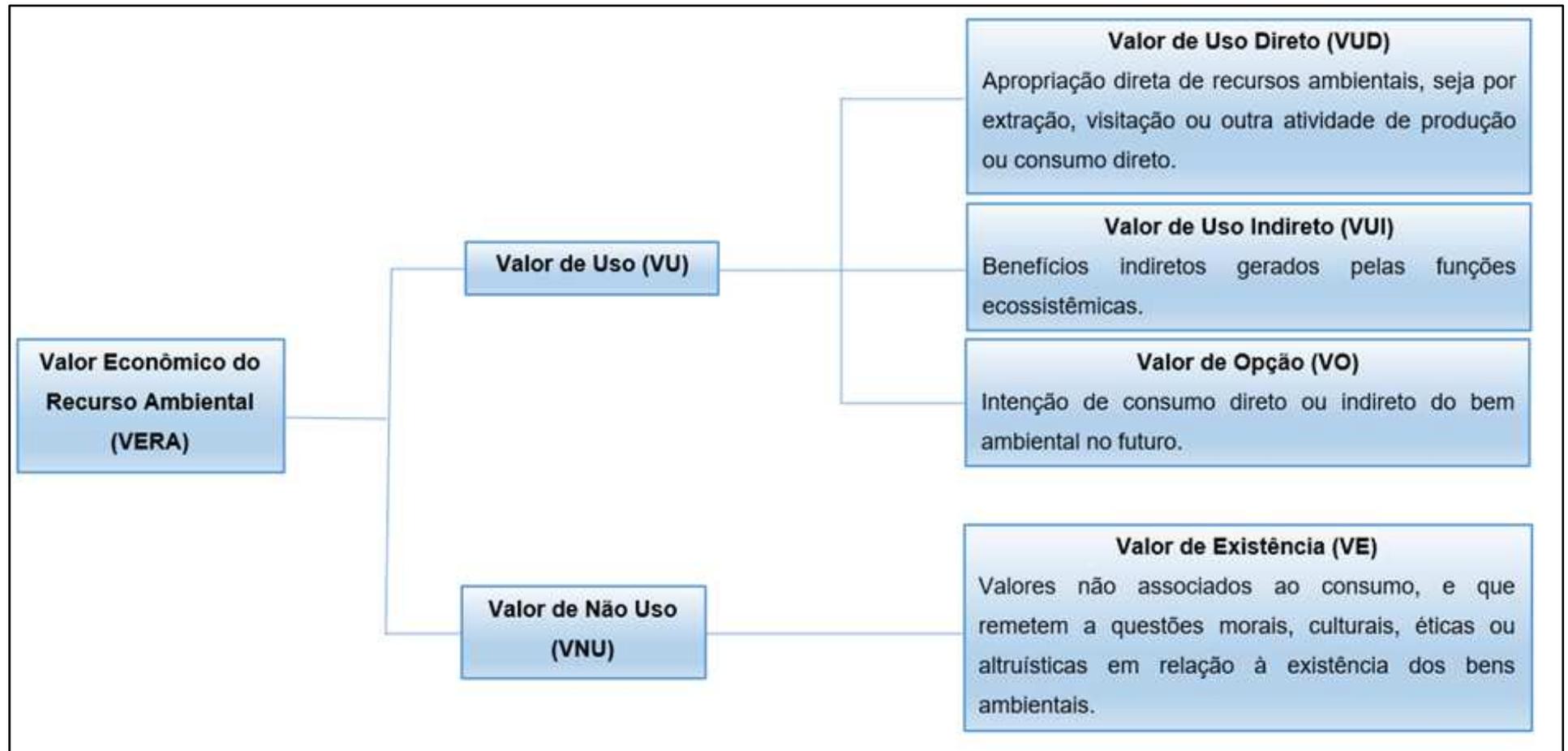
VUI: valor de uso indireto;

VO: valor de opção; e

VE: valor de existência

Entre os elementos especificados para o VERA, só o VUD pode ser claramente determinado através de uma avaliação de preços no mercado convencional. Apesar disso, temos conhecimento de que os montantes fixados para um dado produto no mercado raramente refletem seu verdadeiro valor em relação aos recursos consumidos e ao trabalho empregado, visto que vários procedimentos fabris não são conduzidos de modo socialmente correto e ecologicamente responsável, sobretudo em nações menos avançadas.

Figura 7 – Valor Econômico do Recurso Ambiental



4.9.2 MÉTODO DO CUSTO DE REPOSIÇÃO (MCR)

O Método de Custo de Reposição (MCR) é um dos métodos indiretos utilizados para avaliar os recursos ambientais economicamente. Conforme definido pela ABNT (2008), esse método estima os custos necessários para recuperar a capacidade produtiva e as funções ecossistêmicas de um recurso ambiental danificado. O MCR consiste em avaliar os custos envolvidos na reposição de um recurso ambiental que foi degradado. Nogueira *et al.* (1998, p. 17) afirmam que "talvez este método apresente uma das ideias intuitivas mais básicas quando se pensa em prejuízo: reparação por um dano provocado."

Ele pressupõe que as perdas de bens e serviços ambientais serão corrigidas com a reposição da qualidade ambiental. Portanto, são calculados os custos de reposição do ambiente degradado, que incluem os gastos com engenharia, implementação e monitoramento da reposição, bem como a perda econômica que ocorreu desde o momento da degradação até a total recuperação. Esse valor de perda anterior à total recuperação é equivalente ao custo de reposição multiplicado por uma taxa social de retorno do capital, aplicada ao longo do tempo de reposição.

O MCR (Método do Custo de Reposição) é um método utilizado para estimar o valor do dano ambiental em casos de danos causados ao meio ambiente. Uma das principais vantagens do MCR é sua simplicidade e praticidade, pois não requer complexos levantamentos de dados em campo nem análises estatísticas ou econométricas aprofundadas. Além disso, pode ser aplicado universalmente, podendo ser usado em qualquer região por meio de uma pesquisa de preços com base em valores disponíveis no mercado tradicional de bens e serviços (NOGUEIRA *et al.*, 1998).

O MCR é um método amplamente utilizado para avaliar ecossistemas florestais, uma vez que é relativamente fácil elaborar um orçamento contendo os custos com insumos e serviços para recompor ou restaurar uma floresta. No entanto, é importante ressaltar que, ao buscar restaurar um ecossistema degradado, o objetivo não é obter uma floresta idêntica àquela que foi degradada, já que isso seria ecologicamente impossível. Segundo a definição da Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (Lei nº 9.985, de 18/07/2000), a restauração visa a restituição de um ecossistema degradado o mais próximo possível de sua condição

original. Ou seja, o processo de restauração tem por finalidade substituir a floresta degradada por uma com função ecológica equivalente, ainda que em época futura.

Nessa linha de pensamento, Magliano (2013) afirma que, ao realizar a valoração ambiental, é possível listar as etapas da recuperação ambiental e seus custos aproximados, levando em consideração o retorno a um padrão ambiental anteriormente verificado ou legalmente estabelecido. Essas etapas podem incluir a readequação topográfica, o plantio de mudas, a construção de estruturas de drenagem, a demolição de edificações irregulares, a remoção de entulhos ou o uso de infraestruturas alternativas em decorrência da degradação. No entanto, considerando que os métodos de reparação ou reposição podem variar substancialmente, em determinados casos, a definição de etapas pode exigir a prévia escolha de um método de recuperação específico em detrimento de outros com custos e benefícios diferentes.

Para utilizar o MCR em um caso de degradação florestal, por exemplo, é necessário fazer o orçamento dos custos envolvidos na reposição da vegetação original, tais como o valor do projeto, das mudas, da construção de cercas, da fertilização, da mão-de-obra e do monitoramento, conforme apontado por Vieira (2013) perito criminal do IGP/SC - Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina.

O MCR (conjugado ou não com outras metodologias) tem sido utilizado por profissionais da área de meio ambiente em diferentes órgãos federais e estaduais, principalmente para o cálculo do valor do dano ambiental (CORDIOLI, 2013).

No entanto, uma das desvantagens do MCR é que ele não permite estimar as parcelas referentes ao Valor de Uso Direto (VUD) e Valor de Uso Indireto (VUI) dos recursos naturais. Isso ocorre porque o método não internaliza o fator temporal e a perda dos serviços ambientais prestados pelo ecossistema, o que pode levar a valores extremamente subestimados.

Para minimizar essas limitações, foram propostas algumas adaptações do MCR. Uma delas é o método do "fator ambiental", proposto por Romanó (1999), no qual se aplica um adicional de 100% sobre o valor do custo de reposição como forma de incluir os valores intangíveis no cálculo do valor do dano ambiental.

Outra proposta, de Almeida (2010), envolve uma parte objetiva correspondente aos custos de reposição e uma parte subjetiva, integrada por meio da aplicação de dois fatores de correção de acordo com o macrozoneamento da área e sua inserção em alguma Unidade de Conservação (UC) ou em Área de

Preservação Permanente (APP). Além disso, esse método estabelece um coeficiente para avaliar a perda de lucro, levando em consideração o período transcorrido entre a data em que ocorreu o dano ambiental e a data em que a área for reabilitada, bem como a maneira como ocorreu a degradação e se houve alguma espécie de recuperação natural.

É importante ressaltar que os coeficientes corretivos foram criados pelo autor e têm como base a legislação local do Distrito Federal, voltada para o Bioma do Cerrado, condizente com o objetivo deste trabalho. Importante frisar que cada adaptação do MCR possui vantagens e limitações específicas, e a escolha do método mais adequado dependerá das características do caso em questão e das informações disponíveis.

