

João Pedro Pinheiro Vieira

**VALORAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS EM ECOSISTEMAS
FLORESTAIS: ADAPTAÇÃO DO MÉTODO DO CUSTO DE
REPOSIÇÃO COM VISTAS À SUA APLICAÇÃO NA PERÍCIA
CRIMINAL AMBIENTAL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Perícias Criminais Ambientais.
Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto.

Florianópolis
2013

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

Vieira, João Pedro Pinheiro

Valoração de danos ambientais em ecossistemas florestais : adaptação do método do custo de reposição com vistas à sua aplicação na perícia criminal ambiental / João Pedro Pinheiro Vieira ; orientadora, Catia Regina Silva de Carvalho Pinto - Florianópolis, SC, 2013.

115 p.

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

Inclui referências

1. Perícias Criminais Ambientais. 2. Valoração ambiental. 3. Método do custo de reposição. 4. Serviços ambientais. I. Pinto, Catia Regina Silva de Carvalho. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. III. Título.

"Valoração de Danos Ambientais em Ecossistemas Florestais: adaptação do método do custo de reposição com vistas à sua aplicação na Perícia Criminal Ambiental"

JOÃO PEDRO PINHEIRO VIEIRA

Dissertação submetida ao corpo docente do Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de

MESTRE EM PERÍCIAS CRIMINAIS AMBIENTAIS

Aprovado por:



Profª. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, Drª.
(Orientadora)



Promotor de Justiça Paulo Locatelli, Dr.



Profª. Cristina Cardoso Nunes, Drª.



PCF Guilherme Henrique Braga de Miranda, Dr.



Profª. Cátia Regina S. de Carvalho Pinto, Drª.
(Coordenadora)

Aos guias e trabalhadores do mundo espiritual responsáveis pela condução da Mãe Natureza. Que suas boas intuições nos sirvam sempre de inspiração.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por mais uma oportunidade de evolução no Plano Terrestre.

Aos meus pais, Marcia e Arthur, e à minha irmã, Larissa, por toda a dedicação incondicional que sempre recebi e pela compreensão mostrada em todos esses anos em que estou distante.

À minha pequena Mi, companheira, amiga, confidente e, em muitos momentos, "co-orientadora". Obrigado por estar sempre ao meu lado, pela compreensão nos longos finais de semana de estudo e pelas preciosas dicas e colaborações ao trabalho. Que nós continuemos construindo nossa história juntos.

À professora Catia, não só pela orientação, mas também por toda a dedicação na condução do Programa de Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais.

A todos os professores do curso, que me oportunizaram experiências e aprendizados que serão muito importantes no futuro de minha carreira profissional.

A todos os profissionais que colaboraram respondendo aos questionários utilizados no trabalho e, em especial, àqueles que oportunizaram a multiplicação destes questionários. A conclusão desta pesquisa só foi possível graças à colaboração de vocês.

Aos colegas do curso, peritos do Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina e da Polícia Federal, pelos momentos de estudo, pelas trocas de experiências e pelos momentos de descontração, que proporcionaram a construção de verdadeiras amizades. Em especial ao Perito Criminal Federal Alexandre Raupp, sempre incansável na tarefa de tornar este curso uma realidade.

Aos colegas do Núcleo Regional de Perícias de Criciúma do IGP/SC, por sempre estarem disponíveis a efetuar trocas nas escalas de plantão, a fim de viabilizar meus deslocamentos para participação nas disciplinas do curso.

"[...] Não consigo me livrar do pressentimento de que um dia os animais e as plantas nos convocarão para o Juízo Final. Chego ao delírio de nos imaginar acusados por promotores que haverão de nos apontar com a pata ou o ramo:

- O que vocês fizeram com o planeta? Em que supermercado o compraram? Quem lhes deu o direito de nos maltratar e nos exterminar?

E vejo um insigne tribunal de bichos e vegetais prolatando a sentença de condenação eterna do gênero humano. [...]"

Eduardo Galeano.

RESUMO

A perícia criminal ambiental é a etapa do processo de apuração de delitos contra o meio ambiente responsável por avaliar os danos ambientais e as consequências para o ecossistema. Uma das grandes dificuldades enfrentadas pelos peritos é a valoração dos danos ambientais. Apesar da diversidade de métodos disponíveis, a maioria deles é demorada e dispendiosa, exigindo extensos levantamentos de campo e análises de dados, o que inviabiliza sua aplicação no cotidiano dos órgãos oficiais de perícia no País, que, de forma geral, contam com um quadro reduzido de profissionais e com recursos materiais limitados. Nos casos de exames periciais envolvendo supressão de vegetação (desmatamentos), o método do custo de reposição é atualmente um dos mais utilizados por peritos em diversas regiões do País, por sua simplicidade e rapidez de aplicação. Este método consiste em levantar os custos necessários para a reposição da vegetação na área degradada, atribuindo estes custos ao valor do dano ambiental. No entanto, os resultados obtidos tendem a ser subestimativas, uma vez que não incorporam parcelas importantes do valor econômico dos recursos ambientais. Diante desta perspectiva, a presente pesquisa teve como objetivo geral adaptar o método do custo de reposição, construindo, assim, uma ferramenta de valoração dos danos ambientais para casos de supressão de vegetação em ecossistemas florestais, a qual possa ser aplicada de forma prática na perícia criminal ambiental. Para tanto, foram desenvolvidos fatores de correção, embasados na análise dos serviços ambientais afetados pelo dano, bem como nas características específicas da área, como estágio de sucessão da vegetação, tipo de uso do solo e existência de restrições legais para a ocupação. Para a definição dos valores de cada fator de correção foram consultados diversos profissionais da área ambiental, através da aplicação de questionários, incluindo peritos criminais, pesquisadores de instituições de ensino e pesquisa e servidores de órgãos de fiscalização ambiental. Após a definição dos fatores, sua utilização foi avaliada através da aplicação em estudos de caso. Os resultados demonstraram que o método adaptado foi capaz de incluir no valor do dano ambiental uma importante parcela referente aos serviços ambientais afetados pelo dano, bem como elementos que garantirão a proporcionalidade dos valores calculados, de acordo com as especificidades de cada área examinada.

Palavras-chave: perícia criminal ambiental; valoração ambiental; método do custo de reposição; serviços ambientais.

ABSTRACT

The environmental forensic investigation is the step in the process of investigation of crimes against the environment responsible for the environmental damage assessment and the analysis of the consequences for the ecosystem. One of the major difficulties faced by experts is the economic valuation of environmental damage. Despite the variety of available methods, most of them are time consuming and expensive, requiring extensive field surveys and data analysis, which complicates their application in the daily work of official agencies of forensic expertise in the country, due to the structural reality of these institutions, which, in general, have a small team of professionals and limited material resources. In cases of forensic expertise involving removal of vegetation (deforestation), the replacement cost method is currently one of the most used by experts in various regions of the country, because of its simplicity and speed of application. This method consists of raising the necessary costs for the restitution of degraded vegetation in the area, attributing these costs to the economic value of environmental damage. However, the results obtained tend to be underestimated, since it does not incorporate important portions of the economic value of environmental resources. Given this perspective, the present study aimed to adapt the replacement cost method, thus building a tool for valuation of environmental damage in cases of removal of vegetation in forest ecosystems, which can be practically applied in the environment forensic expertise. Therefore, correction factors have been developed, based on the analysis of ecosystem services affected by the damage, as well as the specific characteristics of the area, such as successional stage of vegetation, type of land use and existence of legal restrictions for the occupation. To define the values of each correction factor, several environment professionals were consulted, through the use of questionnaires, including forensic experts, researchers from educational and research institutions and professionals from environmental inspection agencies. After setting the factors, their use was assessed by applying in case studies. The results showed that the adapted method was able to include in the economic value of environmental damage an important portion related to the environmental services affected by the damage, as well as elements that ensure the proportionality of the calculated values, according to the specificities of each examined area.

Keywords: environmental forensic expertise; environmental economic valuation; replacement cost method; ecosystem services.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Parcelas componentes do valor econômico dos recursos ambientais.	40
Figura 2 - Proporção de respostas de cada segmento de profissionais da área ambiental consultados.	69
Figura 3 - Histograma das respostas referentes ao FSA.....	71
Figura 4 - Histograma das respostas referentes ao FES.	73
Figura 5 - Histograma das respostas referentes ao FUS.....	75
Figura 6 - Histograma das respostas referentes ao FPL.	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de respostas e origem dos profissionais consultados.	68
Tabela 2 - Medidas de tendência central e dispersão das respostas referentes a cada serviço ambiental considerado no FSA.....	70
Tabela 3 - Medidas de tendência central e dispersão das respostas referentes a cada estágio de sucessão considerado no FES...	72
Tabela 4 - Medidas de tendência central e dispersão das respostas referentes a cada tipo de uso e ocupação do solo predominante no entorno da área degradada, considerado no FUS.....	74
Tabela 5 - Medidas de tendência central e dispersão das respostas referentes a cada tipo de mecanismo de proteção legal considerado no FPL.	76
Tabela 6 - Valores definidos para os fatores de correção.	77
Tabela 7 - Variações dos valores do dano ambiental para uma área degradada hipotética, de 01 ha, de acordo com as diferentes categorias consideradas nos fatores de correção.....	82

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APP - Área de Preservação Permanente
CEPA/EPAGRI - Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina
CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CR - Custo de reposição
DPT/BA - Departamento de Polícia Técnica da Bahia
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO - Food and Agriculture Organization
FES - Fator de estágio de sucessão
FPL - Fator de proteção legal
FSA - Fator de serviços ambientais
FUS - Fator de uso do solo
IAF - Instituto de Análises Forenses
IC - Instituto de Criminalística
ICMBio - Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade
IGP/RS - Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul
IGP/SC - Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina
II - Instituto de Identificação
IML - Instituto Médico Legal
INPA - Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas
LCA - Lei de Crimes Ambientais
MCE - Método de Custos Evitados
MCV - Método Custos de Viagem
MCR - Método de Custo de Reposição
MPH - Método de Preços Hedônicos
MPM - Método de Produtividade Marginal
MVC - Método de Valoração Contingente
PC/AM - Polícia Civil do Amazonas
PC/GO - Polícia Científica de Goiás
PC/DF - Polícia Civil do Distrito Federal
PF - Polícia Federal
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente
SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência
SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação

UC - Unidade de conservação
UFAM - Universidade Federal do Amazonas
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
UFMS - Universidade Federal de Santa Maria
VDA - Valor do dano ambiental
VE - Valor de existência
VERA - valor econômico dos recursos naturais
VO - Valor de opção
VUD - Valor de uso direto
VUI - Valor de uso indireto
WWF - World Wide Fund for Nature

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	OBJETIVOS	24
3	JUSTIFICATIVA	24
4	REFERENCIAL TEÓRICO	25
4.1	BREVE CONTEXTO DA QUESTÃO AMBIENTAL NO SISTEMA JURÍDICO BRASILEIRO	25
4.2	A PERÍCIA AMBIENTAL NO BRASIL	31
4.2.1	A perícia ambiental oficial em Santa Catarina	33
4.2.2	A valoração dos danos ambientais no contexto da perícia criminal ambiental	35
4.3	VALORAÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS	36
4.3.1	Métodos de Valoração de Recursos Ambientais	39
4.3.2	Método de Preços Hedônicos (MPH)	42
4.3.3	Método Custos de Viagem (MCV)	43
4.3.4	Método de Valoração Contingente (MVC)	44
4.3.5	Método de Produtividade Marginal (MPM)	45
4.3.6	Método de Custos Evitados (MCE)	46
4.3.7	Método do Custo de Reposição (MCR)	47
4.3.8	Dificuldades de aplicação dos métodos de valoração na perícia ambiental oficial	49
4.4	SERVIÇOS AMBIENTAIS	50
4.4.1	Serviços ambientais prestados por ecossistemas florestais	54
5	METODOLOGIA	60
5.1	FATOR DE SERVIÇOS AMBIENTAIS	61
5.2	FATOR DE ESTÁGIO DE SUCESSÃO	63
5.3	FATOR DE USO DO SOLO	64
5.4	FATOR DE PROTEÇÃO LEGAL	64
5.5	CÁLCULO DO VALOR DO DANO AMBIENTAL	65
5.6	ESTUDOS DE CASO	66
5.7	AVALIAÇÃO DO MÉTODO	67
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
6.1	QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFISSIONAIS DA ÁREA AMBIENTAL	67
6.1.1	Fatores de correção	69
6.1.1.1	Fator de Serviços Ambientais	70
6.1.1.2	Fator de Estágio de Sucessão	72
6.1.1.3	Fator de Uso do Solo	73
6.1.1.4	Fator de Proteção Legal	75
6.1.2	Definição da equação e dos fatores de correção	76
6.2	ESTUDOS DE CASO	78
6.2.1	Estudo de Caso 01	79
6.2.2	Estudo de Caso 02	79

6.2.3	Estudo de Caso 03.....	80
6.3	QUESTIONÁRIO AOS APLICADORES DO DIREITO.....	80
6.4	CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO MÉTODO	80
7	CONCLUSÃO	85
8	RECOMENDAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	86
	REFERÊNCIAS.....	87
	APÊNDICE A – Questionário aplicado aos profissionais da	
	área ambiental.....	95
	APÊNDICE B – Valores considerados para o custo de	
	reposição da vegetação nos estudos de caso descritos.....	99
	APÊNDICE C – Questionário aos aplicadores do direito ...	101
	APÊNDICE D – Respostas do questionário aplicado aos	
	profissionais da área ambiental em escala percentual.....	109

1 INTRODUÇÃO

A degradação dos ecossistemas naturais, resultante das atividades humanas, traz consigo inúmeras consequências e vem sendo, nos últimos anos, tema de discussão nas mais variadas esferas, seja social, acadêmica ou governamental. Os problemas resultantes da ação do homem sobre o planeta hoje já são evidentes e as recentes “catástrofes ambientais”, em várias partes do Globo, têm levado não só governantes, mas também a sociedade civil, a refletir sobre essas questões, construindo uma opinião pública cada vez mais informada e crítica a respeito da temática.

Ao longo de sua história evolutiva, a espécie humana vem adquirindo um poder cada vez maior de provocar transformações no meio em que vive, buscando estabelecer condições mais adequadas às suas necessidades de sobrevivência. No entanto, foi a partir da Revolução Industrial, que teve início em meados do século XVIII, na Inglaterra, que as atividades humanas passaram a provocar impactos mais significativos e evidentes no meio ambiente. Durante esse período, juntamente com as inovações tecnológicas e a grande expansão da produtividade industrial, ocorreu também o aumento da utilização de matérias-primas e de combustíveis fósseis, além da intensificação da produção de resíduos das mais diversas naturezas.

Nas décadas seguintes, com o desenvolvimento industrial e a produção em massa, aos poucos foi se consolidando, principalmente nos países mais desenvolvidos, uma sociedade de consumo, construída e fundamentada nos princípios do capitalismo e do livre mercado. Este tipo de sociedade baseia-se em valores materiais e no consumo massivo de bens e serviços, buscando obter satisfação pessoal, *status* e poder social.

As consequências para o meio ambiente de uma sociedade e de um modelo de desenvolvimento econômico alicerçados no consumo de bens materiais são diversas. As indústrias e empresas precisam sempre melhorar os índices de produtividade e aumentar seus lucros, motivos pelos quais as pessoas são cada vez mais incentivadas a consumir, através de conceitos como a obsolescência planejada e programada, além do fomento à utilização de produtos e materiais descartáveis, o que resulta em uma crescente pressão sobre os recursos naturais.

De acordo com relatório da Organização Não Governamental *World Wide Fund for Nature - WWF* (2012), a demanda da humanidade por recursos naturais ultrapassou a capacidade do Planeta Terra de renovar estes recursos desde a década de 1970, atingindo um déficit de

50% (cinquenta por cento) em 2008. Isto significa que levaria cerca de um ano e meio para o planeta regenerar os recursos naturais que as pessoas consomem durante um ano, bem como absorver o carbono produzido.

Dentro deste contexto, pensamentos contrários aos paradigmas socioeconômicos dominantes despontaram nas últimas décadas nas mais variadas esferas do conhecimento científico, da sociedade e do mercado, como os conceitos de desenvolvimento sustentável, economia verde, produção limpa, ecoeficiência, consumo consciente, entre outros. Esses conceitos reconhecem, em diferentes níveis de aprofundamento teórico e prático, que é necessária uma mudança urgente nos padrões de produção e consumo da humanidade, sob risco de esgotamento dos recursos naturais e de alterações ambientais que poderiam inviabilizar nossa sobrevivência no Planeta.

As respostas para reverter este quadro de degradação dos ecossistemas naturais não são simples e englobam ações nas mais variadas esferas, passando por iniciativas de educação ambiental e do engajamento individual de cada cidadão, da atuação da sociedade civil organizada, da reestruturação do sistema econômico, da implantação de políticas públicas voltadas para a proteção do meio ambiente, dentre diversas outras.

No âmbito governamental, os Estados dispõem de mecanismos de gestão e planejamento ambiental, através do fomento a políticas públicas do setor, além de mecanismos de regulação e controle, efetivados através dos mais variados instrumentos jurídicos. No Brasil, especificamente, a legislação ambiental é considerada ampla e moderna, estabelecendo diversos recursos teoricamente eficientes no que tange à proteção do meio ambiente, nas esferas federal, estadual e municipal. No entanto, a eficiência teórica de nossas leis não se reflete na prática, uma vez que sua aplicação e fiscalização ainda são bastante frágeis, principalmente em função das deficiências estruturais dos órgãos públicos envolvidos nestas funções.

Uma das etapas determinantes de um processo jurídico é a realização da perícia, cujo trabalho deve se fundamentar em critérios e metodologias estritamente técnico-científicos. Na área ambiental, a perícia envolve diversos aspectos técnicos complexos, resultado das próprias características multidisciplinares que envolvem as ciências ambientais. Dentre estes aspectos, um dos temas que ainda desafia o trabalho dos peritos é a valoração dos danos ambientais.

A valoração ambiental, de uma forma mais abrangente, é um tema que vem ganhando destaque nos últimos anos em diversos setores,

já sendo utilizada inclusive em iniciativas de construção de políticas públicas voltadas ao pagamento por serviços ambientais. No âmbito da perícia ambiental, cujo foco é a valoração dos danos ambientais, assim como em outros setores onde existe a demanda pela valoração ambiental, diversas são as metodologias disponíveis, porém, muitas delas se investem de inferências subjetivas e ainda carecem de algumas respostas fundamentadas, que possam amparar de forma segura os valores calculados através delas.

Além disto, por se tratar de um assunto relativamente recente, os peritos ainda encontram dificuldades para estabelecer a melhor metodologia para uma situação específica, bem como para reconhecer os pontos de vulnerabilidade de cada uma delas. Somam-se a isso as restrições estruturais dos órgãos oficiais de perícia, tanto de recursos humanos como materiais, o que muitas vezes inviabiliza a aplicação da metodologia mais adequada, em função da exigência de amplos levantamentos de campo e de análise de dados.

Um dos métodos mais utilizados atualmente é o método do custo de reposição, o qual possui aplicação relativamente simples e consiste, basicamente, em orçar os custos para recompor uma determinada área degradada por atividades antrópicas. Sua utilização é muito comum nos casos de supressão de vegetação, existindo inclusive planilhas formuladas especificamente para sua aplicação, as quais estabelecem valores de reposição por unidade de área, de acordo com os custos de serviços e materiais necessários.

As grandes vantagens do método do custo de reposição são o seu caráter objetivo, pois se baseia no valor de produtos e serviços oferecidos regularmente no mercado, e a relativa facilidade de aplicação, não exigindo levantamentos de campo demorados e complexos. Por outro lado, este método não consegue englobar vários elementos teóricos envolvidos na valoração de um dano ambiental, muitos deles de caráter subjetivo e de valor intangível, principalmente aqueles relacionados às perdas ou interrupções de serviços ambientais prestados pelos ecossistemas.

E foi diante deste quadro que vislumbramos a oportunidade de adaptar o método do custo de reposição para sua aplicação em casos de perícias criminais ambientais envolvendo supressão de vegetação em ecossistemas florestais, através da análise dos serviços ambientais afetados, buscando-se a formatação de um método aplicável dentro da realidade estrutural de atuação dos órgãos de perícia oficial no Brasil, especialmente em Santa Catarina.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral da presente pesquisa é adaptar o método do custo de reposição, construindo, assim, uma ferramenta de valoração dos danos ambientais para casos de supressão de vegetação em ecossistemas florestais, a qual possa ser aplicada de forma prática na perícia criminal ambiental.

Como objetivos específicos, destacamos:

- Adaptar o método do custo de reposição, através da aplicação de um fator de correção que permita incluir no valor do dano ambiental uma parcela referente aos serviços ambientais negativamente impactados;

- Incluir no método fatores de correção que garantam uma proporcionalidade aos valores calculados, de acordo as características específicas de cada área degradada;

- Aplicar o método adaptado em estudos de caso, a fim de avaliar os resultados obtidos, principalmente em relação aos elementos de proporcionalidade.

3 JUSTIFICATIVA

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.

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.

Diante deste contexto, os objetivos da presente pesquisa vão ao encontro da necessidade de preencher uma importante lacuna ainda existente na atuação dos órgãos oficiais de perícia do Brasil, inclusive em Santa Catarina. A escolha em trabalhar com casos de supressão de vegetação (desmatamento) justifica-se uma vez que estas ocorrências

são as mais frequentes na casuística do setor de perícias ambientais do Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão apresentados os principais referenciais teóricos que embasam a presente pesquisa. Inicialmente, faremos um breve resumo da legislação ambiental brasileira, com enfoque nas principais leis e normativas atualmente vigentes. Em seguida, trataremos da questão da perícia criminal ambiental, abordando os principais conceitos e o panorama atual dos órgãos de perícia oficial, especialmente em Santa Catarina. Posteriormente, serão descritos os principais métodos de valoração atualmente utilizados para o cálculo do valor dos danos ambientais. Finalmente, discutiremos o tema serviços ambientais, o qual embasará a metodologia utilizada na pesquisa.

4.1 BREVE CONTEXTO DA QUESTÃO AMBIENTAL NO SISTEMA JURÍDICO BRASILEIRO

No Brasil, assim como em outros países, uma das principais ferramentas adotadas visando à proteção dos ecossistemas naturais foi a composição de um ordenamento jurídico, através do qual se estabeleceu, ao longo dos anos, um complexo arcabouço legal relacionado às questões ambientais, constituído desde convenções internacionais das quais o País é signatário, passando por leis, decretos, regulamentos e resoluções, entre outras normas jurídicas, nos níveis federal, estadual e municipal.

[...] O principal instrumento que o Estado põe à disposição do cidadão é a lei. No passado, o homem buscava inspiração na natureza para dar uma base estável ao Direito; hoje há uma trágica inversão – o homem é obrigado a recorrer ao direito para salvar a natureza. (SANTOS, 2010, p. 3).

Até a década de 1980, o antigo Código Florestal Brasileiro (Lei nº 4.771/1965) e a Lei de Proteção à Fauna (Lei nº 5.197/1967) eram considerados os principais instrumentos jurídicos de proteção ambiental vigentes no País.

O Código Florestal instituído naquela época sofreu inúmeras mudanças nos anos seguintes, buscando estabelecer normas para o ordenamento da ocupação e para a supressão de florestas nativas. Mais recentemente, no ano de 2012, a Lei nº 4.771/1965 foi revogada pela Lei nº 12.651/2012, também conhecida como “Novo Código Florestal”, que “dispõe sobre a proteção da vegetação nativa [...]”, e foi construída em meio a muitas controvérsias e discussões, em um grande cenário de embate ideológico e, principalmente, político. Apesar das críticas que recebeu e das lacunas que apresenta, ainda é uma das legislações mais expressivas voltadas à proteção dos ecossistemas florestais no Brasil.

