

Alexandre Otto Klotz

**VALORAÇÃO DE DANOS A ECOSISTEMAS FLORESTAIS
NATURAIS EM PERÍCIAS CRIMINAIS AMBIENTAIS NO
ESTADO DA BAHIA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Perícias Criminais Ambientais.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto

Florianópolis
2016

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

Klotz, Alexandre Otto

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

120 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 Ambientais.
2. Valoração Ambiental.
3. Método do custo de reposição.
4. Método da capitalização da renda.
5. Sucessão Ecológica.
6. Tipologias vegetais da Bahia. I. Pinto, Cátia Regina Silva de Carvalho. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Perícias Criminais Ambientais. III. Título.

"Valoração de danos a ecossistemas florestais naturais em Perícias Criminais Ambientais no estado da Bahia"


Por

Alexandre Otto Klotz

Dissertação julgada e aprovada em sua forma final pelos membros titulares da Banca Examinadora (02/PPGMPPA/2016) do Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais - UFSC.

Prof(a). Dr(a). Carlos Henrique Lemos Soares
Coordenador(a) do Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais

Banca examinadora:


Dr(a) Cátia Regina de Carvalho Pinto (Universidade Federal de Santa Catarina)
Orientador(a)


Dr(a) Alexandre Siminski (Universidade Federal de Santa Catarina)


Dr(a) Cristina Cardoso Nunes (Universidade Federal de Santa Catarina)


Dr(a) José Salatiel Rodrigues Pires (Universidade Federal de Santa Catarina)

Florianópolis, 19 de fevereiro 2016.

Este trabalho é dedicado à minha
amada esposa e aos meus queridos
filhos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, criador supremo e responsável pela condução de nossas almas.

À minha adorada esposa, Jandira, e aos meus filhos Lucas, Adriano e Juliana pelo suporte que me deram neste projeto e pelos incontáveis momentos de alegria que sempre me deram força para a conclusão deste trabalho.

À minha orientadora, Prof^a Cátia, pela profícua orientação que sempre me mostrou o caminho a seguir mesmo nos momentos mais tortuosos dessa jornada.

Aos professores do curso que, com sua sabedoria, trouxeram novos conhecimentos, o que muito contribuiu para o aprendizado da classe.

Aos colegas do curso pelos momentos de descontração, pela troca de experiências e pelas valiosas contribuições durante as aulas, especialmente ao colega Ricardo Binfaré pelo auxílio dado para o aprimoramento deste trabalho e ao colega Marcelo Krammers pelo apoio nas horas críticas.

Aos meus colegas do Setor-Técnico Científico da Superintendência Regional de Polícia Federal na Bahia, especialmente os Peritos Criminais Federais Maria Helena Carvalho Durán e Rogério Matheus Vargas pelo suporte incondicional à minha participação no curso, ao Perito Criminal Federal Danilo Moreno de Alencar pelas importantes contribuições na área de geoprocessamento e ao Perito Criminal Pedro Paulo de Melo Mendes pela primorosa revisão deste trabalho.

A tragédia do desmatamento na Amazônia, bem como em outros locais nos trópicos é que os seus custos, em termos econômicos, sociais, culturais e estéticos, superam seus benefícios. Em muitos casos, a destruição das florestas tropicais é motivada por ganhos de curto prazo, sem considerar a capacidade produtiva a longo prazo da terra. E, como resultado, o desmatamento geralmente deixa para trás paisagens que são tanto economicamente como ecologicamente empobrecidas.

Anthony B. Anderson

RESUMO

A valoração ambiental é tema complexo cada vez mais discutido tanto no meio acadêmico como nos órgãos responsáveis pelas perícias criminais. A valoração de danos contra o meio ambiente desempenha papel de grande importância no laudo pericial, pois, além de atender exigência legal, dá subsídios ao juízo e à sociedade para conhecer qual é o impacto monetário ocasionado pelas atividades antrópicas ilícitas perniciosas ao meio ambiente. Este trabalho propõe adaptação de metodologia de valoração baseado no método dos custos de reposição para determinação do valor de uso direto e o método da capitalização da renda para determinação do valor de uso indireto. Foi desenvolvida fórmula matemática para agregar esses dois valores a fim de se determinar o valor de dano ao ecossistema florestal (VDEF). Os custos de reposição empregados foram baseados nos custos de restauração florestal para tipologias vegetais dos três biomas ocorrentes no Estado da Bahia: Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga. Esses custos foram inseridos em planilha eletrônica e foram atrelados à fórmula de cálculo do VDEF, o que permite sua atualização ao longo do tempo. A utilização do método proposto foi avaliada mediante a aplicação de estudos de caso. Os resultados demonstraram que o método atende aos critérios de objetividade, simplicidade e justiça, pois está baseado em conceitos de ecologia florestal bastante conhecidos pela ciência, não exigindo levantamentos demasiadamente demorados e dispendiosos em campo e atribuindo a florestas em estágios sucessionais mais avançados valores maiores de uso direto e indireto.

Palavras-chave: perícia criminal ambiental; valoração ambiental, método do custo de reposição; método da capitalização da renda.

ABSTRACT

Environmental valuation is a complex topic increasingly discussed both in academic circles and in the institutions responsible for forensic expertise analysis. The valuation of damage to the environment plays major role in the expert report because, in addition to meeting legal requirements, it gives subsidies to the judgment and to the society to know what is the monetary impact caused by the illegal human activities harmful to the environment. This project proposes adaptation of environmental valuation based on replacement cost method for determining the direct use value and the income capitalization approach for determining the indirect use value. Mathematical formula were developed to add these two values in order to determine the damage to the forest ecosystem value (VDEF). Replacement costs were based on forest restoration costs for the three biomes occurring in the state of Bahia: Mata Atlântica, Cerrado and Caatinga. These costs have been entered into an electronic spreadsheet and have been linked to the formula for calculating the damage to the forest ecosystem value, allowing updates over time. The use of the proposed method has been carried out by applying case studies. The results showed that the method meets the standards of objectivity, simplicity and justice, as it is based on forest ecology concepts well-known to science, it does not require time-consuming and costly field surveys and it assigns forests in later successional stages higher direct and indirect use values.

Keywords: environmental forensic expertise; environmental economic valuation; replacement cost method; income capitalization approach.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Biomias de ocorrência no Estado da Bahia	51
Figura 2 -	Tipologias vegetais de ocorrência no domínio do Bioma Caatinga no Estado da Bahia.....	55
Figura 3 -	Tipologias vegetais de ocorrência no domínio do Bioma Cerrado no Estado da Bahia.....	62
Figura 4 -	Tipologias vegetais de ocorrência no domínio do Bioma Mata Atlântica no Estado da Bahia.....	71
Figura 5 -	Distribuição dos laudos de perícias criminais de meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA, de 2003 a 2014, no Estado da Bahia.....	107
Figura 6 -	Frequência de laudos de perícia criminal de meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA, de 2003 a 2014, nos Municípios da Bahia.....	108
Figura 7 -	Distribuição dos laudos de perícias criminais de meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA, de 2003 a 2014, nos três biomas do Estado da Bahia.....	109
Figura 8 -	Distribuição dos laudos de perícias criminais de meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA, de 2003 a 2014, nas tipologias vegetais segundo mapa de Vegetação (IBGE, 2004)	110
Figura 9 -	Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Ecossistema Florestal.....	114
Figura 10 -	Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Ecossistema Florestal, com os resultados para o estudo de caso 01 – Floresta Ombrófila Densa	116
Figura 11 -	Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Ecossistema Florestal, com os resultados para o estudo de caso 02 – Savana.....	117
Figura 12 -	Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Ecossistema Florestal, com os resultados para o estudo de caso 03 – Savana-Estépica.....	118

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Ocorrência de tipologias vegetais do bioma Caatinga na Bahia, com enfoque na Savana-Estépica	59
Gráfico 2 - Ocorrência de tipologias vegetais do bioma Cerrado na Bahia, com enfoque na Savana.....	67
Gráfico 3 - Ocorrência de tipologias vegetais do bioma Mata Atlântica, com enfoque na Floresta Ombrófila Densa.....	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Sugestão de tempos referenciais a serem utilizados para o cálculo do VDEF em função do estágio sucessional e tipologia vegetal da floresta que sofreu o dano.....	99
Tabela 2 - Orçamento para restauração florestal de um hectare de Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica).....	112
Tabela 3 - Orçamento para restauração florestal de um hectare de Savana (Cerrado).....	112
Tabela 4 - Orçamento para restauração florestal de um hectare de Savana-Estépica (Caatinga).....	113
Tabela 5 - Comparação entre valorações de danos a florestas feitas com o MCRRep isoladamente sem considerar a perda econômica e com o VDEF.....	115
Tabela 6 - Comparação entre valorações de danos a florestas com a utilização do MCRRep isoladamente e do VDEF.....	119

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
APP - Área de preservação permanente
BA - Bahia
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento
CATE – Custos Ambientais Totais Esperados
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CF – Código Florestal
CRF - Custo de restauração florestal
DAP – Diâmetro à altura do peito
GPS – Global Positioning System
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBMA – Iniciativa BNDES Mata Atlântica
INPC – Índice Nacional de Preços ao Consumidor
IPCA – Índice de Preços ao Consumidor Amplo
LCA - Lei de Crimes Ambientais
MCRep - Método dos Custos de Reposição
MCRen – Método da Capitalização da Renda
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NBR – Norma Brasileira Registrada
ONU – Organização das Nações Unidas
PAT – Plantio em área total
SAVI – Soil-adjusted Vegetation Index
SETEC/SR/DPF/BA – Setor Técnico-Científico da Superintendência Regional de Polícia Federal na Bahia
SELIC – Sistema Especial de Liquidação e Custódia
SER – Society for Ecological Restoration
SFB – Serviço Florestal Brasileiro
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TR – Taxa referencial
TRJ – Taxa real de juros
UC - Unidade de conservação
VDA - Valor do dano ambiental
VDEF – Valor de dano ao ecossistema florestal
VE - Valor de existência
VERA - Valoração econômica do recurso ambiental
VO - Valor de opção
VP – Valor presente
VSA – Valor dos serviços ambientais

VU – Valor de uso

VUD - Valor de uso direto

VUI - Valor de uso indireto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	25
2 JUSTIFICATIVA	31
3 OBJETIVOS	33
3.1 OBJETIVO GERAL	33
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
4 REFERENCIAL TEÓRICO	35
4.1 DANO AMBIENTAL	35
4.2 VALORAÇÃO ECONÔMICA DO RECURSO AMBIENTAL (VERA) ...	37
4.2.1 Método dos Custos de Reposição (MCRep)	42
4.2.2 Método da Capitalização da Renda (MCRen)	45
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO DA BAHIA	50
4.3.1 Bioma Caatinga	52
4.3.2 Bioma Cerrado	60
4.3.2 Bioma Mata Atlântica	67
4.4 SUCESSÃO ECOLÓGICA EM TIPOLOGIAS VEGETAIS DE OCORRÊNCIA NO ESTADO DA BAHIA	74
4.4.1 Sucessão Ecológica na Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica)	76
4.4.2 Sucessão Ecológica na Savana (Cerrado)	82
4.4.3 Sucessão ecológica na Savana-Estépica (Caatinga)	85
4.5 RESTAURAÇÃO FLORESTAL	85
5 METODOLOGIA	91
5.1 TAXA SOCIAL DE RETORNO DO CAPITAL	92
5.2 CUSTOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA BAHIA	93
5.3 VALOR DE DANO AO ECOSISTEMA FLORESTAL	95
5.4 ESTUDOS DE CASO	102
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	105
6.1 PERÍCIA CRIMINAL AMBIENTAL NA BAHIA	105
6.2 CUSTOS DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA BAHIA	111
6.3 PLANILHA DE VALORAÇÃO DE DANOS AO ECOSISTEMA FLORESTAL	113
6.4 ESTUDOS DE CASO	115
6.4.1 Estudo de Caso 01 – Floresta Ombrófila Densa	115
6.4.2 Estudo de Caso 02 – Savana	116
6.4.3 Estudo de Caso 03 – Savana-Estépica	117

7 CONCLUSÃO	121
8 RECOMENDAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS	127
REFERÊNCIAS.....	133

1 INTRODUÇÃO

O rápido crescimento populacional da humanidade ocorrido nos últimos séculos pode ser considerado como uma das causas principais dos problemas ambientais existentes no planeta Terra na atualidade. Segundo Ricklefs (2010, p. 197), o surgimento da agricultura há cerca de 10.000 anos, pelo aumento e constância no suprimento alimentar, foi o primeiro fator a impulsionar o crescimento da população mundial. Mais recentemente, com o advento da Revolução Industrial (final do século XVIII), ocorreram aprimoramentos na saúde pública e no bem-estar material da população, que deram novo impulso na sua taxa de crescimento demográfico, o que fez a população passar de 300 milhões de habitantes em 1700 para 6 bilhões no ano 2000.

A população mundial atual, em torno de 7,2 bilhões de pessoas, exerce enorme pressão sobre o meio ambiente. Segundo Miller Jr (2009, p. 9), nossa produção e consumos atuais de recursos renováveis ultrapassam em 21% a capacidade ecológica do planeta de repor esses recursos e de absorver os resíduos.

Conforme projeções da ONU (2013), a população mundial atingirá entre 8,3 a 10,9 bilhões de pessoas em 2050, o que demandará ainda mais recursos (renováveis e não-renováveis) para atender às necessidades crescentes por alimentos e outros bens de consumo.

Esse aumento na população de mais 15% poderá reduzir ainda mais os já comprometidos ambientes naturais, pois áreas ainda preservadas poderão ser transformadas em áreas de cultivos, de mineração ou parques industriais, o que, por consequência, ocasionará diversos novos impactos negativos ao meio ambiente, como aumento da

poluição, incremento na perda de biodiversidade e aceleração dos processos de erosão do solo.

Essa degradação, contudo, não precisa continuar. A humanidade pode viver num mundo limpo e sustentável, dando suporte para que nossa própria população esteja em equilíbrio com a preservação de outras espécies e com os processos ecológicos. A legislação em diversos países tem resultado em ar e água mais limpos, em um uso mais eficiente da energia e dos recursos naturais, ao mesmo tempo que resgata espécies ameaçadas de um declínio ainda maior (RICKLEFS, 2010, p. 484).

O legislador brasileiro também contribuiu, ao longo das últimas décadas, na construção de um arcabouço jurídico com o escopo de proteger o meio ambiente. Citam-se como exemplos a Lei que institui a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938, de 31/08/1981), o Capítulo VI do Título VIII da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, que trata do meio ambiente, a Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605, de 12/02/1998) e o novo Código Florestal (Lei nº 12.651, de 25/05/2012). Esses diplomas legais visam proteger nossos recursos da exploração predatória e tipificar condutas como ações delituosas ou infrações contra o meio ambiente, passíveis de sanções penais e administrativas.

A perícia criminal ambiental tem ferramenta imprescindível na materialização das provas nos crimes contra o meio ambiente e, por força dos artigos 19 e 20 da Lei de Crimes Ambientais – LCA, passou a ter papel importante também na valoração dos danos a ele causados:

Art. 19. A perícia de constatação do dano ambiental, sempre que possível, fixará o montante do prejuízo causado para efeitos de prestação de fiança e cálculo de multa.

Parágrafo único. A perícia produzida no inquérito civil ou no juízo cível poderá ser aproveitada no processo penal, instaurando-se o contraditório.

Art. 20. A sentença penal condenatória, sempre que possível, fixará o valor mínimo para reparação dos danos causados pela infração, considerando os prejuízos sofridos pelo ofendido ou pelo meio ambiente.

Parágrafo único. Transitada em julgado a sentença condenatória, a execução poderá efetuar-se pelo valor fixado nos termos do *caput*, sem prejuízo da liquidação para apuração do dano efetivamente sofrido.

Uma das consequências mais impactantes das atividades humanas sobre a natureza é a destruição de habitats, muitas vezes associado à extinção de espécies. O habitat disponível para uma determinada espécie pode ser destruído por consequência do desenvolvimento urbano ou industrial ou de atividades relacionadas à produção de alimentos ou outro recurso. A supressão de vegetação é a maior causa de destruição de habitats. As florestas temperadas já foram severamente reduzidas devido à ação do homem nos países desenvolvidos e, nos trópicos, pelo menos 1% das florestas são desmatadas anualmente, comprometendo mais da metade do habitat disponível aos animais selvagens (TOWNSEND et al., 2006, p. 522).

Praticamente todas as áreas da zona temperada, com aptidão agrícola, foram aradas ou cercadas. No mundo todo, 35% das áreas emersas são utilizadas para plantações ou pastos permanentes (RICKLEFS, 2010, p. 484).

Como consequência, o desaparecimento de espécies devido ao desmatamento é cerca de 10.000 vezes acima do ritmo considerado natural. Quando o ecossistema é destruído em 90%, metade das espécies

nele contidas é eliminada, sendo que as espécies que têm um grande domínio vital desaparecem primeiro (DAJOZ, 2005, p. 414).

No Brasil, as florestas foram e são sistematicamente derrubadas principalmente para a implantação de lavouras e pastagens ou para atividades de mineração. A legislação brasileira permite a supressão da vegetação nativa, desde que devidamente autorizada pelos órgãos competentes. No entanto, quando o desmatamento é feito de maneira irregular, essa conduta passa a se configurar em infração ou crime ambiental.

Quando o desmatamento é tipificado como crime ambiental, caberá ao perito criminal, quando da confecção do laudo, valorar os danos causados pelo desmatamento ilegal conforme discorrido anteriormente. Nesse contexto, este trabalho se propõe a adaptar metodologia para valoração dos danos a ecossistemas florestais naturais para subsidiar a elaboração de laudos de perícias criminais de meio ambiente na Bahia, uma vez que, nesse Estado, assim como nas outras unidades da federação, os danos à vegetação muitas vezes estão associados a práticas de crimes ambientais.

Para definição da metodologia de valoração, é importante saber onde esses crimes ocorrem e a que biomas e tipologias vegetais estão associados. Assim, para quantificar a frequência e distribuição espacial dos crimes ambientais de competência federal, é necessária análise em algum banco de dados que contenha essas informações.

Com esse diagnóstico feito, pode-se adotar ou adaptar um método de valoração que seja adequado à maior parte dos casos. Existem diversas metodologias para valoração de recursos ambientais. A NBR 14653-6 – Avaliação de bens – Parte 6: Recursos naturais e ambientais classifica os

métodos de valoração em diretos e indiretos. Nos métodos diretos, a NBR 14653-6 traz, como exemplos, o método da produtividade marginal, o método de preços hedônicos e o método do custo de viagem e, nos indiretos, tem-se o método de mercado de bens substitutos, o método dos custos de realocização e o método dos custos de controle evitados.