4.9.3 DEMAIS MÉTODOS DE VALORAÇÃO DANOS AMBIENTAIS

Seroa da Motta (1997), mostra que além deste método abordado no tópico anterior, várias outras vertentes de métodos existem e são utilizados, a depender das características e interesse na valoração de danos ambientais:

- Método de Preços Hedônicos (MPH), que busca identificar as características ambientais de um determinado local que agregam valor a um determinado produto e, a partir daí, estabelecer o valor implícito advindo destas características ambientais;
- Método Custos de Viagem (MCV), se propõe a estabelecer o valor dos recursos ambientais através do levantamento dos custos associados à utilização de um sítio natural, para fins de visitação e/ou recreação;
- Método de Valoração Contingente (MVC), baseado na criação de um mercado hipotético que busca avaliar a disposição dos consumidores a pagar por bens e serviç os ambientais ou a receber compensação pela falta deles;
- Método de Produtividade Marginal (MPM), também conhecido como método dose-resposta, procura fazer uma relação entre a deterioração da qualidade de um determinado recurso ambiental e as consequências em um processo produtivo que dependa de alguma forma deste recurso ambiental;
- Método de Custos Evitados (MCE): também denominado gastos defensivos, baseia-se em uma estimativa do valor dos recursos ambientais com

base na avaliação dos gastos realizados para substituir estes recursos na hipótese de sua indisponibilidade quantitativa ou em função de sua degradação;

4.9.4 DESAFIOS NA APLICAÇÃO DE MÉTODOS DE VALORAÇÃO DANOS AMBIENTAIS NA PERÍCIA CRIMINAL

Tem-se ciência que o tema avaliação e valoração de danos ambientais apresenta grande complexidade, e deste modo o desenvolvimento de novos métodos e a melhoria daqueles já existentes são áreas que primam por maior estudo para trazer cada vez mais robustez aos laudos periciais, visto que é uma das vertentes capazes de auxiliar na reparação dos prejuízos causados ao meio ambiente, apresentando também papel, digamos, educativo, pois as chances do mesmo indivíduo cometer estes tipos de infrações tende a diminuir quando se possui a asserção de cobrança via pena pecuniária por parte da administração pública.

A valoração de danos ambientais é uma ferramenta essencial para avaliar os impactos de degradação ambiental em todos os biomas, inclusive no Cerrado. Essa abordagem envolve a avaliação e quantificação dos impactos ambientais causados pelo desmatamento, a fim de determinar o valor monetário dos danos causados. Isso permite que os responsáveis pelos danos sejam identificados e responsabilizados pelos custos associados à recuperação ambiental (VICENTE, UCKER e TORRES 2020).

Dessa forma, a perícia ambiental desempenha um papel fundamental na elucidação de questões relacionadas à degradação dos ecossistemas naturais, proporcionando informações técnicas e científicas relevantes para a tomada de decisões judiciais e administrativas. No entanto, é importante ressaltar que a realização de perícias ambientais não é a única solução para a proteção do meio ambiente, sendo necessário também o desenvolvimento de políticas públicas eficientes, a conscientização da sociedade civil e a atuação responsável e sustentável das empresas e indústrias.

A avaliação e valoração dos danos ambientais causados por essa atividade têm se tornado cada vez mais importantes para a gestão ambiental e para a tomada de decisão em processos de licenciamento ambiental e de perícias realizadas nesses locais. Nesse contexto, a valoração de danos ambientais no Cerrado tem se

tornado uma ferramenta essencial para avaliar e quantificar os impactos causados pela supressão de vegetação nativa, enfoque deste trabalho.

5 METODOLOGIA

5.1 MÉTODO DO CUSTO DE REPOSIÇÃO

Para a realização desta pesquisa, adotou-se como premissa o custo de reposição de uma área degradada através da supressão da vegetação nativa. Como discutido previamente, o Método do Custo de Reposição (MCR) apresenta algumas vantagens desejáveis para a sua aplicação na área da perícia ambiental, como agilidade e facilidade de utilização.

5.2 CUSTO SOCIAL DA SUPRESSÃO DE VEGETAÇÃO

Com o objetivo de apurar ainda mais o método, optou-se pela realização de uma adaptação do MCR, por meio da inclusão do custo social da supressão de vegetação no bioma Cerrado na contabilização do prejuízo ambiental, que pode ser caracterizado como o custo de oportunidade desses recursos naturais para a sociedade, se estes não tivessem sido eliminados (MUELLER, 2007). De acordo com Margulis (2003), é crucial examinar se a utilização dos recursos naturais em áreas desmatadas tem compensado seus custos sociais, econômicos e ambientais, uma vez que a degradação do meio ambiente afeta o bem-estar da sociedade. Tendo em vista a existência de efeitos externos no processo de desflorestamento, Pearce (1993) defende a avaliação monetária do meio ambiente, para que esses valores possam ser considerados na elaboração de políticas ambientais. No mesmo sentido, May (1995) destaca que a valoração econômica é critério fundamental para a adoção de medidas coerentes com o desenvolvimento sustentável e a formulação de políticas públicas.

A análise crítica sistemática encontrou somente dois estudos para o bioma Cerrado, considerando-se algumas variáveis dos usos direto e indireto. Logo, optou-se por uma abordagem alternativa para esses casos. Em consonância com a metodologia adotada na literatura, foram criadas estimativas próprias para esses

biomas com base nos números apresentados por De Groot *et al.* (2012), Costanza *et al.* (1997) e Costanza *et al.* (2014).

Para tanto será utilizada tabela compilada com enfoque no custo social do desmatamento com estimativas contendo estudos específicos para o Cerrado de Romacheli e Spinola (2011), outro de Vicente, Ucker e Torres (2020). Além destes, serão utilizados dados baseados na literatura de Costanza *et al.* (1997), Costanza *et al.* (2014) e em De Groot *et al.* (2012). Essas três últimas fontes citadas não apresentam dados específicos para o Cerrado, tendo sido realizada uma adaptação por Campoli e Stivali *in* IPEA (2023). Tal como apresentado na Tabela 1 adiante.

Tabela 1 – Custo social de desmatamento no Cerrado. Adaptado de Campoli e Stivali (2023)

Valor	Romacheli e Spinola (2011); Ucker e Torres (2020) ²	Campoli e Stivali (2023) ³	Campoli e Stivali (2023) ⁴	Intervalo (2020) (USD/ha)	
				Mínimo	Máximo
Uso direto	3,49	39,30	307,01	3,49	307,01
Produtos madeireiros	-	-	-	-	-
Produtos florestais não madeireiros	-	-	-	-	-
Matéria-prima	-	-	66,14	-	66,14
Ecoturismo	-	-	-	-	-
Recreação	3,49	39,30	-	3,49	39,30
Serviços culturais	-	-	240,86	-	240,86
Uso indireto	422,53	4.755,76	3.277,25	422,53	4.755,76
Oferta de água	-	-	74,88	-	74,88
Regulação de perturbação/ regulação de distúrbios	-	-	-	-	-
Regulação da água	5,24	58,96	-	5,24	58,96
Ciclo de nutrientes	-	-	-	-	-
Hábitat	-	-	1.515,07	-	1.515,07
Regulação de gás	12,22	137,56	-	12,22	137,56
Controle da erosão	50,63	569,91	54,91	50,63	568,91
Produção de comida/	116,98	1.316,68	1.487,62	116,98	1.487,62

² Romacheli e Spinola (2011); Vicente, Ucker e Torres (2020) baseados em Costanza *et al.* (1997).

³ Campoli e Stivali (2023) baseado em Costanza *et al.* (2014).

⁴ Campoli e Stivali (2023) baseado em De Groot *et al.* (2012).

alimentos					
Regulação do clima	-	-	49,92	-	49,92
Formação do solo	1,75	19,65	-	-	19,65
Polinização	43,65	491,30	-	43,65	491,30
Controle biológico	40,16	451,99	-	40,16	451,99
Recursos genéticos	-	-	-	-	-
Tratamento de dejetos/ depuração de resíduos	151,90	1.709,72	93,60	93,60	1.709,72
Recursos medicinais	-	-	1,25	-	1,25
Total	426,02	4.795,07	3.584,26	426,02	4.795,07

5.3 ADOÇÃO DE VALORES DE ACORDO COM OS TIPOS DE FORMAÇÕES

Levando em consideração os estudos de RIBEIRO E WALTER (Figura 6 deste trabalho em curso) e com intuito de englobar as fitofisionomias existentes no bioma Cerrado, considerando-se a quantidade de exemplares em cada tipo, serão considerados o uso do custo social mínimo para as formações rupestres e formações savânicas, citadas abaixo:

- Formações savânicas: Cerrado Denso, Cerrado Típico ou *Stricto sensu*, Cerrado Ralo, Parque de Cerrado, Palmeiral, Cerrado Rupestre (com uma exceção – Veredas/Buritizal).
- Formações campestres: Campo Rupestre, Campo Sujo e Campo Limpo.

Já o custo social máximo será adotado para as formações florestais citadas abaixo e para a fitofisionomia “Vereda” devido aos seus afloramentos naturais de água, podendo ser considerada como APPNOA.

- Formações florestais: Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão.

5.4 FATOR DE PROTEÇÃO LEGAL

Foi arbitrado pelo autor, tomando-se como base estudos pretéritos tal como o de VIERA (2013) fatores de correção visando corrigir distorções causadas por danos ambientais em diversas áreas de vegetação suprimida.