Em meio às mudanças instituídas no Código Florestal ao longo do tempo, foram consolidados importantes conceitos como o de reserva legal e o de área de preservação permanente (APP), este último definido atualmente 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).

No cenário internacional, o principal marco que fundamentou as políticas ambientais brasileiras, assim como a legislação atual, foi a 1ª Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente, realizada em 1972 em Estocolmo, na Suécia, que resultou na famosa Declaração de Estocolmo Sobre o Meio Ambiente Humano, também conhecida como Declaração Universal do Meio Ambiente.

[...] Essa declaração abriu caminho para que a legislação brasileira, e as demais legislações ao redor do planeta, perfilassem a doutrina protetiva com a promulgação de normas ambientais mais amplas e efetivas. (FARIAS, 2007).

A Declaração de Estocolmo reconheceu os problemas ambientais decorrentes da atuação do homem sobre o Planeta e estabeleceu diversos princípios, delegando aos Estados a missão de ordenar os aspectos jurídicos relativos à questão ambiental, conforme trecho a seguir:

[...] as administrações locais e nacionais, e suas respectivas jurisdições são as responsáveis pela maior parte do estabelecimento de normas e aplicações de medidas em grande escala sobre o meio ambiente. (DECLARAÇÃO DE ESTOCOLMO, 1972).

Já na história recente da legislação ambiental no Brasil, a partir da década de 1980, de acordo com Farias (2007), existem quatro marcos importantes em nível Federal: a Lei nº 6.938/1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA); a Lei nº 7.347/1985, ou Lei da Ação Civil Pública; a Constituição Federal de 1988; e a Lei nº 9.605/1998, também conhecida como Lei de Crimes Ambientais (LCA).

Conforme o artigo 2º da Lei nº 6.938/1981, de 31 de agosto de 1981:

a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana. (BRASIL, 1981).

Esta lei estabeleceu conceitos, objetivos e princípios importantes para balizar as ações do Estado voltadas à proteção do meio ambiente, consolidando diversos instrumentos para atingir estes objetivos, como o estabelecimento de padrões de qualidade ambiental, o zoneamento ambiental, a avaliação de impacto ambiental e o licenciamento ambiental. Destacam-se ainda a instituição do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

Outros pontos importantes da PNMA foram a introdução da regra da responsabilidade civil objetiva, em que não é necessária a existência de ilícito legal e de culpa para a responsabilização do(s) autor(es) por um determinado dano ambiental, e do conceito “poluidor/pagador”, explícitos no parágrafo 1º do artigo 14:

§ 1º - Sem obstar a aplicação das penalidades previstas neste artigo, é o poluidor obrigado, independentemente da existência de culpa, a indenizar ou reparar os danos causados ao meio

ambiente e a terceiros, afetados por sua atividade. O Ministério Público da União e dos Estados terá legitimidade para propor ação de responsabilidade civil e criminal, por danos causados ao meio ambiente. (BRASIL, 1981).

Analisando este artigo, Mota *et al.* (2011) nos lembram que a PNMA legitimou o Ministério Público a responsabilizar civilmente o poluidor pelos danos ambientais causados, estabelecendo a possibilidade da ação civil pública ambiental em nosso País.

Posteriormente, a Lei da Ação Civil Pública (Lei nº 7.347/1985) detalhou e normatizou o ajuizamento de ações civis públicas por danos causados ao meio ambiente, entre outros interesses difusos ou coletivos. De acordo com o seu artigo 3º, "a ação civil poderá ter por objeto a condenação em dinheiro ou o cumprimento de obrigação de fazer ou não fazer". Assim, a lei possibilitou que, através da ação civil pública, fosse cobrada a reparação dos danos ambientais ou ainda o pagamento financeiro como forma de indenização em função dos danos causados. Neste último caso, o artigo 13º estabelece que:

havendo condenação em dinheiro, a indenização pelo dano causado reverterá a um fundo gerido por um Conselho Federal ou por Conselhos Estaduais que participarão necessariamente o Ministério Público e representantes da comunidade, sendo seus recursos destinados à reconstituição dos bens lesados. (BRASIL, 1985).

Em 1988, com a promulgação da nova Constituição Federal, o meio ambiente foi alçado ao patamar de bem de interesse coletivo tutelado e protegido constitucionalmente, tema que é abordado em diversas passagens do texto, com destaque para o capítulo VI, no qual é tratado de forma específica. Neste último, o artigo 225 estabelece que:

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

Para garantir este direito, nos parágrafos seguintes ao artigo são estabelecidas diversas incumbências ao Estado e ao cidadão visando à proteção do meio ambiente. Dentre estes, destaca-se o parágrafo 3º, que consolidou a aplicação de sanções nas esferas penal, administrativa e cível, de forma independente, para aqueles que praticarem condutas lesivas ao meio ambiente.

Vinte anos após a Convenção de Estocolmo, em 1992, foi realizada no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, conhecida como ECO-92, evento que reuniu chefes de Estado de diversos países, no qual o pilar central da discussão foi o conceito de desenvolvimento sustentável.

Desta conferência resultaram cinco documentos de suma importância para a tutela do meio ambiente, quais sejam: a Declaração do Rio de Janeiro, com 27 (vinte e sete) princípios sobre o desenvolvimento sustentável; a Declaração de Princípios sobre Florestas; a Convenção sobre Biodiversidade, que disciplina a proteção das riquezas biológicas; a Convenção sobre o Clima, que trata de medidas de conservação atmosféricas, com uso de tecnologias limpas e diminuição da emissão de gás carbônico; e a Agenda 21, que nos dizeres de MILARÉ (2007, p. 90) é “a cartilha básica do desenvolvimento sustentável”, que é um guia de cooperação internacional sobre os recursos ambientais e suas destinações para os países menos desenvolvidos. (OTTONI, 2012).

A ECO-92 e as convenções que resultaram das discussões realizadas tiveram papel determinante na construção das políticas e das legislações ambientais brasileiras estabelecidas posteriormente, como, por exemplo, as resoluções normativas do CONAMA.

Atualmente, a LCA é um dos principais instrumentos jurídicos vigentes no Brasil na esfera ambiental. Promulgada em 1998, “dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências”.

A Lei 9.605/98, de certa forma, é uma tentativa de ser uma lei uniforme e única sobre o tema. Os conceitos básicos do direito penal permanecem válidos e fundamentais para a responsabilização do autor do ilícito penal ambiental. Os princípios

fundamentais da legalidade, tipicidade e subjetividade existem no direito penal ambiental com força igual àquela que possuem em outros setores do direito penal, seja no comum, seja no especial. (ANDRADE, 2004).

A LCA tipificou as diversas condutas consideradas como crimes ambientais e infrações administrativas, bem como definiu os critérios para seu cumprimento. A apuração e aplicação das penas relativas aos crimes ambientais são competência da esfera penal, sujeitando os autores à condenação através de multas, penas privativas de liberdade ou restritivas de direito. 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”. Sua apuração é de responsabilidade dos órgãos ambientais integrantes do SISNAMA e da Capitania dos Portos, sujeitando os autores a punições com sanções administrativas, como por exemplo, multas, apreensões ou embargos, entre outros.

Outras legislações importantes que merecem citação são o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), Lei nº 9.985/2000, que ordenou os processos de criação, implantação e manejo de unidades de conservação federais, estaduais e municipais, e a Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428/2006), que estabeleceu os mecanismos jurídicos de proteção específicos para a vegetação 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).

Além disto, no artigo 7º, dividiu as UCs em 02 (dois) grupos distintos: 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.” Em cada grupo,

foram criadas diversas categorias de UC, cada uma com seus objetivos e restrições específicos.

Como se observa a partir do quadro atual da legislação ambiental brasileira, os infratores estão sujeitos a diversos tipos de sanções, nas esferas penal, administrativa e cível, de forma independente. Com isso, o legislador buscou não só penalizar os infratores, como também garantir a reparação dos danos ambientais causados.

Apesar deste extenso cenário jurídico, ainda existem diversos entraves para a aplicação integral das sanções previstas na legislação ambiental brasileira, fato que também se observa em outras áreas do direito. Os principais motivos que levam a essa ineficiência são a burocracia inerente ao sistema judiciário, onde muitas vezes os processos se arrastam por anos, e a falta de estrutura dos órgãos e instituições públicas responsáveis pela fiscalização e aplicação das leis, o que reflete o despreparo do Estado em garantir o cumprimento das normas legais por Ele mesmo instituídas.

Tendo em vista que a maioria dos crimes na esfera ambiental são enquadrados como de menor potencial ofensivo (com penas inferiores a dois anos), a tramitação dos processos na esfera ambiental se dá, na grande maioria dos casos, através de mecanismos como os termos circunstanciados, transações penais e termos de ajustamento de conduta, o que permite uma maior agilidade no andamento dos processos. Nestes casos, 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 provocados.

4.2 A PERÍCIA AMBIENTAL NO BRASIL

A perícia é uma das etapas do processo que corresponde à produção das provas embasadas em aspectos técnico-científicos. Os profissionais responsáveis por sua realização são os peritos, que podem ser oficiais, ou seja, servidores públicos atuantes em órgão oficiais de perícia, investidos no cargo por força de concurso público, ou profissionais habilitados nomeados pelo juiz para a realização de uma perícia específica. Os peritos oficiais possuem competência para atuação em casos na esfera criminal e em ações civis públicas. Já em ações civis comuns ou na ausência de peritos oficiais, o juiz nomeia para a realização da perícia um ou mais profissionais de sua confiança, com conhecimento técnico adequado, que serão chamados de peritos judiciais.

A produção da prova técnica através da perícia é prevista no Código de Processo Penal Brasileiro (Decreto-Lei nº 3.689/1941), que 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 aplica-se diretamente para as infrações na área ambiental, as quais, na grande maioria das vezes, produzem vestígios.

Na esfera cível, as ações civis públicas são o principal instrumento utilizado pelo Estado na busca pela reparação dos danos ambientais. A Lei de Ação Civil Pública preconiza em seu artigo 8º, parágrafo 1º, que:

o Ministério Público poderá instaurar, sob sua presidência, inquérito civil, ou requisitar, de qualquer organismo público ou particular, certidões, informações, exames ou **perícias**, no prazo que assinalar, o qual não poderá ser inferior a 10 (dez) dias úteis. (BRASIL, 1985, grifo nosso).

Apesar da previsão legal acerca da realização da perícia, que no caso da esfera penal é indispensável, quando da avaliação das provas em um processo o juiz não fica adstrito às informações e conclusões do laudo pericial para sua tomada de decisão. No entanto, de forma geral, este tipo de prova assume grande importância em relação às demais, justamente por seu caráter técnico-científico e pela imparcialidade inerente ao trabalho dos peritos. Barbieri (2010, p. 280) coloca que:

no processo penal, a perícia criminal, consubstanciada no laudo pericial, é a prova fundamental para fornecer ao juiz elementos para sua convicção e conseqüentemente aplicação da pena com justiça.

No caso da perícia ambiental, esta importância é ainda maior, em função das particularidades das ciências ambientais, principalmente seu caráter multidisciplinar, cujos conceitos, de forma geral, estão muito distantes dos conhecimentos normalmente dominados pelos operadores do direito.

Em qualquer procedimento de investigação, a perícia tem como objetivos principais a reconstituição dos fatos, a materialização do delito e, quando possível, a indicação da autoria. Por meio de um exame

pericial bem realizado, com recursos humanos e materiais adequados, é possível oferecer meios de prova sólidos, através de Laudos Periciais íntegros e consistentes, que permitam a tomada de decisão por parte dos aplicadores do direito, em especial a magistratura. Na área ambiental, acrescenta-se a necessidade de se avaliar, qualitativamente e quantitativamente, os danos ambientais ocorridos e suas consequências para o ecossistema, bem como estabelecer a valoração financeira destes danos.

Em função da variedade e complexidade dos ecossistemas naturais e das inter-relações ecológicas neles existentes, bem como da ampla gama de atividades humanas que podem provocar danos nestes ecossistemas, a realização de uma perícia ambiental não é uma tarefa simples e envolve aspectos técnicos complexos. As heterogeneidades e especificidades que envolvem a realização de uma perícia ambiental exigem, em muitos casos, a atuação de mais de um profissional, com conhecimentos específicos em diferentes áreas de formação, além de trabalhos de pesquisa bibliográfica, antes e após a realização dos exames de campo, o que exige do perito tempo e dedicação para a confecção dos laudos periciais. Além disto, principalmente em casos relativos aos crimes de poluição, uma conclusão concreta só é possível através da realização de amostragens e análises laboratoriais.

4.2.1 A perícia ambiental oficial em Santa Catarina

Apesar da grande importância que a perícia, não só na área ambiental, possui dentro do sistema jurídico e do processo de produção de provas, os órgãos oficiais de perícia no Brasil, de forma geral, ainda possuem uma estrutura muito aquém da que seria adequada para atender à demanda oriunda do judiciário de forma satisfatória, ou seja, com qualidade e dentro de prazos adequados.

Dados do Diagnóstico da Perícia Criminal no Brasil indicam que o País possuía, em 2011, 4.925 peritos criminais, para uma população de 190.755.799 habitantes, de acordo com o censo demográfico de 2010. Estes números retratam a carência de peritos oficiais no País, com uma relação de cerca de um perito para cada 38.792 habitantes, quando o número ideal estabelecido pela Organização das Nações Unidas é de um perito para cada 5.000 habitantes (O Estado de São Paulo, 2011).

Na área ambiental, a realização de perícias por parte dos órgãos oficiais é uma tarefa relativamente recente e que ainda não se encontra plenamente consolidada. Os estados de Alagoas, Ceará, Pernambuco,

Rio Grande do Norte e Sergipe, por exemplo, sequer realizam perícias ambientais em seus órgãos oficiais de perícia (SENASP, 2012).

Em Santa Catarina, o órgão de perícia oficial estadual é o Instituto Geral de Perícias (IGP/SC), criado através da Emenda Constitucional nº 039, de 31 de janeiro de 2005, que lhe concedeu autonomia funcional e administrativa e o vinculou diretamente à Secretaria de Segurança Pública. Atualmente, o órgão é estruturado em quatro institutos, a saber: Instituto de Criminalística (IC), Instituto de Análises Forenses (IAF), Instituto Médico Legal (IML) e Instituto de Identificação (II). O IGP/SC é responsável pela realização dos mais diversos tipos de perícia criminal, atendendo principalmente solicitações de órgãos como a Polícia Civil, Polícia Militar, Ministério Público Estadual e Judiciário, o que gera uma grande demanda de trabalho.

A realização de perícias ambientais por parte do IGP/SC teve início de forma sistematizada no ano de 2009, quando foram contratados 04 (quatro) servidores aprovados em concurso público específico para o cargo de perito criminal – meio ambiente. Atualmente, o órgão dispõe de 11 (onze) profissionais para atender toda a demanda estadual no setor de perícias ambientais. Cabe ressaltar ainda que, em função do efetivo reduzido de uma forma geral, os peritos ambientais não se dedicam exclusivamente à realização de perícias ambientais, tendo que atuar concomitantemente em outros setores, realizando perícias de diversas naturezas, as quais, em muitos momentos, absorvem a maior parte das horas de trabalho dos profissionais.

Assim, o quadro presente de servidores que atuam na área ambiental não consegue atender à demanda atual de solicitações de perícia, o que resulta em um acúmulo de solicitações pendentes e no atraso no cumprimento dos prazos para emissão dos laudos periciais. No mês de julho de 2013, em todo o estado de Santa Catarina, a demanda atrasada era de cerca de 360 (trezentas e sessenta) solicitações de perícias ambientais, aguardando atendimento.

Em termos de estrutura para a realização dos exames periciais, os peritos ambientais do IGP/SC dispõem basicamente de aparelho GPS, trena e máquina fotográfica. O IAF, responsável pelas análises laboratoriais, de forma geral não realiza análises ambientais, com exceção de algumas análises de agrotóxicos, as quais, no entanto, são apenas qualitativas, indicando a presença ou não de determinada substância em uma amostra.

Face ao reduzido número de profissionais, à estrutura material ainda insuficiente e ao grande volume de trabalho, a realização de perícias ambientais no âmbito do IGP/SC apresenta-se como desafiadora

aos profissionais que atuam nesta área, no sentido de produzir uma prova fidedigna, com qualidade e dentro de prazos razoáveis, de forma a atender aos anseios da justiça catarinense. Um destes desafios é a etapa da valoração dos danos ambientais, tarefa que, até o momento atual, não vem sendo realizada nos casos de perícia ambiental atendidos pelo órgão.

Apesar do quadro observado no setor de perícias ambientais do IGP/SC estar muito aquém do ideal, em comparação com outras unidades da federação, o órgão se posiciona como um dos mais bem preparados para esta atividade, o que demonstra a fragilidade do poder público, de uma forma geral, em estruturar adequadamente os órgãos de perícia oficial do País, que em muitos estados encontram dificuldades ainda maiores do que as observadas em Santa Catarina.

4.2.2 A valoração dos danos ambientais no contexto da perícia criminal ambiental

Atualmente, uma das questões que gera mais discussões e ainda não encontrou um cenário de consenso na comunidade científica e nos órgãos de perícia oficial do País é a valoração monetária dos danos ambientais.

A necessidade de realização da valoração dos danos encontra respaldo na LCA, em seu artigo 19, que estabelece que “a perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa” (BRASIL, 1998). Além disto, a prática constante de resolução dos processos jurídicos ambientais, nas esferas penal e cível, por meio de termos de ajustamento de conduta, de transações penais e de termos circunstanciados, também atribui à valoração relevância especial no processo, já que muitas vezes seu desfecho se dá através da aplicação de penas pecuniárias.

Apesar da importância atribuída à valoração dos danos ambientais, sua realização ainda não é uma prática totalmente consolidada em todos os órgãos de perícia oficial do Brasil, o que acarreta em prejuízos para o bom andamento dos processos ambientais. Este fato se dá por dois motivos principais: a falta de estrutura adequada destes órgãos e a complexidade de aplicação das metodologias de valoração disponíveis.

O Laudo Pericial Criminal é o instrumento que descreve, quantifica, caracteriza e deve valorar

economicamente o crime ambiental na persecução penal. A falta de metodologias de valoração consagradas no meio forense tem acarretado a não realização da valoração ou a falta de uniformidade entre as metodologias utilizadas, podendo gerar controvérsias e dúvidas que comprometem a persecução penal. (MAGLIANO, 2012, p.9).

Conforme discutido anteriormente, os processos jurídicos na área ambiental em grande parte tramitam através dos mecanismos previstos para os crimes de menor potencial ofensivo. No caso da não realização da valoração em uma perícia ambiental, geralmente ocorre o estabelecimento arbitrário, por parte de promotores de justiça e juízes de direito, de um valor para a causa, muitas vezes sem qualquer embasamento científico. Estes valores podem, por um lado, ser demasiadamente subestimados, não raras vezes definidos na forma de cestas básicas, ficando longe de representar o valor real do dano ambiental e, em alguns casos, podendo ser um fator de incentivo à prática da degradação ambiental, pois, para o poluidor, os lucros auferidos serão muito maiores do que os "prejuízos" decorrentes do processo judicial. Por outro lado, se os valores estabelecidos arbitrariamente forem elevados, certamente serão questionados pela parte e, por carecerem de um embasamento científico, dificilmente se sustentarão ao longo do processo.

Em um cenário mais drástico, Oliveira Junior (2008, p. 90) nos lembra que:

em qualquer caso e situação, o exame de corpo de delito [...] é essencial quando possível sua realização. Devido o seu condão imprescindível, a ausência do elemento probatório técnico ou correlato tendente à comprovação e valoração do dano ambiental é causa de nulidade absoluta, nos termos do art. 564, III, "b", do Código de Processo Penal.

4.3 VALORAÇÃO DOS DANOS AMBIENTAIS

A tarefa de valorar monetariamente determinado dano ambiental ainda está longe de se estabelecer de forma pacífica no meio acadêmico. Diversas são as metodologias atualmente disponíveis, no entanto, ainda

existem dificuldades na aplicação destas metodologias, além de críticas aos fundamentos teóricos que as embasam.

A percepção do valor de um objeto, recurso ou serviço está tradicionalmente atrelada às preferências e aos benefícios proporcionados ao homem. Quando tratamos de bens e serviços ambientais, a corrente dominante, principalmente dentre os economistas, segue esta mesma percepção.

O exercício de valoração dos serviços do capital natural, em última instância, consiste em determinar as diferenças provocadas por mudanças relativamente pequenas nestes serviços ao bem estar humano. Mudanças na qualidade ou quantidade dos serviços ambientais têm valor na medida em que ou alteram os benefícios associados às atividades humanas ou os custos destas atividades. Estas alterações nos benefícios e nos custos terão um impacto no bem estar do homem, seja através de mercados estabelecidos ou através de atividades não estabelecidas pelo mercado. (COSTANZA *et al.*, 1997, p. 255, tradução nossa).

Existem diferentes classificações para a sistematização do valor dos recursos ambientais. Pearce (1992) divide o valor de um bem ou serviço ambiental em quatro componentes principais: o valor de uso direto, o valor de uso indireto, o valor de opção e o valor de existência.

O valor de uso direto (VUD) refere-se ao valor dos bens e serviços que são utilizados diretamente pelo homem, como extração de recursos ou visitação de sítios naturais. Já o valor de uso indireto (VUI) é referente aos benefícios obtidos pela espécie humana em função dos processos naturais que ocorrem nos ecossistemas, que geram serviços ambientais que nem sempre são percebidos de forma clara, porém são essenciais para a sobrevivência da humanidade.

O valor de opção (VO) refere-se às possibilidades de usos futuros, diretos ou indiretos, dos recursos naturais, buscando garantir a disponibilidade, no futuro, dos benefícios advindos de seu uso. Pearce (1992) compara o valor de opção a uma apólice de seguro, para garantir o suprimento de um recurso que, de outra forma, poderia tornar-se indisponível futuramente.

Além do valor de opção, pode ser definido ainda o valor de quase-opção, que representa o valor potencial de um determinado

recurso ambiental para o qual a humanidade ainda não conhece as possibilidades de uso, como, por exemplo, o desenvolvimento de novos medicamentos a partir do estudo da flora.

O valor de opção refere-se ao valor da disponibilidade do recurso ambiental para uso futuro. O valor de quase-opção, por outro lado, representa o valor de reter as opções de uso futuro do recurso, dada uma hipótese de crescente conhecimento científico, técnico, econômico ou social sobre as possibilidades futuras do recurso ambiental sob investigação. (NOGUEIRA *et al.*, 1998, p. 6).

No presente trabalho, o valor de quase-opção será incorporado ao VO, visto que ambos referem-se às possibilidades de uso futuro do recurso ambiental, ainda que com diferenças teóricas quanto ao conhecimento acerca deste uso.

Cabe destacar que o VUI e o VO nem sempre são simples de serem estabelecidos, tendo em vista as limitações do conhecimento científico a respeito dos processos ecossistêmicos e as relações que garantem a existência da vida humana. Ademais, o valor de muitos dos serviços ambientais prestados pelos ecossistemas naturais, por serem indispensáveis à sobrevivência da humanidade, podem ser considerados imensuráveis. Como, por exemplo, estabelecer um valor para o ar que respiramos ou para a água que bebemos? Não são recursos supérfluos que podemos escolher quando queremos consumir ou não, e, portanto, não podem ser balizados pelas relações tradicionais de oferta e procura do mercado.