Muitos desses métodos de valoração exigem dispendiosos e demorados levantamentos de campo, tornando-os inadequados para os setores responsáveis pela execução das perícias criminais de meio ambiente que, geralmente, apresentam alta carga de trabalho com quadros de pessoal diminutos.

Neste trabalho, será adotado como parâmetro básico para o cálculo do valor de uso direto dos recursos florestais o método dos custos de reposição (MCRep). O MCRep é um método indireto de valoração previsto no item 8.6.1.1 da NBR 14653-6.

Para o cálculo do valor de uso indireto será utilizado método da capitalização da renda (MCRen), considerando-se o valor anual dos serviços ambientais fornecidos pelos ecossistemas florestais naturais.

Esses métodos foram escolhidos por serem de execução relativamente simples, pois o primeiro consiste basicamente no levantamento de custos de insumos e serviços do processo de restauração florestal e o segundo, no cálculo do valor presente das rendas anuais que os ecossistemas florestais fornecem em determinado período de tempo.

Esses levantamentos podem ser inseridos em tabelas atualizáveis que poderão ser utilizadas para valoração de danos em perícias criminais envolvendo danos a ecossistemas florestais.

2 JUSTIFICATIVA

A Bahia possui 564.733 km² e é o quinto maior estado brasileiro em extensão territorial, representando 6,6 % da área do País. No contexto ambiental, a Bahia é uma das 4 unidades da federação que possuem 3 dos 6 biomas brasileiros mapeados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, a saber: Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. A Bahia também é detentora do litoral mais extenso do Brasil (aproximadamente 1.200 km), onde é comum a ocorrência de ecossistemas de formações pioneiras, dentro do bioma Mata Atlântica, notadamente as áreas estuarinas, com suas extensas áreas de manguezal, e as áreas de restinga, ambas severamente ameaçadas pelas atividades antrópicas.

Essa diversidade ambiental da Bahia deve ser protegida e preservada para a presente e futuras gerações, que têm direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado. A correta investigação criminal e punição dos culpados por delitos ao meio ambiente é uma das maneiras que o Estado tem de realizar essa proteção, pois tende a coibir novos abusos. Assim, a atuação da Polícia Federal no combate aos crimes ambientais deve estar pautada em trabalhos eficazes de investigação policial e produção de provas materiais consistentes e cientificamente embasadas.

Nesse enfoque, a valoração de danos ocasionados ao meio ambiente desempenha papel de grande importância no laudo pericial, pois informa ao juízo e à sociedade qual é o impacto monetário causado pela agressão ao meio ambiente.

Assim, a adaptação de metodologia de valoração de danos a

ecossistemas florestais que considere as particularidades ecológicas dos ambientes naturais do Estado da Bahia contribui para o enriquecimento dos trabalhos periciais envolvendo crimes ambientais.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Adaptar método de valoração econômica de danos a ecossistemas florestais para utilização em perícias criminais ambientais, com a utilização do Método dos Custos de Reposição e do Método da Capitalização da Renda.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar crimes de competência federal contra o meio ambiente na Bahia e seus locais de ocorrência (municípios, biomas e tipologias vegetais).
- Levantar os custos para valoração ambiental dos recursos degradados, utilizando-se o Método dos Custos de Reposição e o Método de Capitalização da Renda.
- Elaborar planilha eletrônica de valoração de danos ao ecossistema florestal.

4 REFERENCIAL TEÓRICO

4.1 DANO AMBIENTAL

O homem, com sua capacidade inventiva, ao longo dos milênios, foi capaz de modificar e alterar os ecossistemas do planeta para satisfazer suas necessidades. Nos primórdios da humanidade, vivia-se da caça e coletas primitivas. Quando o homem passou a utilizar grandes áreas para o cultivo de lavouras e criação de animais, os impactos negativos ao meio ambiente começaram a se tornar mais expressivos.

Com o advento da revolução industrial, no final do século XVII, o homem aumentou o ritmo de utilização dos recursos naturais, impulsionado pela adoção progressiva de tecnologia e pelo rápido crescimento populacional. Assim, a pressão antrópica sobre os ecossistemas cresceu vigorosamente, resultando em alterações deletérias de suas características originais.

Mas quais alterações provocadas pelo homem podem ser classificadas como dano ambiental? Primeiramente, é bom destacar que a expressão “dano ambiental” não tem definição no ordenamento jurídico brasileiro. Para Phillip Jr e Alves (2005, p. 266), o termo dano é de uso geral e tem ampla utilização no campo do Direito. Sobre dano ambiental, é preciso fazer distinção entre o dano que é programado, planejado e idoneamente autorizado pelo Poder Público daquele que não recebeu previamente tal autorização, seja de forma voluntária ou involuntária.

Assim, no entender desses autores:

A supressão de vegetação nativa para a abertura de uma estrada, de um loteamento ou para atividades agropecuárias é permitida pela legislação (inclusive nas áreas de Preservação Permanente (APP), definidas no Código Florestal (CF), desde que respeitadas certas regras. Indubitavelmente,

toda remoção de vegetação causa um dano ambiental, mas a legislação estabelece as regras aceitas pela sociedade em determinado momento que permitem ou toleram tal dano, em troca de benefícios econômicos e sociais esperados.

Amado (2011, p. 347) define o dano ambiental como um prejuízo provocado ao meio ambiente mediante ação ou omissão humana, que afeta negativamente o direito fundamental ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Para esse autor, contudo, nem toda a atividade humana impactante ao meio ambiente ensejará dano ambiental, somente quando for ultrapassada a capacidade natural de absorção ambiental. Assim, para caracterização do dano ambiental, é preciso que ocorra um prejuízo anormal ao meio ambiente, possuidor de mínima gravidade.

A legislação ambiental mundial e brasileira, em geral, está se tornando mais restritiva com o passar dos anos. Assim, a tolerância da sociedade em relação aos danos ambientais autorizados pelo Poder Público também diminuiu, na proporção em que a pressão antrópica e a escassez dos recursos ambientais aumentaram.

Para Antunes (1998, p. 146), dano é prejuízo causado a alguém ou algo por determinado agente que é obrigado ao ressarcimento. O dano implica em alteração de uma situação jurídica, material ou moral, cuja titularidade não possa ser imputada àquele que, seja de forma voluntária ou involuntária, tenha causado a referida alteração. Esse mesmo autor esclarece que no conceito de dano somente estão incluídas as alterações negativas, pois não haverá dano quando as condições forem modificadas para melhor.

Dessa forma, aplicando-se os conceitos de dano expostos e trazendos-o para o contexto das perícias criminais de meio ambiente, os danos aos ecossistemas florestais são alterações negativas provocadas pelas atividades antrópicas contra esses ambientes naturais. Esses danos possuem natureza bastante variada, podendo ser classificados em danos diretos e indiretos. Como exemplos de danos diretos em ecossistemas florestais tem-se: a supressão total de vegetação para aproveitamento da madeira ou para mudança no uso do solo (desmatamento para abertura de áreas agrícolas); o corte seletivo de vegetação arbórea pela indústria madeireira; o incêndio florestal, que é a queima descontrolada das florestas, muitas vezes de forma acidental e a queimada, que é o uso controlado do fogo, geralmente utilizado para “limpeza” de áreas, muitas vezes também visando alteração no uso do solo.

Como os meios bióticos e abióticos dos ecossistemas florestais estão inter-relacionados, vários danos indiretos estão associados e são consequência dos danos diretos anteriormente citados, tais como: liberação de carbono para a atmosfera; aumento da suscetibilidade à erosão dos solos; destruição de habitats para a fauna associada, podendo prejudicar o fluxo gênico dessas espécies animais; aumento na probabilidade de extinção de espécies ameaçadas, com consequente perda de informação genética e assoreamento de cursos d’água em decorrência do aumento dos processos erosivos do solo.

4.2 VALORAÇÃO ECONÔMICA DO RECURSO AMBIENTAL (VERA)

Segundo a ABNT (2008), entende-se por recurso ambiental:

o recurso natural necessário à existência e preservação da vida, como a atmosfera, as águas

interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo, a fauna e a flora.

Valoração ou avaliação significa atribuir determinado valor a alguma coisa. Assim, valoração econômica do recurso ambiental é a atribuição de valor a esse recurso.

A estratégia básica da valoração ambiental é a transformação em valor monetário dos serviços que os ambientes naturais fornecem às famílias e às empresas (PERMAN et al., 2003, p. 400). Para Seroa da Motta (1997), a valoração econômica de um recurso ambiental é a estimativa do valor monetário deste em relação aos outros bens e serviços disponíveis na economia.

Na tentativa de estimar “preços” para os recursos ambientais e naturais e, assim, disponibilizar subsídios técnicos para sua exploração racional, inserem-se os métodos (ou técnicas) de valoração econômica ambiental baseados na teoria neoclássica do bem-estar (NOGUEIRA et al., 2000).

Diversos métodos podem ser empregados na valoração ambiental e a escolha do mais apropriado dependerá do caso em análise. Não há maneira de se comprovar a eficiência de um método em relação a outro, pois não há como estabelecer com precisão o valor real de um recurso ambiental (MAIA et al., 2004).

Assim, a valoração do meio ambiente deve estar pautada em procedimentos econômicos e científicos, o que permite ao avaliador calcular ou estimar quanto vale determinado ecossistema ou recurso ambiental. Por meio do uso de técnica apropriada, pode-se estimar quanto vale o capital natural de um lago, de um estuário ou de uma floresta.

Uma das principais questões em debate na atualidade quando se trata das relações entre os sistemas econômicos e os sistemas ecológicos ou ambientais refere-se ao processo de associação dos valores econômicos aos bens e serviços ecossistêmicos (MARQUES, 2004).

Os ecossistemas florestais, objeto especial de atenção neste trabalho, fornecem diversos serviços ecossistêmicos, tais como (COSTANZA, 1997):

- a) regulação gasosa climática, pela fixação de carbono atmosférico na biomassa da floresta;
- b) proteção do solo, pela cobertura feita pelo dossel vegetativo e pela serapilheira, amenizando o efeito erosivo provocado pelo impacto das gotas da chuva;
- c) formação do solo;
- d) regulação do ciclo hidrológico, pela acentuada infiltração das águas pluviais promovida por esse tipo de ecossistema, diminuindo o nível das cheias e contribuindo para o aumento das vazões dos cursos d'água nos períodos de estiagens;
- e) tratamento de resíduos e filtragem de produtos tóxicos;
- f) melhoria na qualidade das águas, como consequência da diminuição da erosão pluvial e eólica dos solos protegidos por esses ecossistemas;
- g) ciclagem de nutrientes, proporcionada pelo sistema radicular profundo das plantas arbóreas que trazem esses nutrientes à biomassa subterrânea e aérea das plantas, sendo liberadas nas camadas mais superficiais do solo (apodrecimento de raízes, queda de folhas, frutos, ramos e troncos);

- h) sequestro de carbono atmosférico fixado na biomassa das plantas que compõem a floresta, inclusive na cobertura morta (folhas e ramos e troncos) depositada na superfície do solo, e fixado pelo restante da biota existente nesses ecossistemas;
- i) conservação da biodiversidade da fauna e da flora;
- j) recreação, representada pelas atividades de ecoturismo em parques e outras unidades de conservação ou mesmo em outras áreas florestadas mesmo que sem regime especial de proteção pelo Estado.

Além de contribuir para a formação do solo, conforme elencado na alínea “c” anteriormente mencionada, os ecossistemas florestais também exercem papel preponderante na manutenção da estrutura e da fertilidade do solo. Sua influência foi diagnosticada com o estudo das consequências de cortes rasos realizados em uma floresta no noroeste dos Estados Unidos, que mostrou que, depois de 6 a 9 meses do corte das árvores, a biomassa das populações de fungos diminuiu em 90%, além de reduzir bastante a biomassa de nematóides, ácaros, colêmbolos e da população microbiana (DAJOZ, 2005, p. 396).

A gama de serviços ecossistêmicos prestados pelas florestas revela sua importância como recurso ambiental que deve ser preservado para benefício da coletividade e sua valoração econômica, portanto, deve refletir seu papel ecossistêmico.

Para Seroa da Motta (1997), é frequente na literatura que o Valor Econômico do Recurso Ambiental seja desdobrado em Valor de Uso (VU) e valor de não-uso (VNU). O VU, por sua vez é dividido em Valor de Uso Direto (VUD), Valor de Uso Indireto (VUI) e Valor de Opção (VO).

O VUD está relacionado com a utilização de um recurso por determinada pessoa ou empresa, como por exemplo, a madeira contida em um fragmento florestal ou a quantidade de minério que possa ser explotado de uma jazida de forma técnica e economicamente viável.

O VUI é a fração do VERA que representa o benefício atual do recurso que está associado aos serviços ecossistêmicos do recurso ambiental.

O VO segundo a ABNT (2008), é o valor atribuído a um recurso ambiental, que é desconhecido e realizado no futuro, e está associado a uma disposição de preservá-lo para uso direto e indireto, como por exemplo, o benefício de substâncias com propriedades farmacêuticas produzidas a partir da flora de determinada região.

O VNU (ou valor passivo), segundo Seroa da Motta (1997):

representa o *valor de existência (VE)* que está dissociado do uso (embora represente consumo ambiental) e deriva-se de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo. Uma expressão simples deste valor é a grande atração da opinião pública para salvamento de baleias ou sua preservação em regiões remotas do planeta, onde a maioria das pessoas nunca visitarão ou terão qualquer benefício de uso.

Assim, o VERA pode ser expresso da seguinte maneira:

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

No campo da perícia criminal, a valoração econômica dos danos causados aos ecossistemas florestais desempenha papel de grande importância no laudo pericial, pois, além de atender exigência legal (LCA), revela ao juízo e à sociedade qual é o impacto monetário

ocasionado pelas atividades antrópicas ilícitas perniciosas a esses ecossistemas.

Uma vez entendido o conceito e a composição do valor econômico do recurso ambiental, é necessário estabelecer qual ou quais metodologias podem ser aplicadas de acordo com as características ecológicas dos locais onde ocorrem crimes ambientais aos ecossistemas florestais no Estado da Bahia.

A literatura traz diversas metodologias aplicáveis (SEROA DA MOTTA, 1997). Por razões já explicitadas, este trabalho se restringirá à utilização do Método dos Custos de Reposição (MCREp) para determinação do valor de uso direto e do Método da Capitalização da Renda (MCRen) para determinação do valor de uso indireto dos ecossistemas florestais, os quais serão discutidos com mais detalhes nos próximos itens.

4.2.1 Método dos Custos de Reposição (MCREp)

O MCREp é um dos métodos indiretos de valoração econômica dos recursos ambientais. Segundo a ABNT (2008):

O método dos custos de reposição estima os gastos necessários para restaurar a capacidade produtiva e as funções ecossistêmicas de um recurso ambiental degradado. O método estima que as perdas de bens e serviços ambientais serão corrigidas com reposição da qualidade ambiental. Assim, estimam-se os custos de reposição do ambiente degradado (gastos de engenharia, implementação e monitoramento) para esta reposição, incluindo a perda econômica relativa ao período entre o tempo inicial da degradação e o tempo da total recuperação. Este valor de perda anterior à total recuperação seria equivalente ao custo de reposição **multiplicado por uma taxa social de retorno do**

capital¹, aplicada ao longo do tempo de reposição (grifo nosso).

O MCRep é um método bastante utilizado para valoração de ecossistemas florestais, pois é relativamente simples elaborar um orçamento contendo os custos com insumos e serviços para recompor ou restaurar uma floresta. Logicamente que, quando se busca a restauração de um ecossistema degradado não se tem por objetivo a obtenção de uma floresta igual àquela que foi degradada, uma vez que isso seria ecologicamente impossível. Conforme definição da Lei do SNUC (Lei nº 9.985, de 18/07/2000), a restauração visa à restituição de um ecossistema degradado o mais próximo possível da sua condição original, ou seja, o processo de restauração tem por escopo a substituição da floresta degradada por uma com função ecológica equivalente, ainda que em época futura.

Nessa linha de raciocínio, Magliano (2013) assevera que:

Quando solicitada a valoração ambiental, é possível elencar etapas da recuperação ambiental e seus custos aproximados, a partir da premissa de retorno a um padrão ambiental anteriormente verificado ou legalmente estabelecido. As etapas podem representar a readequação topográfica, a operação de plantio de mudas, a construção de estruturas de drenagem, a demolição de edificações irregulares, a remoção de entulhos ou a utilização de infraestruturas alternativas em decorrência da degradação. Considerando que os métodos de reparação ou reposição podem variar substancialmente, em determinados casos a definição de etapas pode exigir a prévia escolha de método de recuperação específico, em detrimento de outros com custos e benefícios diversos.

¹ Taxa social de retorno do capital: taxa de juros ou taxa de capitalização (vide capítulo 5.1).

Para a utilização do MCREP em um caso de degradação florestal, a título de exemplificação, deve ser feito o orçamento dos custos envolvidos na reposição da vegetação original, tais como o valor do projeto, das mudas, da construção de cercas, da fertilização, da mão-de-obra e do monitoramento (VIEIRA, 2013).

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

Um aspecto importante a ser considerado é a taxa social do retorno do capital a ser aplicada ao longo do tempo de reposição. Quando se restaura uma floresta, esta levará determinado período de tempo para atingir o estágio que se encontrava quando sofreu a degradação. Assim, espera-se que uma floresta em estágio avançado de regeneração, que esteja há 50 anos sem sofrer intervenções antrópicas importantes tenha um valor ambiental superior a uma floresta em estágio inicial de regeneração com 10 anos de idade.

Dessa forma, os custos envolvidos no processo de restauração das florestas degradadas nos dois exemplos acima podem ser os mesmos, mas como o tempo a ser considerado é diferente, o MCREP atribuirá um valor maior à floresta em estágio avançado em relação àquela em estágio inicial. Esse efeito da capitalização dos juros, atribuindo maior valor à floresta em estágio avançado de regeneração está de acordo com a diferença entre os serviços ecossistêmicos prestado por esses dois ecossistemas florestais, pois a floresta madura terá estocado mais biomassa (maior sequestro de carbono), terá maior biodiversidade, terá

maior poder de ciclagem de nutrientes e água, entre outras diferenças, do que a floresta jovem.

4.2.2 Método da Capitalização da Renda (MCRen)

O método de valoração pela capitalização da renda identifica o valor do bem calculando-se o valor presente (VP) de sua renda líquida prevista, considerando-se cenários viáveis. É um método que pode ser utilizado em avaliações de empreendimentos de base imobiliária (hotéis, *shopping centers* e outros), mas também em qualquer outro tipo de negócio ou empreendimento (ESPÍRITO SANTO, 2011, p. 31).