Tabela 2 – Tabela do Fator de proteção legal em percentuais. Adaptado de Vieira (2013)

	RL	UCS	APP CET (Curso hídrico, encostas e topos de morro)	APPNO (Nascente/Olhos d'água)	UCI	Terras Indígenas e Quilombolas
Média	50*	79	97	294*	97	97*
Mediana	-	80	100		100	-
Moda	-	100	100		100	-
Mínimo	-	30	50		50	-
Máximo	-	100	100		100	-
Amplitude	-	70	50		50	-
Variância	-	341	70		65	-
Desvio padrão	-	18	8		8	-
Coefficiente de variação (%)	-	23	9		8	-
Intervalo de confiança ($\alpha=0,05$)	-	$\pm 3,3$	$\pm 1,5$	-	$\pm 1,4$	-

*Valores adotados pelo autor da presente pesquisa.

Logicamente um desmatamento em área não protegida não poderia valer o mesmo tanto que um local de área de preservação permanente, de unidade de conservação de uso sustentável ou integral ou até mesmo uma terra indígena ou quilombola.

Para tanto obteve-se os valores mostrados abaixo e que serão aplicados na equação para cálculo de valoração de danos ambientais. Tendo sido adotado valores superiores para um desmatamento em Área de Preservação Permanente de Nascentes/Olhos d'água (APPNO) do que um em Área de Preservação Permanente de Curso hídrico, Encostas e Topos de morro (APP CET).

Convertendo os valores de percentual para decimais tem-se abaixo os fatores multiplicadores da proteção legal – FPL (variando de 1,0 a 3,94) já tendo sido somado o 100% e que serão considerados nos cálculos mais adiante:

$$FPL = (1,0 \text{ a } 3,94)$$

1,00: vegetação não legalmente protegida (VNLP);

1,50: vegetação em RL;

1,79: vegetação em UCS;

- 1,97: vegetação em APPCET (Curso hídrico, encostas e topos de morro);
- 1,97: vegetação em UCI;
- 1,97: vegetação em Terra Indígena ou Quilombola (TIQ);
- 3,94: vegetação em APPNOA (Nascente/Olhos d'água);

Tabela 3 – Compilado de Fatores de Proteção Legal (FPL)

Fatores de Proteção Legal (FPL)						
VNLP	RL	UCS	APPCET	UCI	TIQ	APPNOA
1	1,5	1,79	1,97	1,97	1,97	3,94

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 DADOS DO BIOMA CERRADO EM GOIÁS

Compilando-se as informações do Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c) com o Mapa de Biomas do Brasil (BRASIL, 2004b), verifica-se que ocorrem, nos domínios do Bioma Cerrado em Goiás, as seguintes coberturas vegetais: Savana (Cerrado), com os subtipos Atividades Agrárias, Florestada (Cerradão), Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado “propriamente dito”), Gramíneo-Lenhosa (Campo-limpo-de- Cerrado) e Parque (Campo-sujo-de-cerrado); subtipos Vegetação Secundária/Atividades Agrárias, Submontana; Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifolia), com os subtipos Vegetação Secundária/Atividades Agrária). Figura 8.

A Savana (Cerrado) é uma vegetação xeromorfa (adaptada ao semi-árido), ocorrendo em diferentes tipos de clima. Apresenta solos lixiviados ricos em alumínio, apresentando sinúsias de hemicriptófitos, geófitos, caméfitos, e fanerófitos oligotróficos de pequeno porte (IBGE, 2012, p. 113).

O desmatamento no Cerrado é uma realidade crescente. Entre 2019 e 2020, o bioma perdeu cerca de 7.000 km² de vegetação nativa, um aumento de 12% em relação ao ano anterior (INPE, 2021). Além disso, estima-se que o Cerrado já tenha perdido cerca de 50% de sua vegetação original (SOS Mata Atlântica, 2021).

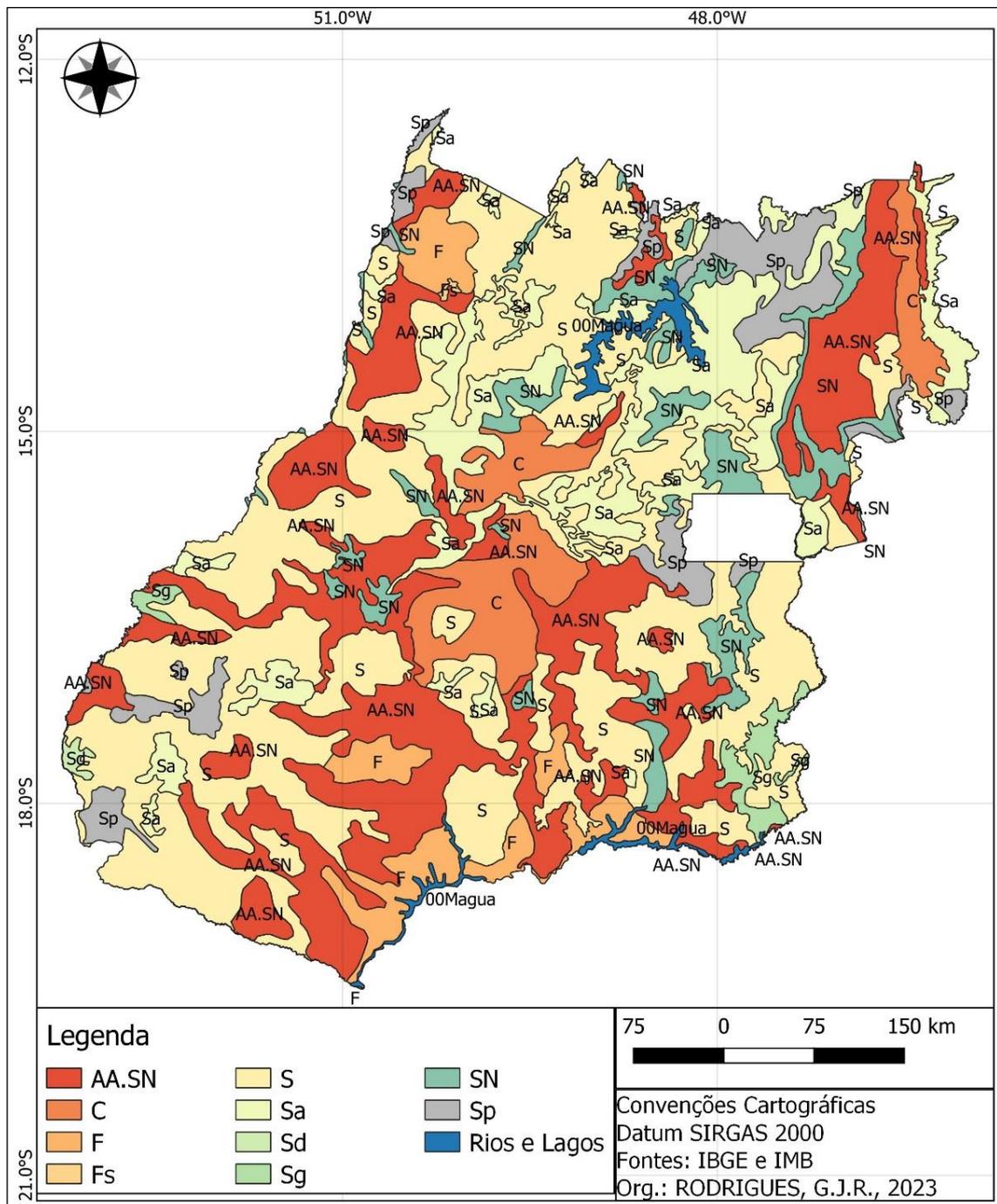
O desmatamento no Cerrado tem várias causas, incluindo a expansão da agricultura e da pecuária, a construção de rodovias e ferrovias, a mineração e a exploração madeireira (SPAROVEK *et al.*, 2017). Essas atividades têm gerado

impactos significativos, incluindo a perda de biodiversidade, a fragmentação do habitat e a redução da qualidade do solo e da água (KLINK e MACHADO, 2005).

Todos os anos, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) com apoio dos ministérios do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), divulga dados compilados acerca de desmatamento no bioma Cerrado. Para o mapeamento, o projeto utiliza 118 imagens do satélite Landsat ou similar para identificar, mapear e quantificar as áreas maiores que 1 hectare onde a vegetação nativa foi suprimida, independente da utilização subsequente dessas regiões.

A nota técnica apresenta que para o ano de 2020, foram desmatados 7.340 km² correspondente ao período de agosto de 2019 a julho de 2020, o que indica um incremento de 13% em relação ao ano de 2019, último período divulgado. Para o estado de Goiás, este desmatamento representou uma contribuição de 724,56 km², o que corresponde a 9,87%, no dado período. Em relação ao ano anterior, na totalidade do bioma, essa variação foi de 13%, o que representou uma elevação de 856,65 km², sendo que para o estado goiano, em relação ao mesmo período houve um salto de 651,36 km² para 724,56 km² de área desmatada, representando acréscimo de 11,24% (INPE, 2020).

Figura 8 – Tipologias vegetais de ocorrência no domínio do Bioma Cerrado no Estado de Goiás



Fonte: Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c)⁵.

5 AA.SN - Atividades Agrárias em Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Floresta Estacional, C – Floresta Estacional Decidual, F - Floresta Estacional Semidecidual, FS - Floresta Secundária, S – Savana; Sa – Savana Arborizada; Sp – Savana Parque; Sg – Savana Gramíneo- Lenhosa; Sd – Savana Florestada, SN -- Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Floresta Estacional e Rios e Lagos.