O valor de existência (VE), também chamado de valor de não-uso, está relacionado ao valor inerente aos recursos naturais, por sua própria existência. É o valor intrínseco a esses recursos, independentemente das possibilidades de uso direto ou indireto pelos seres humanos ou de suas preferências individuais. Este componente é o que apresenta os maiores desafios para sua mensuração, pois envolve aspectos éticos e morais e se baseia em conceitos subjetivos, que podem variar de acordo com os contextos social, econômico, cultural e político da sociedade.

Refletindo sobre o valor de existência, poderíamos nos questionar: como estabelecer um valor para um determinado espécime da fauna ou da flora? Pode até existir um preço para a madeira daquela

espécie vegetal ou mesmo para a compra do animal (inclusive no mercado negro), mas quanto vale a vida daquele indivíduo dentro do contexto do ecossistema em que ele se insere? E quanto vale a espécie como um todo? Como mensurar os prejuízos no caso de sua extinção? Sob o ponto de vista ético, esses valores, assim como tantos outros relacionados ao valor de existência de bens e serviços ambientais, seriam intangíveis e, portanto, impossíveis de serem estabelecidos de forma justa através das concepções do ser humano. São valores que podem ser considerados virtualmente infinitos.

Diante desta ótica a respeito do valor dos recursos ambientais, a valoração dos danos ambientais nos coloca diante de um paradoxo relativo à impossibilidade de aplicação de uma metodologia ideal. Por um lado, limitações científicas, éticas e morais impossibilitariam o estabelecimento de valores fidedignos para os valores de uso indireto, de opção e de existência, tendo em vista, por exemplo, o simples direito à existência de todo e qualquer indivíduo no planeta, independentemente da espécie, incluindo as futuras gerações humanas. Por outro lado, a sistemática atual da justiça brasileira, dentro de um paradigma cartesiano e mecanicista, exige e atribui grande importância à valoração dos danos ambientais, pois esta fornece subsídios essenciais para a tomada de decisão dos operadores do direito, garantindo que, em última instância, o desenrolar dos processos jurídicos cumpra seu papel de garantir a conservação e o uso racional dos recursos naturais.

Feitas estas considerações, seguindo a classificação adotada por Pearce (1992), Seroa da Motta (1997) e Maia (2002), resumiremos o valor econômico dos recursos naturais (VERA) através da expressão a seguir, conforme ilustrado na Figura 01.

$VERA = VUD + VUI + VO + VE$, onde:

VERA: valor econômico dos recursos ambientais;

VUD: valor de uso direto;

VUI: valor de uso indireto;

VO: valor de opção; e

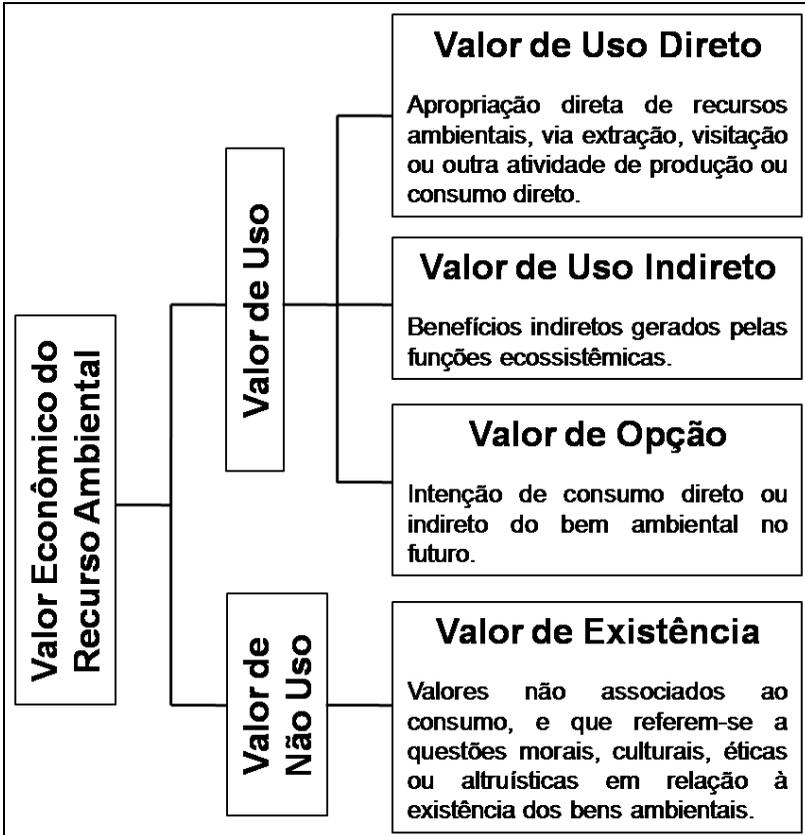
VE: valor de existência

4.3.1 Métodos de Valoração de Recursos Ambientais

Dentre as componentes definidas para o VERA, apenas o VUD pode ser estabelecido de forma clara a partir de uma avaliação de preços no mercado tradicional. Ainda assim, sabemos que os valores

estabelecidos para um determinado produto no mercado dificilmente representam seu real valor em termos de recursos consumidos e de mão-de-obra utilizada, uma vez que muitos processos industriais não são realizados de forma socialmente justa e ambientalmente responsável, principalmente em países menos desenvolvidos.

Figura 1 - Parcelas componentes do valor econômico dos recursos ambientais.



Fonte: Maia (2002).

Diante deste contexto, diversas metodologias foram desenvolvidas ao longo dos anos, a fim de calcular o valor dos recursos ambientais. Segundo Maia (2002, p. 6),

não há um padrão universalmente aceito para classificação dos métodos de valoração existentes. Alguns procuram obter o valor do recurso diretamente sobre as preferências das pessoas, utilizando-se de mercados hipotéticos ou de bens complementares para obter a disposição a pagar (DAP) dos indivíduos, e podem ser classificados como métodos diretos.

Os métodos diretos são baseados nas preferências individuais do consumidor. Pearce (1992) esclarece que os valores econômicos são mensurados a partir da disposição a pagar dos indivíduos por um determinado bem, refletindo, portanto, suas preferências a respeito do bem em questão. O autor acrescenta que, na prática, o que é valorado não é o "meio ambiente" ou a "vida" em si, mas sim as preferências das pessoas em relação a mudanças no ambiente e no nível de risco e bem estar para suas vidas.

Já os métodos indiretos, "[...] procuram obter o valor do recurso por meio de uma função de produção relacionando o impacto das alterações ambientais a produtos com preços no mercado." (MAIA e ROMEIRO, 2008, p. 104).

Apesar das diversas opções de métodos disponíveis, todas apresentam limitações e sua aplicação depende das especificidades de cada caso. Cabe ao analista avaliar criteriosamente cada situação, a fim de determinar o método mais adequado a ser aplicado. Discorrendo sobre os métodos de valoração ambiental, Seroa da Motta (1997, p. 13), coloca que:

todavia [...] cada método apresentará limitações nesta cobertura de valores, a qual estará quase sempre associada ao grau de sofisticação (metodológica e de base de dados) exigido, às hipóteses sobre comportamento do indivíduo consumidor e aos efeitos do consumo ambiental em outros setores da economia.

Atualmente, alguns desses métodos são utilizados para o cálculo do valor dos danos ambientais, fazendo uma conexão entre estes danos e os recursos ambientais afetados. Tonietto (2011, p. 32) afirma que:

os métodos de valoração de danos baseiam-se na tentativa de fornecer um valor econômico

relacionado aos recursos e serviços ambientais perdidos ou danificados.

A fim de ilustrar o panorama atual, a seguir serão descritos alguns dos principais métodos reconhecidos na literatura e utilizados, em diversas situações, para o cálculo da valoração ambiental, inclusive em casos de valoração dos danos ambientais.

4.3.2 Método de Preços Hedônicos (MPH)

Muito utilizado no mercado imobiliário, o MPH 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.

Segundo Nogueira *et al.* (1998), quando um indivíduo busca um imóvel no mercado, ele considera as características ambientais e locais. Ao fazer sua escolha, ele está de certa forma valorando estas características observadas no imóvel, que para ele são um diferencial. "[...] O método de preços hedônicos supõe que as características ambientais irão interferir nos benefícios dos moradores, afetando também o preço de mercado das residências." (MAIA, 2002, p. 10).

A aplicação do MPH exige a utilização de ferramentas econométricas, além de extensos trabalhos de levantamento e análises de dados. Seroa da Motta (1997, p. 26) pontua que:

[...] a necessidade de levantamento de dados para este método é significativa. Requer, além dos indicadores ambientais, informações dos vários atributos que influenciam o preço da propriedade, como as próprias características da propriedade (tamanho, grau de conservação, benfeitorias, etc), as facilidades de serviços (comerciais, transporte, educação), a qualidade do local (vizinhança, taxa de criminalidade, etc) e também informações sócio-econômicas dos proprietários sobre uma amostra representativa das propriedades de uma região.

Ainda assim, nos casos em que exista uma alta correlação entre os atributos ambientais locais e os preços das propriedades e em que esses atributos possam ser identificados e avaliados, o MPH apresenta-

se como uma boa ferramenta para o cálculo do valor dos recursos ambientais. No entanto, de forma geral, a aplicação prática deste método é viável apenas em casos envolvendo o mercado imobiliário e condições de riscos associadas a atividades profissionais.

4.3.3 Método Custos de Viagem (MCV)

O 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.

Este método estima uma demanda por E com base na demanda de atividades recreacionais, associadas complementarmente ao uso de E que pode ser, p.ex., um sítio natural. A curva de demanda destas atividades pode ser construída com base nos custos de viagem ao sítio natural onde E é oferecido. Basicamente, o custo de viagem representará, assim, o custo de visitação do sítio natural. (SEROA DA MOTTA, 1997, p. 27)¹.

De acordo com Maia e Romeiro (2008), o método define o valor atribuído pela população ao sítio natural a partir dos gastos efetivos realizados por conta de sua visitação, incluindo o deslocamento, taxas de ingresso, alimentação, hospedagem, entre outros gastos.

A instrumentalização prática do MCV se dá através da aplicação de questionários com os visitantes dos sítios naturais em questão e diversas são as variáveis envolvidas que devem ser consideradas pelo pesquisador, como procedência dos visitantes (distância em relação ao sítio visitado), condições socioeconômicas, transporte utilizado, duração da visita, entre outros.

O MCV é eficiente para captar as parcelas relativas ao VUD, porém, como se baseia em gastos que são efetivamente realizados pelos visitantes, não é capaz de internalizar o VUI, o VO e o VE. No entanto, Maia e Romeiro (2008) propõem que uma investigação com indivíduos fora do local de visitação, na qualidade de propensos visitantes, poderia estabelecer o VO, através de uma avaliação centrada nas possibilidades de serviços oferecidos e nos custos envolvidos na viagem.

¹ De acordo com o autor, "E" refere-se a um determinado recurso ambiental.

Apesar de sua consistência teórica, o MCV exige um complexo trabalho de levantamento e investigação de dados, com aplicação de ferramentas e conceitos das ciências econômicas. Dentre suas limitações, Nogueira *et al.* (1998) destacam as incertezas na escolha da forma da função demanda e as dificuldades nos tratamentos estatísticos em função da seleção da amostra de entrevistados.

Para a aplicação do MCV, Seroa da Motta comenta que o analista deve, entre outras recomendações, "[...] realizar um levantamento de dados bastante abrangente e dispor de instrumental econométrico sofisticado." (SEROA DA MOTTA, 1997, p. 30).

4.3.4 Método de Valoração Contingente (MVC)

O MVC é baseado na criação de um mercado hipotético que busca avaliar a disposição dos consumidores a pagar por bens e serviços ambientais ou a receber compensação pela falta deles. Segundo Nogueira *et al.* (1998), sua base teórica reside nas preferências e gostos do consumidor, que se manifestam quando eles pagam quantias específicas por um determinado bem ou serviço.

O MVC visa estabelecer valores para bens e serviços que não possuem preços determinados no mercado tradicional.

O Método de Valoração Contingente (MVC) busca valorar bens públicos e/ou ambientais para os quais não há preços de mercado. Na ausência de sinais de mercado, o método se propõe, por meio de *surveys*, revelar as preferências do consumidor por um bem ou serviço ambiental e, com isso, captar a sua disposição a pagar pelo bem em questão. (NOGUEIRA e FARIA, 2000, p. 2).

A utilização do MVC se dá através da aplicação de questionários, os quais devem ser cuidadosamente planejados para idealizar um mercado hipotético que seja o mais próximo possível do real. Seroa da Motta (1997, p. 32) afirma que:

[...] busca-se simular cenários, cujas características estejam o mais próximo possível das existentes no mundo real, de modo que as preferências reveladas nas pesquisas reflitam decisões que os agentes tomariam de fato caso

existisse um mercado para o bem ambiental descrito no cenário hipotético. As preferências, do ponto de vista da teoria econômica, devem ser expressas em valores monetários.

Nogueira *et al.* (1998) nos lembram que após a tabulação dos questionários, deve-se então realizar uma avaliação econométrica, definindo-se, assim, os valores de disposição a pagar ou a receber compensação. Os mesmos autores afirmam ainda que o método tende a apresentar resultados mais favoráveis quando os entrevistados possuem familiaridade com o tema em pesquisa.

Seroa da Motta (1997) comenta que a grande vantagem do MVC é que ele pode ser aplicado para diversos tipos de bens e serviços ambientais, no entanto, esbarra na limitação de captar valores que muitas vezes os indivíduos não entendem ou, por desconhecimento, não são capazes de perceber a importância. Nogueira *et al.* (1998) acrescentam ainda que, por se tratar de mercados hipotéticos, existe a tendência de superestimação dos valores.

O sucesso da aplicação do MVC depende em grande parte do planejamento dos questionários e diversas variáveis devem ser levadas em consideração. Além disto, a postura do entrevistador também deve ser cautelosa, evitando qualquer forma de influência sobre o entrevistado. Apesar de exigir um esforço operacional considerável, o MVC consegue estimar, ainda que de forma imperfeita e parcial, todas as componentes do VERA.

4.3.5 Método de Produtividade Marginal (MPM)

O 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.

O método de produtividade marginal atribui um valor ao uso da biodiversidade relacionando a quantidade ou a qualidade de um recurso ambiental diretamente à produção de outro produto com preço definido no mercado. O papel do recurso ambiental no processo produtivo será representado por uma função dose-resposta, que relaciona o nível de provisão do recurso ambiental

ao nível de produção respectivo do produto no mercado. (MAIA, 2002, p. 17).

O MPM considera o recurso ambiental como um elemento do processo produtivo, sendo que sua disponibilidade, tanto em termos qualitativos quanto quantitativos, influenciará no fornecimento de bens e serviços com preços definidos no mercado.

Um dos exemplos mais utilizados para ilustrar a relação dose-resposta é erosão do solo, com a conseqüente perda de nutrientes, resultando em prejuízos à produtividade agrícola. Outro exemplo claro da relação dose-resposta é o nível de poluição que afeta a qualidade da água de um determinado local, refletindo na queda da produtividade pesqueira.

Determinar quantitativamente a dose-resposta, no entanto, não é uma tarefa simples, pois depende de conhecimentos aprofundados a respeito das relações ecossistêmicas que um determinado dano ambiental pode provocar. Nas palavras de Seroa da Motta (1997, p. 17):

funções de danos podem, contudo, apresentar mais dificuldades que as funções tecnológicas de produção, na medida em que as relações causais em ecologia são ainda pouco conhecidas e de estimação bastante complexa. As relações ecológicas requerem estudos de campo mais sofisticados e a consideração de um número maior de variáveis. Questões como resiliência e capacidade assimilativa não permitem a determinação de formas funcionais simples para as dose-respostas e suas respectivas funções de produção.

Nogueira *et al.* (1998) discutem ainda que existem dificuldades em combinar as funções ambientais de dose-resposta, relativas ao nível de degradação e as conseqüências no sistema produtivo, com os modelos econômicos adequados.

4.3.6 Método de Custos Evitados (MCE)

O 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. Estes

gastos podem ser considerados como uma estimativa da percepção dos indivíduos em relação às mudanças em um recurso ambiental (Nogueira *et al.*, 1998). Maia (2002, p. 19) exemplifica abaixo:

[...] quando uma pessoa paga para ter acesso à água encanada, ou compra água mineral em supermercados, supõe-se que está avaliando todos os possíveis males da água poluída, e indiretamente valorando sua disposição a pagar pela água descontaminada.

Nogueira *et al.* (1998) afirmam que esse método é bastante utilizado em estudos envolvendo a morbidade e mortalidade humana, bem como as relações entre poluição e as consequências desta à saúde humana. Os mesmos autores acrescentam ainda que a utilização do método se dá através da aplicação de modelagem econométrica, o que exige cuidados no manuseio dos dados e conhecimentos específicos de um profissional qualificado.

Seroa da Motta (1997) e Nogueira *et al.* (1998) discutem que uma das maiores dificuldades do método é o pressuposto da existência de bens substitutos perfeitos aos recursos ambientais, que exerçam as mesmas funções e benefícios que os últimos exercem. Na prática, no entanto, dificilmente um bem substituto será perfeito, e, desta forma, os gastos realizados não refletirão todos os danos provocados pela degradação do recurso ambiental.

4.3.7 Método do Custo de Reposição (MCR)

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."

Em um caso de supressão de vegetação, por exemplo, devem ser levantados todos os custos envolvidos na reposição da vegetação original, como, por exemplo, o valor do projeto, das mudas, do cercamento da área, da adubação, da mão-de-obra, do monitoramento, e assim por diante.

As grandes vantagens do MCR são sua simplicidade, praticidade e rapidez de aplicação, não exigindo complexos levantamentos de dados em campo, tampouco análises estatísticas ou econométricas

aprofundadas. Além disto, sua aplicação é universal, podendo ser empregado em qualquer região através de uma simples pesquisa de preços, com base em valores disponíveis no mercado tradicional de bens e serviços. Por outro lado, Maia (2002, p. 21) coloca que:

uma das desvantagens do método é que, por maiores que sejam os gastos envolvidos na reposição, nem todas as complexas propriedades de um atributo ambiental serão repostas pela simples substituição do recurso. Os reflorestamentos estão longe de recuperar toda a biodiversidade existente em uma floresta nativa, assim como a reposição da fertilidade do solo através da adubação química nunca irá substituir a perda do solo que levou milhões de anos para se constituir.

Esta limitação resulta no fato de que o MCR, por si só, não permite sequer estimar as parcelas referentes ao VO e ao VE. Os custos de reposição dos recursos ambientais proporcionam uma relação com o VUD e VUI, no entanto, como não internalizam o fator temporal e a perda dos serviços ambientais prestados pelo ecossistema, esta relação é bastante frágil e, com isso, os valores calculados tendem a ser extremamente subestimados.

Buscando minimizar o efeito destas limitações, algumas adaptações do MCR foram desenvolvidas. Romanó (1999) propôs o método denominado "fator ambiental", no qual se aplica um adicional de 100% (cem por cento) sobre o valor do custo de reposição, como forma de incluir os valores intangíveis no cálculo do valor do dano ambiental.

Almeida (2010) propôs um método para o cálculo do valor do dano ambiental considerando uma parcela objetiva, referente aos custos de reposição, e uma parcela subjetiva, incorporada através da aplicação de dois fatores de correção, de acordo com o macrozoneamento da área e sua inserção em alguma UC ou em APP. Adicionalmente, o autor estabeleceu um fator que chamou de lucro cessante, considerando o lapso temporal decorrido entre a data em que ocorreu o dano e a data em que a área foi reparada, bem como a forma como se deu a degradação, instantânea ou progressiva, e se houve algum tipo de recuperação natural, instituindo, para tanto, a aplicação de um índice de correção anual. Ressalta-se que os fatores de correção foram estabelecidos pelo próprio autor e baseados em uma legislação local do Distrito Federal.

Corrêa e Souza (2013) sugerem a aplicação de taxas de juros decrescentes sobre o custo de reposição do ecossistema degradado, destacando que esta abordagem proporciona a sistematização e dá celeridade aos exames e à confecção de laudos periciais.

4.3.8 Dificuldades de aplicação dos métodos de valoração na perícia ambiental oficial

Apesar da variedade de métodos e dos conceitos teóricos que os fundamentam, fica claro que a aplicação da maioria dos métodos descritos não é viável nos órgãos de perícia oficial do país, face às dificuldades do Estado em estruturar estas instituições.

Os métodos exigem levantamentos de campo aprofundados, com a aplicação de questionários, levantamento de dados e análises econométricas, demandando o trabalho de vários profissionais e a dedicação por um longo período de tempo. Soma-se a isso a necessidade de recursos financeiros para a aplicação da maioria dos métodos, o que, dentro da burocracia do serviço público, dificultaria ainda mais sua utilização.

Tonietto (2011) nos lembra que na perícia criminal e para efeitos de cálculo de multas, devem ser priorizados métodos que possam ser aplicados dentro dos prazos legais e administrativos, bem como estejam de acordo com o orçamento disponível nos órgãos de perícia e fiscalização.

Dentre os métodos tradicionais atualmente disponíveis, o MCR é o que se apresenta como mais viável para aplicação no cotidiano da perícia ambiental, dentro da realidade de atuação dos órgãos de perícia oficial do país, em função de sua simplicidade e facilidade de aplicação. No entanto, conforme exposto, os resultados obtidos através deste método não são capazes de representar, ainda que parcialmente, as parcelas referentes ao VO e ao VE, enquanto o VUD e o VUI são retratados de forma superficial, o que resulta na subestimação dos valores calculados.

Com isso, dependendo do caso, do tipo de dano e do tamanho da área, quando aplicado em sua forma mais simples, corre-se o risco de que o valor do dano ambiental obtido através do MCR seja inclusive inferior aos potenciais lucros auferidos pelo poluidor, o que poderia configurar um fator estimulante à degradação ambiental, da mesma forma que ocorreria no caso de um valor subestimado estipulado pelo promotor de justiça ou pelo juiz de direito.

Diante desta perspectiva, vislumbrou-se a oportunidade de adaptar o MCR, buscando desenvolver uma ferramenta de cálculo que pudesse fornecer valores mais sólidos e que, ao mesmo tempo, fosse aplicável no cotidiano de atuação dos peritos criminais ambientais do IGP/SC e de outros órgãos de perícia oficial. Para isso, antes de nos aprofundarmos na metodologia proposta neste trabalho, faremos uma breve exposição a respeito da temática dos serviços ambientais, que constituirá o pilar central de embasamento da referida metodologia.

4.4 SERVIÇOS AMBIENTAIS

O Planeta Terra, desde sua origem, vem passando por diversas transformações nos ciclos biogeoquímicos, que resultaram em um equilíbrio ecológico dinâmico que permite a existência das mais variadas formas de vida que conhecemos atualmente. Este equilíbrio foi possível através do desenvolvimento de diversos mecanismos de autorregulação, que hoje envolvem os meios biótico e abiótico, os quais se inter-relacionam em um complexo sistema global de transferência de matéria e energia entre diferentes compartimentos. Esta homeostase planetária, regulada através da interação entre os seres vivos e o meio que os cerca levou o pesquisador James Lovelock à proposição da hipótese de Gaia na década de 1980.

Resumidamente, ela afirma que os organismos e seu ambiente físico evoluem como um sistema único acoplado, a partir do qual emerge a autorregulação sustentável das condições climáticas e químicas em um estado habitável para qualquer que seja a biota atual. (LOVELOCK, 2003, p. 769, tradução nossa).