Para a utilização deste método, é preciso determinar o período de capitalização e a taxa de desconto (ou taxa de juros) a ser utilizada. Para diversos autores, o método da capitalização da renda fundamenta-se no princípio de que o valor de um determinado bem é uma função de sua capacidade de gerar renda, o que no caso de imóveis, geralmente é o aluguel. O imóvel constitui o denominado “capital imóvel”, que deve ser rentabilizado a uma taxa de atratividade variável em função da localização, do tipo de imóvel e da conjuntura econômica do momento da avaliação (MACANHAN et al., 2000, p. 1-2).

O Valor Presente (VP) de uma renda futura é dada pela equação:

$$VP = \frac{R}{(1+i)^n} \quad (1)$$

onde:

R = renda

i = taxa de juros em decimal

n = nº de períodos

Pela análise da equação (1), fica claro que quando mais distante do presente estiver a renda, ou seja, quanto maior o “n”, menor será seu VP. Por exemplo, uma renda futura de R\$ 1.000,00 a ser recebida daqui um ano, utilizando-se taxa de capitalização de 6% a.a., terá um VP de:

$$VP = \frac{1.000}{(1+0,06)^1} = \text{R\$ } 943,40$$

A mesma renda de R\$ 1.000,00, porém com $n = 3$ anos, terá um VP de:

$$VP = \frac{1.000}{(1+0,06)^3} = \text{R\$ } 839,62$$

Assim, quanto maior o valor de “n”, menor será o VP, de maneira que, quando o “n” tende ao infinito, o VP tende a zero.

Entretanto, o VP de uma renda constante no tempo, com “n” tendendo ao infinito, é o somatório de cada uma das rendas periódicas e pode ser calculado pela equação:

$$VP = \frac{R}{i} \quad (2)$$

Onde i é a taxa de capitalização em número decimal.

Assim o valor de um bem que gere renda anual infinita de R\$ 1.000,00 a uma taxa de capitalização de 6% a.a. será:

$$VP = \frac{1.000}{0,06} = \text{R\$ } 16.666,67$$

De acordo com Macanhan et al. (2000, p. 3), ao considerar-se que o número de períodos seja finito e dado por “n” anos, que a renda anual de determinado bem ou recurso seja dada por “R” e que a taxa de capitalização seja “i” (número decimal), o valor desse bem ou recurso é calculado pela equação:

$$VP = R \left(\frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^n} \right) \quad (3)$$

ou

$$VP = R \left(\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right) \quad (4)$$

ou ainda

$$R = VP \left(\frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} \right) \quad (5)$$

Utilizando-se a equação (4) para valorar bens que gerem renda anual de R\$ 1.000,00 durante 30 e 90 anos a uma taxa de capitalização de 6% a.a., tem-se:

$$VP_{30 \text{ anos}} = R\$ 1.000,00 \cdot \left(\frac{(1+0,06)^{30} - 1}{(1+0,06)^{30} \cdot 0,06} \right)$$

$$VP_{30 \text{ anos}} = R\$ 13.764,83$$

$$VP_{90 \text{ anos}} = R\$ 1.000,00 \cdot \left(\frac{(1+0,06)^{90} - 1}{(1+0,06)^{90} \cdot 0,06} \right)$$

$$VP_{90 \text{ anos}} = R\$ 16.578,70$$

Verifica-se que, embora o segundo bem tenha gerado renda por período “n” 3 vezes maior que o primeiro, o valor daquele é apenas 20,4% maior do que o valor deste e seu VP corresponde a 99,47% de um bem ou recurso que gere renda anual de R\$ 1.000,00 por tempo infinito (cálculo feito com o uso da equação (2)).

Como a fórmula de cálculo do Valor Econômico do Recurso Ambiental (VERA) considera também o valor de uso indireto do recurso ambiental, que, no caso das florestas, é entendido como o valor dos serviços ambientais fornecidos por esses ecossistemas, o MCRen pode ser utilizado, desde que se saiba qual é o valor desses serviços em determinada periodicidade (mensal, anual etc.).

Ribas (1996) desenvolveu o método CATE (Custos Ambientais Totais Esperados), também baseado no MCRen. O CATE pode ser entendido como o cálculo de uma renda perpétua que a sociedade estaria

disposta a receber em detrimento da indenização de determinado tipo de degradação ambiental.

Ribas (1996) desenvolveu duas variações do seu método de valoração: CATE I e CATE II.

O CATE I é o método para valorar custos ambientais esperados para danos intermitentes, como, por exemplo, o desmatamento de uma área para fins imobiliários e é calculado por:

$$\text{CATE I} = \frac{(Vc + Cd.Fc).(1+j)^n}{(1+j)^n - 1} \quad (6)$$

Onde:

Vc = valor comercial da área, benefício direto a ser auferido por motivo econômico, etc.;

Cd = custos de reparação do dano ambiental;

Fc = fator de conversão de custos ambientais diretos em indiretos;

j = taxa de juros (% a.a.)

n = período de duração dos efeitos ambientais no tempo (normalmente, uma geração – 25 anos).

O CATE II foi desenvolvido para valorar danos ambientais contínuos, com degradação ambiental periódica, com riscos ambientais vinculados de maneira contínua, como, por exemplo, lançamentos de efluentes tóxicos em determinado curso d'água com periodicidade definida (diária, semanal ou mensal). O CATE II é calculado pela equação:

$$\text{CATE II} = \frac{(Vc + Cd.Fc)}{j} \quad (7)$$

Onde:

Vc = valor comercial da área, benefício direto a ser auferido por motivo econômico, etc.;

Cd = custos de reparação do dano ambiental;

Fc = fator de conversão de custos ambientais diretos em indiretos;

j = taxa de juros (% a.a.)

Percebe-se que, enquanto a equação (6) (CATE I) tem forte correlação com a equação (5), a equação (7) (CATE II) tem correlação com a equação (2).

A escolha de qual taxa de juros (ou taxa de capitalização ou taxa de desconto) utilizar é muito importante para a adaptação da metodologia de valoração proposta neste trabalho. Ribas (1996, p. 122) entende que a taxa de juros, dentro do caso específico, deve se situar ao redor de 6% a.a..

Macanhan et al. (2000, p. 2) asseveram que o intervalo entre 0,7% e 0,8% para a taxa de juros mensal, equivalente a um intervalo entre 8,7% e 10% ao ano, vem sendo largamente utilizado como taxa mínima de atratividade nas avaliações de imóveis pelo método da renda sem que os cálculos que a justifiquem sejam demonstrados.

Há quem defenda que os 0,5% de juros mensais da caderneta de poupança, equivalente à taxa anual de 6,17%, seja uma taxa mínima de atratividade para qualquer cálculo financeiro. No entanto, a Taxa Referencial (TR) que poderia ser entendida como um índice de correção monetária das aplicações na caderneta de poupança, há muito tempo já não acompanha os índices inflacionários. A título de exemplificação, a remuneração da caderneta de poupança de 1º de julho de 2014 a 1º de julho de 2015 foi de 7,93%, calculada com base na nova regra de remuneração, que passou a vigorar a partir de 04/05/2012. A TR no mesmo período foi de 1,66%, muito inferior ao Índice de Preços ao

Consumidor Amplo (IPCA) de 01/07/2014 a 30/06/2015, que foi de 8,89%.

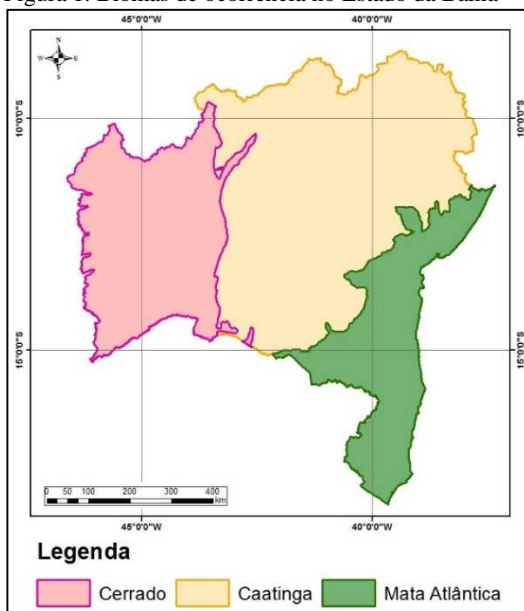
Na verdade, quem aplicou na caderneta de poupança nesse período não teve ganho algum; ao contrário, o poder de compra do seu capital foi diminuído e passou a valer 99,12% do que valia um ano antes.

Por fim, vale ressaltar que a definição de qual taxa de juros a ser utilizada nos trabalhos de valoração ambiental é de responsabilidade do perito, que escolherá uma taxa de capitalização que seja condizente com a metodologia adotada e adequada à realidade econômica do País à época da valoração.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA VEGETAÇÃO DA BAHIA

O Estado da Bahia possui 564.733 km², o que corresponde a 6,63% da área do País. Para a confecção do Mapa de Biomas do Brasil – Primeira Aproximação (IBGE, 2004a), foram considerados somente os biomas continentais do País, que foram assim denominados: Bioma Amazônia, Bioma Mata Atlântica, Bioma Caatinga, Bioma Cerrado, Bioma Pantanal e Bioma Pampa. Desses biomas, 3 ocorrem no território baiano: Bioma Caatinga (53%), Bioma Cerrado (27%) e Bioma Mata Atlântica (20%) (Figura 1).

Figura 1. Biomas de ocorrência no Estado da Bahia



Fonte: Mapas de Biomas do Brasil (IBGE, 2004a).

Esses três biomas ocorrentes na Bahia são predominantemente formados por ecossistemas florestais, adotando-se o conceito de floresta do Serviço Florestal Brasileiro (SFB), que tem considerado como floresta as tipologias de vegetação lenhosas que mais se aproximam da definição da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO):

área medindo mais de 0,5 ha com árvores maiores que 5 m de altura e cobertura de copa superior a 10%, ou árvores capazes de alcançar estes parâmetros *in situ*. Isso não inclui terra que está predominantemente sob uso agrícola ou urbano (FAO, 2015).

Para o SFB, estão compreendidas no conceito de floresta as seguintes categorias de vegetação do Sistema de Classificação do

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE): Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Campinarana (florestada e arborizada), Savana (florestada e arborizada) - Cerradão e Campo-Cerrado, Savana-Estépica (florestada e arborizada) - Caatinga arbórea, Estepe (arborizada), Vegetação com influência marinha e fluviomarinha (arbóreas), Vegetação remanescente em contatos em que pelo menos uma formação seja florestal, Vegetação secundária em áreas florestais e Reflorestamento (SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO, 2015).

Como será discutido a seguir, a grande maioria das formações vegetais nativas originais da Bahia é composta por categorias de vegetação florestal.

4.3.1 Bioma Caatinga

A palavra caatinga, de origem indígena, significa mata clara e aberta. O termo é aplicado ao conjunto paisagístico do sertão nordestino brasileiro (IBGE, 2004b). Mais de um terço do bioma encontra-se em território baiano.

A Caatinga é o único dos biomas brasileiros cujos limites estão totalmente restritos ao território nacional e continua passando por um longo processo de degradação ambiental provocado pelo uso dos seus recursos naturais de forma insustentável, o que está levando à perda acelerada de espécies endêmicas, à extinção de processos ecológicos chaves e à formação de núcleos de desertificação na região (LEAL et al., 2003).

A vegetação mais abundante na região é a Savana-Estépica (Caatinga), que expressa, em sua fisionomia decidual e espinhosa, os

rigores climáticos provocados pelos baixos índices pluviométricos, associados a altas temperatura e luminosidade (IBGE, 2004b).

As variações fisionômicas são bastante acentuadas entre a estação das secas e a estação das chuvas. Na seca, a caatinga está desprovida de folhagem, de coloração cinzenta e espinhosa. Na época das chuvas, a região se encobre do verde pela grande quantidade de novas folhas, que se espalham por toda a parte, tanto no estrato herbáceo, como também na vegetação arbustiva e arbórea (IBGE, 2004b).

Cruzando-se as informações do Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c) com o Mapa de Biomas do Brasil (BRASIL, 2004b), verifica-se que ocorrem, nos domínios do Bioma Caatinga na Bahia, as seguintes coberturas vegetais: Savana-Estépica (Caatinga do Sertão Árido) com os subtipos Atividades Agrárias, Arborizada e Florestada; Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia), com o subtipos Vegetação Secundária/Atividades Agrárias e Montana; Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), com os subtipos Vegetação Secundária/Atividades Agrárias e Montana; Refúgios Vegetacionais (Comunidades Relíquias) com o subtipo Montano; Savana (Cerrado), com os subtipos Atividades Agrárias, Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado “propriamente dito”), Florestada (Cerradão), Gramíneo-Lenhosa (Campo-limpo-de-cerrado) e Parque (Campo-sujo-de-cerrado e Cerrado de Pantanal) e, por fim, as Áreas de Tensão Ecológica (Contatos entre Tipos de Vegetação), com os subtipos Savana-Estépica/Floresta Estacional, Savana/Savana-Estépica/Floresta Estacional e Savana/Floresta Estacional (Figura 2).

A seguir é apresentada descrição das tipologias vegetais mais representativas do Bioma Caatinga no Estado da Bahia. As coberturas

vegetais do tipo Savana serão descritas quando da caracterização do Bioma Cerrado.

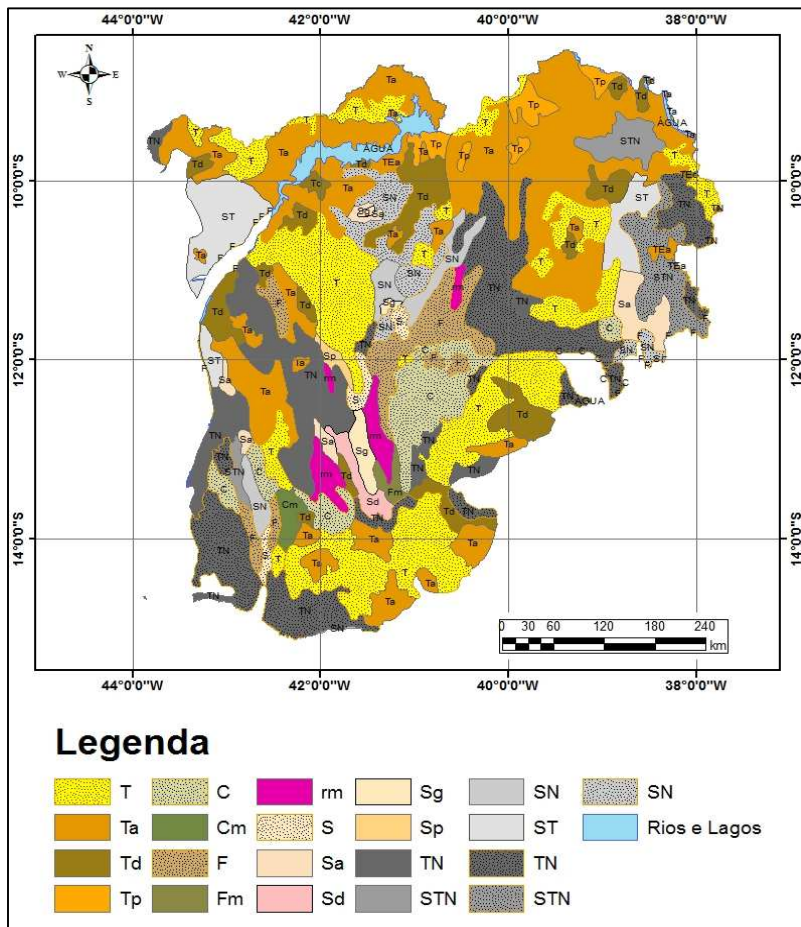
A expressão Savana-Estépica é empregada para denominar tipologias vegetais campestres, que, geralmente, possuem estrato lenhoso decidual e espinhoso. O Bioma Caatinga é a área mais representativa da Savana-Estépica brasileira (IBGE, 2012, p. 123).

As tipologias vegetais do tipo Savana-Estépica (todas as tipologias com legenda T) vistas na Figura 2 totalizam 150 mil km², o que representa cerca de 50% da área total de ocorrência do Bioma Caatinga em território baiano (299 mil km²).

A Savana-Estépica Florestada é estruturada fundamentalmente em dois estratos: um, superior, onde predominam nanofanerófitas periodicamente decíduas adensadas geralmente por troncos de grande espessura, bastante engalhados com presença de espinhos ou acúleos; e outro, inferior, gramíneo-lenhoso, geralmente descontínuo e com pequena expressão fisionômica (IBGE, 2012, p. 125).

Os indivíduos possuem 5 m de altura, podendo ultrapassar os 7 m em casos excepcionais, apresentando total decidualidade na época desfavorável. A flora do “sertão nordestino” caracteriza-se sobretudo pelos gêneros *Cavanillesia* (barriguda) e *Chorisia* (paineira), pertencentes à família Malvaceae; *Schinopsis* (baraúna) e *Myracrodruon* (aroeira-do-sertão), da família Anacardiaceae; *Acacia*, *Mimosa*, *Cassia*, entre outros, da família Fabaceae (VELOSO et al., 1991, p. 91).

Figura 2. Tipologias vegetais de ocorrência no domínio do Bioma Caatinga no Estado da Bahia.



Fonte: Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c). T – Savana-Estépica – Atividades Agrárias; Ta – Savana-Estépica Arborizada; Td – Savana-Estépica Florestada; C – Floresta Estacional Decidual; Cm – Floresta Estacional Decidual Montana; F – Floresta Estacional Semidecidual; Fm - Floresta Estacional Semidecidual Montana; rm – Refúgios Vegetacionais Montano; S – Savana; Sa – Savana Arborizada; Sd – Savana Florestada; Sg – Savana Gramíneo-Lenhosa; Sp – Savana Parque; TN – Áreas de Tensão Ecológica Savana-Estépica/Floresta Estacional; STN – Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Savana-Estépica/Floresta Estacional; SN – Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Floresta Estacional; ST – Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Savana-Estépica. Áreas pontilhadas estão relacionadas à vegetação secundária e/ou atividades agrárias.

A tipologia vegetal do tipo Savana-Estépica Florestada vista na Figura 2 (legenda Td) totaliza 18,7 mil km², o que representa 6,25% da área total de ocorrência do Bioma Caatinga em território baiano e 12,4% das áreas de Savana-Estépica na Bahia dentro desse bioma.