6.2 VALORES REAIS PARA REPOSIÇÃO DE ÁREA DESMATADA

Visando estabelecer valores factíveis e reais para reposição de vegetação de locais que sofreram supressão de vegetação, foram utilizados dados fornecidos pelo Engenheiro Florestal Léo Lince da Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural, e Pesquisa Agropecuária (EMATER/GO) e com isso montou-se tabela compilada com base de valores de março de 2023

Tabela 4 – Estimativa de Custo de Reposição (CR) de área desmatada

Cálculo do custo para revegetação de 1,0 ha com espécies nativas do Cerrado – Espaçamento 3 m x 3 m				
Especificação	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Mudas nativas variadas: 1111 + 111 (10% perdas) = 1222	un	1222	7,50	9.165,00
Adubação com superfosfato simples (1111 covas) 150 g/cova – saco de 50 kg	sc	3,5	250,00	875,00
Marcação de covas + preparo de estaca	homem/dia	1	90,00	90,00
Coveamento (160 covas/dia 20 x 20 x 20 m)	homem/dia	7	90,00	630,00
Plantio (200 mudas/dia)	homem/dia	6	90,00	540,00
Coroamento de 1 m de diâmetro – 160 por dia	homem/dia	7	90,00	630,00
Mão-de-obra para replantio (10% perdas) (111 mudas)	homem/dia	1	90,00	90,00
Total				12.020,00

Entretanto, o MCR não é capaz de considerar, no valor calculado, as mudanças e/ou perdas de serviços ambientais resultantes da degradação do

ecossistema, especialmente quando se leva em conta o tempo necessário para a real recuperação da área afetada. Dito isto, foi utilizado também o custo social do desmatamento a partir de fontes da literatura, tal como apresentado na Tabela 1 mostrada anteriormente.

6.3 TAXAS DE CORREÇÕES DO DÓLAR E INFLAÇÃO

Com intuito de corrigir os valores da Tabela 1 apresentada anteriormente, trazendo os valores para a moeda brasileira, Reais (BRL), tem-se que na data de 31/03/2023, a cotação da moeda estadunidense Dólar (USD) o valor de 1 USD = 5,069 BRL.

Visando atualizar os valores financeiros para a época do estudo, faz-se mister a correção monetária através da inflação do período. No Brasil a taxa básica de juros referencial na economia é a do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (taxa SELIC) sendo definida pelo Comitê de Política Monetária (COPOM) do Banco Central do Brasil (BCB). Para este trabalho, a taxa social de retorno do capital foi calculada pela média das taxas reais de juros da economia brasileira para os últimos 12 meses 31/03/2022 a 31/03/2023, espaço amostral desta pesquisa. A taxa SELIC variou neste mesmo período entre 10,75% e 13,75% (taxa atual), sendo a média ponderada (mp) acumulada de acordo com calculadora do BCB (2023): SELICmp = 13,27%

Já para o outro indicador, o de inflação, será utilizado o Índice Nacional de Preços ao Consumidor Amplo (IPCA), taxa de 5,60% nos últimos 12 meses e que é produzido pelo IBGE desde dezembro de 1979 corrigindo salários, aluguéis, taxa de câmbio, poupança, além dos demais ativos monetários (IBGE, 2023).

Tabela 5 – Custo social de desmatamento no Cerrado com valores corrigidos.
Adaptado de Campoli e Stivali (2023)

Valor	Romacheli e Spinola (2011); Ucker e Torres (2020) ⁶	Campoli e Stivali (2023) ⁷	Campoli e Stivali (2023) ⁸	Intervalo (2020)	
				Mínimo	Máximo
Total (USD)	426,02	4.795,07	3.584,26	426,02	4.795,07

⁶ Romacheli e Spinola (2011); Vicente, Ucker e Torres (2020) baseados em Costanza *et al.* (1997).

⁷ Campoli e Stivali (2023) baseado em Costanza *et al.* (2014).

⁸ Campoli e Stivali (2023) baseado em De Groot *et al.* (2012).

Total (BRL) 31/03/2023	2.159,46	24.306,21	18.168,61	2.159,46	24.306,21
Total (BRL e IPCA) 31/03/2023	2.280,39	25.667,35	19.186,06	2.280,39	25.667,35

7 ESTUDOS DE CASO E APLICAÇÃO DO MÉTODO

Com intuito de aplicação do método proposto, foi utilizada a equação apresentada abaixo para cálculo de valoração de danos ambientais no bioma Cerrado:

$$VDAC = [(CR + CS) \times FPL]$$

onde:

VDAC: valor do dano ambiental no bioma Cerrado;

CR: custo de reposição;

CS: custo social do desmatamento

FPL: fator de proteção legal (variando de 1 a 3,94).

Observação: Os cálculos de várias áreas afetadas, incluindo aqueles sobrepostas devem ser feitas isoladamente, somando-se os valores no final.

7.1 ESTUDO DE CASO 1

O local de dano ambiental do estudo de caso 01 possui como características: 17,5 ha de supressão de vegetação em Cerrado Típico (Formação Savânica), fora de área legalmente protegida no Município de Itapaci (GO), mensurados com aparelho GPS de navegação e por *software* de geoprocessamento (QGis).

Utilizando-se dados das Tabelas 3, 4 e 5, obteve-se:

- CR: custo de reposição = R\$12.020,00/ha (valor padrão para todos os cálculos);
- CS: custo social do desmatamento = R\$2.280,39 (custo social de desmatamento mínimo) e R\$25.667,35 (custo social de desmatamento máximo);

- FPL: fator de proteção legal = 1,00: vegetação não legalmente protegida (VNLP);

Com os valores inseridos na fórmula efetuou-se os cálculos para valoração dos danos ambientais para os valores mínimos e máximos do custo social do desmatamento desta fitofisionomia do bioma Cerrado. São apresentados valores por hectare e para a área total da vegetação suprimida.

$$VDAC_{\text{mín/ha}} = [(R\$12.020,00/\text{ha} + R\$2.280,39) \times 1,0] = R\$14.300,39$$

$$VDAC_{\text{máx/ha}} = [(R\$12.020,00/\text{ha} + R\$25.667,35) \times 1,0] = R\$37.687,35$$

Já os valores para a área total são obtidos multiplicando-se os resultados em hectares pela área total, neste caso de 17,5 ha:

$$VDAC_{\text{mín_total}} = [(R\$12.020,00/\text{ha} + R\$2.280,39) \times 1,0] \times 17,5 \text{ ha} = R\$250.256,83$$

$$VDAC_{\text{máx_total}} = [(R\$12.020,00/\text{ha} + R\$25.667,35) \times 1,0] \times 17,5 \text{ ha} = R\$659.528,63$$

Tais cálculos foram realizados em planilha eletrônica como apresentado na Figura 9.

Figura 9 – Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Cerrado (VDAC)

DADOS DA REQUISIÇÃO	
Número RG	Itapaci/2022
Área não protegida (ha)	17,5
Área em RL (ha)	
Área em UCS (ha)	
Área em APPCET (ha)	
Área em UCI (ha)	
Área em TIQ (ha)	
Área em APPNOA (ha)	
Calculadora VDAC por hectare	Resultados
VDAC_mínimo/ha = (CR + CS) x FPL	R\$ 14.300,39
VDAC_máximo/ha = (CR + CS) x FPL	R\$ 37.687,35
Calculadora VDAC área total	Resultados
VDAC_mínimo_total = (CR + CS) x FPL	R\$ 250.256,83
VDAC_máximo_total = (CR + CS) x FPL	R\$ 659.528,63

Neste caso sugere-se a utilização do valor mínimo encontrado do VDAC (R\$14.300,39/ha ou R\$250.256,83 para a área total) levando-se em consideração o método adotado, pois trata-se de uma formação savânica.

7.2 ESTUDO DE CASO 2

O local de dano ambiental do estudo de caso possui como característica: supressão de vegetação atingindo 6,3 ha de Área de Preservação Permanente de Nascente/Olhos d'água (APPNOA) com presença maciça da espécie buriti (*Mauritia flexuosa*) no Município de Montes Claros de Goiás (GO), medidos com aparelho GPS de navegação e por *software* de geoprocessamento (QGis).

Utilizando-se dados das Tabelas 3, 4 e 5, obteve-se:

- CR: custo de reposição = R\$12.020,00/ha (valor padrão para todos os cálculos);
- CS: custo social do desmatamento = R\$2.280,39 (custo social de desmatamento mínimo) e R\$25.667,35 (custo social de desmatamento máximo);
- FPL: fator de proteção legal = 3,94: vegetação em APPNOA (Nascente/Olhos d'água);

Com os valores inseridos na fórmula efetuou-se os cálculos para valoração dos danos ambientais para os valores mínimos e máximos do custo social do desmatamento desta fitofisionomia do bioma Cerrado. São apresentados valores por hectare e para a área total da vegetação suprimida. Figura 10.

Figura 10 – Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Cerrado (VDAC)

DADOS DA REQUISIÇÃO	
Número RG	MCG/2022
Área não protegida (ha)	
Área em RL (ha)	
Área em UCS (ha)	
Área em APPCET (ha)	
Área em UCI (ha)	
Área em TIQ (ha)	
Área em APPNOA (ha)	6,3
Calculadora VDAC por hectare	
	Resultados
VDAC_mínimo/ha = (CR + CS) x FPL	R\$ 56.343,54
VDAC_máximo/ha = (CR + CS) x FPL	R\$ 148.488,16
Calculadora VDAC área total	
	Resultados
VDAC_mínimo_total = (CR + CS) x FPL	R\$ 354.964,28
VDAC_máximo_total = (CR + CS) x FPL	R\$ 935.475,40

Neste caso sugere-se a utilização do valor máximo encontrado do VDAC (R\$148.488,16/ha ou R\$935.475,40 para a área total) levando-se em consideração o método adotado, pois apesar de tratar-se de vegetação denotada como de formação savânica, possui relevância ecológica, por se tratar de Área de Preservação Permanente de Nascente/Olhos d'água.