Como não poderia ser diferente, a homeostase planetária é fundamental para a conservação da vida humana, uma vez que as condições básicas para nossa sobrevivência dependem do funcionamento deste sistema e dos elementos e dos processos nele envolvidos, os quais são responsáveis pelo suporte de um clima favorável, pela manutenção dos níveis de oxigênio na atmosfera, pela distribuição de chuvas, pela disponibilidade de água doce no estado líquido, pela existência de solos produtivos, entre diversos outros fatores. Indo além das condições básicas de sobrevivência, o conforto e a satisfação da humanidade, dentro do estágio de evolução intelectual e

tecnológico atingido atualmente (muitas vezes através de bens ou serviços que podem ser considerados supérfluos), são dependentes da extração e utilização de recursos existentes em ecossistemas naturais, como por exemplo, de combustíveis fósseis e de minérios diversos, cujas jazidas foram formadas ao longo de milhões de anos na história geológica da Terra, além de recursos renováveis, como madeira e variadas espécies de plantas para produção de fármacos e cosméticos, cuja existência e renovação também só são possíveis através dos processos naturais que se desenvolveram e ainda se desenvolvem nos ecossistemas.

Estes processos foram consolidados ao longo de bilhões de anos na história da Terra, muito antes do surgimento dos primeiros hominídeos, e são essenciais para garantir o equilíbrio dos ecossistemas e a sobrevivência de todas as formas de vida existentes, e não só a humana. Ainda assim, assumindo um viés antropocêntrico, eles vêm sendo estudados, avaliados e classificados de acordo com os benefícios e possibilidades de usos que proporcionam para o homem, direta ou indiretamente, desde as condições básicas para sua sobrevivência até o fornecimento de bens e serviços que poderiam ser considerados como supérfluos. É o que diversos autores denominaram de “serviços ambientais”, “serviços ecossistêmicos” ou “funções ecossistêmicas”, dentre outras terminologias. No presente trabalho, optamos por adotar o termo “serviços ambientais”, que vem sendo mais amplamente utilizado no Brasil, tomando como referência a definição proposta por Daily (1997, p. 3, tradução nossa):

serviços ambientais são condições e processos através dos quais os ecossistemas naturais, e as espécies que o compõem, sustentam e satisfazem a vida humana. Eles mantêm a biodiversidade e a produção de bens ecossistêmicos, como frutos do mar, forragem, madeira, combustíveis de biomassa, fibras naturais, e muitos fármacos, produtos industriais, e seus precursores.

Fischlin *et al.* (2007) classificam os serviços ambientais em quatro categorias distintas:

- Serviços de suporte, como por exemplo, a produção primária e secundária, além da biodiversidade. Estes provêm a base para as demais categorias de serviços;

- Serviços de abastecimento, tais como alimentos, água e combustíveis;
- Serviços de regulação, como por exemplo, sequestro de carbono, regulação do clima, proteção contra enchentes e purificação da água e do ar;
- Serviços culturais, os quais satisfazem espiritualmente os homens, como o valor estético dos ecossistemas e seus componentes.

De Groot *et al.* (2002) também relacionam os serviços ambientais com a satisfação das necessidades humanas, classificando-os em quatro categorias:

- Serviços de regulação: são aqueles relacionados à regulação dos processos ecológicos básicos e aos sistemas de manutenção da vida, como os ciclos biogeoquímicos e outros processos que ocorrem na biosfera.

- Serviços de habitat: os ecossistemas naturais provêm locais adequados para a sobrevivência e reprodução das mais variadas espécies de plantas e animais, contribuindo assim com a conservação da biodiversidade e dos processos de evolução.

- Serviços de produção: relacionam-se aos processos de produção que ocorrem nos ecossistemas, desde a produção primária dos organismos autótrofos até a produção de diferentes formas de biomassa em níveis superiores das cadeias tróficas. São estes serviços que fornecem à humanidade a maioria dos bens de consumo, como alimentos, matérias-primas e recursos energéticos.

- Serviços de informação: estão relacionados ao bem-estar e qualidade de vida, contribuindo para a manutenção da saúde humana, propiciando oportunidades de reflexão, enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo, recreação e experiências estéticas.

Quando um determinado ecossistema é degradado em consequência de atividades humanas, ocorrem perturbações no equilíbrio natural originalmente reinante, o que invariavelmente refletirá não só nas formas de vida que o compõem, mas também nos serviços ambientais prestados. Sánchez (2008, p. 27, grifo do autor) afirma que:

[...] degradação ambiental pode ser conceituada como *qualquer alteração adversa dos processos, funções ou componentes ambientais*, ou como *uma alteração adversa da qualidade ambiental*.

Em outras palavras, degradação ambiental corresponde a impacto ambiental negativo.

Estes impactos podem adquirir diferentes níveis de magnitude, e, em alguns casos, podem ter reflexo em escala global. O exemplo mais abordado atualmente, em que pesem as controvérsias científicas que envolvem o tema, é o aquecimento global e as consequentes mudanças climáticas, resultado da alteração dos padrões do fenômeno chamado efeito estufa, em função da adição de gases na atmosfera, fruto de diversas atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis, o desmatamento e a atividade agropecuária, entre outros.

Este contexto ilustra a importância que as parcelas referentes ao VUI e ao VO representam no total do VERA, e, desta forma, torna-se essencial que sejam consideradas quando da valoração dos danos ambientais. No entanto, conforme já discutido anteriormente, a estimativa destas parcelas é uma tarefa complexa, pois, apesar de muitos dos serviços prestados pelos ecossistemas naturais exercerem um papel fundamental na manutenção da vida (inclusive humana) no planeta, seus valores não podem ser plenamente estabelecidos no âmbito do mercado tradicional.

Ainda assim, diversos esforços vêm sendo realizados no sentido de valorar economicamente os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas naturais, muito do que perpassa pelos métodos de valoração expostos anteriormente.

A partir da segunda metade da década de 90, vêm surgindo trabalhos acadêmicos voltados à atribuição de valor aos serviços prestados pela natureza. Esses dizem respeito às funções de suporte dado por ela às condições de vida no planeta, e mesmo ao exercício de atividades econômicas, que não são plenamente conhecidas e muito menos contabilizadas adequadamente, o que acaba resultando em cálculos insuficientes quanto ao impacto de obras e atividades degradadoras. (NUSDEO, 2012, p. 1).

Estas ferramentas de valoração vêm sendo cada vez mais utilizadas não só para a valoração de danos ambientais, mas também no planejamento de obras e empreendimentos, para o estabelecimento de medidas compensatórias nos processos de licenciamento ambiental e no

desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao pagamento de serviços ambientais.

4.4.1 Serviços ambientais prestados por ecossistemas florestais

Os ecossistemas florestais provêm diversos tipos de bens e serviços ambientais. Dentre estes, Myers (1997) enumera a estabilização de terrenos, a proteção do solo, a ciclagem de nutrientes, a atuação como filtros contra a propagação de pragas e doenças, a regulação do fluxo de água, prevenindo a ocorrência de enchentes e secas, a regulação do microclima local, através do controle dos regimes de chuva e do efeito albedo² e, em uma escala planetária, a moderação do aquecimento global, em função da estocagem de carbono nas plantas e no solo. Além destes, existem inúmeros outros serviços ambientais, alguns com uma relação indireta ou subjetiva, porém não menos importantes, como por exemplo, polinização de culturas agrícolas e beleza cênica.

O serviço de proteção do solo exercido pelas formações florestais atualmente é bem reconhecido e está diretamente ligado à ocorrência de processos de erosão, perdas de nutrientes e assoreamento de corpos d'água. Myers afirma que “o impacto das chuvas tropicais causa mais erosão do solo em áreas desmatadas do que em qualquer outro lugar da Terra.” (MYERS, 1997, p. 217).

A presença da vegetação é um dos principais fatores responsáveis pela retenção do solo, uma vez que a trama das raízes das plantas contribui com a estabilização do solo, enquanto a cobertura das copas e a serrapilheira³ diminuem o efeito do impacto das gotas da chuva. De Groot *et al.* (2002) comentam que estes processos são muito importantes para a manutenção da produtividade agrícola e prevenção de desastres ligados à erosão, como deslizamentos de terra.

O desmatamento expõe o solo à ação direta das intempéries, resultando na ocorrência de processos erosivos acentuados, os quais, por sua vez, trazem consequências importantes, como a perda da camada

² Efeito albedo relaciona-se à quantidade de luz refletida pela superfície terrestre, que varia de acordo com suas características e influencia diretamente no equilíbrio da temperatura do Planeta. Para mais informações ver Oliveira *et al.* (2013).

³ Serrapilheira é o material que se acumula sobre o solo da floresta, composto principalmente por resíduos vegetais, como folhas, galhos, flores, frutos e sementes, além de resíduos de origem animal.

superficial do solo, que carrega consigo seus nutrientes e sua microbiologia, essenciais para o desenvolvimento das plantas.

O solo erodido é carregado, juntamente com as águas das chuvas, para as porções mais baixas da bacia hidrográfica, podendo provocar o aumento da turbidez e o assoreamento de corpos d'água. Estas consequências nos remetem a outro importante serviço ambiental prestado pelos ecossistemas florestais, que é a manutenção dos recursos hídricos.

A presença da floresta exerce um papel essencial nos processos de infiltração da água da chuva e recarga de lençóis freáticos, nascentes e rios. O solo age como uma “esponja”, que inicialmente retém a água, liberando-a gradativamente. Estes processos de armazenamento e distribuição da água refletem diretamente na ocorrência de eventos de enchentes e alagamentos, já que, em solos expostos, o escoamento das águas pluviais ocorre principalmente pela camada superficial do terreno, o que faz com que grandes volumes de água atinjam as calhas dos rios em um período de tempo menor, excedendo sua capacidade. Nusdeo (2012) afirma que os solos vegetados têm maior capacidade de armazenamento de água e apresentam maior eficiência na recarga dos lençóis freáticos.

Além da minimização do risco de enchentes, a distribuição gradativa da água armazenada no solo contribui com a disponibilidade de água durante um período maior, reduzindo o impacto das estiagens. Segundo Myers (1997, p. 216, tradução nossa),

enquanto a cobertura florestal permanece íntegra, os rios não só correm mais claros e límpidos, mas também fluem durante todo o ano. Quando a floresta é desmatada, os rios começam a se tornar turvos e diminuem seu volume de água.

Ainda, de acordo com a Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência - SBPC (2012, p. 63),

em terras sob cobertura florestal, o sistema radicular, serrapilheira e vegetação adensada das matas conseguem, juntos, reter em média 70% do volume das precipitações, regularizando a vazão dos rios, contribuindo para a melhoria na qualidade da água.

Outro importante serviço ambiental exercido pelas florestas, e que também influencia diretamente os recursos hídricos, é a ciclagem de nutrientes. Os ciclos biogeoquímicos permitem uma interação entre os meios biótico e abiótico, com a transformação de energia, matéria orgânica e nutrientes, através de diversos processos como a fotossíntese, decomposição e lixiviação. Este serviço regula a entrada e saída de matéria e energia do ecossistema, proporcionando uma constante regeneração dos nutrientes disponíveis para os produtores primários, tanto dos ecossistemas terrestres como aquáticos, e, conseqüentemente, para a fauna que compõe os níveis superiores das cadeias tróficas.

Nestes processos de ciclagem de nutrientes, especialmente em áreas próximas aos cursos d'água, a vegetação atua como um filtro biológico, reduzindo o aporte de contaminantes nos ecossistemas aquáticos. De acordo com a SBPC (2012), os processos biogeoquímicos que ocorrem na vegetação ciliar são de grande importância aos cursos d'água, para a redução da entrada de nutrientes e metabolização de moléculas provenientes da aplicação de fertilizantes e agrotóxicos em áreas agrícolas.

As florestas exercem papel determinante nas condições climáticas, influenciando processos como o efeito albedo, a evaporação, a precipitação e o controle da temperatura. Myers (1997) discute que uma das conseqüências do desmatamento em grande escala é o aumento do efeito albedo, provocando alterações na temperatura do solo, redução da quantidade de chuvas e cobertura vegetal mais esparsa.

De Groot *et al.* (2002) pontua que estes processos auxiliam a manutenção de um clima favorável, tanto em escala global quanto local, fator que é importante para a saúde humana, produtividade agrícola, realização de atividades culturais e recreacionais, entre outros. Já Nusdeo (2012, p. 32), afirma que:

[...] as florestas influenciam os níveis de precipitação em escala regional. Ainda que essa relação varie de acordo com condições ambientais específicas, há indicações de que a redução no nível de chuvas na China resultou de desmatamento, há também projeções de que perdas de áreas florestais na Amazônia e na África Central podem gerar um clima mais seco.

A questão do sequestro e estocagem de carbono é um dos serviços ambientais que vêm sendo mais discutidos na atualidade,

principalmente pela recente institucionalização dos mercados de créditos de carbono.

Atualmente existe consenso científico de que as atividades humanas têm contribuído para o aquecimento global e que as florestas têm um papel majoritário tanto na emissão global de carbono quanto na provisão dos serviços de sequestro e estocagem (SCHERR *et al.*, 2004, p. 12, tradução nossa).

Os ecossistemas florestais, por meio dos processos de fotossíntese e desenvolvimento da biomassa vegetal, capturam e acumulam carbono da atmosfera, não só nas plantas, como também na serrapilheira e no solo. A degradação destes ecossistemas, com a retirada da vegetação, promove o lançamento do carbono estocado de volta para a atmosfera. De acordo com a *Food And Agriculture Organization* - FAO (2010, p. 48, tradução nossa),

as florestas do planeta estocam mais de 650 bilhões de toneladas de carbono, sendo 44% na biomassa, 11% em madeira morta e na serrapilheira, e 45% no solo. Os estoques globais de carbono estão decrescendo em função da perda de áreas de floresta; no entanto, o estoque de carbono por hectare permaneceu praticamente constante no período entre 1990-2010. De acordo com estas estimativas, as florestas mundiais são, portanto, uma fonte de emissões líquidas devido à diminuição da área florestal total.

Outro importante serviço ambiental prestado pelas florestas é a conservação da biodiversidade, o qual reflete diretamente em todos os processos que ocorrem no ecossistema. Nusdeo (2012, p. 25) discute esta questão e afirma que:

apesar do grau de incerteza em torno da prestação do serviço, sabe-se que a conservação da biodiversidade natural associa-se a muitos benefícios relacionados aos serviços ambientais. Atribui-se à biodiversidade o papel de manutenção do funcionamento dos ecossistemas, de controle climático no nível local e até global,

além de funções genericamente desempenhadas pelas áreas com cobertura vegetal, ainda que menos diversas, como a qualidade dos recursos hídricos e a regulação do microclima.

Os ecossistemas florestais são essenciais para a manutenção da biodiversidade. De acordo com Myers (1997, p. 225, tradução nossa),

as florestas fornecem habitats para um grande número de espécies, populações e outras formas de biodiversidade. Estima-se que apenas as florestas tropicais abrigam pelo menos 50% e provavelmente uma proporção muito maior de todas as espécies na Terra. Esta biodiversidade fornece muitos serviços ambientais, em virtude de sua função como banco genético.

Como exemplo do efeito da biodiversidade em ecossistemas florestais na prestação dos serviços ambientais, podemos citar as discussões de Tilman, baseadas em trabalho de revisão bibliográfica, que, entre outros aspectos, concluiu que:

a biodiversidade pode levar a um aumento de 30% na quantidade de dióxido de carbono atmosférico absorvido pelas florestas e estocados nos ecossistemas florestais. Esta absorção de carbono mais elevada como resultado da biodiversidade poderia exercer um papel crucial no estímulo ao reflorestamento global, como forma de amenizar os efeitos das altas taxas de emissão de CO₂ e, conseqüentemente, atenuar as mudanças climáticas. (TILMAN, 1997, p. 102, tradução nossa).

Os ecossistemas florestais apresentam um processo natural de sucessão, no qual as espécies e a estrutura da comunidade vão se modificando ao longo do tempo, desenvolvendo processos ecossistêmicos cada vez mais complexos, até atingir um estado de equilíbrio. Esta sucessão pode ser primária, quando ocorre em uma área nunca ocupada pela comunidade, ou secundária, quando ocorre em uma área onde a comunidade foi extinta por algum motivo.

Assim como a estrutura da comunidade, os serviços ambientais fornecidos por um ecossistema florestal também variam de acordo com

o estágio de sucessão, tendendo a tornarem-se mais numerosos e importantes conforme o avanço do desenvolvimento do ecossistema, até atingir um estado de equilíbrio.

Para ilustrar esta questão, podemos imaginar de forma simplificada um processo de sucessão. Com o crescimento e consequente adensamento da vegetação, os processos de infiltração das águas das chuvas e a recarga de corpos d'água tornam-se mais eficientes, assim como a proteção do solo contra a erosão. O aumento da biomassa é acompanhado pelo incremento no volume de serrapilheira e, com isso, na intensidade dos processos de ciclagem de nutrientes. A quantidade de carbono absorvida também apresenta uma relação direta com a biomassa e, portanto, aumenta até que o ecossistema se estabilize, quando então todo o carbono absorvido permanece estocado. O mesmo ocorre com a biodiversidade, que tende a ser maior quanto mais avançado é o estágio de sucessão.

Desta forma, quando um determinado ecossistema florestal é degradado por atividades antrópicas, os impactos negativos podem ser diferentes de acordo com o estágio de sucessão em que a vegetação se encontrava, visto que os serviços ambientais prestados também eram diferenciados. Além disto, a área de entorno na qual ele estava inserido também influenciará nestes impactos, sendo que a alteração no fornecimento dos serviços ambientais assumirá importância mais ou menos significativa dependendo do tipo de uso do solo predominante na região.

Em um ambiente urbano, por exemplo, a degradação de um fragmento de floresta preservada de 01 ha (um hectare) pode ter uma importância mais significativa do que um fragmento do mesmo tamanho inserido em meio a uma área muito maior de floresta preservada. No primeiro, teremos uma alteração e/ou interrupção praticamente integral dos serviços ambientais, enquanto no segundo a área de vegetação remanescente continuará a fornecê-los, bem como facilitará o processo de regeneração da vegetação suprimida.

Conforme será apresentado a seguir, a metodologia utilizada neste trabalho procurou englobar estes aspectos que diferenciam os ecossistemas florestais e os serviços ambientais por eles prestados, na busca de estabelecer critérios que possam garantir a proporcionalidade do valor do dano ambiental calculado, de acordo com as especificidades e com a importância ambiental de cada área.

5 METODOLOGIA

Para a realização da presente pesquisa, foi tomado como ponto de partida o custo de reposição de uma área degradada através da supressão da vegetação nativa. Conforme discutido anteriormente, o MCR apresenta algumas vantagens desejadas para sua aplicação na área da perícia ambiental, como rapidez e facilidade de aplicação. Por outro lado, o MCR não é capaz de internalizar, no valor calculado, as alterações e/ou perdas de serviços ambientais provocados no ecossistema, principalmente quando se considera o tempo necessário para a real recuperação da área degradada. Diante desta constatação, entendemos que a utilização do MCR, por si só, é inadequada como ferramenta para o cálculo do valor do dano ambiental de uma área degradada por supressão de vegetação, porém, existem alternativas para adaptá-lo e melhorar sua eficiência.

Desta forma, propomos uma adaptação do MCR, através da incorporação no cálculo do valor do dano ambiental, ainda que de forma parcial, dos prejuízos advindos das alterações e/ou perdas de serviços ambientais, que corresponderá à parcela referente a alguns dos valores intangíveis. Para tanto, idealizou-se a aplicação de fatores de correção sobre o valor do custo de reposição, buscando uma correlação mais direta com a avaliação dos serviços ambientais afetados pelo dano.

A escolha do custo de reposição como valor de referência justifica-se não só pelas suas vantagens de aplicação, mas também pelo seu caráter objetivo, baseado em custos que podem ser facilmente compreendidos, o que o torna um parâmetro acessível ao entendimento dos operadores do direito, independentemente de conhecimentos específicos das ciências ambientais.

Com o intuito de adaptar o MCR, foram construídos quatro fatores de correção distintos: o fator relacionado aos serviços ambientais afetados pelo dano; o fator relacionado ao estágio de sucessão da vegetação degradada; o fator relacionado aos tipos de uso e ocupação do solo predominantes no entorno da área degradada; e o fator relacionado aos mecanismos de proteção legal incidentes na área degradada.

Os dois últimos fatores foram baseados nas ideias que fundamentam o método utilizado por Almeida (2010), descrito anteriormente, porém com alterações que buscaram atingir a simplificação e universalização para sua aplicação.

Para estabelecer os valores dos fatores de correção, optou-se por consultar diversos profissionais e especialistas atuantes na área ambiental, preferencialmente aqueles com experiência na realização de

perícia, vistoria e fiscalização ambiental. Assim, foram consultados profissionais de várias regiões do país, divididos em 03 (três) segmentos: peritos criminais oficiais; pesquisadores de órgãos e instituições de ensino e pesquisa; e servidores públicos de órgãos de fiscalização ambiental.

As consultas foram feitas por meio de um questionário, com perguntas objetivas, que foi disponibilizado online através da ferramenta de formulários do serviço *Google Docs*. O questionário utilizado encontra-se reproduzido no Apêndice A.

Para a operacionalização dos questionários, foram realizados contatos com os responsáveis e/ou chefes de cada órgão/instituição consultada, solicitando a estes que o questionário fosse multiplicado para os profissionais que atuassem ou tivessem experiência de atuação em ecossistemas florestais, buscando atingir, desta forma, o maior número de profissionais possível.

Em relação aos peritos criminais, foram consultados todos os órgãos oficiais de perícia do País. Já a escolha dos órgãos e instituições de ensino e pesquisa consultados foi feita com base em buscas ao Diretório dos Grupos de Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), tendo sido selecionados aqueles grupos com linhas de pesquisa relacionadas diretamente aos ecossistemas florestais e certificados pelas respectivas instituições. Finalmente, foram consultados os principais órgãos de fiscalização ambiental em nível nacional e do Estado de Santa Catarina.

5.1 FATOR DE SERVIÇOS AMBIENTAIS

Este fator, denominado fator de serviços ambientais (FSA), é o que estabelecerá uma parcela do valor do dano ambiental, buscando incorporar os prejuízos resultantes das alterações provocadas em alguns serviços ambientais fornecidos pelo ecossistema florestal, quando este é degradado através da supressão da vegetação, sendo considerados 06 (seis) serviços ambientais reconhecidos na literatura.

A escolha dos serviços ambientais se deu em função da importância que exercem no equilíbrio dos ecossistemas, bem como da facilidade de compreensão e avaliação destes, tanto por parte dos profissionais da área ambiental, quanto dos operadores do direito. Os serviços ambientais relacionados foram os seguintes: proteção do solo e controle da erosão; processos de ciclagem de nutrientes; processos de infiltração da água no solo e recarga de corpos hídricos subterrâneos e superficiais; regulação do microclima; conservação da biodiversidade;

e sequestro de carbono. Além disto, para a construção deste fator, considerou-se a ocorrência destes serviços ambientais em um ecossistema florestal em estágio de clímax, íntegro e sem quaisquer intervenções antrópicas.

Para compreender a formatação deste fator, é necessário observar que em um ecossistema florestal a presença da vegetação é responsável por uma parcela, maior ou menor, da prestação dos serviços ambientais naquele ecossistema, havendo também a influência de outros elementos. Como exemplo, podemos citar os processos de ciclagem de nutrientes, que são dependentes não só da presença da vegetação, como também da microbiologia do solo, ou ainda a preservação do solo e prevenção da erosão, que possui uma relação direta com a granulometria e com a topografia local.