A Savana-Estépica Arborizada é estruturada em dois estratos nítidos: um, superior, arbustivo-arbóreo, esparso, que em geral possui as mesmas características da Savana-Estépica Florestada; e outro, inferior, gramíneo-lenhoso, também com importância fitofisionômica relevante (IBGE, 2012, p. 126).

Na depressão interplanáltica nordestina, há dominância das espécies: *Spondias tuberosa* (umbuzeiro), da família Anacardiaceae, endêmica da Caatinga do sertão árido; *Commiphora leptophloeos* (imburana), da família Burseraceae; *Cnidocolus phyllacanthus* (favela), da família Euphorbiaceae; *Aspidosperma pyrifolium* (pereiro), da família Apocynaceae e várias espécies do gênero *Mimosa*, que caracterizam muito bem grandes áreas da Caatinga (VELOSO et al., 1991, p. 92).

A tipologia vegetal do tipo Savana-Estépica Arborizada vista na Figura 1 (legenda Ta) totaliza 71 mil km², o que representa 23,8% da área total de ocorrência do Bioma Caatinga em território baiano e 41,6% das áreas de Savana-Estépica na Bahia dentro desse bioma.

A Savana-Estépica Parque apresenta características fisionômicas bastante típicas, com arbustos e arvoretas, geralmente pertencentes à mesma espécie, com distribuição bastante espaçada. Apresenta-se como uma pseudo-ordenação de plantas lenhosas sobre tapete denso formado, principalmente, por plantas herbáceas e gramíneas (IBGE, 2012, p. 129).

Nesta tipologia vegetal, há dominância de vários ecótipos, com destaque para: *Auxema oncostylax* (pau-branco-do-sertão), da família

Boraginaceae; *Combretum leprosum* (mofumbo), da família Combretaceae; *Aspidosperma pyriformium* (pereiro), da família Apocynaceae. Entre esses nanofanerófitos sempre estão presentes espécimes do capim do gênero *Aristida* (capim-panasco), da família Poaceae (VELOSO et al., 1991, p. 92).

A tipologia vegetal do tipo Savana-Estépica Parque vista na Figura 2 (legenda Tp) totaliza 4,7 mil km², o que representa 1,5% da área total de ocorrência do Bioma Caatinga em território baiano e 3% das áreas de Savana-Estépica na Bahia dentro desse bioma.

A Floresta Estacional Decidual apresenta estrato superior composto por macro e mesofanerófitos predominantemente caducifólios, com mais de 50% dos indivíduos desprovidos de folhagem no período desfavorável, que no caso do Estado da Bahia é o período seco (IBGE, 2012, p. 100).

A Floresta Estacional Decidual Montana na Caatinga baiana é encontrada quando esta tipologia vegetal está situada em terrenos com altitude variando de 600 até em torno de 2.000 m. No Planalto de Vitória da Conquista (BA), é encontrada vegetação florestal de porte médio onde predominam os gêneros *Parapiptadenia* (angico) e *Anadenanthera* (angico), da família Fabaceae que estão associados aos gêneros *Cavanillesia* (barriguda), da família Malvaceae, *Handroanthus* (ipê), da família Bignoniaceae, *Cedrela* (cedro), da família Meliaceae, entre tantos outros (IBGE, 2012, p. 105).

A Floresta Estacional Semidecidual é caracterizada pela ocorrência de clima estacional que determina semideciduidade da folhagem do dossel florestal. Na Bahia, está associada às regiões marcadas por acentuado período de seca e por período chuvoso

abundante. Apresenta fanerófitos que possuem gemas foliares protegidas da estiagem por escamas e cujas folhas adultas são esclerófilas ou membranáceas decíduais. A porcentagem das árvores no conjunto florestal que perdem as folhas na estação seca situa-se entre 20% e 50% (IBGE, 2012, p. 97).

A Floresta Estacional Semidecidual Montana, assim como na Floresta Estacional Decidual Montana, na Caatinga baiana é encontrada quando esta tipologia vegetal está situada em terrenos com altitude variando de 600 até em torno de 2.000 m (IBGE, 2012, p. 100). A formação Montana geralmente é dominada pelo gênero *Anadenanthera* (angico), da família Fabaceae (VELOSO et al., 1991, p. 92).

Os refúgios vegetacionais ocorrem quando sua vegetação se apresenta diferenciada nos aspectos florístico e fisionômico-ecológico, constituindo, muitas vezes, a chamada “vegetação relíquia”, apresentando espécies endêmicas, que persistem em situações muito especiais, a exemplo das comunidades situadas em altitudes maiores que 1.800 m. Os refúgios ecológicos são, geralmente, altamente sensíveis a qualquer tipo de intervenção, uma vez que são condicionados por parâmetros ambientais bastante específicos (IBGE, 2012, p. 149).

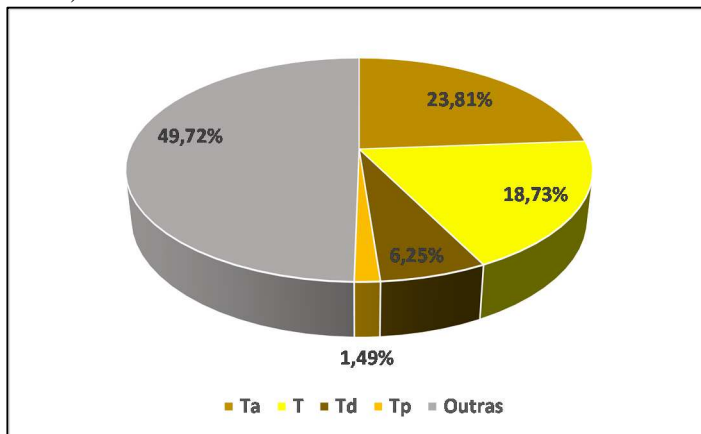
O Refúgio Vegetacional Montano da Caatinga baiana está localizado principalmente nos campos rupestres, que compõem a vegetação mais característica da Chapada Diamantina. Aparecem em altitudes acima de 900 metros e caracterizam-se notadamente pelos afloramentos rochosos que estão associados a fisionomia herbáceo-arbustiva sobre solos tipicamente quartzíticos, num ambiente aberto onde a floração de plantas das famílias Velloziaceae, Melastomataceae e

Xyridaceae fornecem um colorido particular à paisagem (CONCEIÇÃO et al., 2005, p. 155).

As Áreas de Tensão Ecológica aparecem quando as floras de duas ou mais regiões fitoecológicas ou tipos de vegetação entram em contato, apresentando transições florísticas ou contatos edáficos. É importante ressaltar que a cartografia da “Tensão Ecológica” no caso dos encraves é uma questão de escala, pois nas escalas semidetalhadas e detalhadas, podem ser detectados e, assim, devem ser separados e mapeados como entidades independentes (IBGE, 2012, p. 145).

O Gráfico 01 compila os dados das tipologias vegetais do tipo Savana-Estépica na Bahia, indicando que a de maior ocorrência é a Savana-Estépica Arborizada, que representa 23,81% da área desse bioma dentro do estado.

Gráfico 01. Ocorrência de tipologias vegetais do bioma Caatinga na Bahia, com enfoque na Savana-Estépica (tipologia símbolo do bioma).



Fonte: Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004). Ta – Savana-Estépica Arborizada; T – Savana-Estépica Atividades Agrárias; Td – Savana-Estépica Florestada; Tp – Savana-Estépica Parque e Outras – outras tipologias vegetais dentro do Bioma Caatinga na Bahia.

4.3.2 Bioma Cerrado

O bioma Cerrado é a mais extensa savana tropical sul-americana, que inclui grande parte do Brasil Central, fazendo limite com outros quatro biomas brasileiros: ao norte, com a Amazônia, a leste e a nordeste com a Caatinga, a leste e a sudeste com a Mata Atlântica e a sudoeste, com o Pantanal. Nas áreas de contato, existem faixas de transição ou ecótonos. Nenhum outro bioma da América do Sul tem tantas zonas de contatos biogeográficos tão distintos, o que confere ao Cerrado um aspecto ecológico único (BRASIL, 2009, p. 19).

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

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

A vegetação do Cerrado é composta por fisionomias que abrangem florestas, savanas e campos. O termo savana está relacionado a áreas com vegetação arbórea e arbustiva espalhada sobre um estrato gramíneo, sem que haja formação de dossel contínuo. Nos campos, predominam as

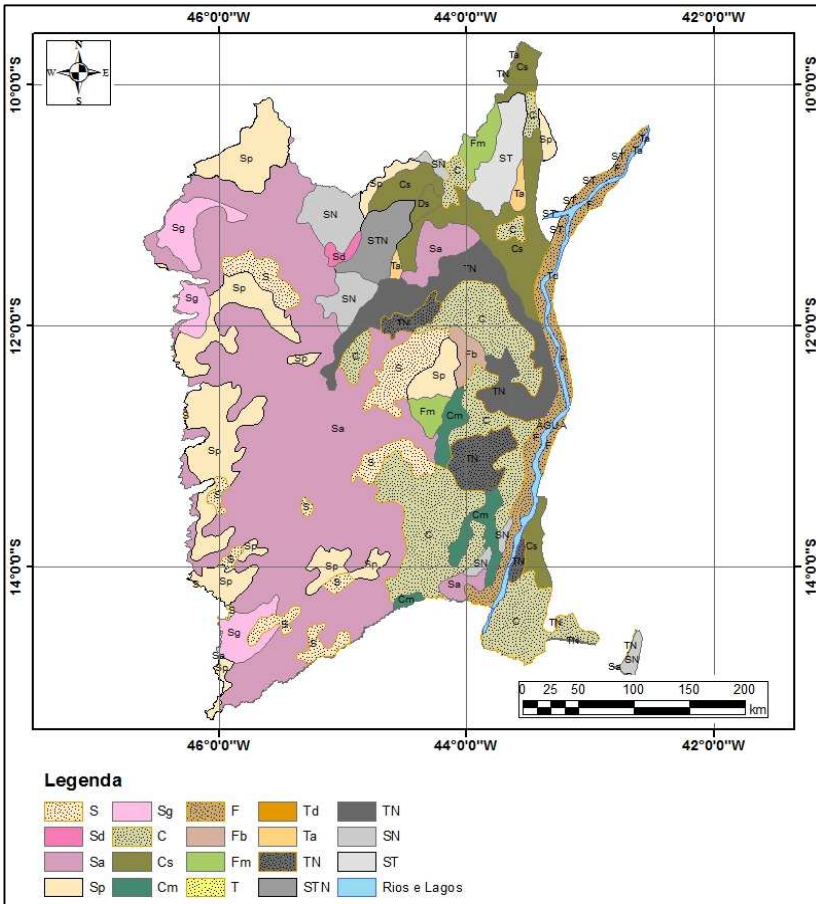
espécies herbáceas e algumas arbustivas, faltando espécies arbóreas na paisagem (RIBEIRO e WALTER, 2008, p. 156).

Cruzando-se as informações do Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c) com o Mapa de Biomas do Brasil (BRASIL, 2004b), verifica-se que ocorrem, nos domínios do Bioma Cerrado na Bahia, as seguintes coberturas vegetais: Savana (Cerrado), com os subtipos Atividades Agrárias, Florestada (Cerradão), Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado “propriamente dito”), Gramíneo-Lenhosa (Campo-limpo-de-Cerrado) e Parque (Campo-sujo-de-cerrado); Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia), com os subtipos Vegetação Secundária/Atividades Agrárias, Submontana e Montana; Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), com os subtipos Vegetação Secundária/Atividades Agrárias, Terras Baixas e Montana; Savana-Estépica (Caatinga do Sertão Árido) com os subtipos Atividades Agrárias Florestada e Arborizada e, por fim, as Áreas de Tensão Ecológica (Contatos entre Tipos de vegetação), com os subtipos Savana/Savana-Estépica/Floresta Estacional, Savana-Estépica/Floresta Estacional e Savana/Savana-Estépica (Figura 3).

A seguir será feita descrição das tipologias vegetais ocorrentes no Bioma Cerrado no Estado da Bahia que não foram descritas quando da caracterização do Bioma Caatinga.

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

Figura 3. Tipologias vegetais de ocorrência no domínio do Bioma Cerrado no Estado da Bahia.



Fonte: Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c). S – Savana; Sd – Savana Florestada; Sa – Savana Arborizada; Sp – Savana Parque; Sg – Savana Gramíneo-Lenhosa; Sp – Savana Parque; C – Floresta Estacional Decidual; Cs – Floresta Estacional Decidual Submontana; Cm – Floresta Estacional Decidual Montana; F – Floresta Estacional Semidecidual; Fb – Floresta Estacional Semidecidual de Terras Baixas; Fm – Floresta Estacional Semidecidual Montana T – Savana-Estépica – Atividades Agrárias; Td – Savana-Estépica Florestada; Ta – Savana-Estépica Arborizada; TN – Áreas de Tensão Ecológica Savana Estépica/Floresta Estacional; STN – Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Savana Estépica/Floresta Estacional; SN – Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Floresta Estacional e ST – Áreas de Tensão Ecológica Savana/Savana Estépica. Áreas pontilhadas estão relacionadas à vegetação secundária e/ou atividades agrárias.

As tipologias vegetais do tipo Savana vistas na Figura 3 (todas as tipologias com legenda S) totalizam 83 mil km², o que representa 55% da área total de ocorrência do Bioma Cerrado em território baiano (151 mil km²).

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

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

A composição florística do Cerradão é extremamente repetitiva, caracterizada pela dominância de espécies fanerótípicas típicas, tais como: *Caryocar brasiliensis* (pequizeiro), da família Caryocaraceae; *Salvertia convallariodora* (pau-de-colher), *Qualea grandiflora* (pau-de-terra-de-folhas-grandes) e *Qualea parviflora* (pau-de-terra-de-folhas-pequenas), da família Vochysiaceae; *Bowdichia virgilioides* (sucupira-preta), *Dimorphandra mollis* (faveiro) e *Anadenanthera peregrina*

(angico-vermelho), da família Fabaceae e *Kyelmeyera coriacea* (pau-santo), da família Clusiaceae (VELOSO et al., 1991, p. 87).

A tipologia vegetal do tipo Savana Florestada vista na Figura 3 (legenda Sd) totaliza 439 km², o que representa 0,3% da área total de ocorrência do Bioma Cerrado em território baiano e 0,53% das áreas de Savana na Bahia dentro desse bioma.

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

A composição florística da Savana Arborizada, embora semelhante à da Savana Florestada, apresenta espécies dominantes que caracterizam os ambientes em função do espaço geográfico ocupado, tais como: *Salvertia convallariodora* (pau-de-colher), da família Vochysiaceae; *Curatella americana* (lixreira), da família Dilleniaceae; *Himatanthus sucuuba* (sucuuba), da família Apocynaceae; *Stryphonodendron adstringens* (barbatimão-verdadeiro), *Parkia platycephala* e *Dimorphandra mollis* (faveiro), da família Fabaceae e *Platonia insignis* (bacurizeiro), da família Clusiaceae (VELOSO et al., 1991, p. 87-88).

A tipologia vegetal do tipo Savana Arborizada vista na Figura 3 (legenda Sa) totaliza 52 mil km², o que representa 34,8% da área total de ocorrência do Bioma Cerrado em território baiano e 63% das áreas de Savana na Bahia dentro desse bioma.

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

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

A Savana Parque possui as seguintes espécies dominantes: *Hanchornia speciosa* (mangaba), da família Apocynaceae; *Tabebuia aurea* (paratudo), da família Bignoniaceae e *Byrsonima sericea* (murici), da família Malpighiaceae (VELOSO et al., 1991, p. 88).

A tipologia vegetal do tipo Savana Parque vista na Figura 3 (legenda Sp) totaliza quase 18 mil km², o que representa 11,7% da área total de ocorrência do Bioma Cerrado em território baiano e 21% das áreas de Savana na Bahia dentro desse bioma.

A Savana Gramíneo-Lenhosa (Campo-limpo-de-cerrado) é constituída predominantemente por estrato graminoide entremeadado de plantas lenhosas raquíticas, ocupando áreas extensas onde predominam

hemicriptófitos que, quando manejados por queimada ou pastoreio, vão sendo substituídos por geófitos que se diferenciam por possuir colmos subterrâneos que são mais resistentes ao pisoteio e ao fogo (IBGE, 2012, p. 118).

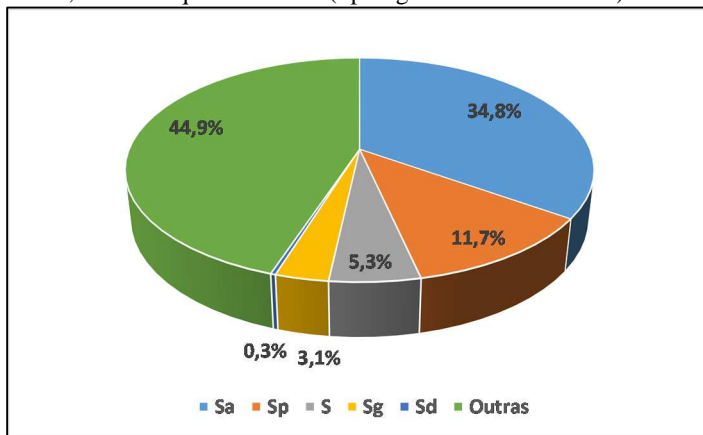
O Campo Limpo pode ser encontrado em diferentes posições topográficas, com variações quanto à umidade e à profundidade e umidade do solo. No entanto, é mais facilmente encontrado nas encostas, nas chapadas, nos olhos d'água e no entorno das Veredas, comumente em Neossolos Litólicos, Cambissolos ou em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

A composição florística da Savana Gramíneo-Lenhosa é bastante diversificada, sendo suas espécies mais representativas as seguintes plantas arbóreas: *Andira humilis* (angelim-do-campo), *Bauhinia* spp e *Cassia* spp (fedegoso-do-cerrado), da família Fabaceae; *Byrsonima* spp (murici-rasteiro), da família Malpighiaceae; *Allagoptera campestris* (coco-de-raposa), *Orbignya eichleri* (babaçu) e *Attalea* spp (palmeirinha-do-cerrado), da família Arecaceae. Do estrato herbáceo, são comuns as seguintes plantas graminóides da família Poaceae: *Axonopus* spp (grama-do-cerrado), *Andropogon* spp (capim-do-cerrado), *Aristida pallens* (capim-barba-de-bode) e *Tristachya* spp (capim-flechinha). Também ocorrem várias espécies nanofanerófitas raquíticas das famílias Asteraceae, Myrtaceae, Melastomatacea, Malvaceae de menor expressão fisionômica (VELOSO et al., 1991, p. 88-89).