7.3 ESTUDO DE CASO 3

O local de dano ambiental do estudo de caso 03 possui como características: supressão de área 32 ha de vegetação nativa de fitofisionomia Cerrado Rupestre para plantio de soja em área Quilombola (Kalunga) no Município de Cavalcante (GO), medidos com aparelho GPS de navegação e por *software* de geoprocessamento (QGis).

Utilizando-se dados das Tabelas 3, 4 e 5, obteve-se:

- CR: custo de reposição = R\$12.020,00/ha (valor padrão para todos os cálculos);

- CS: custo social do desmatamento = R\$2.280,39 (custo social de desmatamento mínimo) e R\$25.667,35 (custo social de desmatamento máximo);
- FPL: fator de proteção legal = 1,97: vegetação em Terra Indígena ou Quilombola (TIQ);

Com os valores inseridos na fórmula efetuou-se os cálculos para valoração dos danos ambientais para os valores mínimos e máximos do custo social do desmatamento desta fitofisionomia do bioma Cerrado. São apresentados valores por hectare e para a área total da vegetação suprimida. Figura 11.

Figura 11 – Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Cerrado (VDAC)

DADOS DA REQUISIÇÃO	
Número RG	Cavalcante/2022
Área não protegida (ha)	
Área em RL (ha)	
Área em UCS (ha)	
Área em APPCET (ha)	
Área em UCI (ha)	
Área em TIQ (ha)	32
Área em APPNOA (ha)	
Calculadora VDAC por hectare	
	Resultados
VDAC_mínimo/ha = (CR + CS) x FPL	R\$ 28.171,77
VDAC_máximo/ha = (CR + CS) x FPL	R\$ 74.244,08
Calculadora VDAC área total	
	Resultados
VDAC_mínimo_total = (CR + CS) x FPL	R\$ 901.496,59
VDAC_máximo_total = (CR + CS) x FPL	R\$ 2.375.810,54

Neste caso sugere-se a utilização do valor mínimo encontrado do VDAC (R\$28.171,77/ha ou R\$901.496,59 para a área total) levando-se em consideração o método adotado, pois se trata de fitofisionomia do tipo formações campestres presente em Terra Indígena ou Quilombola – TIQ.

8 CONCLUSÃO

Valorar o dano ambiental não é uma tarefa simples, entretanto é de suma importância durante o processo penal, vide que os operadores da lei, tal como delegados de polícia, juízes de direito, promotores de justiça, advogados de defesa e outros tantos atores não possuem expertise necessária para definir valores pecuniários aos infratores. Deste modo, o papel do perito criminal ambiental se mostra cada vez mais importante, em busca de recompensar de alguma forma, que seja financeira, à coletividade, que é sempre afetada por atitudes de alguns quando realizam de forma muitas vezes irracional supressões de vegetação que acabam por dizimar uma variedade de indivíduos que habitava aquele ecossistema que fora devastado.

Apesar das dificuldades encontradas nos órgãos oficiais de perícia, tal como ocorre na Superintendência de Polícia Técnico-Científica de Goiás, fomentava-se há tempos a criação de uma ferramenta prática, de fácil aplicação e baixo custo, além de possuir uma base teórica clara e consistente. Através da implementação do método, busca-se fortalecer o trabalho pericial e atender às necessidades do rito processual. Tal ferramenta será capaz de fornecer aos aplicadores da lei subsídios importantes para tomada de decisão, especialmente para as transações penais, entre outros procedimentos, por meio da apresentação da avaliação dos danos ambientais nos laudos periciais.

O método aqui apresentado é baseado em obras da literatura de autores de renome, além de trabalhos de colegas peritos criminais de outras unidades da federação e algumas adaptações feitas pelo autor deste trabalho. Importante notar que a troca de informações pode e deve fortalecer cada vez mais a perícia criminal no Brasil.

A utilização de dados de valores de custo de reposição, custos sociais de desmatamento e fatores de proteção legal adaptados compuseram a fórmula para os cálculos obtidos nesta pesquisa.

A aplicação do método de valoração de danos ambientais ao cerrado (VDAC) mostra apenas uma das possibilidades que podem ser encontradas, visto que o tema de valoração de danos ambientais ainda está em estágio inicial e tende a se desenvolver cada vez mais.

Os valores encontrados nos cálculos podem ser considerados bastante elevados quando comparados a outras formas de pagamento normalmente utilizados pelos aplicadores da lei, o que poderia reduzir o número de infrações futuramente, pois o infrator possa ser “sensibilizado” a ter que arcar com um valor financeiro considerável.

9 PERSPECTIVAS

Em curto prazo, o trabalho realizado será difundido primeiramente entre os colegas peritos criminais da Seção de Exame de Local de Crime Ambiental - SELCA do Laboratório de Perícias Ambientais – LPA do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues – ICLR através de Procedimento Operacional Padrão – POP (Apêndice A) para utilização e a médio/longo prazo, após treinamento, almeja-se que os colegas de todas as regionais possam fazer uso do produto desta pesquisa.

Formação de grupo de trabalho composto pelo autor dessa pesquisa, além dos peritos criminais da SELCA, integrantes dos cargos de direção da Polícia Científica de Goiás (gerente de criminalística e superintendente), juntamente com delegados de polícia da Delegacia Estadual de Repressão a Crimes Contra o Meio Ambiente – DEMA, promotores de justiça e técnicos-periciais do Ministério Público do Estado de Goiás – MPGO e juízes de direito e assessores judiciais do Tribunal de Justiça do Estado de Goiás – TJGO para exposição da pesquisa realizada visando utilização do produto gerado por este trabalho.

O trabalho de adaptação do melhor método para cálculo de valoração de danos ambientais no bioma Cerrado manter-se-á em andamento, visto que a cada dia novas realidades podem surgir através de pesquisas realizadas por colegas das várias instituições de técnicas e acadêmicas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. F. Interdependência das Florestas Plantadas com a Fauna Silvestre. Departamento de Ciências Florestais da ESALQ/USP, 1996. Disponível em: <https://www.ipef.br/publicacoes/stecnica/nr29/cap05.pdf>

ALMEIDA, R. de. Avaliação de Danos Causados ao Meio Ambiente. In: TOCCHETTO, D. (Org.). Perícia Ambiental Criminal. 3 ed. Campinas: Millennium, 2010, p. 211-230.

ANDRADE, A. G. *et. al.* Contribuição da serapilheira para recuperação de áreas degradadas e para a manutenção da sustentabilidade de sistemas agroecológicos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.24, n.220, p.55-65, 2003. EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/338164/contribuicao-da-serrapilheira-para-recuperacao-de-areas-degradadas-e-para-manutencao-da-sustentabilidade-de-sistemas-agroecologicos>

ANDRADE, C. S. Políticas públicas de meio ambiente no Brasil: um balanço crítico. Revista de Sociologia e Política, v. 22, n. 50, p. 117-136, 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PERITOS CRIMINAIS FEDERAIS. O que é a perícia. Disponível em: <https://apcf.org.br/pericia-criminal/o-que-e-a-pericia-criminal/#:~:text=A%20per%C3%ADcia%20criminal%20%C3%A9%20atividade,indispens%C3%A1vel%20para%20elucida%C3%A7%C3%A3o%20de%20crimes>.

Acesso em: 10 jan 2023.

ATLAS DA VIOLÊNCIA. Brasília: Rio de Janeiro: São Paulo. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; Fórum Brasileiro de Segurança Pública. 116 p. 2019.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. Calculadora do cidadão. Disponível em: <https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/corrigirPelaSelic.do?method=corrigirPelaSelic>.

BASTOS, L. Z.; Ferreira, I.M. Composição Fitofisionômicas do Bioma Cerrado: estudo sobre o subsistema de Vereda. Espaço em Revista - UFG, 2010, vol. 12, nº 1.

BORLAUG, N. Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead. In: Proceedings of the national academy of sciences of The United States of America, v. 114, n. 24, p. 6165-6169, Jun. 2017.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da República Federativa do Brasil: promulgada em 05 de outubro de 1988. Senado Federal. Brasília, 2010, 47 p. Disponível em <http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf>. Acesso em 9 nov. 2022.

BRASIL. Decreto-Lei nº 3.689, de 03 de outubro de 1941. Código de Processo Penal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 13 out. 1941. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del3689.htm>. Acesso em: 08 jun. 2022.

BRASIL. Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 26 dez. 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm>. Acesso em: 15 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.030, de 17 de setembro de 2009. Dispõe sobre as perícias oficiais e dá outras providências. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l12030.htm>.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 maio. 2012. Disponível

em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 12 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 set. 1965.

BRASIL. Lei nº 5.197, de 03 de janeiro de 1967. Dispõe sobre a proteção à fauna e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 05 jan. 1967.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 02 set. 1981.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>.

BRASIL. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 19 jul. 2000.

BRASIL. Senado Federal a Proposta de Emenda à Constituição nº 76, de 2019 (PEC da polícia científica), que visa: “Alterar a Constituição Federal, para incluir as polícias científicas no rol dos órgãos de segurança pública.” <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/136804>

CAMPOLI, J. S. e M. STIVALI. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA 2023. CUSTO SOCIAL DO DESMATAMENTO NOS BIOMAS BRASILEIROS. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. - Brasília: Rio de Janeiro.

CARDOSO, E.; MORENO, M. I. C.; BRUNA, E. M.; VASCONCELOS, H. L. Mudanças Fitofisionômicas no Cerrado: 18 anos de sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia – MG. *Caminhos de Geografia*. v. 10 n. 32. Uberlândia, 2009. p. 254-268.