Assim, a questão referente ao FSA buscou avaliar, na opinião dos profissionais consultados, com que intensidade os serviços ambientais seriam afetados caso um ecossistema florestal, com uma formação no estágio de clímax, fosse degradado através da supressão (corte raso) da vegetação. Para as respostas, utilizou-se uma escala percentual, de 0 a 100% (zero a cem por cento). Este fator representará a parcela de importância que a presença de vegetação exerce na manutenção do conjunto de serviços ambientais.

Com as respostas da questão, calculou-se a média simples para cada serviço ambiental questionado e, em seguida, os resultados das médias foram somados, chegando-se então a um valor que será fixo e corresponderá ao percentual a ser acrescido sobre o custo de reposição da vegetação para o cálculo do valor do dano ambiental.

Note-se que este valor será sempre o mesmo, independente do caso que estiver sendo avaliado e das condições específicas do local examinado. Isto porque ele representa, na opinião dos profissionais inquiridos, com que significância os danos provocados pela supressão da vegetação interferem na prestação dos serviços ambientais fornecidos por um ecossistema florestal íntegro, dentre os serviços considerados na pesquisa, tornando o FSA uma constante na equação do cálculo do valor do dano ambiental.

Além dos serviços ambientais questionados, foi solicitado aos profissionais sugestões acerca de outros serviços ambientais que poderiam ser considerados na avaliação proposta.

Na prática da perícia ambiental, são examinadas áreas degradadas com as mais distintas características, com formações vegetais em diferentes estágios de regeneração e com diferentes formas de ocupação e uso do solo. Por este motivo, como o FSA será um valor fixo, tomando

como referência um ecossistema florestal íntegro, foi necessária a utilização de outros fatores, os quais permitirão atingir uma proporcionalidade no valor calculado, de acordo com a realidade e as diferenças específicas de cada área degradada. Esta proporcionalidade também manterá uma relação direta com a importância ambiental da área e, conseqüentemente, com os serviços ambientais afetados.

5.2 FATOR DE ESTÁGIO DE SUCESSÃO

Na prática da perícia ambiental, os peritos deparam-se com situações de supressão de vegetação em diferentes estágios de sucessão, o que exige que a avaliação do valor do dano ambiental estabeleça um elemento de proporcionalidade referente a estas diferenças. Diante desta necessidade, este fator, denominado fator de estágio de sucessão (FES), buscou agregar este elemento de proporcionalidade, de acordo com o estágio de sucessão em que a vegetação degradada se encontrava, tomando como referência os estágios estabelecidos na legislação brasileira atual.

Dentro desta premissa, a questão referente ao FES foi orientada para avaliar a opinião dos profissionais consultados em relação à diferença de intensidade com que os serviços ambientais seriam afetados caso um ecossistema florestal fosse degradado através da supressão (corte raso) da vegetação, dependendo do estágio de sucessão em que se encontrava, sendo considerados o estágio inicial de regeneração; estágio médio de regeneração; e estágio avançado de regeneração ou floresta primária.

Para as respostas, utilizou-se uma escala percentual, de 0 a 100% (zero a cem por cento). Este fator refletirá a diferença de importância que cada estágio de sucessão exerce na manutenção dos serviços ambientais.

Com as respostas da questão, foram calculadas as médias simples, resultando então em um fator de correção para cada estágio de sucessão.

Conforme descrito anteriormente, a construção do FSA levou em consideração uma formação florestal em estágio de clímax. Assim, no cálculo do valor do dano ambiental, o FES foi aplicado sobre o FSA, a fim de equalizar este último de acordo com o estágio de sucessão em que a vegetação suprimida se encontrava.

5.3 FATOR DE USO DO SOLO

Outra questão considerada para o cálculo do valor do dano ambiental foi a região em que o ocorreu o dano de forma mais abrangente, e não de forma pontual, já que as consequências sobre os serviços ambientais podem ter significâncias diferentes dependendo das características de ocupação da área degradada.

Assim, este fator, denominado fator de uso do solo (FUS), teve o objetivo de avaliar, na opinião dos profissionais consultados, a importância dos danos resultantes da degradação de um ecossistema florestal através da supressão da vegetação e, conseqüentemente, na alteração dos serviços ambientais por este fornecidos, em relação aos tipos de uso e ocupação do solo predominantes na área de entorno no qual o ecossistema está inserido. Este fator permitirá agregar outro elemento de proporcionalidade, de acordo com as especificidades da área onde ocorreu o dano ambiental.

Como forma de simplificar a avaliação, considerando a grande variedade de tipos de uso do solo, as nuances existentes entre estes tipos e a inexistência de limites de diferenciação bem claros em todas as situações, foram estabelecidos três tipos de uso principais, que podem ser aplicados na maioria dos casos práticos na perícia criminal ambiental: região ocupada predominantemente por vegetação nativa preservada; região ocupada predominantemente por atividades agropecuárias (como agricultura, pecuária, silvicultura, etc); e região ocupada predominantemente por zonas urbanas consolidadas. Para as respostas, utilizou-se uma escala percentual, de 0 a 100% (zero a cem por cento).

Com as respostas da questão, foram calculadas as médias simples, resultando então em um fator de correção para cada tipo de uso do solo predominante, os quais corresponderão aos percentuais a serem aplicados sobre o custo de reposição da vegetação para o cálculo do valor do dano ambiental.

5.4 FATOR DE PROTEÇÃO LEGAL

Finalmente, o último fator concebido para aplicação no método adaptado, a fim de estabelecer um elemento de proporcionalidade, foi denominado fator de proteção legal (FPL). Quando o legislador estabeleceu, em instrumentos jurídicos, a criação de áreas específicas onde o uso antrópico não é permitido, ou é restrito em diferentes níveis,

reconheceu que estas áreas possuem importância na conservação e preservação dos ecossistemas.

Atualmente, os principais mecanismos legais que prevêm a restrição de uso de um determinado local são o estabelecimento de UCs ou a inserção em APPs.

Face aos objetivos de uma UC, definidos no SNUC, quando ocorre um determinado dano ambiental em seu interior, considera-se que os impactos negativos provocados prejudicarão de forma diferenciada, e em diferentes intensidades, o cumprimento destes objetivos. Por este motivo, o cálculo do valor do dano deve ponderar se a área atingida encontra-se ou não no interior de uma UC, diferenciando ainda o grupo a que pertence, ou seja, se unidade de proteção integral ou de uso sustentável, tendo em vista as claras diferenças de finalidade existentes entre estas.

Da mesma forma, quando do cálculo do valor do dano ambiental, torna-se necessário analisar se a área degradada é considerada ou não APP, de acordo com os critérios definidos na legislação, pois, mais uma vez, os prejuízos provocados comprometerão o cumprimento dos objetivos da área.

Desta forma, a questão referente ao FPL foi orientada para avaliar a importância que os profissionais consultados atribuem aos danos resultantes da degradação de um ecossistema florestal através da supressão da vegetação e, conseqüentemente, à alteração dos serviços ambientais por este fornecidos, caso a área degradada esteja inserida em UC ou em APP, associando os danos ao comprometimento dos objetivos básicos inerentes a estas áreas de proteção.

Para as respostas, utilizou-se uma escala percentual, de 0 a 100% (zero a cem por cento). Este fator significará uma espécie de agravante no cálculo do valor do dano ambiental, caso a área degradada esteja inserida em UC ou em APP, uma vez que existe a previsão legal específica de proteção destas áreas.

Com as respostas da questão, foram calculadas as médias simples, resultando então em um fator de correção para cada tipo de mecanismo de proteção, os quais corresponderão aos percentuais a serem aplicados sobre o custo de reposição da vegetação para o cálculo do valor do dano ambiental.

5.5 CÁLCULO DO VALOR DO DANO AMBIENTAL

Após a tabulação dos questionários respondidos, foram realizadas as análises estatísticas que serão posteriormente descritas, através da

função "Análise de Dados" do programa Microsoft Excel 2007. Posteriormente, com a definição do valor de cada fator de correção, foi então estabelecida a fórmula para o cálculo do valor do dano ambiental proposto nesta pesquisa, através da seguinte equação:

$$\text{VDA} = \text{CR} \times (\% \text{FSA} \times \% \text{FES}) + \text{CR} \times \% \text{FUS} + \text{CR} \times \sum \% \text{FPL}$$

Ou, de forma simplificada:

$$\text{VDA} = \text{CR} \times [(\% \text{FSA} \times \% \text{FES}) + \% \text{FUS} + \sum \% \text{FPL}], \text{ onde:}$$

VDA: valor do dano ambiental;

CR: custo de reposição;

FSA: fator de serviços ambientais (será um valor fixo);

FES: fator de estágio de sucessão;

FUS: fator de uso do solo;

FPL: fator de proteção legal.

Na equação proposta, temos o custo de reposição como valor de base. Sobre este, aplicamos o percentual referente ao FSA, corrigido de acordo com o FES correspondente, e os percentuais referentes ao FUS e aos FPL. O somatório destas parcelas representará então o valor do dano ambiental.

5.6 ESTUDOS DE CASO

Com a equação para o cálculo do valor do dano ambiental definida, como forma de testar sua utilização, esta foi aplicada em 03 (três) estudos de caso de perícias ambientais criminais reais, já atendidos pelo IC do Núcleo Regional de Perícias de Criciúma. Foram selecionados casos com diferenças marcantes em relação às especificidades de cada área, visando justamente avaliar a efetividade do FES, do FUS e do FPL em estabelecer componentes de proporcionalidade.

O custo de reposição da vegetação considerou as ações mínimas necessárias para esta tarefa, como cercamento, limpeza, controle de formigas, adubação, abertura das covas, plantio, coroamento, replantio e monitoramento durante 30 (trinta) meses, incluindo todos os insumos e mão-de-obra necessários. Os custos foram baseados em valores tabelados pelo Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina

(CEPA/EPAGRI), do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e de pesquisas de preços realizadas no município de Criciúma. O detalhamento destes custos encontra-se descrito no Apêndice B.

5.7 AVALIAÇÃO DO MÉTODO

Após a aplicação do método nos estudos de caso avaliados, buscou-se obter a apreciação dos valores obtidos por parte dos aplicadores do direito, mais especificamente juízes de direito, promotores de justiça e procuradores da república do estado de Santa Catarina, por meio da aplicação de um questionário, com perguntas objetivas, que foi disponibilizado online através da ferramenta de formulários do serviço *Google Docs*. O questionário utilizado encontra-se reproduzido no Apêndice C.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, serão apresentados e discutidos os resultados do questionário aplicado aos profissionais da área ambiental, dos estudos de caso nos quais foi aplicada a equação desenvolvida para o cálculo do valor do dano ambiental e, finalmente, das dificuldades encontradas na aplicação do questionário aos aplicadores do direito.

6.1 QUESTIONÁRIO APLICADO AOS PROFISSIONAIS DA ÁREA AMBIENTAL

Foram recebidas 127 (cento e vinte e sete) respostas do questionário aplicado aos profissionais da área ambiental. Destas, 40 (quarenta) respostas foram fornecidas por peritos oficiais, dos seguintes órgãos oficiais de perícia: Polícia Federal (PF), IGP/SC, Polícia Civil do Amazonas (PC/AM), Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul (IGP/RS), Polícia Civil do Distrito Federal (PC/DF), Polícia Científica de Goiás (PC/GO) e Departamento de Polícia Técnica da Bahia (DPT/BA). Ademais, foram recebidas 16 (dezesesseis) respostas de profissionais dos seguintes grupos de pesquisa: Núcleo de Pesquisas em Florestas Tropicais da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Grupo de Pesquisa Manejo de Florestas Tropicais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Grupo de Pesquisa Desenvolvimento Florestal e Ambiental da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Grupo de Pesquisa Ecologia e Conservação da

Floresta Atlântica do Paraná da Universidade Federal do Paraná (UFPR), Grupo de Pesquisa Manejo Florestal do Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas (INPA) e do Grupo de Pesquisa Tecnologias para o Manejo de Florestas Tropicais da Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Finalmente, foram recebidas 71 (setenta e uma) respostas de servidores públicos de órgãos de fiscalização, todos do Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade (ICMBio), atuantes em UCs de diversos estados. O panorama das respostas recebidas encontra-se ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Quantidade de respostas e origem dos profissionais consultados.

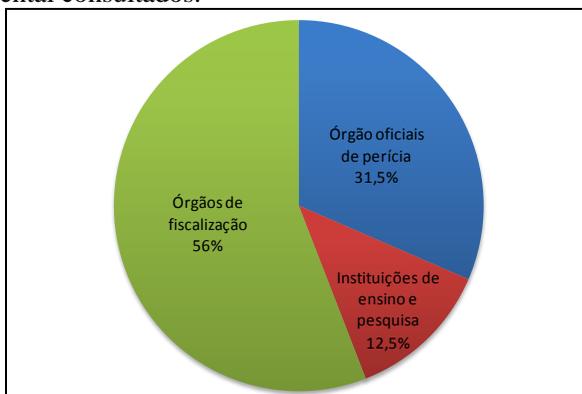
Segmento	Qtde. de respostas	Órgão / Instituição
Peritos criminais oficiais	40 (quarenta)	PF
		IGP/SC
		PC/AM
		IGP/RS
		PC/DF
		PC/GO
		DPT/BA
Pesquisadores	16 (dezesesseis)	UFSC
		EMBRAPA
		UFSM
		INPA
		UFAM
Servidores públicos de órgãos de fiscalização	71 (setenta e uma)	ICMBio

Legenda: PF - Polícia Federal; IGP/SC - Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina; PC/AM - Polícia Civil do Amazonas; IGP/RS - Instituto Geral de Perícias do Rio Grande do Sul, PC/DF - Polícia Civil do Distrito Federal; PC/GO - Polícia Científica de Goiás (PC/GO); DPT/BA - Departamento de Polícia Técnica da Bahia; UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina; EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária; UFSM - Universidade Federal de Santa Maria; INPA - Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas; UFAM - Universidade Federal do Amazonas; e ICMBio - Instituto Chico Mendes para a Conservação da Biodiversidade.

A quantidade de respostas atingidas foi considerável e abrangeu um quadro variado de profissionais, dos três segmentos definidos como alvo e de várias regiões do país. Dos órgãos de licenciamento e fiscalização, apenas profissionais do ICMBio contribuíram com respostas, representando a maior proporção, com quase 56% (cinquenta

e seis por cento) do total. Já os peritos oficiais representaram cerca de 31,5% (trinta e um vírgula cinco por cento) e os profissionais de instituições de ensino e pesquisa 12,5% (doze vírgula cinco por cento), conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Proporção de respostas de cada segmento de profissionais da área ambiental consultados.



Destacamos ainda que, apesar da quantidade total de respostas recebidas, muitos órgãos e instituições consultados, nos três segmentos, não deram qualquer retorno ao questionário.

Os dados brutos das respostas recebidas encontram-se reproduzidos no Apêndice D, tendo sido omitidos os dados de identificação dos entrevistados, por motivos de privacidade.

6.1.1 Fatores de correção

Inicialmente, foi realizada uma análise exploratória dos resultados, a fim de se obter um panorama geral acerca das medidas de tendência central e de dispersão dos dados obtidos através das respostas ao questionário, procedimento este que já permitiu a definição das médias simples que serão utilizadas posteriormente na equação do cálculo do valor do dano ambiental. Nas Tabelas 2 a 5 encontram-se os resultados destas medidas para cada fator de correção.

Além disto, foram feitos os cálculos dos intervalos de confiança das médias, com um nível de confiança de 95% (noventa e cinco por cento), com base no teorema do limite central⁴.

⁴ Para detalhes, ver Larson e Farber (2010).

6.1.1.1 Fator de Serviços Ambientais

Em relação ao FSA, observa-se que todos os serviços ambientais considerados apresentaram médias relativamente altas, variando entre 72% (setenta e dois por cento) para o sequestro de carbono e 93% (noventa e três por cento) para a conservação da biodiversidade. As medianas apresentaram o mesmo comportamento, variando entre 80% (oitenta por cento) para sequestro de carbono e 100% (cem por cento) para proteção do solo e controle da erosão e para conservação da biodiversidade. Já a moda para todos os serviços ambientais foi de 100% (cem por cento), indicando que a maioria dos profissionais consultados considerou que as alterações e/ou perdas de todos os serviços ambientais considerados seriam extremamente significativas.

Tabela 2 - Medidas de tendência central e dispersão das respostas referentes a cada serviço ambiental considerado no FSA.

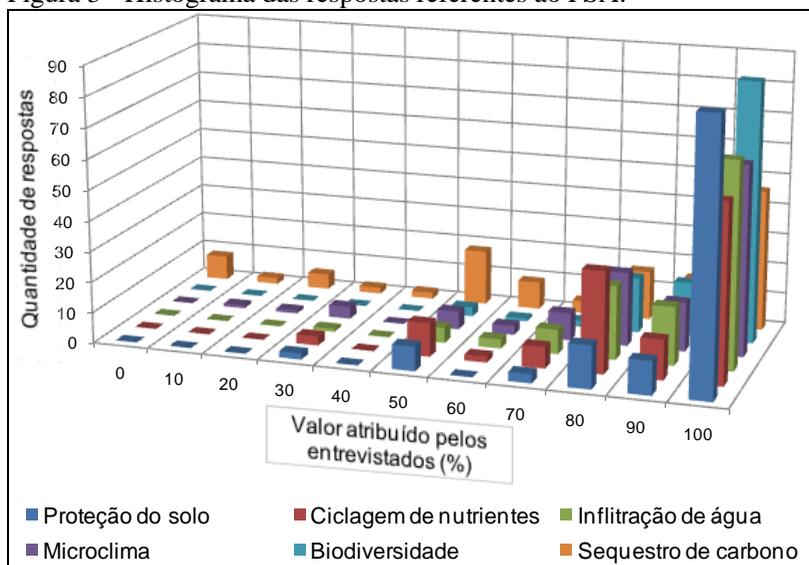
	A	B	C	D	E	F
Média	92	85	89	85	93	72
Mediana	100	90	98	90	100	80
Moda	100	100	100	100	100	100
Mínimo	30	25	30	10	50	0
Máximo	100	100	100	100	100	100
Amplitude	70	75	70	90	50	100
Variância	248	316	211	387	119	955
Desvio padrão	16	18	15	20	11	31
Coefficiente de variação (%)	17	21	16	23	12	43
Intervalo de confiança ($\alpha=0,05$)	$\pm 2,8$	$\pm 3,1$	$\pm 2,5$	$\pm 3,5$	$\pm 1,9$	$\pm 5,4$

Legenda: A - proteção do solo e controle da erosão; B - processos de ciclagem de nutrientes; C - processos de infiltração da água no solo e recarga de corpos hídricos subterrâneos e superficiais; D - regulação do microclima; E - conservação da biodiversidade; F - sequestro de carbono.

Nota: todos os valores foram aproximados para o número inteiro mais próximo, exceto o intervalo de confiança.

Na Figura 3 encontra-se o histograma de cada um dos serviços ambientais considerados, onde podemos observar que para todos os serviços as respostas não apresentaram distribuição normal, com uma concentração de valores mais elevados.

Figura 3 - Histograma das respostas referentes ao FSA.



A variância e o desvio padrão demonstram certa variabilidade na distribuição dos valores de significância atribuídos pelos profissionais, no entanto, os coeficientes de variação indicam que a dispersão não foi extremamente elevada, exceto para o sequestro de carbono, cujo coeficiente de variação foi de 43% (quarenta e três por cento). Este resultado já era esperado, uma vez que o conhecimento científico a respeito dos danos provocados pela supressão de vegetação sobre os processos que regulam os serviços ambientais ainda não está plenamente consolidado. Assim, as respostas foram atribuídas através da opinião dos profissionais, variando, desta forma, com base em seus conhecimentos científicos e experiências profissionais. Conforme se observou a partir de alguns comentários feitos pelos profissionais nos questionários, a maior variação observada no serviço de sequestro de carbono pode ser resultado de uma associação de que o processo de sequestro ocorre apenas durante o crescimento da floresta, apesar do carbono permanecer estocado após este estágio.

O somatório das médias simples para cada serviço ambiental totalizou 516% (quinhentos e dezesseis por cento). Já os intervalos de confiança variaram entre $\pm 1,9\%$ (um vírgula nove pontos percentuais) para o serviço de conservação da biodiversidade, até $\pm 5,4\%$ (cinco

vírgula quatro pontos percentuais) para o serviço de sequestro de carbono.

Dentre as sugestões feitas pelos profissionais acerca de outros serviços ambientais que poderiam ser contemplados na avaliação, foram elencados diversos serviços específicos que já estavam englobados de forma mais abrangente nos serviços considerados, como, por exemplo, habitat para a fauna e manutenção da diversidade genética, relacionados ao serviço de conservação da biodiversidade. Além destes serviços específicos, destacamos a questão da beleza cênica, mencionada por 20 (vinte) profissionais, os serviços de polinização e controle de pragas de cultivos agrícolas, de subsistência de populações tradicionais que porventura se relacionem com o ecossistema degradado e potencial turístico.

6.1.1.2 Fator de Estágio de Sucessão

Para o FES, observa-se que houve uma clara graduação entre as médias para cada estágio de sucessão considerado, variando entre 56% (cinquenta e seis por cento) para o estágio inicial, 78% (setenta e oito por cento) para o estágio médio e 95% (noventa e cinco por cento) para o estágio avançado ou formação primária.

Tabela 3 - Medidas de tendência central e dispersão das respostas referentes a cada estágio de sucessão considerado no FES.

	Estágio inicial	Estágio médio	Estágio avançado ou formação primária
Média	56	78	95
Mediana	50	80	100
Moda	50	80	100
Mínimo	0	40	10
Máximo	100	100	100
Amplitude	100	60	90
Variância	667	245	130
Desvio padrão	26	16	11
Coefficiente de variação (%)	46	20	12
Intervalo de confiança ($\alpha=0,05$)	$\pm 4,5$	$\pm 2,7$	$\pm 2,0$

Nota: todos os valores foram aproximados para o número inteiro mais próximo, exceto o intervalo de confiança.

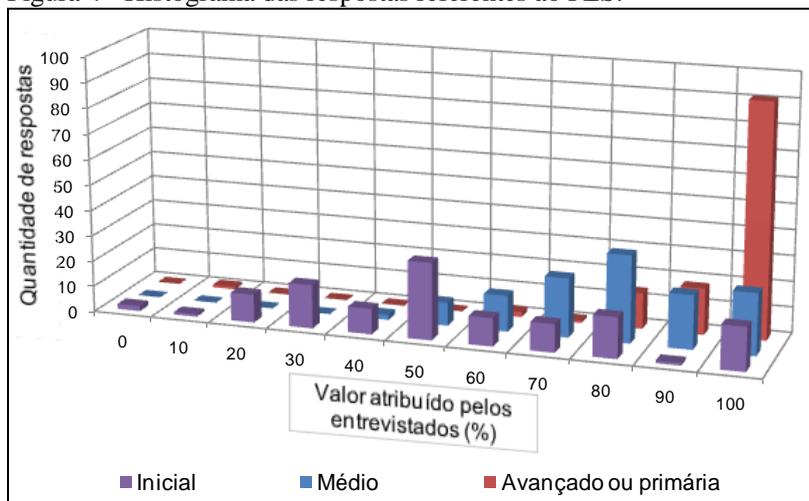
As medianas e as modas seguiram a mesma tendência e apresentaram valores iguais, variando entre 50% (cinquenta por cento) para o estágio inicial e 100% (cem por cento) para o estágio avançado ou formação primária.

Na Figura 4 encontra-se o histograma de cada um dos estágios de sucessão considerados, onde podemos observar que para todos os estágios de sucessão as respostas não apresentaram distribuição normal.