A tipologia vegetal do tipo Savana Gramíneo-Lenhosa vista na Figura 3 (legenda Sg) totaliza 4,7 mil km², o que representa 3,1% da área total de ocorrência do Bioma Cerrado em território baiano e 5,6% das áreas de Savana na Bahia dentro desse bioma.

O Gráfico 02 compila os dados das tipologias vegetais do tipo Savana na Bahia, indicando que a de maior ocorrência é a Savana Arborizada, que representa quase 35% da área desse bioma dentro do estado.

Gráfico 02. Ocorrência de tipologias vegetais do bioma Cerrado na Bahia, com enfoque na Savana (tipologia símbolo do bioma).



Fonte: Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c), S – Savana; Sa – Savana Arborizada; Sp – Savana Parque; Sg – Savana Gramíneo-Lenhosa; Sd – Savana Florestada e Outras – outras tipologias vegetais dentro do Bioma Cerrado na Bahia.

4.3.2 Bioma Mata Atlântica

A expressão “Mata Atlântica”, de uso comum na literatura, simplesmente é um indicativo que a floresta está próxima ao Oceano Atlântico. A exuberância de suas florestas está associada à grande umidade do ar, que é trazida pelos ventos que vêm do oceano e precipita sob a forma de chuva na região litorânea, na medida que o ar úmido sobe para camadas frias das altitudes maiores (GUEDES et al., 2005, p. 42).

A farta disponibilidade hídrica, provocada pelos elevados índices pluviométricos (na Bahia, existem locais com pluviosidade acima de

2.500 mm anuais), e de radiação solar favorecem a biodiversidade da Mata Atlântica conforme foi reportado por Dean (2013, p. 32):

A extraordinária diversidade de suas árvores, uma das características da floresta – em um local no sul da Bahia encontraram-se 270 espécies em um único hectare –, é acompanhada pela diversidade de outras espécies de plantas, principalmente epífitas, parasitas e saprófitas, e de animais invertebrados. As condições ideais para o crescimento e a reprodução – períodos prolongados de crescimento, radiação solar intensa, altas temperaturas e regimes de chuvas generosos e levemente sazonais – facilitam a abundância das formas de vida.

Segundo Dean (2013, p. 32-33), as próprias formas de vida são estímulo ao aumento da diversidade pois fornecem nichos adicionais nos quais a especialização opera com crescente precisão. Assim, uma única copa de espécime arbóreo pode dar abrigo a mil espécies de insetos e a Mata Atlântica, na sua integralidade, pode ter dado guarida a um milhão delas, das quais somente um porcentual muito pequeno foi, ou será um dia, conhecida pela Ciência.

Essa profusão de vida na Mata Atlântica faz com que o bioma seja considerado no mundo todo como uma das áreas mais prioritárias da Terra em termos de sua diversidade biológica e grau de ameaça (ARAUJO et al., 1998, p. 5). A Mata Atlântica, assim como o Cerrado, foi considerada por Myers et al. (2000) como um dos 25 “*hotspots*” de biodiversidade do planeta. Esses *hotspots*, embora representem somente 1,4% da superfície do globo terrestre, abrigam 44% das espécies existentes de plantas e 35% dos vertebrados.

Além de ser uma das regiões de maior biodiversidade do planeta, a Mata Atlântica também apresenta grande número de espécies

endêmicas. Mais da metade das espécies arbóreas só são encontradas nesse bioma, sendo apenas 8% compartilhados com a Floresta Amazônica. Vários locais da Mata Atlântica são considerados como centros de endemismo de pássaros, mamíferos, répteis e insetos (DEAN, 2013, p. 33).

A posição geográfica que fez com que a Mata Atlântica atingisse um alto grau de exuberância também foi seu algoz. Nos mais de 500 anos de ocupação da região litorânea pelos colonizadores, a floresta sofreu drástica redução na área de cobertura original, sendo paulatinamente transformada em áreas de cultivos agrícolas, pastagens para criação de gado, rodovias e áreas urbanas.

Segundo mapeamento encomendado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) divulgado em 2006, existiam à época 27% de remanescentes, estando inclusos todos os estágios de regeneração em todas as tipologias vegetais associadas ao bioma. No entanto, apenas 7,26% do bioma era constituído de remanescentes bem conservados, segundo levantamento divulgado em 2008 pela Fundação SOS Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (BRASIL, 2010, p. 4).

Cruzando-se as informações do Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c) com o Mapa de Biomas do Brasil (IBGE, 2004b), verifica-se que ocorrem, nos domínios do Bioma Mata Atlântica na Bahia, as seguintes coberturas vegetais: Floresta Ombrófila Densa (Floresta Tropical Pluvial), com os subtipos Vegetação Secundária/Atividades Agrárias e Terras Baixas; Áreas de Formações Pioneiras (Sistema Edáfico de Primeira Ocupação), com os subtipos Vegetação com Influência Marinha (Restinga), Vegetação com Influência Flúvio-marinha

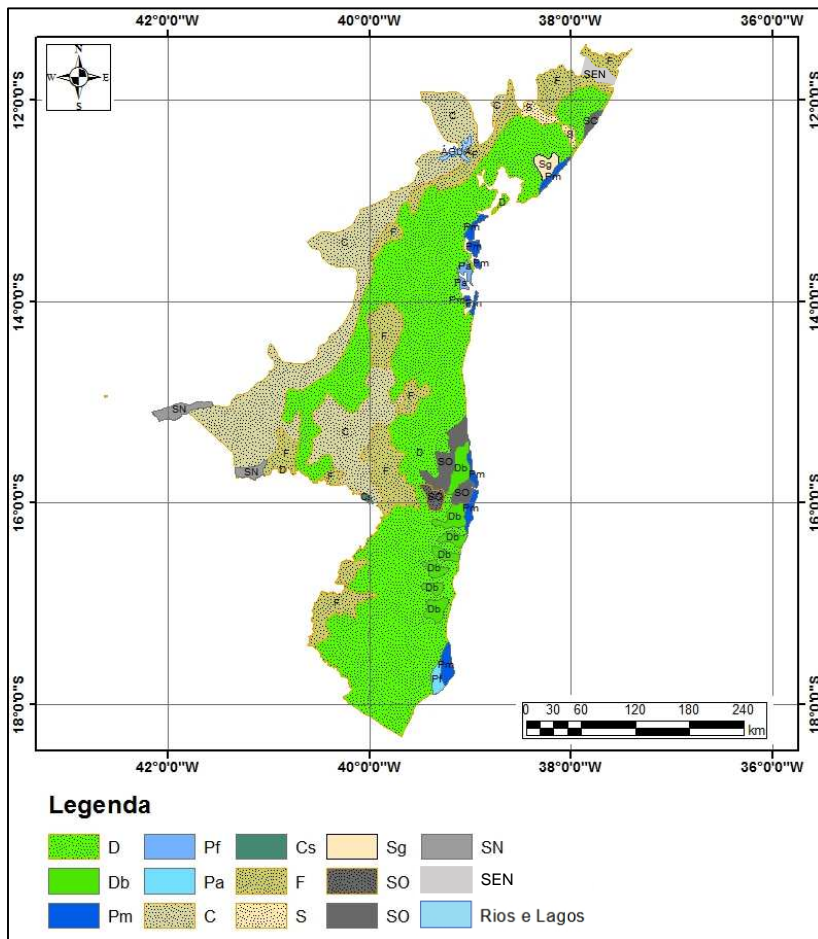
(Manguezal e Campo Salino) e Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre; Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia), com os subtipos Vegetação Secundária/Atividades Agrárias e Submontana; Floresta Estacional Semidecidual (Floresta Tropical Subcaducifólia), com o subtipo Vegetação Secundária/Atividades Agrárias; Savana (Cerrado), com os subtipos Atividades Agrárias e Gramíneo-Lenhosa (Campo-limpo-de-Cerrado) e, por fim, as Áreas de Tensão Ecológica (Contatos entre Tipos de vegetação), com os subtipos Savana/Floresta Ombrófila e Savana/Floresta Estacional (Figura 4).

A seguir será feita descrição das tipologias vegetais ocorrentes no Bioma Mata Atlântica no Estado da Bahia que não foram descritas quando da caracterização dos Biomas Caatinga e Cerrado.

A Floresta Ombrófila Densa é caracterizada por macro e mesofanerófitos, associados a lianas lenhosas e epífitas em grande quantidade, diferentemente das outras classes de formações florestais. Sua principal característica ecológica reside nos ambientes ombrófilos, condição presente nas regiões tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25° C) e de alta pluviosidade, com boa distribuição anual (de 0 a 60 dias secos), determinando assim uma situação bioecológica de ausência de período seco prolongado (IBGE, 2012, p. 69).

As tipologias vegetais do tipo Floresta Ombrófila Densa (todas as tipologias com legenda D) vistas na Figura 4 totalizam 62 mil km², o que representa cerca de 55% da área total de ocorrência do Bioma Mata Atlântica em território baiano (113 mil km²).

Figura 4. Tipologias vegetais de ocorrência no domínio do Bioma Mata Atlântica no Estado da Bahia.



Fonte: Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c). D – Floresta Ombrófila Densa; Db - Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas; Pm – Áreas de Formações Pioneiras - Vegetação com Influência Marinha (Restinga); Pf - Áreas da Formações Pioneiras - Vegetação com Influência Flúvio-marinha (Manguezal e Campo Salino); Pa - Áreas da Formações Pioneiras Vegetação com Influência Fluvial e/ou Lacustre; C – Floresta Estacional Decidual; Cs – Floresta Estacional Decidual Submontana; F – Floresta Estacional Semidecidual; S – Savana; Sg – Savana Gramíneo-Lenhosa; SO – Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Floresta Ombrófila, SN – Áreas de Tensão Ecológica – Savana/Floresta Estacional e SEN – Áreas de Tensão Ecológica – Savana Estéptica/Floresta Estacional. Áreas pontilhadas estão relacionadas à vegetação secundária e/ou atividades agrárias.

A Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, no Estado da Bahia, está localizada em áreas de terrenos sedimentários do terciário ou quaternário (terraços, planícies e depressões aplanadas não susceptíveis a inundações) até os 16° de latitude sul, a partir dos 5 m até em torno de 100 m acima do nível médio dos mares e, acima de 16° de latitude sul, de 50 m até em torno de 500 m (IBGE, 2012, p. 70).

É uma formação que geralmente se desenvolve nas planícies litorâneas, capeadas por tabuleiros pliopleistocênicos do Grupo Barreiras. Esses tabuleiros possuem composição florística bem típica, caracterizada por espécies dos gêneros *Ficus*, da família Moraceae; *Alchornea*, da família Euphorbiaceae; *Tabebuia*, da família Bignoniaceae e pela espécie *Tapirira guianensis* (copiúva), da família Anacardiaceae (VELOSO et al., 1991, p. 66).

A tipologia vegetal do tipo Floresta Ombrófila Densa do tipo Terras baixas vista na Figura 4 (legenda Db) totaliza quase 3 mil km², o que representa 2,6% da área total de ocorrência do Bioma Mata Atlântica na Bahia e 4,8% das áreas de Floresta Ombrófila Densa no Estado dentro desse bioma.

As áreas de Formações Pioneiras estão localizadas ao longo do litoral, nas planícies fluviais e no entorno das depressões aluviais (pântanos, lagoas e lagoas) em terrenos instáveis coberto por vegetação, em constante sucessão, de terófitos, criptófitos, hemipterófitos, caméfitos e nanofanerófitos. Essas formações vegetais ocupam terrenos que se renovam pelas constantes deposições de areias oceânicas nas praias e restingas e pelas deposições de aluviões fluviomarinhas na área estuarina dos rios e nas margens dos rios e lagos (IBGE, 2012, p. 140).

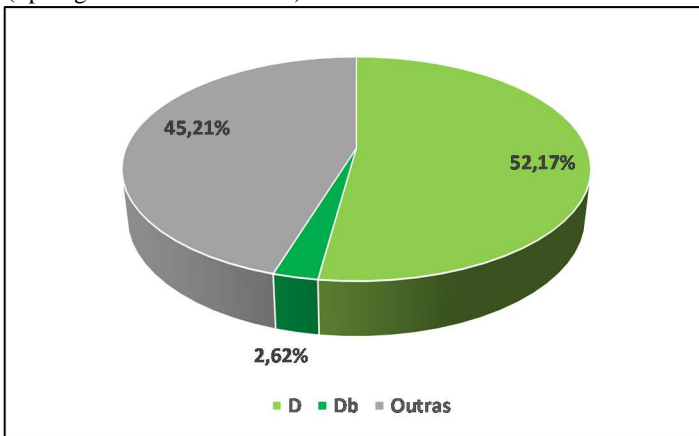
A vegetação das áreas com influência marinha (Restingas) talvez seja uma das mais prejudicadas pela ocupação antrópica, uma vez que as áreas litorâneas são muito requisitadas pelo mercado imobiliário. O termo Restinga é empregado para designar de maneira geral as planícies ao longo da linha de costa que, de forma descontínua, se estende aproximadamente desde 4° N a 33° S pela zona costeira do Brasil, perfazendo cerca de 7.400 km. Essas planícies arenosas adentram o interior do continente com extensões muito variadas. Na linha da praia, encontra-se vegetação adaptada a condições salinas e arenosas, denominada vegetação halófila-psamófila. Afastando-se da linha da praia, para o interior, ocorre a chamada restinga arbustiva, que apresenta frequentemente moitas densas com muitas bromeliáceas ornamentais. Mais para o interior, pode ocorrer a mata de restinga, um ambiente florestal, onde predominam espécimes arbóreos (IBGE, 2004a, p. 1).

A vegetação com influência fluviomarinha é dominada pelo Manguezal, que é a comunidade microfanerofítica de ambiente salobro, localizado na zona estuarina dos cursos d'água, onde, nos solos lodosos, desenvolve-se vegetação especializada, adaptada ao ambiente salino, formada pelos gêneros *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia* (IBGE, 2012, p. 141).

A vegetação com influência fluvial é composta por comunidades de plantas que ocorrem nas planícies aluviais que refletem os efeitos das enchentes dos rios nas épocas de pluviosidade mais intensa. As comunidades, nesses locais, podem variar desde pantanosa criptofítica até terraços com alagamento temporário compostos por terófitos, geófitos e caméfitos (IBGE, 2012, p. 143).

O Gráfico 03 compila os dados das tipologias vegetais do tipo Floresta Ombrófila Densa na Bahia, indicando que a de maior ocorrência é a Floresta Ombrófila Densa do tipo Vegetação Secundária/Atividades Agrárias, que representa mais de 52% da área desse bioma dentro do Estado.

Gráfico 03. Ocorrência de tipologias vegetais do bioma Mata Atlântica na Bahia com enfoque na Floresta Ombrófila Densa (tipologia símbolo do bioma).



Fonte: Mapa de Vegetação do Brasil (IBGE, 2004c). D – Floresta Ombrófila Densa Vegetação Secundária/ Atividades Agrárias; Db – Floresta Ombrófila Densa Terras Baixas e Outras – outras tipologias vegetais dentro do Bioma Mata Atlântica na Bahia.

4.4 SUCESSÃO ECOLÓGICA EM TIPOLOGIAS VEGETAIS DE OCORRÊNCIA NO ESTADO DA BAHIA

As comunidades de determinado ecossistema existem num estado de fluxo contínuo. Os organismos que morrem são substituídos por outros que nascem; a energia e os nutrientes são transferidos através da cadeia alimentar. Entretanto, a aparência e a composição da maioria das comunidades parecem não sofrer alterações significativas ao longo do tempo. Árvores substituem árvores e animais substituem animais, numa

autoperpetuação contínua. Mas quando um ecossistema é perturbado - uma floresta desmatada, uma savana queimada, um deslizamento de encosta - a comunidade lentamente se reconstrói. As espécies pioneiras adaptadas aos habitats perturbados são substituídas sucessivamente por outras espécies à medida que a comunidade atinge sua estrutura e composição originais, num processo denominado sucessão ecológica (RICKLEFS, 2010, p. 350).

Existem dois tipos de sucessão ecológica: a primária e a secundária. A primeira ocorre quando o ambiente é perturbado de tal maneira que praticamente não restam seres vivos na comunidade. A ilha de Krakatoa é um dos exemplos clássicos, pois em agosto de 1883, o vulcão de mesmo nome localizado no Estreito de Sunda, entre as Ilhas de Java e Sumatra, na Indonésia, se autodestruiu numa série de 4 explosões de proporções catastróficas. Assim, biólogos de várias partes do planeta passaram a acompanhar o processo de sucessão ecológica primária que começou a se desenvolver nas três ilhas remanescentes da explosão que ficaram praticamente estéreis após o evento cataclísmico (WINCHESTER, 2004, p. 244).

A sucessão ecológica secundária é um processo menos impactante aos ecossistemas do que a sucessão ecológica primária e é o que mais interessa a este trabalho. Ela acontece quando um ambiente é perturbado, sem, contudo, eliminar totalmente os organismos do ecossistema degradado. A sucessão ecológica secundária é o processo que ocorre, por exemplo, quando um ecossistema florestal sofre desmatamento a corte raso ou é atingido por um incêndio. Nesse processo, a floresta primeiramente é ocupada pelas espécies pioneiras, que se desenvolvem rapidamente em áreas abertas, com abundância de radiação solar.

À medida que ocorre o aumento da biomassa vegetal no ecossistema florestal em regeneração, as espécies pioneiras são paulatinamente substituídas por espécies secundárias, mais tolerantes à sombra e estas, por sua vez, serão gradualmente substituídas pelas espécies clímax que formarão a floresta madura, num processo que pode durar dezenas de anos.

A seguir, é apresentada revisão bibliográfica sobre a sucessão ecológica secundária em tipologias vegetais representativas dos três biomas existentes na Bahia. O que se buscou nessa revisão são parâmetros que permitam ao perito estimar com certo grau de precisão qual o tempo decorrido entre a perturbação do ecossistema (época de ocorrência do dano ambiental) e o surgimento do mesmo estágio sucessional em que se encontrava a floresta na época da degradação do ecossistema a ser valorada.

Essa estimativa temporal será um dos componentes determinantes no método de valoração idealizado neste trabalho, pois refletirá tanto no valor de uso direto como no valor de uso indireto do dano ambiental causado a um ecossistema florestal.