CARSON, Rachel. *Primavera Silenciosa*. 1962. Reimpressão: São Paulo: Gaia, 2010, 305p.

CARVALHO, M. M. DE. Desenvolvimento sustentável: passado, presente e futuro. *Revista de Administração Pública*, v. 40, n. 2, p. 369-382, 2006.

CHIAVENATO, Júlio José. *O massacre da natureza*. Editora Moderna: Coleção Polêmica. 2. ed. São Paulo, 2005.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 05/94. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado da Bahia, MMA, 1994. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0594.html>>. Acesso em: 09 fev. 2023.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992. Declaração do Rio.

CORDIOLI, M. L. A. Aplicação de Diferentes Métodos de Valoração Econômica do Dano Ambiental em um Estudo de Caso da Perícia Criminal do Estado de Santa Catarina. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CORREA, Ronaldo de Oliveira. *Nosso Futuro Comum*. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

COSTANZA, R. *et al.* Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, v. 26, p. 152-158, 2014.

COSTANZA, R. *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, v. 387, n. 6630, p. 253-260, 1997.

COSTA-PEREIRA, P. S.; MAILLARD, P. Evolução temporal da reflectância na dinâmica de regeneração do cerrado sensu-stricto. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*. Natal, 2009.

DAILY, G. C. (Org.) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington DC: Island, 1997.

DE GROOT, R. *et al.* Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, v. 1, n. 1, p. 50-61, 2012. Disponível em: <<https://bit.ly/3Wnh3wq>>.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, R. M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 2002. p. 393- 408.

DECLARAÇÃO de Estocolmo sobre o meio ambiente humano. Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente humano. 1972.

DOURADO, Ever da Silva Pereira. Diagnóstico ambiental da vereda do Córrego Passagem, município de Posse-GO. 2013. Universidade de Brasília, Pos. Disponível em: <http://bdm.unb.br/handle/10483/5157>

DURIGAN, G.; MELO, A. C. G. de; MAX, J. C. M.; VILAS BOAS; O.; CONTIERI, W. A.; RAMOS, V. S. *Manual para Recuperação da Vegetação de Cerrado*. 3 ed. São Paulo: Floresta Estadual e Estação Ecológica de Assis, 2011. 23 p.

DURIGAN, G.; SARAIVA, I. R; GARRIDO, L. M. do A. G.; GARRIDO, M. A. de O.; PECHE FILHO, A. *Fitossociologia e Evolução da Densidade da Vegetação do Cerrado*. Assis: Boletim Técnico do Instituto Florestal. v. 41(1), 1987. p. 59-78.

EITEN, G. 1977. Delimitação do conceito de Cerrado. Arquivos do Jardim Botânico, Rio de Janeiro 21: 125-134.

FARIAS, T. Q. Evolução histórica da legislação ambiental. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, X, n. 39, mar 2007. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=3845>. Acesso em: 02 jan. 2023.

FERREIRA, D. A. C.; DIAS, H. C. T. Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa-MG. Revista Árvore. Viçosa: 28(4): 617-623, 2004.

FOLKE, C. *et al.* Resilience thinking: integrating resilience, adaptability and transformability. Ecology and Society, v. 15, n. 4, 2010.

GOIÁS. Decreto nº 2.730, de 05 de junho de 1987. Dispõe sobre a criação do Conselho Estadual do Meio Ambiente-CEMAM.

GOIÁS. Lei nº 18.104, de 18 de julho de 2013. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa, institui a nova Política Florestal do Estado de Goiás e dá outras providências.

GOIÁS. Lei nº 21.054, de 15 de julho de 2021. Institui a Política Estadual de Proteção e Preservação das Nascentes de Água.

GOIÁS. Portal da Transparência de Goiás. <http://www.transparencia.go.gov.br/portaldatransparencia/> Acesso em 10/01/2023.

GOIÁS. Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. Parques e Unidades de Conservação de Goiás. Disponível em: <<https://www.meioambiente.go.gov.br/meio-ambiente-e-recursos-h%C3%ADricos/parques-e-unidades-de-conserva%C3%A7%C3%A3o.html>>.

GUEDES, M. L. S; BATISTA, M. A.; RAMALHO, M; FREITAS, H. M. B.; SILVA, E. M. da. Breve Incursão sobre a Biodiversidade da Mata Atlântica. In: FRANK, C. R.;

ROCHA, P. L. B. da; KLEIN, W.; GOMES, S. L. (Org.) In: Mata Atlântica e Biodiversidade. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2005. p. 39-92.

GUIMARÃES, M. C.; ARAÚJO, L. C. C.; MARQUES, J. F. Valoração econômica de danos ambientais: uma revisão dos métodos e aplicações. Estudos Econômicos, v. 38, n. 3, p. 597-618, 2008.

HENRIQUES, R. P. B. Influência da História, Solo e Fogo na distribuição e dinâmica das fitofisionomias no bioma do Cerrado. In: SILVA, J. C. S.; FELFILI, J. M. (Eds.). Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. p. 73-92.

IBGE. Mapa de Biomas do Brasil: Primeira Aproximação, 2004. Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 21 jan. 2023.
In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F (Org.). Cerrado: ecologia e flora. INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Nota técnica. A área de vegetação nativa suprimida no Bioma Cerrado no ano de 2020 foi de 7.340 km². São José dos Campos, dezembro de 2020. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=5643>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Biomas e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000 / IBGE, Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. - Rio de Janeiro: IBGE, 2019. 168 p. - (Relatórios metodológicos, ISSN 0101-2843; v. 45). Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Calculadora de inflação. O IPCA acumulado em 2022: 5,79%. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/explica/inflacao.php>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Panorama. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/go.html>>, 2021.

INSTITUTO MAURO BORGES. Goiás - Regiões de Planejamento – Municípios, 2021. Disponível em: https://www.imb.go.gov.br/files/docs/mapas/regioes-de-planejamento/regioes_de_planejamento.pdf

IPCC. Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Disponível: <<https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-cycle/>>. 2023.

KLINK, C. A.; MACHADO, R. B. A conservação do Cerrado brasileiro. Megadiversidade | Volume 1 | nº 1 | Julho 2005.

KLOTZ, Alexandre Otto. Valoração de danos a ecossistemas florestais naturais em perícias criminais ambientais no Estado da Bahia / Alexandre Otto Klotz / orientadora, Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto – Florianópolis, SC, 2016.

MACHADO, F. A.; ALMEIDA, C. M. V. B. Perícia ambiental: análise da aplicação das metodologias de valoração de danos ambientais no Brasil. Revista de Direito Ambiental, v. 23, n. 92, p. 137-156, 2018.

MAGLIANO, M. M. Valoração Econômica em Laudos Periciais de Crimes Contra o Meio-Ambiente. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

MAIA, A. G. Valoração de Recursos Ambientais. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Econômico. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002. 183

MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R. Validade e confiabilidade do método de custo de viagem: um estudo aplicado ao Parque Nacional da Serra Geral. Econ. Apl., Ribeirão Preto v. 12, n. 1, Mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-80502008000100005&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 17 ago. 2013.

MAILLARD, P.; COSTA-PEREIRA, P. S. da. Estimação da Idade da Regeneração da Vegetação de Cerrado a Partir de Imagens Landsat. Revista Geográfica Acadêmica v.5, n.1, 2011. p. 34-47.

MALTHUS, T. "An Essay on the Principle of Population", 1798. Disponível em: <<http://www.esp.org/books/malthus/population/malthus.pdf>>.

MARGULIS, S. Causas do desmatamento da Amazônia brasileira. Brasil: Banco Mundial, 2003.

MARTINS, João Paulo Cândido; MARTINS, Paulo Henrique Cândido. Manual de perícia judicial: conceitos, técnicas e modelos. São Paulo: Atlas, 2019.

MAY, P. H. Economia ecológica: aplicações no Brasil. Rio de Janeiro: Campus, 1995.

MEADOWS, Donella H. (1972). Limites do Crescimento. Um Relatório para o Projeto do Clube de Roma... São Paulo: Editora Perspectiva, 1973 (Coleção Debates).

MENDONÇA, Rita. Conservar e criar: natureza, cultura e complexidade. Editora Senac São Paulo. São Paulo, 2005.

MCTIC - Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações. Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento – SEPED. Coordenação-Geral do Clima – CGCL. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/acordo-de-paris-e-ndc/arquivos/pdf/acordo_paris.pdf>.

MOTTA, R. S. Manual para valoração econômica de recursos ambientais. Brasília: MMA, 1997.

MUELLER, C. C. Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente. Brasília: Ed. da UnB; Finatec, 2007.

NOGUEIRA, J. M.; FARIA, R. C. de. Método de Valoração Contingente: Aspectos Teóricos e Testes Empíricos. In: Anais da 52ª Reunião Anual da SBPC, Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.academia.edu/3800405/Metodo_de_Valoracao_Contingent_e_aspectos_teoricos_e_testes_empiricos>. Acesso em: 08 ago. 2022.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. de; ARRUDA, F. S. T. de. Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo?. In: Reunião Anual da SBPC, 50., 1998, Natal. Anais... São Paulo: SBPC/UFRN, 1998. Disponível em: p. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls00024357_3>. Acesso em: 12 ago. 2013.

PEARCE, D. W. Economic valuation and the natural world. Policy Research Working Paper Series 988. Washington: The World Bank, 1992. Disponível em: <http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/1992/10/01/000009265_3961003110152/Rendered/PDF/multi0page.pdf>. Acesso em 14 ago. 2022.