A variância e o desvio padrão demonstram certa variabilidade na distribuição dos valores de significância atribuídos pelos profissionais, a qual foi maior para o estágio inicial, diminuindo gradativamente para os estágios médio e avançado ou formação primária. Apenas o estágio inicial apresentou valor do coeficiente de variação mais elevado, com resultado de 46% (quarenta e seis por cento).

Os intervalos de confiança variaram entre $\pm 2,0\%$ (dois pontos percentuais) para o estágio avançado ou formação primária, até $\pm 4,5\%$ (quatro vírgula cinco pontos percentuais) para o estágio inicial.

Figura 4 - Histograma das respostas referentes ao FES.



6.1.1.3 Fator de Uso do Solo

Em relação ao FUS, os valores das médias para cada tipo de uso do solo considerado ficaram próximos, variando entre 76% (setenta e seis por cento) para região ocupada predominantemente por zonas urbanas consolidadas e 83% (oitenta e três por cento) para região

ocupada predominantemente por vegetação nativa preservada. As medianas apresentaram certa variação, apesar de pequena, e as modas para os três tipos de região consideradas foi de 100% (cem por cento), indicando que a maioria dos profissionais consultados considerou que as alterações e/ou perdas dos serviços ambientais seriam extremamente significativas, independentemente do tipo de uso e ocupação do solo predominantes no entorno da área degradada.

Tabela 4 - Medidas de tendência central e dispersão das respostas referentes a cada tipo de uso e ocupação do solo predominante no entorno da área degradada, considerado no FUS.

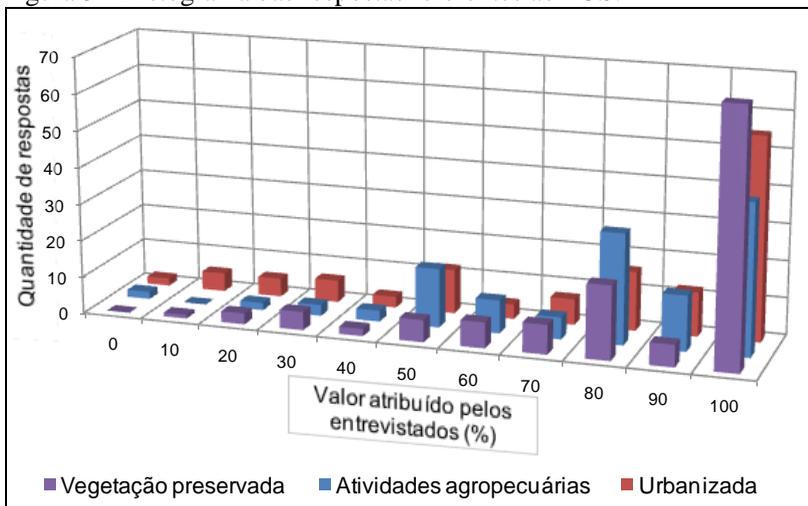
	Vegetação preservada	Atividades agropecuárias	Urbanizada
Média	83	77	76
Mediana	100	80	90
Moda	100	100	100
Mínimo	5	0	0
Máximo	100	100	100
Amplitude	95	100	100
Variância	545	546	874
Desvio padrão	23	23	30
Coefficiente de variação (%)	28	30	39
Intervalo de confiança ($\alpha=0,05$)	$\pm 4,1$	$\pm 4,1$	$\pm 5,2$

Nota: todos os valores foram aproximados para o número inteiro mais próximo, exceto o intervalo de confiança.

Na Figura 5 encontra-se o histograma de cada um dos tipos de uso e ocupação do solo considerados, onde podemos observar que nenhum deles apresentou distribuição normal.

A variância e o desvio padrão apresentaram valores mais elevados para os três tipos de uso e ocupação do solo considerados, indicando variabilidade na opinião dos profissionais. Da mesma forma, os intervalos de confiança foram mais elevados, variando entre $\pm 4,1\%$ (quatro vírgula um pontos percentuais) para região ocupada predominantemente por vegetação nativa preservada e região ocupada por atividades agropecuárias, e $\pm 5,2\%$ (cinco vírgula dois pontos percentuais) para região ocupada por zonas urbanas.

Figura 5 - Histograma das respostas referentes ao FUS.



6.1.1.4 Fator de Proteção Legal

Para o FPL, observa-se que as médias para UC de proteção integral e APP foram iguais, no valor de 97% (noventa e sete por cento). Já para UC de uso sustentável, a média foi de 79% (setenta e nove por cento). As medianas apresentaram a mesma tendência, com o valor de 100% (cem por cento) para UC de proteção integral e APP, maior que os 80% (oitenta por cento) para UC de uso sustentável. Já as modas para os três tipos de restrição legal considerados foi de 100% (cem por cento), indicando que a maioria dos profissionais consultados considerou que as alterações e/ou perdas dos serviços ambientais considerados seriam extremamente significativas para o cumprimento dos objetivos de cada tipo de mecanismo de proteção legal.

Na Figura 6 encontra-se o histograma de cada um dos mecanismos de proteção legal considerados, onde se observa que as respostas não apresentaram distribuição normal. Além disto, para UC de proteção integral e APP houve uma clara predominância de respostas em 100% (cem por cento).

A variância e o desvio padrão demonstram pouca variabilidade na distribuição dos valores de significância atribuídos pelos profissionais, a qual foi maior para UC de uso sustentável. A mesma tendência foi observada para os coeficientes de variação. Os intervalos de confiança variaram entre $\pm 1,4\%$ (um vírgula quatro pontos percentuais) para UC

de proteção integral, até $\pm 3,3\%$ (três vírgula três pontos percentuais) para UC de uso sustentável.

Tabela 5 - Medidas de tendência central e dispersão das respostas referentes a cada tipo de mecanismo de proteção legal considerado no FPL.

	UC de proteção integral	UC de uso sustentável	APP
Média	97	79	97
Mediana	100	80	100
Moda	100	100	100
Mínimo	50	30	50
Máximo	100	100	100
Amplitude	50	70	50
Variância	65	341	70
Desvio padrão	8	18	8
Coefficiente de variação (%)	8	23	9
Intervalo de confiança ($\alpha=0,05$)	$\pm 1,4$	$\pm 3,3$	$\pm 1,5$

Legenda: UC - unidade de conservação; APP - área de preservação permanente.

Nota: todos os valores foram aproximados para o número inteiro mais próximo, exceto o intervalo de confiança.

6.1.2 Definição da equação e dos fatores de correção

Com a definição das médias, foi possível estabelecer o valor do percentual a ser aplicado em cada um dos fatores de correção, conforme ilustrado na Tabela 6.

Conforme descrito anteriormente, todas as categorias definidas em cada um dos fatores de correção apresentaram certa variabilidade nas respostas, ilustrada pelas medidas de dispersão. Os cálculos dos intervalos de confiança em relação à média demonstraram, no entanto, que, para um nível de confiança de 95% (noventa e cinco por cento), os intervalos de valores plausíveis para os fatores de correção não eram muito elevados, sendo que o maior deles foi para o serviço ambiental de sequestro de carbono, representado por um intervalo entre 66,6 e 77,4% (sessenta e seis vírgula seis e setenta e sete vírgula quatro por cento), ou seja, em uma faixa de aproximadamente 10,8% (dez vírgula oito pontos percentuais).

Figura 6 - Histograma das respostas referentes ao FPL.

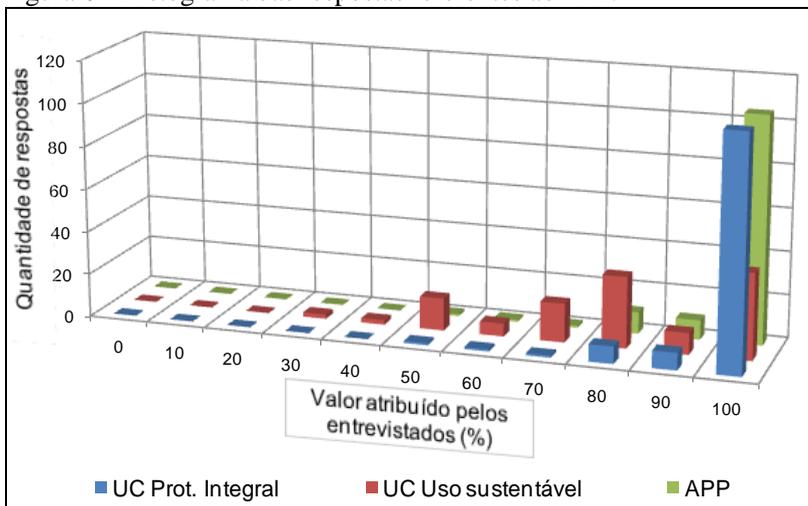


Tabela 6 - Valores definidos para os fatores de correção.

Fator de Correção		Valores definidos (%)	
FSA	Proteção do solo e controle da erosão	92	TOTAL = 516
	Ciclagem de nutrientes	85	
	Infiltração da água e recarga de corpos hídricos	89	
	Regulagem do microclima	85	
	Conservação da biodiversidade	93	
	Sequestro de carbono	72	
FES	Inicial	56	
	Médio	78	
	Avançado ou formação primária	95	
FUS	Área ocupada predominantemente por vegetação nativa preservada	83	
	Área ocupada predominantemente por atividades agropecuárias (agricultura, pecuária, silvicultura)	77	
	Área ocupada predominantemente por zonas urbanas consolidadas	76	
FPL	UC de proteção integral	97	
	UC de uso sustentável	79	
	APP	97	

Legenda: FSA - fator de serviços ambientais; FES - fator de estágio de sucessão; FUS - fator de uso do solo; FPL - fator de proteção legal; UC - unidade de conservação; APP - área de preservação permanente.

Por se tratarem de valores construídos a partir da opinião dos profissionais, que carregam consigo uma parcela de subjetividade, era esperado que os fatores de correção apresentassem certa variabilidade. No entanto, como os intervalos de confiança não foram muito elevados e com o intuito de simplificar a aplicação do método, optou-se por utilizar somente os valores das médias simples, e não o intervalo de confiança das médias.

Com a definição dos valores dos fatores de correção e a aplicação destes na equação descrita anteriormente, de acordo com as características específicas da área degradada, chegaremos ao valor financeiro do dano ambiental.

Caso não seja possível avaliar o estágio de sucessão em que a vegetação suprimida se encontrava, em uma analogia ao consagrado princípio do direito “*in dubio pro reo*”⁵, indica-se que seja considerado o estágio inicial de regeneração, uma vez que este apresentou o menor valor percentual para o fator de correção, favorecendo, desta forma, o autor do dano ambiental.

Já a avaliação quanto ao tipo de uso predominante no entorno da área degradada exigirá o bom senso do perito, levando em consideração sua dimensão e o raio de influência onde os danos possam refletir de forma mais significativa.

Finalmente, é importante observar que uma determinada área degradada pode eventualmente estar inserida, concomitantemente, em mais de um tipo de mecanismo legal de proteção, como por exemplo, em uma UC e em APP. Neste caso, o FPL deve ser o somatório dos fatores para cada tipo de mecanismo de proteção.

6.2 ESTUDOS DE CASO

A fim de avaliar a aplicação do método adaptado, foi realizado o cálculo do valor do dano ambiental de três casos de perícia ambiental já atendidos pelo IC do Núcleo Regional de Perícias de Criciúma. Ressaltamos que, visando tornar a avaliação dos fatores de proporcionalidade mais eficientes, considerou-se, de forma hipotética, que a dimensão das áreas degradadas eram as mesmas nos três casos.

Convém aqui ressaltar que as ações consideradas para a reposição da vegetação, bem como seus custos, foram utilizadas apenas

⁵ O princípio do *in dubio pro reo* (na dúvida, a favor do réu) preconiza que quando existirem incertezas ou dúvidas a respeito das provas em um processo, dever-se-á decidir a favor do réu.

como referência para a aplicação do método, o que não significa que estas devam ser necessariamente adotadas para a reposição da vegetação, pois este procedimento deverá ser objeto de planejamento detalhado na oportunidade da aplicação de um projeto de recuperação de área degradada, cujas despesas devem ser de responsabilidade do autor.

6.2.1 Estudo de Caso 01

O primeiro estudo de caso envolveu uma área de 2,5 ha (dois hectares e meio), onde ocorreu a supressão de uma parcela de vegetação nativa, representada pela formação de Floresta Ombrófila Densa, pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágio avançado de regeneração. A área degradada localizava-se em zona rural, tendo seu entorno ocupado predominantemente por atividades agropecuárias. Além disto, havia dois cursos d'água e uma nascente. Não se localizava no interior de quaisquer UCs. O custo para a reposição da vegetação foi estimado em R\$ 43.770,00 (quarenta e três mil e setecentos e setenta reais). Aplicando-se a equação proposta, obtemos:

$$\text{VDA} = 43.770,00 \times (516\% \times 95\%) + 43.770,00 \times 77\% + 43.770,00 \times 97\%$$

VDA = R\$ 290.720,34 (duzentos e noventa mil setecentos e vinte reais e trinta e quatro centavos).

6.2.2 Estudo de Caso 02

O segundo estudo de caso envolveu uma área de 2,5 ha (dois hectares e meio), onde ocorreu a supressão de uma parcela de vegetação nativa, representada pela formação de Floresta Ombrófila Densa, pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágio médio de regeneração. A área degradada localizava-se em zona rural, tendo seu entorno ocupado predominantemente por atividades agropecuárias. Não apresentava atributos que a classificassem como APP e localizava-se no interior de uma Área de Proteção Ambiental (UC de uso sustentável). O custo para a reposição da vegetação foi estimado em R\$ 43.770,00 (quarenta e três mil e setecentos e setenta reais). Aplicando-se a equação proposta, obtemos:

$$\text{VDA} = 43.770,00 \times (516\% \times 78\%) + 43.770,00 \times 77\% + 43.770,00 \times 79\%$$

VDA = R\$ 244.446,70 (duzentos e quarenta e quatro mil quatrocentos e quarenta e seis reais e setenta centavos).

6.2.3 Estudo de Caso 03

O terceiro estudo de caso envolveu uma área de 2,5 ha (dois hectares e meio), onde ocorreu a supressão de uma parcela de vegetação nativa, representada pela formação de Floresta Ombrófila Densa, pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágio inicial de regeneração. A área degradada localizava-se em zona urbana e não apresentava atributos que a classificassem como APP. Não se localizava no interior de quaisquer UCs. O custo para a reposição da vegetação foi estimado em R\$ 43.770,00 (quarenta e três mil e setecentos e setenta reais). Aplicando-se a equação proposta, obtemos:

$$\text{VDA} = 43.770,00 \times (516\% \times 56\%) + 43.770,00 \times 76\% + 43.770,00 \times 0\%$$

VDA = R\$ 159.742,99 (cento e cinquenta e nove mil setecentos e quarenta e dois reais e noventa e nove centavos).

6.3 QUESTIONÁRIO AOS APLICADORES DO DIREITO

Durante a etapa de avaliação do método por parte dos aplicadores do direito, encontramos algumas dificuldades que inviabilizaram a obtenção de resultados relevantes. Por parte do judiciário, não obtivemos autorização para aplicação do questionário junto aos magistrados. Já em relação aos promotores de justiça e procuradores da república, foram recebidas apenas 02 (duas) respostas, inviabilizando, assim, qualquer análise mais aprofundada dos resultados.

6.4 CONSIDERAÇÕES A RESPEITO DO MÉTODO

Ando e Khanna (2004), discutindo métodos para o cálculo do valor dos danos ambientais em casos de derramamento de óleo, propuseram alguns critérios que devem ser considerados para o desenvolvimento de métodos de baixo custo. Dentre estes critérios, destacamos alguns que se aplicam diretamente aos casos de supressão de vegetação:

- Simplicidade: o método deve ser barato, de fácil entendimento e de aplicação rápida;
- Proporcionalidade: as estimativas dos valores devem variar de acordo com a magnitude dos danos;
- Reconhecimento legal: a efetividade do método será consolidada se este for reconhecido por órgãos e/ou instituições competentes;
- Transparência: os conceitos que embasam o método e a escolha dos parâmetros utilizados no cálculo devem ser claros.

A aplicação do método proposto preza pela simplicidade, tornando-o passível de ser utilizado no cotidiano dos órgãos de perícia oficial do Brasil. Dentro do contexto de atuação do IGP/SC, não serão necessárias alterações nas rotinas de levantamento de campo realizadas pelos peritos, uma vez que estas rotinas já incluem as avaliações das características da área exigidas pelo método, como o tipo de vegetação suprimida, o tipo de uso e ocupação do solo predominante na região, a existência de UCs e a caracterização como APP. Com isto, para a aplicação do método, também não incidirão quaisquer despesas adicionais na realização da perícia e do respectivo laudo pericial.

Em relação à proporcionalidade, os valores obtidos nos estudos de caso apresentados variaram entre cerca de R\$ 160.000,00 (cento e sessenta mil reais) e R\$ 290.000,00 (duzentos e noventa mil reais), ou seja, com uma diferença de mais de 80% (oitenta por cento), demonstrando que o método é capaz de retratar no valor calculado as diferenças ambientais existentes em áreas distintas. Com o objetivo de avaliar mais profundamente esta potencialidade do método, foram idealizados diversos cenários para uma área degradada hipotética, medindo 01 ha (um hectare), envolvendo as diferentes categorias consideradas nos fatores de correção. Em seguida, foram realizados os cálculos dos valores do dano ambiental em cada um dos cenários, tomando como base os mesmos custos de reposição utilizados nos estudos de caso. Os resultados encontram-se ilustrados na Tabela 7.

Os valores observados na Tabela 7 revelam que o FES foi o fator que melhor conseguiu estabelecer uma relação de proporcionalidade entre os estágios de sucessão considerados, refletindo a importância que os profissionais consultados atribuíram para o estágio de sucessão da vegetação na prestação dos serviços ambientais em ecossistemas florestais e, conseqüentemente, para os danos provocados em função da supressão da vegetação.

Tabela 7 - Variações dos valores do dano ambiental para uma área degradada hipotética, de 01 ha, de acordo com as diferentes categorias consideradas nos fatores de correção.

Tipo de restrição legal	Tipo de uso e ocupação do solo	Estágio de sucessão		
		Inicial	Médio	Avançado ou primária
Fora de UC e de APP	Vegetação	65.122,76	84.997,84	100.355,86
	Rural	64.072,28	83.947,36	99.305,38
	Urbana	63.897,20	83.772,28	99.130,30
UC uso sustentável	Vegetação	78.954,08	98.829,16	114.187,18
	Rural	77.903,60	97.778,68	113.136,70
	Urbana	77.728,52	97.603,60	112.961,62
UC proteção integral	Vegetação	82.105,52	101.980,60	117.338,62
	Rural	81.055,04	100.930,12	116.288,14
	Urbana	80.879,96	100.755,04	116.113,06
APP	Vegetação	82.105,52	101.980,60	117.338,62
	Rural	81.055,04	100.930,12	116.288,14
	Urbana	80.879,96	100.755,04	116.113,06
UC uso sustentável + APP	Vegetação	95.936,84	115.811,92	131.169,94
	Rural	94.886,36	114.761,44	130.119,46
	Urbana	94.711,28	114.586,36	129.944,38
UC proteção integral + APP	Vegetação	99.088,28	118.963,36	134.321,38
	Rural	98.037,80	117.912,88	133.270,90
	Urbana	97.862,72	117.737,80	133.095,82

Legenda: APP - área de preservação permanente; UC - unidade de conservação.

Nota: O custo de reposição da vegetação foi estimado em R\$ 17.508,00 (dezesete mil e quinhentos e oito reais).

O FUS não foi eficiente como um elemento de proporcionalidade, já que os valores das médias para os diferentes tipos de uso e ocupação do solo considerados foram muito próximos. Com isto, os valores calculados não sofreram variações expressivas de acordo com as categorias consideradas para este fator de correção. Ainda assim, este fator apresenta importância no sentido de agregar ao valor do dano ambiental uma parcela correspondente aos reflexos dos impactos negativos provocados pela supressão da vegetação no entorno da área degradada.

Já o FPL mostrou-se eficaz em incorporar um elemento de proporcionalidade, principalmente se compararmos uma área sem

quaisquer tipos de restrição legal e uma área com mais de uma restrição. Observa-se ainda que os profissionais consultados atribuíram a mesma importância para APPs e para UCs de proteção integral, enquanto as UCs de uso sustentável receberam um valor menor, condizente com os objetivos de cada grupo de unidade no que tange à conservação e preservação dos ecossistemas.

Quando analisada a aplicação dos fatores de correção em conjunto, os valores apresentados na Tabela 7 ilustram que, para a área hipotética analisada, o valor do dano ambiental variou gradativamente entre cerca de R\$ 64.000,00 (sessenta e quatro mil) até pouco mais de R\$ 134.000,00 (cento e trinta e quatro mil), ou seja, uma diferença de mais de 100% (cem por cento), de acordo com os diferentes cenários projetados. Estes números, assim como os valores obtidos nos estudos de caso, evidenciam a efetividade do método em estabelecer componentes que garantam a proporcionalidade dos valores calculados, de acordo com as características específicas da área degradada.

É importante salientar que na equação proposta o custo de reposição em si não entra no somatório e é utilizado apenas como valor de base para a aplicação dos percentuais dos fatores de correção. Este formato foi concebido pelo fato de que, por força de lei, a área degradada deverá ser recuperada pelo responsável pelos danos em qualquer situação, o que implica que este deverá arcar com os custos da recuperação, independentemente do pagamento ou não de valores específicos relativos ao dano ambiental provocado.

Os critérios que embasam o método são claros e de fácil entendimento. O custo de reposição é um valor objetivo, baseado em preços de mercado, de fácil obtenção. Já os fatores de correção foram fundamentados em parâmetros que influenciam na magnitude dos impactos ambientais. Além disto, os serviços ambientais considerados na avaliação, cujo fator de correção apresentou o maior peso, são reconhecidamente prestados pelos ecossistemas florestais, encontrando respaldo na literatura.

A utilização do custo de reposição como base para o cálculo, além de seu caráter objetivo, apresenta a vantagem de ser aplicável em qualquer região do país e com a possibilidade de atualização ao longo do tempo. Para tanto, caberá ao perito, quando da aplicação do método, estabelecer as ações mínimas necessárias para a reposição da vegetação na área degradada e realizar uma pesquisa de preços de mercado na região estudada, fazendo também uma atualização periódica destes preços. Alternativamente, pode-se recorrer a valores tabelados por órgãos e/ou instituições competentes, procedimento adotado para a

maior parte dos custos na presente pesquisa. Esta é uma tarefa simples e pouco dispendiosa, principalmente se comparadas com os procedimentos exigidos em outros métodos de valoração normalmente utilizados.

Um dos pontos que merece maior destaque é que os fatores de correção refletem a opinião dos 127 (cento e vinte e sete) profissionais que responderam ao questionário, o que confere credibilidade aos valores estabelecidos, ainda que persista uma parcela de subjetividade na avaliação realizada, já que existem limitações do estado da arte do conhecimento a respeito dos serviços ambientais. No entanto, esta subjetividade também compõe os métodos mais tradicionalmente utilizados e, em alguns casos, com grande relevância, como é o caso do método da valoração contingente, por exemplo.

O fato de estar embasado na opinião de um grande número de profissionais com experiência de atuação na área ambiental e em ecossistemas florestais torna o método mais robusto, com solidez para sustentar os valores calculados frente a eventuais questionamentos que podem surgir no andamento dos processos.