4.4.1 Sucessão Ecológica na Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica)

A resolução CONAMA nº 5, de 04/05/1994, define quatro estágios da sucessão ecológica da Mata Atlântica, a fim de orientar os processos de licenciamento de atividades florestais no Estado da Bahia:

- a) estágio inicial de regeneração: apresenta fisionomia herbáceo/arbustiva de porte baixo; espécies lenhosas com distribuição diamétrica de pequena amplitude com Diâmetro à Altura do Peito (DAP) médio inferior a 8 cm para todas as

formações florestais; as trepadeiras, se presentes, são geralmente herbáceas; as plantas epífitas, se existentes, pertencem principalmente a categorias de líquens, briófitas e pteridófitas, com baixa diversidade; possui espécies pioneiras abundantes; ausência de sub-bosque; entre outras características;

b) estágio médio de regeneração: a fisionomia arbórea e/ou arbustiva predomina sobre a herbácea; a cobertura arbórea varia de aberta a fechada; distribuição diamétrica apresenta amplitude moderada, com DAP médio entre 8 e 12 cm para a Floresta Ombrófila Densa; as plantas epífitas são em maior número e diversidade do que no estágio inicial; serapilheira presente; as trepadeiras, quando presentes, são predominantemente lenhosas; sub-bosque presente; entre outras características;

c) estágio avançado de regeneração: a fisionomia arbórea predomina sobre as demais, formando dossel fechado; as copas superiores são horizontalmente amplas; as plantas epífitas aparecem em grande número de espécies e são abundantes; apresenta distribuição diamétrica de grande amplitude com DAP médio maior que 18 cm para a Floresta Ombrófila Densa; as trepadeiras são geralmente lenhosas; a serapilheira é abundante; as florestas neste estágio podem apresentar fisionomia semelhante à vegetação primária; entre outras características;

d) vegetação primária: é aquela de máxima expressão local, com grande diversidade biológica, com efeitos mínimos de ação antrópica, sem afetar consideravelmente suas características originais de estrutura e de espécies.

Esses quatro estágios de sucessão ecológica secundária definidos pela legislação nem sempre são os mesmos utilizados pela literatura científica, conforme será apresentado neste capítulo. No entanto, é possível estabelecer correlação entre eles.

Como estudos acerca da cronologia da sucessão ecológica secundária da Mata Atlântica dentro da Bahia são escassos, procurou-se buscar na literatura trabalhos que estudaram esse bioma em outros estados brasileiros e em florestas pluviais tropicais de outras regiões do planeta, uma vez que possuem condições ecológicas análogas, com alta incidência de radiação solar, altas temperaturas e elevados índices pluviométricos.

Uma floresta exuberante e de elevada biodiversidade como a Floresta Tropical Pluvial, uma vez derrubada ou queimada pelo homem, pode levar muito tempo para restabelecer grau de equivalência ecológica similar à de uma floresta intacta, devido à alta complexidade das relações existentes entre os variados tipos de organismos que coabitam este ecossistema e destes com o meio ambiente em que se inserem.

Gomez-Pompa e Vazquez-Yanes (1981) enumeraram cinco estágios sucessionais na floresta pluvial sempre-verde do México, estipulando o tempo de duração de cada um deles: Estágio 1) Um breve período de dominância por ervas efêmeras, com duração de poucas semanas ou meses; Estágio 2) um período onde predominam arbustos secundários que sobrepujam as ervas pioneiras pelo sombreamento, com duração de até 18 meses; Estágio 3) um período dominado por espécies arbóreas secundárias de baixa estatura, com duração de 3 a 10 anos; Estágio 4) um período dominado por árvores secundárias de grande porte, com duração de 10 a 40 anos; Estágio 5) um estágio final que é dominado por vegetação clímax de grande porte.

Somando-se o tempo médio de duração de cada estágio sucessional enumerado por Gomez-Pompa e Vazquez-Yanes (1981), verifica-se que o último estágio surgirá quando a floresta secundária estiver com idade aproximada de 33 anos, podendo chegar até a 52 anos, neste caso, quando somados os tempos máximos de duração de cada estágio.

Fazendo-se correlação dos cinco estágios sucessionais da floresta pluvial sempre-verde do México, descritos por Gomez-Pompa e Vazquez-Yanes (1981) com os estágios sucessionais categorizados pela Resolução CONAMA nº 05, de 04/05/1994, para a Mata Atlântica do Estado da Bahia, pode-se considerar que os estágios 1 e 2 equivalem ao estágio inicial de regeneração, o estágio 3 corresponde ao estágio médio, o 4, ao estágio avançado e o estágio 5 equivale à vegetação primária.

Klein (1980, p. 242-247) estabeleceu 5 estágios de regeneração para a Floresta Ombrófila Densa no Vale do Itajaí em Santa Catarina. O primeiro estágio começa logo após o abandono da área. Esse estágio possui diferenças notáveis quanto à composição florística entre áreas abandonadas logo após o desmatamento e áreas abandonadas após terem-se esgotadas parcial ou quase totalmente as reservas de fertilidade do solo. Contudo, para as duas situações, predomina nesse primeiro estágio o desenvolvimento de ervas ruderais.

O estágio seguinte é a Capoeirinha, dominado pelo gênero *Baccharis*, da família Asteraceae, formando uma vegetação arbustiva denominada de vassoural. É um estágio de transição das ervas para os arbustos, surgindo após 5 anos de abandono do terreno, com duração entre 5 e 10 anos (KLEIN, 1980, p. 246)

O terceiro estágio é a Capoeira, no qual verifica-se o quase completo desaparecimento do estrato herbáceo inicial e o surgimento da

arvoreta *Rapanea ferruginea* (capororoca), atualmente *Myrcine coriaceae*, de 5 a 6 m de altura, da família Myrsinaceae. É um estágio muito comum na região, representado por áreas abandonadas entre 10 e 15 anos (KLEIN, 1980, p. 246-247).

O quarto estágio foi denominado por Klein (1980, p. 248-249) de Capoeirão, no qual a espécie dominante é a *Miconia cinnamomifolia* (jacatirão-açu), da família Melastomataceae, árvore de 10 a 15 m de altura com copa densifoliada.

O quinto estágio é a mata secundária, embora Klein (1980, p. 248) afirme que talvez possam ser diferenciadas diversas fases intermediárias entre o capoeirão e a mata secundária. Nesta fase, começam a aparecer em abundância cada vez maior, as epífitas e lianas, quase que inexistentes nos estágios anteriores. Klein (1980, p. 250) acredita que, passados mais de 50 anos do abandono da área, as matas secundárias mais desenvolvidas do Baixo e Médio do Vale do Itajaí são praticamente semelhantes à vegetação primária. Nas matas secundárias mais desenvolvidas, com tempos de regeneração entre 80 e 100 anos, espécies arbóreas da família Lauraceae possuem vários exemplares jovens e poucos adultos, o que parece indicar que essa vegetação tende para a formação de um clímax climácico da região, similar às florestas primárias da região.

Budwoski (1961), Richards (1955) apud Brown e Lugo (1990) observaram que florestas tropicais secundárias com idade acima de 60-80 anos são frequentemente indistinguíveis de florestas primárias.

Tabarelli e Mantovani (1999) estudaram a regeneração de uma florestal tropical montana na Serra do Mar em São Paulo após corte e queima e constataram que a floresta com 40 anos de regeneração apresentou 117,1% da densidade de indivíduos, 86,5% da área basal e

54,3% do volume observado na floresta madura, indicando que as características de estrutura física da floresta transformam-se rapidamente em direção aos parâmetros observados na floresta madura. Em quatro trechos estudados, foram amostradas 168 espécies arbóreo-arbustivas pertencentes a 43 famílias sendo que as famílias com maior número de espécies identificados foram Myrtaceae, Lauraceae, Melastomataceae e Rubiaceae. Ao longo da regeneração da floresta ocorreu acréscimo na riqueza e na diversidade de espécies. A riqueza e a diversidade de espécies na floresta com 40 anos foram maiores do que as observadas na floresta madura, dependendo do índice utilizado.

Segundo Dean (2010, p. 32), a floresta secundária da Mata Atlântica, em 20 anos, pode apresentar exuberância similar à da floresta primária. No entanto, com essa idade predominam árvores de madeira clara e crescimento acelerado, muito diferentes da floresta em avançado estágio de regeneração. Clareiras abertas por ventanias podem demorar um século para atingir estágio sucessório maduro, de condições ecológicas análogas às áreas vizinhas sem perturbação. O autor ainda assevera que áreas que passaram muitos anos com uso agrícola podem impedir o retorno de um estágio florestal maduro por tempo ainda maior, talvez para sempre.

BATTERMAN et al. (2013) estudaram a abundância de epífitas em florestas pluviais tropicais secundárias com tempo de regeneração entre 35 e 115 anos e concluíram que em florestas tropicais úmidas da América Central, florestas em estado avançado de regeneração e primárias devem ser vistas como prioritárias para a conservação de plantas epífitas e as florestas tropicais secundárias necessitam mais do

que 115 anos para recuperar todos os aspectos estruturais das comunidades das florestas primárias.

A depender do histórico do uso do solo, que tem grande influência tanto no tempo de regeneração como na composição florística da floresta secundária, pode levar ainda mais tempo para a floresta em regeneração adquirir o grau de diversidade e o volume de biomassa das florestas primárias.

Independentemente do tipo de floresta, florestas secundárias com idades próximas de 80 anos possuem riquezas e diversidades de espécies semelhantes às observadas nas florestas primárias. No entanto, são necessários entre 100 e 200 anos para que as florestas secundárias alcancem estoque de biomassa semelhantes aos da floresta madura (BROWN e LUGO, 1990).

Em estudo sobre florestas tropicais, estimou-se que o tempo de regeneração de algumas florestas tropicais na América do Norte seja de 150 a 200 anos (UNESCO/PNUMA/FAO, 1980, apud TABARELLI e MANTOVANI, 1999). Saldarriaga & Uhl (1991) apud Tabarelli e Mantovani (1999) estimaram que seja preciso cerca de 140 a 200 anos para que a floresta tropical secundária de terra firme na Amazônia venezuelana, estabelecida em áreas de cultivo abandonadas, atinja volume de biomassa semelhantes aos da floresta madura.

4.4.2 Sucessão Ecológica na Savana (Cerrado)

Para o Bioma Cerrado, assim como para a Caatinga, não existe legislação que defina os estágios sucessionais da vegetação secundária. Assim, serão adotados os mesmos estágios sucessionais da Mata

Atlântica: estágios inicial, médio e avançado de regeneração e vegetação primária.

A sucessão ecológica no Cerrado não está bem definida na literatura. De acordo com Henriques (2005, p. 87), quando a vegetação do cerrado é atingida pelo fogo, há um processo de regressão de todos os tipos fisionômicos para uma fisionomia (estágio) mais aberta, com desenvolvimento do estrato inferior graminoide e declínio do componente lenhoso arbustivo – arbóreo. Com uma alta frequência de fogo, as espécies arbóreas mais sensíveis à queima não conseguem manter uma taxa positiva de crescimento populacional, notadamente as espécies arbóreas do cerradão.

Embasa esse pensamento o trabalho de Durigan et al. (1987), que utilizando fotografias aéreas, analisaram o comportamento das fisionomias do cerrado *sensu lato* que ficou 22 anos protegido da ação do fogo em Assis, São Paulo. Seus resultados evidenciaram que, durante esse tempo, a densidade e a altura da vegetação das fisionomias abertas evoluíram para uma fisionomia florestal mais densa, de porte mais alto.

Cardoso et al. (2009) também obtiveram resultados correlatos quando estudaram a sucessão ecológica na Estação Ecológica do Panga, Uberlândia, Minas Gerais e concluíram que a diminuição da incidência do fogo e de outras perturbações antrópicas no interior dessa unidade de conservação, durante os 18 anos de monitoramento, teve como resultado uma quase total transformação das áreas de campo sujo em cerrado ralo ou em cerrado típico. De forma análoga, houve aumento significativo na densidade arbórea em formações savânicas mais abertas que, após 18 anos, estavam ocupadas por cerrado denso ou cerradão.

Talvez por esse motivo, exista escassez de trabalhos detalhando o processo de sucessão ecológica no Cerrado especificando a cronologia dos estágios sucessionais. A prática de campo tem permitido constatar a alta capacidade de regeneração das tipologias vegetais do Bioma Cerrado. É um bioma que evoluiu com a presença constante do fogo, moldando a vegetação que o compõe a conviver com essa adversidade. Segundo Durigan et al. (2011, p. 9), a capacidade de rebrotar inúmeras vezes após distúrbios, na maioria dos casos, facilita o processo de regeneração das tipologias vegetais típicas do Cerrado.

Assim, é possível concluir que o Cerrado apresenta rápida regeneração natural após ter sido perturbado. Costa-Pereira e Maillard (2009) estudaram evolução temporal da reflectância na dinâmica de regeneração do cerrado *sensu-stricto* em áreas com tempo de regeneração de 16, 17 e 23 anos no Parque Estadual Veredas do Peruaçu, extremo norte do Estado de Minas Gerais e constataram que os valores do índice de vegetação SAVI da área com 23 anos de regeneração são muito próximos ao cerrado não degradado. No entanto, concluíram que regeneração natural do cerrado *sensu-stricto* não ocorre de forma linear e diversos fatores influenciam nessa regeneração.

Maillard e Costa-Pereira (2011) não conseguiram diferenciar visualmente uma área de Cerrado em regeneração há menos de 20 anos de uma área de cerrado não perturbada no Parque Estadual Veredas do Peruaçu, extremo norte do Estado de Minas Gerais, esclarecendo que, estruturalmente, a diferença é muito sutil, excetuando-se a maior frequência de árvores de maior porte e de espécies tipicamente de regeneração.

4.4.3 Sucessão ecológica na Savana-Estépica (Caatinga)

Trabalhos estabelecendo a cronologia dos estágios sucessionais da vegetação secundária da Savana-Estépica do Bioma Caatinga são ainda mais escassos do que para o Bioma Cerrado.

A Caatinga, apesar de ser um bioma que só ocorre em território nacional, apresenta algumas similaridades com o Bioma Cerrado, com ele compartilhando algumas espécies da flora e da fauna. Dessa forma, será considerado, no escopo deste trabalho, a mesma cronologia da sucessão ecológica observada no Cerrado.

4.5 RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Segundo conceito da Society for Ecological Restoration – SER (2004), restauração ecológica é o processo de assistência à recuperação de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. É uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema com respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade. Frequentemente, o ecossistema que requer restauração foi degradado, danificado, transformado ou inteiramente destruído como resultado direto das atividades humanas.

A restauração florestal, portanto, pode ser entendida como o processo que emprega diversas técnicas silviculturais e agroecológicas visando recuperar (restaurar) um ambiente florestal degradado, com o objetivo de recompor seus processos ecológicos e suas funções ecossistêmicas.

Os custos envolvidos na restauração florestal possuem grande variabilidade, dependendo das práticas a serem empregadas no processo,

que por sua vez estão diretamente ligadas à condição da área a ser restaurada. A depender da situação da área degradada, a restauração exigirá esforço em maior ou menor grau. Assim, áreas desmatadas recentemente que sejam contíguas a fragmentos florestais ainda preservados possuem alto potencial de regeneração natural, pois contam com um bom banco de sementes, ao mesmo tempo que as formações florestais vizinhas servirão de fonte de sementes para a área degradada, além de facilitarem o fluxo gênico da fauna das áreas preservadas para a área em restauração.

Por outro lado, áreas mineradas onde houve remoção da camada fértil do solo possuem baixíssimo potencial de regeneração natural, exigindo maiores esforços do agente facilitador no processo de restauração florestal. Já as áreas cultivadas por longo tempo com espécies exóticas possuem condição intermediária entre esses dois extremos.

Assim, as técnicas a serem utilizadas para a restauração florestal de áreas degradadas podem variar bastante, a depender do diagnóstico ambiental do local a ser restaurado.

Uma das medidas mais simples que pode ser utilizada é delimitar com cercas a área a ser restaurada, a fim de impedir o acesso de animais domésticos que poderiam comprometer o processo de regeneração natural. Essa medida é altamente recomendável para os locais com alto potencial de regeneração natural, devido ao seu baixo custo.

Quanto o poder de resiliência da área degradada estiver sido afetado de maneira mais acentuada, outras técnicas de restauração poderão ser necessárias. No processo de nucleação, por exemplo, podem

ser empregados: a construção de poleiros artificiais ou naturais para atrair animais dispersadores de sementes; a transposição de solo orgânico de áreas de mata bem preservadas; a transposição de galharia para criar ambientes propícios ao abrigo da fauna; plantio de mudas em ilhas e a transposição de chuva de sementes (CURY e CARVALHO JR, 2011; SÃO PAULO, 2010).

Além da nucleação, a restauração florestal também pode ser feita mediante semeadura ou plantio de mudas de espécies nativas em linha. Esses métodos têm a desvantagem do alto custo de implantação, porém permitem que a cobertura do solo seja alcançada mais rapidamente em relação à nucleação.

Assim, devido à grande disponibilidade de métodos de restauração florestal existentes, é de se esperar que os custos envolvidos nesse processo variem bastante.

Noffs et al. (2000), em área de Mata Atlântica no Estado de São Paulo visando a proteção do reservatório hidrelétrico de Paraibuna/Paraitinga, constataram que os custos de recuperação completa de uma área de empréstimo, incluindo o preparo da área e a revegetalização, variaram entre R\$ 3.631,87/ha e R\$ 4.658,35/ha.

Chabaribery et al. (2007) calcularam que o custo de restauração de mata ciliar na microbacia do Córrego do Barreiro, Estado de São Paulo, variou de R\$ 4.323,32/ha a R\$ 5.122,33/ha.

Segundo Rodrigues et al. (2009), foram estimados custos de implantação e manutenção de projeto de restauração florestal usando espécies nativas da Mata Atlântica em R\$ 8.832,00/ha, utilizando-se

espaçamento de 3 x 2 m e com todos os tratos silviculturais necessários até dois anos após o plantio.

Lira et al. (2012), comparando custos de implantação de dois modelos de restauração florestal em Pernambuco, calcularam que o custo médio para implantação de modelo sucessional de plantio em linhas com diversidade de espécies nativas ficou em R\$ 8.537,24/ha e, para o modelo de condução e indução da regeneração natural, obtiveram o custo médio de R\$ 2.131,09/ha.

Contratados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDES) pela Iniciativa BNDES Mata Atlântica (IBMA), 14 projetos de restauração da Mata Atlântica, com data de contratação variando de 2010 a 2017 (alguns ainda em execução), apresentaram custo médio de R\$ 12.085,00/ha, com desvio-padrão de R\$ 3.146,00, sendo que o projeto com menor custo foi da Fiocruz/Fiotec, com R\$ 4.282,00/ha e o de maior custo, do Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ), com R\$ 17.253,00/ha (IBMA 2015, p. 31).

No Bioma Cerrado, Romacheli e Spinola (2011) calcularam os custos de restauração florestal do cerrado típico, considerando todos os custos estimados para as atividades operacionais, insumos e técnicas e obtiveram o valor de R\$ 7.037,58/ha.