POLÍCIA CIENTÍFICA DE GOIÁS. Histórico e Estrutura Organizacional. Disponível em <<https://www.policiacientifica.go.gov.br/historico>>. 2023.

RIBEIRO, J. F., SANO, S.M. e SILVA, J.A. 1981. Chave preliminar de identificação dos tipos fisionômicos da vegetação do Cerrado. pp. 124-133 In: Anais do XXXII Congresso Nacional de Botânica. Sociedade Botânica do Brasil, Teresina, Brasil. Rio de Janeiro, setembro de 1997.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado.

RICKLEFS, R. E. A Economia da Natureza. Tradução: Pedro Paulo de Lima e Silva. 6. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. 546p.

ROMACHELI, R. de A.; SPINOLA, C. M. Quanto vale o cerrado goiano? Uma proposta de valoração econômica para a fitofisionomia cerrado típico. In:

CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina, Paraná. Anais... Londrina: Ibeas, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/3FXVtth>>.

ROMANÓ, E. N. de L. Avaliação Monetária do Meio Ambiente. Caderno do Ministério Público do Paraná, Curitiba, Paraná, v.2, n.5, p. 143 – 147, junho, 1999.

ROSA, João Guimarães. Grande Sertão: Veredas, 2016, p 10.

SACHS, I. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Garamond, 2002.

SANO, Edson Eyji; ROSA, Raul Antonio; BRITO, Josias Cardoso de. Levantamento de informações sobre as fitofisionomias do bioma Cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 227 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 191). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/570603/1/doc191.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2023.

SEROA DA MOTTA, R. Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997. v. 1. 218p.

SILVA, T. C. *et al.* Representações dos proprietários e funcionários de fazendas sobre as mudanças e conservação da vegetação ciliar às margens do rio São Francisco, Nordeste do Brasil. *Sitientibus* série Ciências Biológicas. Feira de Santana: 11(2):279–285, 2011.

SOUZA, K. I. S. de, CHAFFE, P. L. B., PINTO, C. R. S. de C., & NOGUEIRA, T. M. P. (2019). Proteção ambiental de nascentes e afloramentos de água subterrânea no Brasil: histórico e lacunas técnicas atuais. *Águas Subterrâneas*, 33(1), 76–86. <https://doi.org/10.14295/ras.v33i1.29254>.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da Vegetação Brasileira, Adaptada a um Sistema Universal. Rio de Janeiro: CDDI, 1991. 124 p.

VICENTE, A. P. C. de; UCKER, F. E.; TORRES, C. A. R. Valuation of a green belt in the Cerrado biome. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 7, n. 5, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3hsoRyr>>.

VIEIRA, J. P. P. Valoração de danos ambientais em ecossistemas florestais: adaptação do método do custo de reposição com vistas à sua aplicação na perícia criminal ambiental. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. Florianópolis/SC, 2013.

APÊNDICE A – Minuta de Procedimento Operacional Padrão (POP) para cálculo de valoração de danos ambientais para perícias de supressão de vegetação nativa do bioma Cerrado em Goiás

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 29/05/2023	Revisão Julho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

Código:	POP-LPA-00X
Documento:	Procedimento Operacional Padrão (POP)
Conteúdo:	Cálculo de Valoração de Danos Ambientais para perícias de supressão de vegetação nativa do bioma Cerrado em Goiás

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROVADO POR
Guilherme J. R. Rodrigues 29/05/2023	XXXXXXX 31/07/2023	XXXXXXX 31/07/2023

1. JUSTIFICATIVA E CONTEXTUALIZAÇÃO TEÓRICA

Os danos ambientais provocados em geral prejudicam a fauna, a flora, solo, água, ar e as populações. O termo dano ambiental é definido por: “todo dano causado diretamente ao meio ambiente assim considerado, independentemente de suas repercussões sobre as pessoas e sobre os bens”. Entretanto, não se pode afirmar que toda alteração negativa do meio ambiente pode ser qualificada como poluição ou dano (ALMEIDA, 2010).

A valoração do dano ambiental implica a existência de prejuízo a um bem ou a um recurso. Segundo Seroa da Motta (1997), “atribuir um valor econômico a um recurso ambiental envolve estabelecer quanto a mudança na quantidade de bens e serviços ambientais afetará o bem-estar das pessoas, seja por meio da utilização ou não desses recursos”. Portanto, atribuir valor a algo é uma ação intrinsecamente subjetiva, mas que a ciência procura tornar sistemática e reproduzível. Para fazer sentido, a valoração deve ter um objeto e uma finalidade claramente definidos.

Em relação à legislação pertinente, a Lei de Crimes Ambientais em seu art. 19 diz: “A perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa. Como complemento, tem-se no art. 20 que “A sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente.” (BRASIL, 1998).

O MCR (Método do Custo de Reposição) é um método utilizado para estimar o valor do dano ambiental em casos de danos causados ao meio ambiente. Uma das principais vantagens do MCR é sua simplicidade e praticidade, pois não requer complexos

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 30/05/2023	Revisão Junho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

levantamentos de dados em campo nem análises estatísticas ou econométricas aprofundadas. Além disso, pode ser aplicado universalmente, podendo ser usado em qualquer região por meio de uma pesquisa de preços com base em valores disponíveis no mercado tradicional de bens e serviços (NOGUEIRA *et al.*, 1998).

Com o objetivo de superar essa situação, propõe-se uma adaptação do MCR, por meio da inclusão do custo social da supressão de vegetação no bioma Cerrado na contabilização do prejuízo ambiental, que pode ser caracterizado como o custo de oportunidade desses recursos naturais para a sociedade, se estes não tivessem sido eliminados (Mueller, 2007). De acordo com Margulis (2003), é crucial examinar se a utilização dos recursos naturais em áreas desmatadas tem compensado seus custos sociais, econômicos e ambientais, uma vez que a degradação do meio ambiente afeta o bem-estar da sociedade. Tendo em vista a existência de efeitos externos no processo de desflorestamento, Pearce (1993) defende a avaliação monetária do meio ambiente, para que esses valores possam ser considerados na elaboração de políticas ambientais. No mesmo sentido, May (1995) destaca que a valoração econômica é critério fundamental para a adoção de medidas coerentes com o desenvolvimento sustentável e a formulação de políticas públicas.

Levando em consideração os estudos de RIBEIRO E WALTER, 2006 e com intuito de englobar as fitofisionomias existentes no bioma Cerrado, considerando-se a quantidade de exemplares em cada tipo, serão considerados o uso do custo social mínimo para as formações rupestres e formações savânicas, citadas abaixo:

- Formações savânicas: Cerrado Denso, Cerrado Típico ou *Stricto sensu*, Cerrado Ralo, Parque de Cerrado, Palmeiral, Cerrado Rupestre (com uma exceção – Veredas/Buritizal).

- Formações campestres: Campo Rupestre, Campo Sujo e Campo Limpo.

Já o custo social máximo será adotado para as formações florestais e para a fitofisionomia "Vereda" devido aos seus afloramentos naturais de água, podendo ser considerada como APPNOA.

- Formações florestais: Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão.

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 30/05/2023	Revisão Junho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

FPL = (1,0 a 3,94)

- 1,00: vegetação não legalmente protegida (VNLP);
- 1,50: vegetação em RL;
- 1,79: vegetação em UCS;
- 1,97: vegetação em APPCET (Curso hídrico, encostas e topos de morro);
- 1,97: vegetação em UCI;
- 1,97: vegetação em Terra Indígena ou Quilombola (TIQ);
- 3,94: vegetação em APPNOA (Nascente/Olhos d'água);

Tabela 1 – Compilado de Fatores de Proteção Legal (FPL)

Fatores de Proteção Legal (FPL)						
VNLP	RL	UCS	APPCET	UCI	TIQ	APPNOA
1	1,5	1,79	1,97	1,97	1,97	3,94

Tabela 2 – Estimativa de Custo de Reposição (CR) de área desmatada

Cálculo do custo para revegetação de 1,0 ha com espécies nativas do Cerrado – Espaçamento 3 m x 3 m				
Especificação	Unidade	Quantidade	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Mudas nativas variadas: 1111 + 111 (10% perdas) = 1222	un	1222	7,50	9.165,00
Adubação com superfosfato simples (1111 covas) 150 g/cova – saco de 50 kg	sc	3,5	250,00	875,00
Marcação de covas + preparo de estaca	homem/dia	1	90,00	90,00
Coveamento (160 covas/dia 20 x 20 x 20 m)	homem/dia	7	90,00	630,00
Plantio (200 mudas/dia)	homem/dia	6	90,00	540,00

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 30/05/2023	Revisão Junho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

Coroamento de 1 m de diâmetro – 160 por dia	homem/dia	7	90,00	630,00
Mão-de-obra para replantio (10% perdas) (111 mudas)	homem/dia	1	90,00	90,00
Total				12.020,00

Tabela 3 – Custo social de desmatamento no Cerrado com valores corrigidos. Adaptado de Campoli e Stivali (2023)

Valor	Romacheli e Spinola (2011); Vicente, Ucker e Torres (2020) ¹	Campoli e Stivali (2023) ²	Campoli e Stivali (2023) ³	Intervalo (2020)	
				Mínimo	Máximo
Total (USD)	426,02	4.795,07	3.584,26	426,02	4.795,07
Total (BRL) 31/03/2023	2.159,46	24.306,21	18.168,61	2.159,46	24.306,21
Total (BRL e IPCA) 31/03/2023	2.280,39	25.667,35	19.186,06	2.280,39	25.667,35

2. OBJETIVO

Instruir procedimentos periciais visando aplicação de método de custos de reposição adaptado ao bioma Cerrado utilizando-se planilha para realização de cálculos para valoração de danos ambientais (VDAC) em áreas com supressão de vegetação nativa, baseando-se em Dissertação de Mestrado realizada pelo autor deste POP.