Não será possível avaliar a ordem de grandeza dos fatores estabelecidos, uma vez que não se conhece o custo exato de cada serviço ambiental e a relação destes com o custo de reposição da vegetação, ou ainda os impactos negativos provocados na prestação dos serviços ambientais, quantitativamente, em função da supressão da vegetação. Tampouco estão plenamente estabelecidas as diferenças quantitativas que estes impactos podem provocar, de acordo com o estágio de sucessão da vegetação, do tipo de uso e ocupação do solo predominantes no entorno da área degradada ou dos mecanismos de proteção legal eventualmente existentes. Ainda assim, considerando que apenas alguns serviços ambientais foram considerados para a construção dos fatores de correção e que o método não inclui a parcela referente ao VE, cuja estimativa, na prática, é inexequível, podemos considerar que os valores alcançados através do método adaptado representam um valor mínimo dos danos ambientais provocados pela supressão da vegetação. Neste aspecto, compartilhamos do pensamento de Freitas (2011, p. 17), que afirma que:

[...] diante da perfeição da natureza, por certo que a premissa fundamental na questão da valoração sempre será a de que, qualquer que seja o método empregado, estaremos sempre diante de uma subestimativa e não de um valor ideal.

Finalmente, com a utilização frequente do método pelos peritos do IGP/SC, bem como de outros órgãos de perícia oficial, acreditamos que este se torne reconhecido e legitimado e que os valores calculados sejam efetivamente adotados nos processos jurídicos.

7 CONCLUSÃO

O aprimoramento do método do custo de reposição apresentado na presente pesquisa permitiu agregar ao valor do dano ambiental calculado, para casos envolvendo a supressão de vegetação em ecossistemas florestais, uma importante parcela referente à perda e/ou alteração dos serviços ambientais. Além disto, estabeleceu componentes que garantirão a proporcionalidade do valor calculado, de acordo com as diferentes características específicas de cada área, bem como sua importância ambiental.

Dentro das limitações estruturais dos órgãos oficiais de perícia, desenvolveu-se uma ferramenta prática, de fácil aplicação e baixo custo e, ao mesmo tempo, com um embasamento teórico claro e consistente. Com a aplicação do método, busca-se fortalecer o trabalho pericial e atender aos anseios do sistema jurídico catarinense, fornecendo aos aplicadores do direito, através da apresentação da valoração dos danos ambientais nos laudos periciais, subsídios importantes para sua tomada de decisão, especialmente para a aplicação de multas, transações penais e termos de ajustamento de conduta, entre outros procedimentos.

Ao estabelecer um valor para o dano ambiental através do método adaptado, não temos a pretensão de afirmar que este valor corresponde exatamente ao valor dos serviços ambientais. Conforme discutido anteriormente, muitos destes serviços apresentam valores intangíveis, virtualmente infinitos. Ainda assim, os valores obtidos com o método, apesar de considerados como valores mínimos do dano ambiental, mostraram-se relativamente elevados, principalmente se comparados com os valores da cesta básica e do salário mínimo, comumente utilizados pelos aplicadores do direito como base para estabelecer os pagamentos de multas e/ou compensações pelos danos ambientais.

Enfrentando o paradoxo que envolve as questões éticas da valoração ambiental e a necessidade da justiça em contar com este valor, acredita-se que a utilização do método proposto, além de auxiliar o trabalho do sistema judiciário, contribua para inibir, cada vez mais, a prática de ações e condutas que provocam a degradação dos ecossistemas florestais. O estabelecimento de pagamentos de valores mais vultuosos para o dano ambiental, em conjunto com a exigência da

reposição da vegetação, pode diminuir o sentimento de impunidade que impera no País, mais evidenciado na esfera ambiental, e, com isso, desmotivar os autores na prática de delitos contra a flora.

Finalmente, esperamos que a aplicação do método não fique restrita somente à atuação dos peritos do IGP/SC. Suas características permitem a aplicação em qualquer ecossistema florestal do país e, desta forma, o método pode tornar-se mais uma opção para o trabalho de valoração dos danos ambientais realizado por peritos de outros órgãos oficiais de perícia em todo o Brasil.

8 RECOMENDAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O formato idealizado para o método apresentado é flexível e permite sua adaptação e futuros aperfeiçoamentos. Na presente pesquisa, foram considerados seis serviços ambientais para a construção do FSA, conforme descrito anteriormente. No entanto, os profissionais da área ambiental consultados sugeriram alguns outros serviços que consideraram importantes para a avaliação realizada. Assim, estes serviços poderiam ser agregados ao FSA, buscando tornar a análise mais abrangente e sistêmica, acrescentando, inclusive, uma dimensão social, como o exemplo do serviço de subsistência a populações tradicionais, mencionado por alguns profissionais consultados.

Além disto, os valores dos fatores de correção podem ser revisados e atualizados ao longo do tempo, através de novas consultas aos profissionais da área ambiental, buscando atingir uma amostra mais abrangente em termos de distribuição geográfica nas diversas regiões do País.

O cálculo que embasa o método proposto apresenta uma relação teórica mais próxima à parcela referente ao VUI e ao VO. Em alguns casos de perícias ambientais, é possível estimar eventuais lucros auferidos pelo autor em função da atividade que provocou a supressão da vegetação, como, por exemplo, com a venda de madeira ou de lotes. Nestes casos, os referidos lucros podem ser associados ao VUD e acrescidos ao valor do dano ambiental, enriquecendo ainda mais a avaliação realizada pelo perito.

Na presente pesquisa não foi possível efetuar a avaliação do método adaptado por parte dos aplicadores do direito, em função de dificuldades encontradas na aplicação do questionário. Assim, torna-se importante que esta avaliação seja realizada em um futuro próximo, a fim de captar a percepção destes profissionais a respeito do método e efetuar eventuais ajustes, caso necessário.

Por fim, é possível vislumbrar a perspectiva de se adotar a mesma abordagem da metodologia utilizada na presente pesquisa, alicerçada na análise dos serviços ambientais, para se aprimorar e/ou desenvolver métodos de valoração dos danos ambientais para casos de supressão de vegetação em outros ecossistemas, não florestais, bem como para outros tipos de delitos ambientais, como por exemplo, crimes de poluição, onde os custos para recuperação do ambiente contaminado podem ser utilizados como valor base para a aplicação de fatores de correção.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, R. de. Avaliação de Danos Causados ao Meio Ambiente. In: TOCCHETTO, D. (Org.). **Perícia Ambiental Criminal**. 1 ed. Campinas: Millennium, 2010, p. 211-230.

ANDO, A. W. e KHANNA, M. **Natural Resource Damage Assessment Methods: Lessons in Simplicity from State Trustees**. Contemporary Economic Policy. Vol. 22, nº 4, 2004, p. 504-519.

ANDRADE, L. A. **Crimes Ambientais**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, VII, n. 19, nov. 2004. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=4994>. Acesso em: 10 jun. 2013.

A SITUAÇÃO das polícias científicas. **O Estado de S. Paulo**. São Paulo, 29 nov. 2011. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,a-situacao-das-policias-cientificas,778948,0.htm>>. Acesso em: 29 set. 2013.

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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 06 jun. 2013.

_____. 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5197.htm>. Acesso em: 06 jun. 2013.

_____. 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/16938.htm>. Acesso em: 06 jun. 2013.

_____. Lei nº 7.347, de 24 de julho de 1985. Disciplina a ação civil pública de responsabilidade por danos causados ao meio-ambiente, ao consumidor, a bens e direitos de valor artístico, estético, histórico, turístico e paisagístico (VETADO) e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 25 jul. 1985. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/17347orig.htm>. Acesso em: 07 jun. 2013.

_____. 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. 2012.

_____. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.htm>. Acesso em: 06 jun. 2013.

_____. 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. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em: 06 jul. 2013.

_____. 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/111428.htm>. Acesso em: 06 jul. 2013.

_____. 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: 06 jun. 2013.

_____. 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. 2013.

CEPA/EPAGRI. Preços Médios de Insumos e Fatores de Produção, segundo as principais praças de Santa Catarina - Maio de 2013.

Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola / Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. 2013.

Disponível em:

<http://cepa.epagri.sc.gov.br/produtos/precos/Precos_pagos_regionais_maio_2013.xls>. Acesso em: 24 ago. 2013.

CORRÊA, R. S.; SOUZA, A. N. **Valoração de danos indiretos em perícias ambientais**. Revista Brasileira de Criminalística. Vol. 2(1), 7-15, 2013.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R. V.; PARUELO, J.; RASKIN, R. G.; SUTTON, P.; BELT, M. van den. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. Nature, 387, 1997, p. 253-260.

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

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. Disponível em:

<<http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/Meio-Ambiente/declaracao-de-estocolmo-sobre-o-ambiente-humano.html>>.

Acesso em: 08 set. 2013.

FAO. **Global Forest Resources Assessment 2010**. Main report. Vol. 163 do FAO Forestry Paper. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2010. Disponível em:
<<http://www.fao.org/forestry/fra/fra2010/en/>>. Acesso em: 08 out. 2013.

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: 06 jun. 2013.

FISCHLIN, A.; MIDGLEY, G. F.; PRICE, J. T.; LEEMANS, R.; GOPAL, B.; TURLEY, C.; ROUNSEVELL, M. D. A.; DUBE, O. P.; TARAZONA, J.; VELICHKO, A. A. Ecosystems, their properties, goods, and services. In: PARRY, M. L.; CANZIANI, O. F.; PALUTIKOF, J. P.; LINDEN, P.J. van der; HANSON, C. E. (Orgs.). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, p. 211-272.

FREITAS, C. G. de A. **Valoração do dano ambiental**: algumas premissas. MPMG Jurídico, Belo Horizonte, p.10-17, 2011. Edição especial. Disponível em:
<<https://aplicacao.mp.mg.gov.br/xmlui/handle/123456789/1004>>.
Acesso em: 18 ago. 2013.

IBGE. **Atlas do censo demográfico 2010** / IBGE. – Rio de Janeiro: IBGE, 2013. 156 p.

LARSON, R. e FARBER, B. **Estatística aplicada**. Tradução: Luciane Ferreira Pauleti Vianna, 4. ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2010.

LOVELOCK, J. E. **The Living Earth**. Nature, 426, 18/25 December, 2003. p. 769-770.

MAGLIANO, M. M. **De quanto é o rombo ambiental no Brasil?**. Perícia Federal, Brasília, DF, ano XIII, n. 29, p. 8-13, mar. 2012.

MAIA, A. G. **Valoração de Recursos Ambientais**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento Econômico. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2002. 183 p. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000243573>>. Acesso em: 12 ago. 2013.

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.

MOTA, T. de S.; BARBOSA, E. M.; MOTA, G. B. C. **Ação civil pública como instrumento jurídico**. Rio Grande, XIV, n. 86, mar 2011. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=9105>. Acesso em: 07 jun. 2013.

MYERS, N.. The world's forests and their ecosystem services. In: DAILY, G. C. (Org.) **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Washington DC: Island, 1997.

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). 2013. **Manual de Restauração Florestal**: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará. The Nature Conservancy, Belém, PA. 128 p. Disponível em: <<http://www.nature.org/media/brasil/manual-de-restauracao-florestal.pdf>>. Acesso em: 24 ago. 2013.

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: <<http://www.ceemaunb.com/jmn/publicacoes/11ValoracaoEconomicadoMA.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2013.

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. 2013.

NUSDEO, A. M. de O. **Pagamento por serviços ambientais: sustentabilidade e disciplina jurídica**. São Paulo: Atlas, 2012. 179 p.

OLIVEIRA, G.; MORAES, E. C.; SHIMABUKURO, Y. E.; RUDORFF, B. F. T.; ALVALÁ, R. C. dos S.; SANTOS, T. V. **Avaliação do albedo em diferentes tipos de uso e cobertura da terra no sudoeste da Amazônia**. In: Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, 2013. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0696.pdf>>. Acesso em 09 ago. 2013.

OLIVEIRA JUNIOR, Z. **Composição e reparação dos danos ambientais**: Art. 27 da Lei nº 9.605/98. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Direito Ambiental. Universidade do Estado do Amazona. Manaus. 2008. 207 p. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/teste/arqs/cp151553.pdf>>. Acesso em 06 ago 2013.

OTTONI, D. N.; COSTA, D. F. N. **A importância da RIO+20 para o Brasil dentro do contexto histórico de proteção ao meio ambiente**. In: Âmbito Jurídico, Rio Grande, XV, n. 97, fev 2012. Disponível em: <http://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=11126>. Acesso em: 10 jun. 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. 2013.

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.

SANCHÉZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008, p. 17-42.

SANTA CATARINA (Estado). Emenda Constitucional nº 39, de 31 de janeiro de 2005. Dá nova redação ao art. 105, acrescenta o Capítulo IV-A e o art. 109-A, ao Título V, da Constituição do Estado e o art. 56, ao Ato das Disposições Constitucionais Transitórias. **Diário Oficial [do] Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, SC, 31 jan. 2005. Disponível em:
<http://www.alesc.sc.gov.br/portal/legislacao/admin/emendas/ec_039_2005.doc>. Acesso em: 15 jul. 2013.

SANTOS, J C. dos. A Perícia Ambiental Criminal. In: TOCCHETTO, D. (Org.). **Perícia Ambiental Criminal**. 1 ed. Campinas: Millennium, 2010.

SBPC - Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. Academia Brasileira de Ciências. **O Código Florestal e a Ciência: Contribuições para o Diálogo / Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, Academia Brasileira de Ciências; José Antonio Aleixo da Silva (Coord.); Grupo de Trabalho do Código Florestal (Org.). 2. ed. rev. – São Paulo: SBPC, 2012. 294 p.**

SCHERR, S.; WHITE, A.; KHARE, A. **Tropical Forests provide the planet with many valuable services**. Are beneficiaries prepared to pay for them? ITTO Tropical Forest Update, Washington, nº 14, v. 2, 2004. Disponível em:
<http://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=7300000&no=1>. Acesso em 01 out. 2013.

SECRETARIA NACIONAL DE SEGURANÇA PÚBLICA.
Diagnóstico da Perícia Criminal no Brasil. Ministério da Justiça. Brasília. 2012. Disponível em:
<<http://portal.mj.gov.br/services/DocumentManagement/FileDownload>.

EZTSvc.asp?DocumentID={3A254C11-34CE-4CFA-811D-9601889D572C}&ServiceInstUID={B78EA6CB-3FB8-4814-AEF6-31787003C745}>. Acesso em: 08 maio 2013.

SEROA DA MOTTA, R. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997. v. 1. 218p. Disponível em: <http://www.aprendizagempsa.org.br/sites/default/files/biblioteca/manual_para_valoracao_economica_recursos_ambientais.pdf>. Acesso em 08 ago. 2013.

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI. **Relatório de Insumos, sem desoneração - Santa Catarina - Julho/2013**. Disponível em: <http://www1.caixa.gov.br/gov/gov_social/municipal/programa_des_urbano/SINAPI/index.asp>. Acesso em: 24 ago. 2013.

TILMAN, D. Biodiversity and ecosystem functioning. In: DAILY, G. C. (Org.) **Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems**. Washington DC: Island, 1997.

TONIETTO, A; SILVA, J. J. M. C. **Valoração de danos nos casos de mineração de ferro no Brasil**. Revista Brasileira de Criminalística, v. 1, p. 29-36, 2011.

WWF. **Living Planet Report 2012: Biodiversity, biocapacity and better choices**. WWF-International, Gland, Switzerland. Disponível em <http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/LPR_2012.pdf>. Acesso em: 07 maio 2013.

APÊNDICE A – Questionário aplicado aos profissionais da área ambiental

Meu nome é João Pedro Pinheiro Vieira, sou Perito Criminal do Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina, atualmente lotado no setor de perícias ambientais do Núcleo Regional de Perícias de Criciúma.

Este questionário é parte do meu projeto de pesquisa de mestrado, do Programa de Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais, da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, orientado pela Professora Dra. Catia Regina Silva de Carvalho Pinto.

O objetivo geral da pesquisa é propor uma ferramenta de valoração do dano ambiental para casos de supressão de vegetação em ecossistemas florestais, a qual possa ser aplicada de maneira prática na perícia ambiental.

Para tanto, contamos com sua colaboração em responder ao questionário, que contém 04 (quatro) questões. Salientamos que os dados pessoais não serão divulgados em nenhuma hipótese, tampouco as respostas individuais, sendo que estas serão tratadas em conjunto.

Desde já agradecemos a sua participação, que será fundamental para a conclusão do projeto, e nos colocamos à disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas.

João Pedro Pinheiro Vieira
Perito Criminal
Instituto Geral de Perícias - SC
Núcleo Regional de Perícias de Criciúma
Fone/Fax: (48) 3439-9992
E-mail: jpvieira@igp.sc.gov.br

DADOS PESSOAIS:

Nome:

Órgão / Instituição:

Profissão / Cargo:

Formação acadêmica:

E-mail:

QUESTIONÁRIO

Questão 01 - Considere um ecossistema florestal, com uma formação no estágio de clímax, e os diversos processos ecossistêmicos que ali ocorrem, dos quais muitos podem ser considerados serviços ambientais que contribuem com a manutenção da vida humana no planeta. Gostaríamos de saber, em sua opinião, qual nível de significância você atribui à alteração e/ou perda dos serviços ambientais elencados abaixo, caso este ecossistema seja degradado através da supressão (corte raso) da vegetação. Em uma escala percentual (de 0 a 100%), considere 0% se você acha que a alteração do serviço ambiental não será significativa e 100% se você acha que será extremamente significativa. Para sua avaliação, leve em consideração também todos os outros fatores que interferem nos serviços ambientais mencionados, além da presença da vegetação.

- Proteção do solo e controle da erosão
 - Processos de ciclagem de nutrientes
 - Processos de infiltração da água no solo e recarga de corpos hídricos subterrâneos e superficiais, auxiliando na prevenção de enchentes
 - Regulagem do microclima
 - Conservação da biodiversidade
 - Sequestro de carbono
- Você sugere algum outro serviço ambiental que considere relevante para a avaliação em questão? Qual(ais)?

Questão 02 - Agora considere um ecossistema florestal degradado através da supressão (corte raso) da vegetação. Gostaríamos de saber, em sua opinião, qual nível de significância você atribui ao dano ambiental e, conseqüentemente, à alteração e/ou perda dos serviços ambientais, de acordo com o estágio de sucessão em que a vegetação suprimida se encontrava. Utilize uma escala percentual (de 0 a 100%), considerando 0% se você acha que alteração e/ou perda dos serviços ambientais não é significativa e 100% se você acha que é extremamente significativa.

- Supressão de vegetação em estágio inicial de regeneração
- Supressão de vegetação em estágio médio de regeneração
- Supressão de vegetação em estágio avançado de regeneração ou formação primária

Questão 03 - Novamente considere um ecossistema florestal degradado através da supressão (corte raso) da vegetação. Gostaríamos de saber, em sua opinião, qual nível de significância você atribui ao dano ambiental e, conseqüentemente, à alteração e/ou perda dos serviços ambientais, relacionando este dano com os tipos de uso e ocupação do solo predominantes no entorno da área degradada. Utilize uma escala percentual (de 0 a 100%), considerando 0% se você acha que alteração e/ou perda dos serviços ambientais na área não é significativo e 100% se você acha que é extremamente significativo.

- Supressão de vegetação em meio a uma área ocupada predominantemente por vegetação nativa preservada
- Supressão de vegetação em meio a uma área ocupada predominantemente por atividades agropecuárias (agricultura, pecuária, silvicultura)
- Supressão de vegetação em meio a uma área ocupada predominantemente por zonas urbanas consolidadas

Questão 04 - A legislação brasileira estabelece diversos mecanismos de proteção para os ecossistemas naturais, de acordo com a localização e/ou atributos ambientais da área. Dentre os principais mecanismos estão as Unidades de Conservação e as APPs. Assim, ainda considerando um ecossistema florestal degradado através da supressão (corte raso) da vegetação, independente do estágio de sucessão, gostaríamos de saber, em sua opinião, qual nível de significância você atribui ao dano ambiental e, conseqüentemente, à alteração e/ou perda

dos serviços ambientais, de acordo com os mecanismos de proteção legal da área degradada. Considere, para sua análise, os objetivos propostos para cada tipo de mecanismo de proteção e com que intensidade os danos provocados poderão prejudicar o cumprimento destes objetivos. Utilize uma escala percentual (de 0 a 100%), considerando 0% se você acha que os objetivos da área não serão significativamente prejudicados e 100% se você acha que serão totalmente prejudicados.

- Supressão de vegetação em Unidade de Conservação de Proteção Integral
- Supressão de vegetação em Unidade de Conservação de Uso Sustentável
- Supressão de vegetação em Área de Preservação Permanente

APÊNDICE B – Valores considerados para o custo de reposição da vegetação nos estudos de caso descritos

Ação ¹	Insumo / Serviço	Rendimento ^a	Custo unitário (R\$)	Custo total (R\$)
Isolamento da área	Construção de cerca		12,00 ^b	4.800,00
Combate à formigas	Formicida	35 kg/ha	22,00 ^c	770,00
	Aplicação	14,2 HH/ha	10,00 ^b	142,00
Capina	Limpeza	40 HH/ha	10,00 ^b	400,00
Combate à invasoras	Herbicida	3,5 L/ha	40,33 ^c	141,16
	Mão de obra	12 HH/ha	10,00 ^b	120,00
Abertura de covas ²	Mão de obra	80 HH/ha	10,00 ^b	800,00
Coroamento ³	Mão de obra	50 HH/ha	10,00 ^b	500,00
Adubação de base	Fertilizante NPK	340 kg/ha	1,20 ^c	408,00
	Mão de obra	14 HH/ha	10,00 ^b	140,00
Plantio ⁴	Mudas	1666 un./ha	2,20 ^d	3.665,20
	Mão de obra	18 HH/ha	10,00 ^b	180,00
Adubação de cobertura ⁵	Fertilizante NPK	680 kg/ha	1,20 ^c	816,00
	Mão de obra	64 HH/ha	10,00 ^b	640,00
Replântio ⁶	Mudas	167 un./ha	2,20 ^d	367,40
	Mão de obra	1,8 HH/ha	10,00 ^b	18,00
Limpeza das coroas ⁷	Mão de obra	120 HH/ha	10,00 ^b	1.200,00
Controle de competidoras ⁸	Mão de obra	240 HH/ha	10,00 ^b	2.400,00
TOTAL				17.508,00 ⁹

Legenda: HH - hora homem

^aTodos os valores de rendimento tomaram como referência o Manual de Restauração Florestal (NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy, 2013).

^bValores de referência da tabela de preços médios de insumos e fatores de produção, segundo as principais praças de Santa Catarina - Maio de 2013 (CEPA/EPAGRI, 2013).

^cValores de referência do Relatório de Insumos, sem desoneração - Santa Catarina - Julho de 2013, do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI.

^dValores médios baseados em pesquisa realizada em 04 (quatro) estabelecimentos comerciais no município de Criciúma – SC, em agosto de 2013.

¹As ações consideraram um período de 30 meses de monitoramento e manutenção da área.

²Abertura manual de covas de 40x40x40 cm.

³Coroamento manual de 60 cm de raio.

⁴Espaçamento entre mudas de 3 x 2 metros.

⁵Oito repetições durante os trinta meses.

⁶Replântio considerando 10% de mortalidade.

⁷Limpeza manual, com doze repetições durante os trinta meses.

⁸Controle manual, com doze repetições durante os trinta meses.

⁹Valor arredondado para o número inteiro mais próximo.