Esses custos apresentados por diversos autores, além de representarem variadas situações, também representam valores em épocas distintas, ficando evidenciado que uma metodologia de cálculo do valor de uso direto de um ecossistema florestal pelos custos de reposição,

para ser utilizada em laudos periciais ao longo do tempo, deve permitir atualizações periódicas.

5 METODOLOGIA

A adaptação de metodologia para valoração de danos ambientais em ecossistemas florestais proposta neste trabalho é baseada no Método dos Custos de Reposição (MCRep) para o cálculo do valor de uso direto e o Método de Capitalização da Renda (MCRen) para o cálculo do valor de uso indireto. Ambos os métodos pressupõem a utilização de uma taxa de juros, neste trabalho denominada de taxa social de retorno do capital.

O método consiste em:

- a) definir qual taxa social de retorno do capital que será utilizada na metodologia;
- b) calcular os custos de restauração florestal para três tipologias vegetais, uma para cada bioma existente na Bahia;
- c) utilização de fórmula matemática onde o fator de capitalização $(1 + i)^n$ é aplicado sobre os custos de restauração florestal (CRF) para o cálculo do valor de uso direto, onde “i” é a taxa social de retorno do capital e “n” é a idade em anos da floresta que sofreu o dano;
- d) utilização de fórmula matemática para o cálculo do valor de uso indireto onde é aplicado o fator de atualização $\left(\frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^n}\right)$ sobre o semi-produto do valor anual dos serviços ambientais (VSA dividido por 2) fornecidos por floresta primária de mesma tipologia vegetal dentro do mesmo bioma da floresta que sofreu o dano e que, por sua vez, é multiplicado pelo fator de correção $\frac{n}{p}$, onde “p” é o tempo em anos necessário para que a mata secundária

atinga características ecológicas equivalentes ao da floresta primária no processo de sucessão ecológica secundária;

e) realização da soma do resultado das duas fórmulas matemáticas descritas nas alíneas “c” e “d” acima para a obtenção do Valor de Dano ao Ecossistema Florestal (VDEF).

5.1 TAXA SOCIAL DE RETORNO DO CAPITAL

Para este trabalho, a taxa social de retorno do capital foi calculada pela média das taxas reais de juros da economia brasileira para o final dos anos 2015 e 2016 baseada no Boletim Focus – Relatório de Mercado, divulgado semanalmente pelo sítio da Internet do Banco Central do Brasil. O Boletim Focus contém as expectativas do mercado para vários índices econômicos, como a taxa referencial do Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (taxa SELIC) e inflação, no tempo futuro, com base em pesquisa realizada pelo Banco Central do Brasil junto a instituições financeiras e analistas de mercado.

As taxas reais de juros do final dos anos 2015 e 2016 foram calculadas descontando-se a expectativa de inflação para cada ano (janeiro a dezembro) da expectativa da taxa SELIC para o final desses mesmos anos, com a utilização da seguinte equação:

$$TRJ = \left(\left(\frac{1+j}{1+i} \right) - 1 \right) \cdot 100 \quad (8)$$

Onde:

TRJ = taxa real de juros

j = expectativa da taxa SELIC em número decimal

i = expectativa da taxa de inflação (IPCA) no mesmo período

As expectativas de mercado do Relatório Focus de 24/07/2015 foram: taxa SELIC ao final de 2015: 14,25% a.a.; taxa SELIC ao final de 2016: 12% a.a.; IPCA para 2015: 9,23% e IPCA para 2016: 5,40%. Assim, a expectativa da taxa real de juros para 2015 é de 4,6% a.a. e para 2016 é de 6,26% a.a., resultando em uma taxa real anual de juros média de 5,43%.

5.2 CUSTOS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA BAHIA

Como foi visto no capítulo 4.5, os custos da restauração florestal podem variar bastante, a depender das técnicas utilizadas no processo. Neste trabalho, para todas as tipologias vegetais abordadas neste capítulo foi considerado o plantio em área total (PAT) em linhas como método padrão para a confecção dos orçamentos. Esse método, por ser o de maior custo, muitas vezes, é preterido por outros menos dispendiosos, quando as condições da área degradada assim o permitirem.

No entanto, o intuito deste trabalho é obter os custos da restauração florestal para o cálculo do valor de uso direto de danos ambientais causados a florestas pelo MCRep e adotou-se, portanto, o entendimento de que esse valor deve ser o mesmo quando os ecossistemas atingidos pertencerem ao mesmo Bioma e as florestas apresentarem as mesmas características ecológicas, ou seja, estiverem prestando serviços ambientais equivalentes, independentemente de sua localização ou da condição econômica do infrator causador do dano.

Se essa premissa não for considerada e adotarem-se custos de restauração florestal diferenciados em função das particularidades de cada área degradada a ser valorada, obter-se-iam valores diferentes para

florestas com funções ecossistêmicas equivalentes, motivo pelo qual foi uniformizado o mesmo método de restauração (PAT).

Os custos da restauração florestal foram levantados conforme pesquisa no mercado de produtos, insumos e serviços agropecuários no Estado da Bahia e recomendações técnicas encontradas na literatura consultada (NOFFS et al., 2000; REIS e HMELJEVSKI, 2009; RODRIGES et al., 2009; CURY e CARVALHO JR, 2011; DURIGAN et al., 2011 e NBL, 2013).

As planilhas de custo possuem diferenças que foram consideradas dependendo do bioma ao qual pertence a tipologia florestal a ser valorada.

A quantidade de mudas utilizada por unidade de área em cada planilha de cálculo, por exemplo, foi de 1.333/ha na Floresta Ombrófila Densa, 1.111/ha na Savana e 1.000/ha na Savana-Estépica. Essa divergência está correlacionada a diferenças climáticas específicas de cada bioma. Um dos motivos da adoção de maior estande para a Floresta Ombrófila Densa decorre do fato de que essa tipologia vegetal está localizada em áreas com maior índice pluviométrico que favorece o rápido desenvolvimento de plantas invasoras, o que pode comprometer a sobrevivência das mudas plantadas. Um estande de plantas mais fechado permite cobertura mais rápida da área, facilitando o controle de plantas invasoras heliófilas pelo sombreamento provocado pelas árvores plantadas à medida que se desenvolvem e aumentam seu índice de área foliar, notadamente as pertencentes ao grupo de pioneiras, de rápido crescimento. A cobertura mais rápida da área também tem a vantagem de diminuir os efeitos provocados pela erosão hídrica pluvial, principalmente nos terrenos de maior declividade e mais arenosos.

A densidade de 1.333 mudas/ha utilizada na planilha de custos de restauração florestal da Floresta Ombófila Densa pode ser obtida com o espaçamento de 3 m entre linhas e 2,5 m entre plantas. A população de plantas de 1.111 plantas/ha escolhida para a confecção da planilha de custos para a Savana é obtida com um dos espaçamentos (3 x 3 m) recomendados por Durigan et al. (2011, p. 11). A densidade das mudas adotada para a planilha de custos da Savana-Estépica (1.000 mudas/ha) foi um pouco menor do que para a Savana devido aos menores índices pluviométricos verificados na Caatinga em relação ao Cerrado e pode ser obtida com o espaçamento de 4 m entre linhas e 2,5 m entre plantas.

5.3 VALOR DE DANO AO ECOSSISTEMA FLORESTAL

A metodologia de valoração proposta neste trabalho é destinada a valorações de danos ambientais em que houve supressão ou danificação total da vegetação em ecossistemas florestais, a exemplo de corte raso e queimada, e compreende dois componentes do VERA, o valor de uso direto e o valor de uso indireto, que comporão o Valor de Dano ao Ecossistema Florestal (VDEF), que é calculado pela equação:

$$VDEF = CRF \cdot (1 + i)^n + \frac{VSA}{2} \cdot \left(\frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n \cdot i} \right) \cdot \frac{n}{p} \quad (9)$$

Onde,

CRF = Custos da restauração florestal

i = taxa social anual de retorno do capital

n = idade em anos estimada da floresta quando sofreu o dano

VSA = valor anual dos serviços ecossistêmicos prestados pela floresta primária de mesmo bioma da que sofreu o dano

p = idade em anos para que uma mata secundária atinja funções ecológicas e ecossistêmicas equivalentes ao da floresta primária, sendo $p \geq n$.

A primeira parte de equação, dada pela expressão matemática $[CRF \cdot (1 + i)^n]$, refere-se ao valor de uso direto da floresta degradada e a segunda parte, dada pela expressão matemática $[\frac{VSA}{2} \cdot \frac{((1+i)^n - 1)}{(1+i)^n \cdot i}] \cdot \frac{n}{p}$, está relacionada ao valor de uso indireto.

O valor de uso direto é calculado por meio da capitalização dos custos de restauração florestal pela taxa social de retorno do capital pelo tempo equivalente ao da idade em anos estimada da floresta quando sofreu o dano.

O valor de uso direto de um ecossistema florestal pode também ser determinado calculando-se o valor de mercado da madeira que existe numa floresta. No entanto, esse cálculo exige que seja feito inventário em fragmento florestal análogo ao que sofreu o dano. O inventário irá determinar as espécies arbóreas existentes bem como especificar a cubagem por unidade de área de cada essência florestal identificada. Esse método exige, portanto, demorados levantamentos de campo e conhecimento profundo na identificação de essências florestais nativas, o que pode inviabilizar sua execução no cotidiano das perícias criminais ambientais.

Nesse contexto, a capitalização dos custos de restauração é uma metodologia de mais rápida execução em campo e que também está correlacionada com o valor de mercado das florestas plantadas comerciais.

Quando alguém derruba uma floresta a corte raso, de maneira criminosa, gera um passivo ambiental para toda a sociedade e a floresta que lá estava não pode ser reposta imediatamente ou mesmo no curto prazo. O ecossistema perturbado pode ser restaurado, mediante o emprego de técnicas silviculturais e ecológicas específicas, mas isso demandará tempo até que a floresta em regeneração atinja grau de maturidade similar à da floresta suprimida. Nesse caso, porém, o objetivo não é gerar lucro como no plantio de essências florestais exóticas e sim apenas restituir um ecossistema que foi danificado ilegalmente.

O tempo “n”² pode ser estimado com certo grau de segurança pelo perito. Se a floresta foi derrubada recentemente, mesmo que a madeira tenha sido retirada, é possível ter uma ideia da área basal em m² através de medições amostrais dos tocos remanescentes. Nesse caso, porém, é necessário utilizar um fator de conversão, uma vez que a área basal é calculada com base no diâmetro à altura do peito (DAP), que equivale a altura de 1,30 m do solo. Os tocos remanescentes da floresta desmatada provavelmente terão alturas bem inferiores a isso, entre 30 e 50 cm.

Outros vestígios também poderão ser verificados pelo perito durante os exames de campo para determinação do estágio sucessional que se encontrava a floresta que sofreu o dano:

- a) presença e espessura da serapilheira;
- b) presença de plantas epífitas no solo que outrora estavam sobre as árvores que foram derrubadas. As plantas epífitas também podem ser observadas sobre a galharia remanescente da operação

² “n” - idade em anos estimada da floresta quando sofreu o dano.

de destopo, que é a separação da copa da árvore abatida do fuste comercial;

- c) presença de cipós e verificação de seu grau de lignificação;
- d) observação de áreas florestais remanescentes vizinhas à área atingida, a fim de determinar seu estágio sucessional.

O perito também pode recorrer a imagens de satélite pretéritas da área em questão e poderá determinar, a depender das resoluções espaciais e temporais das imagens obtidas, o tempo mínimo que o fragmento florestal atingido permaneceu livre de intervenções antrópicas antes de sofrer o dano.

Uma vez determinado qual o estágio sucessional da floresta que sofreu o dano, o perito poderá estimar, para o caso da Floresta Ombrófila Densa, o tempo “n” tomando como sugestão os dados levantados da cronologia da sucessão ecológica da floresta secundária vistos no capítulo 4.4.1 e critérios definidos pela legislação e adaptando-os para os estágios sucessionais definidos pela Resolução CONAMA nº 05/94.

Assim, sugere-se os seguintes valores para o tempo “n” (alíneas “a” a “c”) e “p” (alínea “d”) no caso da Floresta Ombrófila Densa de acordo com o estágio sucessional da floresta secundária:

- a) estágio inicial de regeneração: começa aos 5 anos do abandono da área por força do inciso XXIV do artigo 3º do Código Florestal que estabelece a prática de interrupção temporária das atividades agropecuárias, por no máximo 5 (cinco) anos, para que a capacidade de uso ou da estrutura física do solo possa ser recuperada. Estende-se até os 10 anos.
- b) Estágio médio de regeneração: começa aos 10 anos do abandono da área e vai até os 20 a 30 anos;

c) Estágio avançado: Começa aos 20 a 30 anos podendo se estender até os 59 anos.

d) Floresta primária: como o tempo para que a floresta secundária atinja a vegetação clímax pode variar bastante de acordo principalmente com o histórico e grau de perturbação da área, para fins deste trabalho será definido o tempo “p” de 60 anos.

Para as formações florestais da Caatinga e do Cerrado, a escassez de dados na literatura não permite estimativa tão segura quanto para as da Mata Atlântica. No entanto, os dados levantados no capítulo 4.4.2 permitem estimar que a regeneração nas Savanas se dá de forma mais rápida que na Mata Atlântica. Assim, sugere-se os seguintes valores de “n” (alíneas “a” a “c”) e “p” (“d”) para a Caatinga e o Cerrado:

- a) Estágio inicial: entre 5 e 10 anos;
- b) Estágio médio: entre 10 e 25 anos;
- c) Estágio avançado: entre 25 até 49 anos;
- d) Floresta Primária: 50 anos.

A Tabela 1, a seguir, traz os tempos “n” e “p” sugeridos nos parágrafos anteriores.

Tabela 1. Sugestão de tempos referenciais a serem utilizados para o cálculo do VDEF em função do estágio sucessional e tipologia vegetal da floresta que sofreu o dano.

Tipologia Vegetal	Tempos referenciais de "n" (anos)			Tempo "p" (anos)
	Estágio Inicial	Estágio Médio	Estágio Avançado	Floresta Primária
Floresta OD (D)	5 a 10	10 a 30	25 a 59	60
Caatinga (T)	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
Cerrado (S)	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50

No caso de dificuldade ou impossibilidade para se estimar o tempo “n” com segurança, o perito pode adotar o número sugerido por Ribas

(1996, p. 119), no trabalho em que desenvolveu o método dos Custos Ambientais Totais Esperados:

Neste sentido, os estudos sócio-econômicos (saúde pública, educação, etc.) efetuados por órgãos públicos, tais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, dentro da ótica da sociedade brasileira, consideram o período de tempo de 25 anos (intervalo este relativo às exigências quanto à formação de uma geração, no tocante ao seu processo de formação educacional, fisiológica e psicológica).

Ribas (1996, p. 119) também se refere ao período de 25 anos, de maneira geral, como período médio de rotação dos povoamentos florestais.

A segunda parte da equação proposta, que determina o valor de uso indireto do ecossistema florestal danificado, foi desenvolvida tomando-se como ponto de partida o valor dos serviços ambientais (VSA) fornecidos pela floresta.

Costanza et al. (1997) atribuíram valores aos serviços ecossistêmicos e capital natural de diversos ecossistemas mundiais. Para os ecossistemas florestais foram atribuídos os valores de U\$ 2.000,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para as florestas tropicais, U\$ 302,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para florestas temperadas e boreais e U\$ 232,00 ha⁻¹.ano⁻¹ para as savanas.

Em uma nova publicação de Costanza et al. (2014), foram divulgados os valores atualizados dos serviços ecossistêmicos prestados pelos ecossistemas florestais para o ano de 2011: U\$ 5.382,00.ha⁻¹.ano⁻¹ para as florestas tropicais, U\$ 3.137,00.ha⁻¹.ano⁻¹ para as florestas temperadas e boreais e U\$ 4.166,00.ha⁻¹.ano⁻¹ para as savanas.

Neste trabalho, serão utilizados os Valores de Costanza et al. (2014) definidos para o ano 2011. Na equação (9), o VSA é multiplicado pelo fator de valor atual para uma série uniforme de rendimentos (equação (4), vista no capítulo 4.4.2), utilizando-se tempo “n” e taxa de juros “i”, pois ao se eliminar a floresta, esta deixa de fornecer, ao menos de forma integral, os serviços ambientais à sociedade durante o tempo “n”. O fator de valor atual traz para valor presente os valores anuais de VSA durante o período que começa com a data do dano ambiental e termina quando a floresta restaurada alcançar o tempo “n”, ou seja, quando o ecossistema florestal estiver com características ecológicas equivalentes às da floresta que sofreu o dano ambiental.

Na equação (9), o VSA é dividido por dois pelo fato de que a floresta em regeneração começa a prestar serviços ecossistêmicos, de maneira parcial, desde o início do processo de restauração. No entanto, como já dito anteriormente, espera-se que ela preste serviços equivalentes quando atingir o tempo “n”. A divisão por 2 assume que o aumento no valor dos serviços ambientais pela floresta ocorra linearmente ao longo do tempo.

Há de se considerar que os diversos tipos de serviços ambientais prestados por uma floresta podem não aumentar de forma linear. O controle de erosão do solo, por exemplo, está bastante relacionado com a cobertura do solo, que pode aumentar rapidamente nos primeiros anos, seguindo uma curva de acréscimos decrescentes, que também é o padrão normal para florestas comerciais no tocante à produção volumétrica de madeira por unidade de área.

No entanto, diversos são os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas florestais e há uma inter-relação intrincada entre eles. Adicionalmente, este autor não encontrou na literatura uma curva que representasse, ao menos de forma aproximada, a evolução de todos os serviços ambientais prestados pelos ecossistemas florestais ao longo do tempo de regeneração da floresta secundária, motivo pelo qual foi adotado o modelo linear.

A última parte da fórmula matemática referente ao valor de uso indireto (n/p), representa um fator de correção entre o VSA fornecido pela floresta que tinha um tempo “ n ” quando foi derrubada e o VSA fornecido pela floresta primária de mesma tipologia vegetal, a qual possui um tempo “ p ” para chegar a esse estágio, pois foi considerado que o VSA a ser utilizado na equação (9) é o valor dos serviços ecossistêmicos fornecidos pela floresta primária.

Os valores de “ p ” sugeridos por este trabalho são de 60 anos para a Floresta Ombrófila Densa e de 50 anos para a Savana e a Savana-Estépica.