3. CAMPO DE APLICAÇÃO

Peritos Criminais do Laboratório de Perícias Ambientais do Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues.

4. DEFINIÇÕES, SIGLAS E ABREVIATURAS

- APP- Área de Preservação Permanente.

¹ Romacheli e Spinola (2011); Vicente, Ucker e Torres (2020) baseados em Costanza *et al.* (1997).

² Campoli e Stivali (2023) baseado em Costanza *et al.* (2014).

³ Campoli e Stivali (2023) baseado em De Groot *et al.* (2012).

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 30/05/2023	Revisão Junho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

- APPCET - Área de Preservação Permanente de Cursos Hídricos, Encostas e Topos de Morro.
- APPNOA - Área de Preservação Permanente de Nascentes/Olhos d'água
- MCR - Método de Custo de Reposição
- TIQ - Territórios Indígenas e Quilombolas
- VDAC - Valor do dano ambiental no Cerrado
- UCI - Unidade de Conservação Integral
- UCS - Unidade de Conservação Sustentável
- RL – Reserva Legal.
- ICLR – Instituto de Criminalística Leonardo Rodrigues.

5. RECURSOS NECESSÁRIOS NO CAMPO

- *Smartphone;*
- Mapas georreferenciados no aplicativo *Avenza Maps®*;
- Veículo Aéreo Não-Tripulado (drone);
- Aplicativos *DJI GO®* (ou similar) e *Drone Deploy®* (ou similar);
- Máquina fotográfica;
- Trena métrica;
- Etiqueta adesivas;
- Prancheta, papel, lápis e caneta;
- Equipamento de GPS tipo navegação;
- Medidor de distância a laser.

6. EPI's

- Coturno impermeável, com solado antiderrapante;
- Chapéu e/ou boné;
- Filtro solar;
- Perneira.

7. PROCEDIMENTO

7.1. No IC (Pré-perícia e redação do laudo)

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 30/05/2023	Revisão Junho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

- Anotar dados do ofício e definir objetivos da perícia;
- Definir procedimentos a serem adotados;
- Elaborar mapa (s) de geolocalização da área a ser periciada no *Avenza Maps®*;
- Separar recursos necessários.
- Estabelecer plano de voo cabível ao VANT.

7.2. No Campo e Laboratórios

- Qualificar acompanhante da perícia, data e hora dos exames;
- Anotar marca e modelo de equipamento de GPS utilizado e Datum Horizontal estabelecido e/ou abrir aplicativo Avenza Maps® e verificar posição no mapa.
- Fazer uso dos EPI's adequados ao exame;
- Fotografar, por amostragem, vias e construções (se for o caso);
- Descrever e relacionar com APP's e/ou UC's;
- Relacionar a degradação questionada com atividade sob análise;
- Localizar o sítio de degradação na gleba ou imóvel; mensurá-lo (se for o caso);
- Caracterizar e mensurar a largura de calha regular do curso hídrico envolvido e citado no ofício de requisição, determinando sua APP;
- Sempre obter pontos de locais de degradação via equipamento de GPS e/ou Avenza Maps®;
- Para danos diversos e não contemplados neste caracterizar o entorno (local mediato) do sítio e sua relação com fato questionado;
- Recolher todos os materiais e resíduos produzidos no decorrer da perícia (ex.: pilhas, luvas, embalagens, etc).

8 CÁLCULO DE VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS

Será utilizada a equação apresentada abaixo para cálculo de valoração de danos ambientais.

$$VDAC = (CR + CS) \times FPL$$

onde:

VDAC: valor do dano ambiental no bioma Cerrado;

- CR: custo de reposição;
- CS: custo social do desmatamento
- FPL: fator de proteção legal (variando de 1 a 3,94).

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 30/05/2023	Revisão Junho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

Planilha eletrônica anexa irá facilitar o cálculo, sendo necessária a inserção apenas das tipologias desmatadas.

Estudo de Caso:

O local de dano ambiental do estudo de caso 01 possui como características: 17,5 ha de supressão de vegetação em Cerrado Típico (Formação Savânica), fora de área legalmente protegida no Município de Itapaci (GO), mensurados com aparelho GPS de navegação e por software de geoprocessamento (QGis).

Utilizando-se dados das Tabelas 3, 4 e 5, obteve-se:

CR: custo de reposição = R\$12.020,00/ha (valor padrão para todos os cálculos);

CS: custo social do desmatamento = R\$2.280,39 (custo social de desmatamento mínimo) e R\$25.667,35 (custo social de desmatamento máximo);

FPL: fator de proteção legal = 1,00: vegetação não legalmente protegida (VNLP);

Com os valores inseridos na fórmula efetuou-se os cálculos para valoração dos danos ambientais para os valores mínimos e máximos do custo social do desmatamento desta fitofisionomia do bioma Cerrado. São apresentados valores por hectare e para a área total da vegetação suprimida.

$$VDAC_{\text{mín/ha}} = [(R\$12.020,00/\text{ha} + R\$2.280,39) \times 1,0] = R\$14.300,39$$

$$VDAC_{\text{máx/ha}} = [(R\$12.020,00/\text{ha} + R\$25.667,35) \times 1,0] = R\$37.687,35$$

Já os valores para a área total são obtidos multiplicando-se os resultados em hectares pela área total, neste caso de 17,5 ha:

$$VDAC_{\text{mín_total}} = [(R\$12.020,00/\text{ha} + R\$2.280,39) \times 1,0] \times 17,5 \text{ ha} = R\$250.256,83$$

$$VDAC_{\text{máx_total}} = [(R\$12.020,00/\text{ha} + R\$25.667,35) \times 1,0] \times 17,5 \text{ ha} = R\$659.528,63$$

Tais cálculos foram realizados em planilha eletrônica como apresentado na Figura 1

Figura 1 – Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Cerrado (VDAC)

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 30/05/2023	Revisão Junho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

DADOS DA REQUISIÇÃO	
Número RG	Itapaci/2022
Área não protegida (ha)	17,5
Área em RL (ha)	
Área em UCS (ha)	
Área em APPCET (ha)	
Área em UCI (ha)	
Área em TIQ (ha)	
Área em APPNOA (ha)	
Calculadora VDAC por hectare	
	Resultados
VDAC_mínimo/ha = (CR + CS) x FPL	R\$ 14.300,39
VDAC_máximo/ha = (CR + CS) x FPL	R\$ 37.687,35
Calculadora VDAC área total	
	Resultados
VDAC_mínimo_total = (CR + CS) x FPL	R\$ 250.256,83
VDAC_máximo_total = (CR + CS) x FPL	R\$ 659.528,63

Neste caso sugere-se a utilização do valor mínimo encontrado do VDAC (R\$14.300,39/ha ou R\$250.256,83 para a área total) levando-se em consideração o método adotado, pois trata-se de uma formação savânica.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. de. **Avaliação de Danos Causados ao Meio Ambiente**. In: TOCCHETTO, D. (Org.). Perícia Ambiental Criminal. 3 ed. Campinas: Millennium, 2010, p. 211-230.
- BRASIL. **Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm>.
- MARGULIS, S. **Causas do desmatamento da Amazônia brasileira**. Brasil: Banco Mundial, 2003.
- MAY, P. H. **Economia ecológica: aplicações no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**.

	Estado de Goiás Secretaria de Estado da Segurança Pública Superintendência de Polícia Técnico-Científica			
	Versão n.º 01	Data 30/05/2023	Revisão Junho/2023	
ÁREA / UNIDADE EMITENTE: Laboratório de Perícias Ambientais/ICLR/SPTC				

Brasília: MMA, 1997.

- MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Brasília: Ed. da UnB; Finatec, 2007.
- NOGUEIRA, J. M.; FARIA, R. C. de. **Método de Valoração Contingente: Aspectos Teóricos e Testes Empíricos**. In: Anais da 52ª Reunião Anual da SBPC, Brasília, 2000. Disponível em: <http://www.academia.edu/3800405/Metodo_de_Valoracao_Contingent_e_aspectos_teoricos_e_testes_empiricos>. Acesso em: 08 ago. 2022.
- PEARCE, D. W. **Economic valuation and the natural world. Policy Research Working Paper Series 988**. Washington: The World Bank, 1992. Disponível em: <http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/IW3P/IB/1992/10/01/000009265_3961003110152/Rendered/PDF/multi0page.pdf>. Acesso em 14 ago. 2022.
- RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. **As principais fitofisionomias do bioma Cerrado**. 2006
- ROMACHELI, R. de A.; SPINOLA, C. M. **Quanto vale o cerrado goiano? Uma proposta de valoração econômica para a fitofisionomia cerrado típico**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 2., 2011, Londrina, Paraná. Anais... Londrina: Ibeas, 2011. Disponível em: <<https://bit.ly/3FXVtth>>.
- VICENTE, A. P. C. de; UCKER, F. E.; TORRES, C. A. R. **Valuation of a green belt in the Cerrado biome**. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, v. 7, n. 5, 2020. Disponível em: <<https://bit.ly/3hsoRyr>>.
- VIEIRA, J. P. P. **Valoração de danos ambientais em ecossistemas florestais: adaptação do método do custo de reposição com vistas à sua aplicação na perícia criminal ambiental**. Dissertação (mestrado profissional) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. Florianópolis/SC, 2013.

9. HISTÓRICO DE REVISÕES

Versão	Data	Descrição
01		Emissão Inicial