APÊNDICE C – Questionário aos aplicadores do direito

Meu nome é João Pedro Pinheiro Vieira, sou Perito Criminal do Instituto Geral de Perícias do Estado de Santa Catarina, atualmente lotado no setor de perícias ambientais do Núcleo Regional de Perícias de Criciúma.

Este questionário é parte do meu projeto de pesquisa de mestrado, do Programa de Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais, da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, orientado pela Professora Dra. Catia Regina Silva de Carvalho Pinto.

O objetivo geral da pesquisa é propor uma ferramenta de valoração do dano ambiental para casos de supressão de vegetação em ecossistemas florestais, a qual possa ser aplicada de maneira prática, principalmente na perícia criminal ambiental.

Para tanto, contamos com sua colaboração em responder ao questionário a seguir, a fim de que possamos avaliar a aceitação do método proposto por parte dos aplicadores do direito. A fim de subsidiar suas respostas, inicialmente faremos uma breve descrição do método proposto.

Atualmente existem diversas metodologias disponíveis para a valoração ambiental, no entanto, a maioria destes métodos são complexos e dispendiosos, não sendo possível utilizá-los no cotidiano dos órgãos de perícia oficial, face à estrutura deficiente em termos de recursos materiais e do reduzido quadro de profissionais. Por este motivo, atualmente o Instituto Geral de Perícias de Santa Catarina não tem realizado a valoração dos danos ambientais nas perícias ambientais atendidas por seus peritos. E foi a busca para solucionar esta lacuna que motivou o desenvolvimento da presente pesquisa.

O método foi desenvolvido visando uma adaptação do método do custo de reposição (MCR), que consiste em calcular os valores necessários (entre insumos e serviços) para a reposição da vegetação em uma área degradada. No entanto, sabemos que o simples replantio de mudas não basta para afirmarmos que a área encontra-se recuperada, uma vez que o restabelecimento do equilíbrio ecológico e dos serviços ambientais anteriormente reinantes demandará um longo período de tempo.

Assim, foram idealizados fatores de correção a serem aplicados sobre o custo de reposição, a fim de incorporar no cálculo do valor do dano ambiental, ainda que de forma parcial, os prejuízos advindos das alterações e/ou perdas de serviços ambientais resultantes do dano ambiental. Além disto, alguns dos fatores têm como objetivo estabelecer elementos de proporcionalidade no valor calculado, de acordo com a importância ambiental da área degradada. Assim, os fatores desenvolvidos buscaram avaliar os seguintes aspectos:

1. Serviços ambientais afetados em função dos danos ambientais. Foram considerados os principais serviços descritos na literatura: proteção do solo e controle da erosão; processos de ciclagem de nutrientes; processos de infiltração da água no solo e recarga de corpos hídricos subterrâneos e superficiais, auxiliando na prevenção de enchentes; regulagem do microclima; conservação da biodiversidade; e sequestro de carbono. Este fator foi denominado fator de serviços ambientais (FSA).

2. Estágio de sucessão da vegetação suprimida. Foram considerados o estágio inicial de regeneração; estágio médio de regeneração; e estágio avançado de regeneração ou formação primária, conforme previsto na legislação brasileira. Este fator foi denominado fator de estágio de sucessão (FES).

3. Tipos de uso e ocupação do solo predominantes no entorno da área degradada. Foram consideradas uma área ocupada predominantemente por vegetação nativa preservada; área ocupada predominantemente por atividades agropecuárias (agricultura, pecuária, silvicultura); e área ocupada predominantemente por zonas urbanas consolidadas. Este fator foi denominado fator de uso do solo (FUS).

4. Mecanismos de proteção legal da área afetada pelo dano. Foram consideradas unidades de conservação de proteção integral; unidades de conservação de uso sustentável; e áreas de preservação permanente (APP). Este fator foi denominado fator de proteção legal (FPL).

Os valores dos fatores de correção foram determinados a partir de questionários aplicados a 127 (cento e vinte e sete) profissionais da área ambiental, de várias regiões do país, divididos em 03 (três) segmentos: peritos criminais oficiais; pesquisadores de órgãos e

instituições de ensino e pesquisa; e servidores públicos de órgãos de fiscalização. Foi questionado a estes profissionais os níveis de significância que estes atribuíam aos danos ambientais, em uma escala percentual, de acordo com cada fator considerado.

Assim, foi definida a seguinte equação para o cálculo do valor do dano ambiental:

$$VDA = CR \times (\%FSA \times \%FES) + CR \times \%FUS + CR \times \sum \%FPL,$$
 onde:

VDA: valor do dano ambiental;

CR: custo de reposição;

FSA: fator relacionado aos serviços ambientais afetados. Valor fixo definido a partir do somatório dos percentuais de cada serviço ambiental considerado;

FES: fator relacionado ao estágio de sucessão da vegetação degradada;

FUS: fator relacionado ao tipo de uso e ocupação do solo predominante no entorno da área degradada;

FPL: fator relacionado aos mecanismos de proteção legal da área degradada.

Na equação proposta, temos o custo de reposição como valor base. Sobre este, aplicamos o percentual referente ao FSA, determinado através do somatório dos percentuais individuais de cada serviço ambiental, corrigido de acordo com o FES correspondente. Finalmente, acrescentamos os percentuais referentes ao FUS e aos FPL.

Os valores definidos para os fatores de correção, a partir da consulta aos profissionais da área ambiental, encontram-se descritos a seguir:

- Fator relacionado aos serviços ambientais afetados:

Proteção do solo e controle da erosão: 92%

Ciclagem de nutrientes: 85%

Infiltração da água e recarga de corpos hídricos: 89%

Regulagem do microclima: 85%

Conservação da biodiversidade: 93%

Sequestro de carbono: 72%

TOTAL: 516%

- Fator relacionado ao estágio de sucessão da vegetação degradada:

Estágio inicial de regeneração: 56%

Estágio médio de regeneração: 78%

Estágio avançado de regeneração ou formação primária: 95%

- Fator relacionado ao tipo de uso e ocupação do solo predominante no entorno da área degradada:

Área ocupada predominantemente por vegetação nativa preservada: 83%

Área ocupada predominantemente por atividades agropecuárias (agricultura, pecuária, silvicultura): 77%

Área ocupada predominantemente por zonas urbanas consolidadas: 76%

- Fator relacionado aos mecanismos de proteção legal da área degradada:

Unidade de Conservação de proteção integral: 97%

Unidade de Conservação de uso sustentável: 79%

Área de preservação Permanente: 97%

Após a definição da equação, esta foi aplicada em três estudos de caso, a fim de avaliar seus resultados. Para melhorar a comparação e a avaliação dos fatores de proporcionalidade, considerou-se, hipoteticamente, que nos três casos a área degradada possuía a mesma dimensão.

O custo de reposição da vegetação considerou as ações mínimas necessárias para esta tarefa, como cercamento, limpeza, controle de formigas, adubação, abertura das covas, plantio, coroamento, replantio e monitoramento durante 30 (trinta) meses, incluindo todos os insumos e mão de obra necessários. Os custos foram baseados em valores tabelados pelo Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (CEPA/EPAGRI), do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e de pesquisas de preços realizadas no município de Criciúma.

Convém aqui ressaltar que as ações consideradas, bem como seus custos, foram utilizados apenas como referência para a aplicação do

método, o que não significa que estes devam ser necessariamente adotados para a reposição da vegetação, pois este procedimento deverá ser objeto de planejamento detalhado na oportunidade da aplicação de um Projeto de Recuperação de Área Degradada.

ESTUDO DE CASO 01

O primeiro estudo de caso envolveu uma área de 2,5 ha (dois hectares e meio), onde ocorreu a supressão de uma parcela de vegetação nativa, representada pela formação de Floresta Ombrófila Densa, pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágio avançado de regeneração. A área degradada localizava-se em zona rural, tendo seu entorno ocupado predominantemente por atividades agropecuárias. Além disto, havia dois cursos d'água e uma nascente. Não se localizava no interior de quaisquer unidades de conservação. O custo para a reposição da vegetação foi estimado em R\$ 43.770,00. Aplicando-se a equação proposta, obtemos:

$$\text{VDA} = 43.770,00 \times (516\% \times 95\%) + 43.770,00 \times 77\% + 43.770,00 \times 97\%$$

VDA = R\$ 290.720,34 (duzentos e noventa mil setecentos e vinte reais e trinta e quatro centavos).

ESTUDO DE CASO 02

O segundo estudo de caso envolveu uma área de 2,5 ha (dois hectares e meio), onde ocorreu a supressão de uma parcela de vegetação nativa, representada pela formação de Floresta Ombrófila Densa, pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágio médio de regeneração. A área degradada localizava-se em zona rural, tendo seu entorno ocupado predominantemente por atividades agropecuárias. Não apresentava atributos que a classificassem como APP e localizava-se no interior de uma Área de Proteção Ambiental - Unidade de Conservação de Uso Sustentável. O custo para a reposição da vegetação foi estimado em R\$ 43.770,00. Aplicando-se a equação proposta, obtemos:

$$\text{VDA} = 43.770,00 \times (516\% \times 78\%) + 43.770,00 \times 77\% + 43.770,00 \times 79\%$$

VDA = R\$ 244.446,70 (duzentos e quarenta e quatro mil quatrocentos e quarenta e seis reais e setenta centavos).

ESTUDO DE CASO 03

O terceiro estudo de caso envolveu uma área de 2,5 ha (dois hectares e meio), onde ocorreu a supressão de uma parcela de vegetação nativa, representada pela formação de Floresta Ombrófila Densa, pertencente ao bioma Mata Atlântica, em estágio inicial de regeneração. A área degradada localizava-se em zona urbana e não apresentava atributos que a classificassem como APP. Não se localizava no interior de quaisquer unidades de conservação. O custo para a reposição da vegetação foi estimado em R\$ 43.770,00. Aplicando-se a equação proposta, obtemos:

$$\text{VDA} = 43.770,00 \times (516\% \times 56\%) + 43.770,00 \times 76\% + 43.770,00 \times 0\%$$

VDA = R\$ 159.742,99 (cento e cinquenta e nove mil setecentos e quarenta e dois reais e noventa e nove centavos).

A partir da exposição do método desenvolvido e dos resultados obtidos nos estudos de caso, apresentamos a seguir um breve questionário, que busca avaliar a opinião dos aplicadores do direito a respeito do método, solicitando, para tanto, vossa colaboração em respondê-lo. Salientamos que os dados pessoais não serão divulgados em nenhuma hipótese, tampouco as respostas individuais, sendo que estas serão tratadas em conjunto.

Solicitamos ainda o sigilo quanto à divulgação dos dados e resultados apresentados, visto que o trabalho ainda não foi concluído e devidamente publicado.

Desde já agradecemos a sua participação, que será fundamental para a conclusão do projeto, e nos colocamos à disposição para o esclarecimento de quaisquer dúvidas.

Atenciosamente,

João Pedro Pinheiro Vieira
Perito Criminal
Instituto Geral de Perícias - SC
Núcleo Regional de Perícias de Criciúma
Fone/Fax: (48) 3439-9992
E-mail: jpvieira@igp.sc.gov.br

DADOS PESSOAIS:

Nome:

Órgão / Instituição:

Profissão / Cargo:

E-mail:

QUESTIONÁRIO

Questão 01 - Como você avalia o método proposto?

Péssimo

Ruim

Regular

Bom

Ótimo

Questão 02 - A partir de sua experiência em ações na vara ambiental, você acha que o método proposto é robusto o suficiente para sustentar os valores calculados ao longo do andamento do processo?

Sim

Não

Questão 03 - Analisando os estudos de casos expostos, como você avalia os valores financeiros do dano ambiental, calculados a partir do método proposto?

Muito baixos

Baixos

Razoáveis

Altos

Muito altos

Questão 04 - Caso fossem apresentados os valores calculados nos estudos de caso descritos em um processo judicial real sob sua avaliação, você:

Descartaria os valores calculados

Aceitaria parcialmente os valores calculados

Aceitaria integralmente os valores calculados

Questão 05 – Caso o método proposto fosse utilizado nos laudos de perícia ambiental, em relação à contribuição ao trabalho do Ministério Público e do Judiciário, você acha que:

Não contribuiria em nada

Contribuiria pouco

Contribuiria razoavelmente

Contribuiria muito

Comentários

Neste espaço, fique a vontade para tecer comentários, críticas e sugestões a respeito da pesquisa.

**APÊNDICE D – Dados brutos das respostas do questionário
aplicado aos profissionais da área ambiental, em escala percentual**

N	FATOR DE SERVIÇOS AMBIENTAIS (FSA)						FATOR DE ESTÁGIO DE SUCESSÃO (FES)		
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
01	100	70	90	100	100	60	20	70	100
02	50	25	75	25	100	0	25	50	75
03	50	80	30	50	80	60	20	60	90
04	90	80	80	90	90	90	70	80	90
05	100	80	100	80	80	100	50	75	100
06	100	90	100	90	100	60	50	80	100
07	100	100	100	100	100	0	50	90	100
08	100	60	80	70	100	50	50	70	100
09	100	90	90	80	100	10	80	90	100
10	100	100	100	75	80	75	30	55	100
11	80	80	80	50	100	50	30	60	80
12	100	90	80	80	100	90	33	66	100
13	30	50	50	10	60	50	70	80	90
14	100	100	100	100	100	100	60	70	90
15	100	80	100	80	90	50	40	80	100
16	100	100	100	100	100	100	100	100	100
17	100	100	100	100	100	100	100	100	100
18	100	80	100	80	80	70	60	80	100
19	100	80	80	75	90	85	65	80	90
20	95	90	95	90	100	80	100	100	100
21	100	80	100	100	80	80	30	50	90
22	90	50	75	20	75	35	35	50	80
23	90	30	70	80	50	10	50	65	80
24	50	50	50	30	80	0	60	90	100
25	100	70	90	100	80	90	30	70	100
26	100	80	100	70	100	100	50	70	100
27	100	100	100	100	100	100	80	90	100
28	100	100	100	100	100	100	50	75	100
29	95	80	70	70	80	90	80	90	100
30	100	100	100	100	100	100	80	90	100
31	100	100	80	80	100	100	50	80	100
32	100	100	95	80	80	50	30	60	100

33	30	30	80	50	50	50	20	50	100
34	80	80	60	70	80	60	60	70	80
35	100	80	70	90	90	100	80	85	90
36	100	100	100	90	90	90	40	60	100
37	100	100	100	100	100	100	50	100	100
38		50	90	90	90	100	30	80	100
39	98	99	99	100	95	98	99	90	85
40	100	50	90	30	100	30	70	90	100
41	90	50	60	30	95	20	40	60	80
42	100	100	100	100	100	100	80	100	100
43	100	100	100	100	100	100	50	70	80
44	100	100	100	50	100	50	50	100	100
45	100	100	100	100	100	100	100	100	100
46	100	100	100	100	100	50	100	100	100
47	100	100	100	100	100	100	100	100	100
48	100	100	100	100	100	100	50	75	100
49	50	80	80	60	80	80	100	80	60
50	100	80	100	90	100	0	30	60	100
51	100	100	100	100	100	100	60	80	100
52	85	95	80	85	95	75	65	85	100
53	100	100	70	80	100	100	50	80	100
54	100	100	100	100	100	100	50	70	100
55	100	80	90	100	100	70	60	75	90
56	100	100	100	100	100	100	80	100	100
57	100	100	100	100	100	100	60	80	100
58	100	100	90	80	100	80	100	100	100
59	100	100	100	100	100	100	0	100	100
60	100	100	100	100	100	100	20	70	100
61	50	80	80	80	100	80	20	80	100
62	100	100	100	100	100	100	100	100	100
63	100	99	99	100	100	100	75	100	100
64	100	100	100	70	100	100	40	60	80
65	100	80	90	100	100	100	80	100	100
66	100	50	100	100	100	20	20	60	100
67	80	80	80	80	80	50	20	40	60
68	100	100	100	100	100	100	30	70	100
69	100	100	100	100	100	100	0	100	100
70	100	100	50	100	100	80	50	80	100
71	100	100	100	100	100	0	20	60	100

72	50	90	100	100	90	80	80	90	100
73	100	100	100	100	100	100	100	100	100
74	100	100	100	100	100	80	50	80	100
75	100	100	100	100	100	50	50	70	100
76	100	70	100	100	80	90	50	80	100
77	100	100	100	60	100	80	70	80	100
78	80	80	80	90	90	50	30	50	90
79	80	50	99	75	100	20	30	70	100
80	95	95	90	95	95	98	100	100	100
81	80	70	70	80	80	60	80	50	10
82	100	80	90	80	100	90	80	90	100
83	95	90	98	95	100	80	70	80	95
84	80	90	100	100	90	60	40	60	90
85	100	100	100	100	100	100	30	50	70
86	100	80	90	100	100	80	60	80	100
87	70	80	90	100	95	35	40	70	100
88	70	90	80	100	80	20	25	75	100
89	100	100	100	100	100	0	50	75	100
90	100	100	70		90	100	50	70	100
91	100	100	100	100	100	50	50	80	100
92	100	100	80	100	100	50	60	80	100
93	100	50	90	100	99	100	30	60	100
94	100	100	90	90	99	90	80	90	100
95	85	90	90	80	90	95	30	60	90
96	50	70	80	80	90	70	100	100	80
97	100	80	80	100	100	60	50	100	100
98	80	60	80	80	90	0	40	80	100
99	80	90	75	95	95	60	60	75	95
100	90	90	50	100	100	50	80	90	100
101	70	80	60	95	75	90	50	75	90
102	100	100	100	100	100	100	100	100	100
103	100	100	100	100	100	70	50	70	80
104	100	100	100	100	100	100	50	70	100
105	100	80	100	70	90	90	80	100	100
106	80	100	100	100	70	90	90	90	90
107	100	100	100	50	50	50	100	100	100
108	75	80	95	70	100	50	20	40	80
109	100	90	90	90	100	90	50	70	90
110	100	100	100	100	100	100	60	80	100

111	75	70	80	85	70	55	100	90	80
112	90	80	90	90	90	90	80	90	90
113	90	95	100	80	95	80	70	90	100
114	90	50	100	70	100	50	50	90	100
115	100	90	100	80	100	100	50	80	100
116	80	75	90	80	90	75	70	85	100
117	95	75	70	85	85	90	35	70	90
118	90	80	100	90	100	100	70	80	90
119	100	100	100	100	95	100	50	70	100
120	50	80	50	80	100	0	10	50	80
121	100	80	80	100	100	100	30	70	100
122	100	100	100	100	100	100	100	100	100
123	80	70	80	60	100	80	70	90	100
124	100	100	90	100	100	100	50	80	100
125	100	80	80	50	80	20	20	60	80
126	100	100	100	90	100	30	30	70	100
127	100	50	70	70	90	50	20	50	100

Legenda: A - proteção do solo e controle da erosão; B - processos de ciclagem de nutrientes; C - processos de infiltração da água no solo e recarga de corpos hídricos subterrâneos e superficiais; D - regulação do microclima; E - conservação da biodiversidade; F - sequestro de carbono; G - estágio inicial; H - estágio médio; I - estágio avançado ou formação primária.

N	FATOR DE USO DO SOLO (FUS)			FATOR DE PROTEÇÃO LEGAL (FPL)		
	J	K	L	M	N	O
01	100	100	100	100	70	100
02	25	75	50	75	50	100
03	70	80	90	90	70	90
04	70	80	90	80	70	90
05	100	85	85	100	85	100
06	80	95	100	100	70	95
07	100	100	100	100	80	100
08	80	90	100	100	90	100
09	80	100	100	100	90	100
10	100	25	10	100	50	100
11	80	50	30	100	100	80
12	100	80	60	100	70	100

13	30	40	40	80	60	80
14	90	70	70	100	80	100
15	60	70	80	100	75	100
16	100	50	100	100	50	100
17	100	100	100	100	80	100
18	80	90	100	90	70	100
19	100	75	50	100	75	100
20	100	80	60	100	95	100
21	100	60	30	100	80	100
22	75	60	35	100	60	100
23	50	75	100	100	60	80
24	100	30	10	100	100	80
25	70	90	90	100	100	100
26	100	100	100	100	100	100
27	100	100	100	100	90	100
28	100	100	100	100	100	100
29	95	60	85	100	70	90
30	100	100	100	100	100	100
31	100	70	70	100	80	100
32	100	100	100	100	70	100
33	30	60	100	100	80	60
34	90	60	70	90	40	80
35	100	100	100	100	80	100
36	60	80	100	100	90	100
37	100	100	100	100	80	100
38	80	90	100	100	100	100
39	99	99	100	100	80	100
40	100	70	50	100	100	80
41	100	60	20	60	70	100
42	100	80	80	100	80	100
43	100	80	70	100	100	100
44	100	50	50	100	70	100
45	100	50	50	100	50	100
46	100	100	80	100	100	100
47	100	80	50	100	100	100
48	100	50	75	100	100	100
49	60	80	100	100	100	80
50	80	100	100	100	100	100
51	70	80	100	100	100	100

52	95	60	75	95	80	100
53	100	100	100	100	70	100
54	80	90	100	100	100	100
55	90	100	100	100	90	100
56	100	100	30	100	40	100
57	100	100	100	100	100	100
58	100	100	80	100	80	100
59	100	0	100	100	100	100
60	100	70	10	100	50	100
61	100	80	80	100	100	100
62	100	100	100	100	100	100
63	90	100	100	100	100	100
64	100	30	10	100	100	100
65	100	100	100	100	100	100
66	100	50	80	100	80	100
67	80	20	50	80	80	100
68	30	100	100	100	50	100
69	100	0	0	100	100	100
70	100	100	50	100	80	100
71	100	50	50	100	80	80
72	50	100	90	100	100	100
73	100	100	100	100	100	100
74	80	100	100	80	90	100
75	100	80	80	100	70	100
76	80	50	70	100	100	100
77	100	80	90	100	80	100
78	50	80	90	100	80	100
79	100	40	40	100	70	100
80	100	100	100	100	100	100
81	20	90	90	100	80	100
82	70	90	100	90	70	100
83	70	95	95	100	70	95
84	90	50	30	90	80	80
85	100	90	80	100	80	90
86	100	90	80	100	80	100
87	60	80	100	100	50	100
88	50	75	100	100	50	100
89	100	50	75	100	75	100
90	100	100	100	100	100	100

91	100	80	100	100	50	100
92	75	100	100	100	100	100
93	100	50	0	100	100	100
94	100	90	80	100	100	100
95	15	75	95	95	65	95
96	80	100	100	100	50	100
97	100	100	100	100	50	100
98	60	80	100	100	60	100
99	95	15	15	100		100
100	100	50	50	100	100	100
101	50	80	100	100	100	100
102	100	100	100	100	100	100
103	70	100	100	80	50	100
104	50	100	30	90	30	100
105	100	90	80	100	100	100
106	100	70	50	70	70	70
107	75	100	100	100	100	100
108	40	80	100	100	100	100
109	100	80	70	90	80	100
110	40	60	100	100	50	100
111	100	80	70	100	60	85
112	80	90	90	90	90	90
113	80	100	60	100	85	100
114	80	100	50	100	80	100
115	80	50	30	100	80	100
116	90	85	90	100	75	85
117	80	80	20	98	70	85
118	70	80	90	100	80	100
119	100	50	10	100	90	100
120	5	50	80	95	30	50
121	30	60	80	80	80	90
122	100	98	100	100	98	100
123	100	80	60	100	80	100
124	60	90	100	100	80	100
125	60	80	20	50	50	80
126	100	35	15	100	60	100
127	20	50	100	80	50	100

Legenda: J - vegetação preservada; K - atividades agropecuárias; L - zonas urbanizadas; M - UC de proteção integral; N - UC de uso sustentável; O - APP.