5.4 ESTUDOS DE CASO

Para validação do método, foram efetuados três estudos de caso, um para cada tipologia vegetal representativa dos três biomas existentes no Estado da Bahia. A equação para o valor de ano ao ecossistema florestal foi utilizada para valoração de danos a florestas em casos envolvendo essas três tipologias vegetais. O VSA foi calculado adotando-se a seguinte metodologia:

a) Transformação dos valores informados por Costanza et al. (2014) para o ano de 2011 para Real com base na cotação média de junho/2011 (R\$ 1,5879/U\$ 1,00), o que resultou em R\$ 8.541,23.ha⁻¹.ano⁻¹ para a Floresta Ombrófila Densa e R\$ 6.611,44.ha⁻¹.ano⁻¹ para a Savana-Estépica e a Savana para esse mesmo mês.

b) Atualização desses valores pelo Índice Nacional de Preços ao Consumidor (INPC) de 01/07/2011 até 30/06/2015 (variação de 27,19% no período), resultando em valores atualizados para julho/2015 de R\$ 10.683,43.ha⁻¹.ano⁻¹ e R\$ 8.408,96.ha⁻¹.ano⁻¹.

A conversão de Dólar para Real poderia ter sido feita, também, diretamente pela cotação atual da moeda americana. No entanto, como a flutuação cambial pode variar bastante em questão de dias, poderia gerar valores muito díspares em valorações feitas em datas muito próximas. A correção pelo INPC, além de suavizar a correção dos VSA, também representa melhor os valores em Reais para o ano de 2011, ano referencial do trabalho de Costanza et al. (2014).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 PERÍCIA CRIMINAL AMBIENTAL NA BAHIA

O Setor-Técnico Científico da Superintendência Regional de Polícia Federal na Bahia (SETEC/SR/DPF/BA) é o responsável pela realização dos laudos de perícia criminal de competência federal da maior parte do Estado da Bahia. Entre eles estão os laudos de perícias de meio ambiente. Somente não são atendidos pelo setor com regularidade os locais de crimes contra o meio ambiente situados nos Municípios da Jurisdição da Unidade Técnico-Científica de Juazeiro, que foi instalada em 2009, no extremo Norte do Estado da Bahia.

Entre 2003 e 2014, no SETEC/SR/DPF/BA, foram elaborados 620 laudos periciais que envolveram crimes contra o meio ambiente em 130 (31,18%) dos 417 Municípios da Bahia (Figuras 5 e 6). Os crimes que predominaram foram os relativos à extração irregular de minérios, que representaram 53% dos laudos. Dos laudos restantes, 45% estavam relacionados a algum tipo de dano à vegetação, tais como: desmatamento, incêndio florestal e queimada.

As perícias de extração mineral são maioria na área de meio ambiente da perícia criminal federal da Bahia devido ao fato de que o minério é um bem da União por força do artigo 22 da Constituição da República Federativa do Brasil. Por esse motivo, os crimes de pesquisa, lavra ou extração de minérios sem a devida autorização, concessão ou licença, tipificados no artigo 55 da Lei de Crimes Ambientais, atraem a competência federal qualquer que seja o local de sua ocorrência e são prioritariamente investigados pela Polícia Federal, que é a polícia judiciária da União. Para os demais tipos de crimes ambientais, a competência federal é definida principalmente pela localização do ato

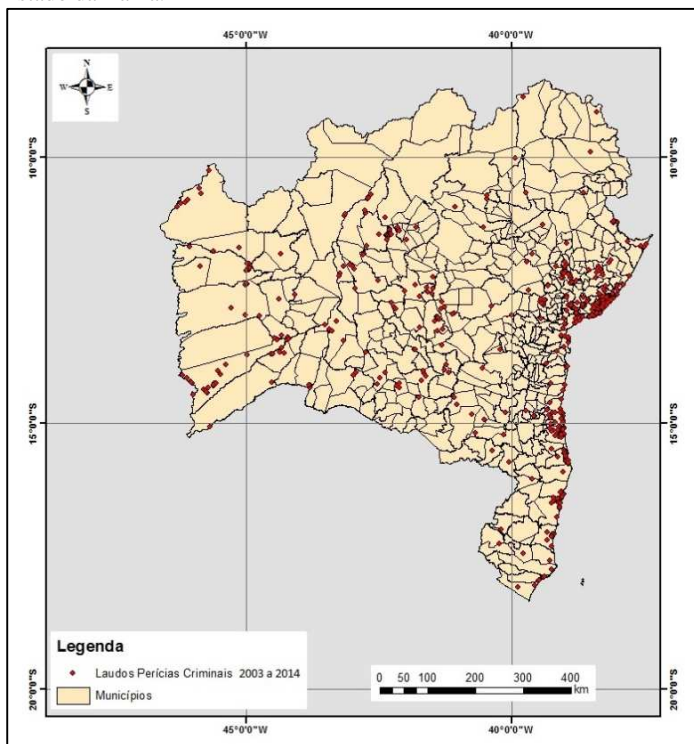
criminoso (unidades de conservação federal e seu entorno, por exemplo), ou seja, quando o crime cometido lesiona um bem da União.

Ressalte-se que as perícias de meio ambiente de extração mineral frequentemente estão associadas à supressão de vegetação nativa. Muitas vezes as áreas onde são instaladas as frentes de lavra e demais edificações e equipamentos de apoio à atividade estavam cobertas por vegetação, que foi suprimida para a instalação do empreendimento. A área total desmatada para as instalações de apoio, em alguns casos, pode superar, inclusive, a área destinada às frentes de lavra das jazidas minerais.

As Figuras 5 e 6 mostram que há uma concentração de locais de crime contra o meio ambiente nos Municípios litorâneos da Bahia. Em primeira análise, isso ocorre porque é nessa região que se encontram três dos maiores centros urbanos do Estado: a Região Metropolitana de Salvador, a Microrregião de Ilhéus-Itabuna e o Município de Feira de Santana, que juntos contêm cerca de um terço da população do Estado e exercem forte pressão antrópica sobre o meio ambiente.

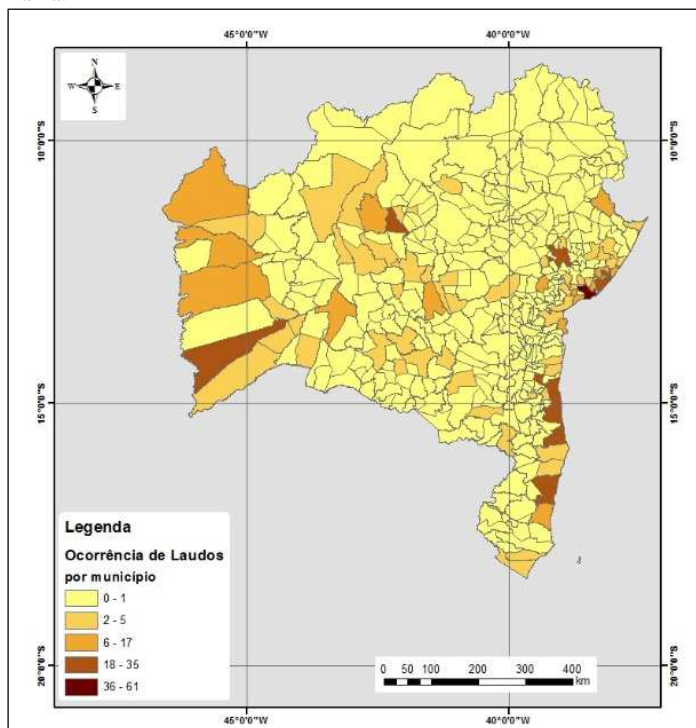
Quase 40% dos laudos ambientais produzidos pelo SETEC/SR/DPF/BA são decorrentes de atividades de extração irregular de minérios que são utilizados direta ou indiretamente na construção civil: areia, arenoso, argila e brita. Esses minérios têm valor por unidade de massa relativamente baixo, o que torna o preço do frete limitante para extrações localizadas a distâncias muito grandes dos locais de consumo, o que justifica, portanto, a grande quantidade de locais próximos aos grandes centros urbanos.

Figura 5. Distribuição dos laudos de perícias criminais de meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA, de 2003 a 2014, no Estado da Bahia.



Outra circunstância que contribui para a concentração de laudos na zona costeira é o fato dos terrenos de marinha serem também bens da União, atraindo a competência federal para os crimes ambientais praticados nesses locais. Os terrenos de marinha estão localizados na costa marítima e nas margens dos rios e lagoas em uma faixa de 33 metros, medidos para a parte da terra, a partir da linha do preamar-médio de 1831 em regiões sob influência das marés (artigo 2º do Decreto-Lei nº 9.760, de 05/09/1946).

Figura 6. Frequência de laudos de perícia criminal de meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA, de 2003 a 2014, nos Municípios da Bahia.

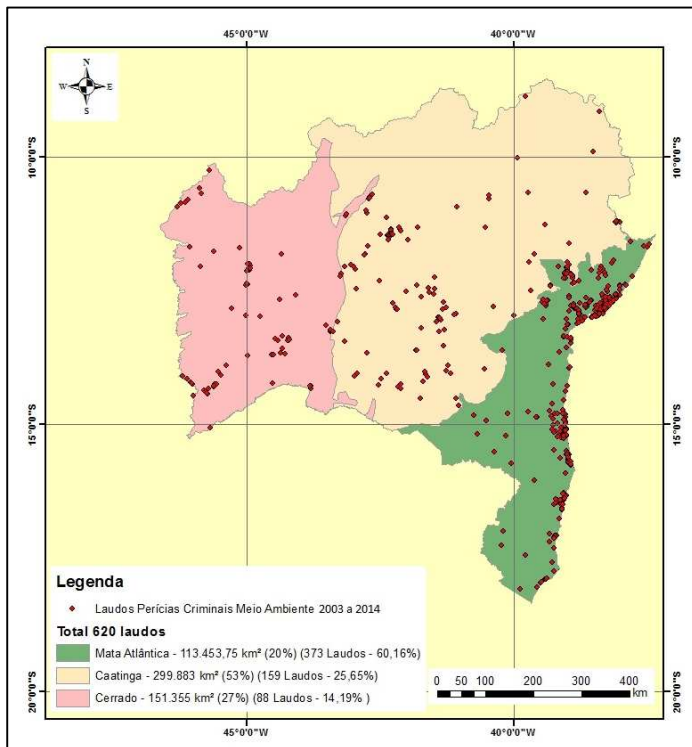


Embora a Mata Atlântica seja o bioma de menor extensão da Bahia, com cerca de 20% da área, foi o bioma onde ocorreu a maior quantidade de crimes contra o meio ambiente (373 laudos - 60,16%). Na Caatinga, que abrange 53% da área do estado, foram feitos 159 laudos (25,65%) e no Cerrado, que representa 27% da Bahia, 88 laudos de perícia de crimes contra o meio ambiente (14,19%) (Figura 7).

Aqui vale o mesmo raciocínio já discutido anteriormente. A Mata Atlântica, não só no Estado da Bahia, mas também nas outras unidades

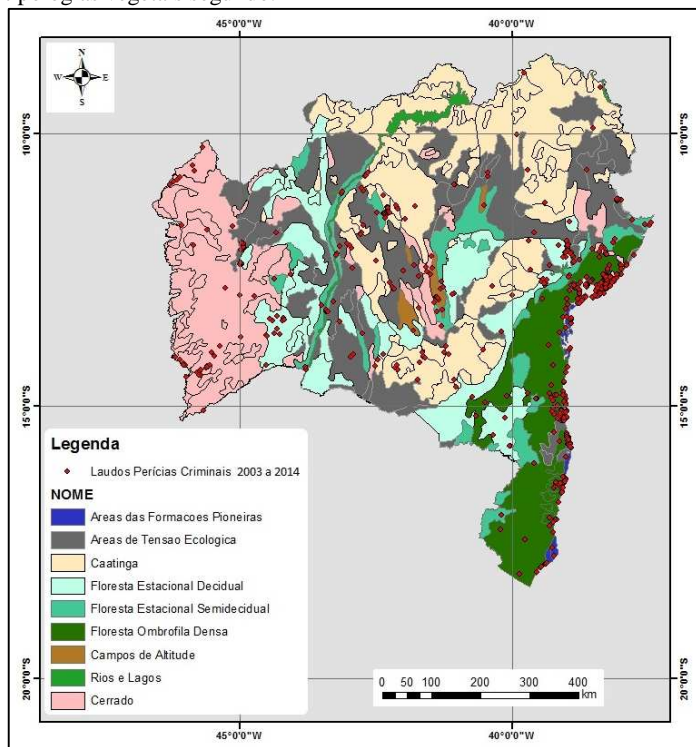
da federação, é o bioma que tem a maior densidade populacional e, por isso, sofre os maiores impactos negativos das atividades antrópicas.

Figura 7. Distribuição dos laudos de perícias criminais de meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA, de 2003 a 2014, nos três biomas do Estado da Bahia.



A Floresta Ombrófila Densa, que representa 52% do Bioma Mata Atlântica da Bahia e 11% da área total do Estado, é a tipologia vegetal de ocorrência natural predominante nos crimes contra o meio ambiente (226 laudos ou 36,5%). As áreas de ocorrência da Savana-Estépica estão relacionadas a 67 laudos (10,8%) e nas áreas de Savana (Cerrado) foram elaborados 79 laudos, representando 12,7% do total (Figura 8).

Figura 8. Distribuição dos laudos de perícias criminais de meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA, de 2003 a 2014, nas tipologias vegetais segundo.



Fonte: Mapa de Vegetação (IBGE, 2004) e dados do SETEC/SR/DPF/BA.

A análise da frequência dos laudos de perícias criminais de meio ambiente de competência federal na Bahia permite concluir que as tipologias vegetais de maior ocorrência também representam a maior frequência de laudos em cada bioma: Floresta Ombrófila Densa, na Mata Atlântica; Savana-Estépica, na Caatinga e Savana, no Cerrado. Juntas, estas três tipologias vegetais representam os locais de ocorrência de 60% dos laudos de perícias criminais contra o meio ambiente elaborados pelo SETEC/SR/DPF/BA de 2003 a 2014. Assim, os custos de restauração

florestal foram levantados para essas tipologias vegetais e são apresentados no próximo capítulo.

6.2 CUSTOS DA RESTAURAÇÃO FLORESTAL NA BAHIA

O orçamento dos custos de restauração florestal para os três biomas contém os seguintes serviços: coleta de solos, análise de solos, combate às formigas cortadeiras, marcação de covas, abertura de covas, adubação de base, aplicação de calcário na cova, operação de plantio, rega pós-plantio (2 litros/cova), replantio, coroamento das mudas, construção de cerca, custo de elaboração do projeto e assistência técnica. Os insumos considerados foram: formicida (isca granulada), mudas (levando-se em conta a aquisição de 10% a mais para replantio), sendo 50% de espécies pioneiras e secundárias e 50% de espécies clímax, fertilizante NPK e calcário. Os custos calculados para o mês de julho/2015 foram de R\$ 8.612,43/ha para Floresta Ombrófila Densa, equivalentes a U\$ 2.661,61/ha; R\$ 7.328,21/ha para a Savana, equivalentes a U\$ 2.264,73/ha e R\$ 6.696,30/ha para a Savana-Estéptica, equivalentes a U\$ 2.069,44/ha³ (Tabelas 2 a 4).

³ Com base na média das cotações do dólar americano em julho/2015, U\$ 1,00 equivalente a R\$ 3,2358.

Tabela 2. Orçamento para restauração florestal de um hectare de Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica).

Orçamento Restauração Florestal Mata Atlântica (plântio em área total) - julho/2015				
Serviços/Insumos	Qtd	Unid	R\$/unid	R\$/ha
Coleta de solos				20,00
Análise de solos				25,00
Combate às formigas cortadeiras				
Formicida	1	kg	100,00	100,00
Dias-homem	1		50,00	50,00
Coveamento e plântio*	1.333	covas	3,00	3.999,00
Insumos				
Mudas (espac. 3,0 x 2,5 m) + 10%	1.466		1,20	1.759,56
Adubo NPK 10-10-10	300	kg	1,30	390,00
Calcário	2	t	75,00	150,00
Manutenção pós plântio (2 anos)				
Combate a formigas				
Formicida	1,5	kg	100,00	150,00
Dias-homem	1,5	d/h	50,00	75,00
Coroamento (três coroamentos/cova)	21	d/h	50,00	1.050,00
Replântio				
Dias-homem	1,5		50,00	75,00
Construção de cerca	200	m	3,00	600,00
Total insumos e serviços				8.443,56
Custo do projeto + assistência técnica (2%)				168,87
Total				8.612,43

* Engloba marcação de covas, coveamento, adubação NPK, aplicação de calcário na cova, plântio e rega (2 litros/cova).

Tabela 3. Orçamento para restauração florestal de um hectare de Savana (Cerrado).

Orçamento Restauração Florestal Cerrado (plântio em área total) - julho/2015				
Serviços/Insumos	Qtd	Unid	R\$/unid	R\$/ha
Coleta de solos				20,00
Análise de solos				25,00
Combate às formigas cortadeiras				
Formicida	1	kg	100,00	100,00
Dias-homem	1		50,00	50,00
Coveamento e plântio	1.111	covas	3,00	3.333,00
Insumos				
Mudas (espac. 3,0 x 2,5 m) + 10%	1.222		1,20	1.466,52
Adubo NPK 10-10-10	300	kg	1,30	390,00
Calcário	3	t	75,00	225,00
Manutenção pós plântio (2 anos)				
Combate a formigas				
Formicida	1,5	kg	100,00	150,00
Dias-homem	1,5	d/h	50,00	75,00
Coroamento (dois coroamentos/cova)	14	d/h	50,00	700,00
Replântio				
Dias-homem	1		50,00	50,00
Construção de cerca	200	m	3,00	600,00
Total insumos e serviços				7.184,52
Custo do projeto + assistência técnica (2%)				143,69
Total				7.328,21

Tabela 4. Orçamento para restauração florestal de um hectare de Savana-Estépica (Caatinga).

Orçamento Restauração Florestal Caatinga (plântio em área total) - 2015				
Serviços/insumos	Qtd	Unid	R\$/unid	R\$/ha
Coleta de solos				20,00
Análise de solos				25,00
Combate às formigas cortadeiras				
Formicida	1	kg	100,00	100,00
Dias-homem	1		50,00	50,00
Coveamento e plântio*	1.000	covas	3,00	3.000,00
Insumos				
Mudas (espac. 3,0 x 2,5 m) + 10%	1.100		1,20	1.320,00
Adubo NPK 10-10-10	200	kg	1,30	260,00
Calcário	3	t	75,00	225,00
Manutenção pós plântio (2 anos)				
Combate a formigas				
Formicida	1,5	kg	100,00	150,00
Dias-homem	1,5	d/h	50,00	75,00
Coroamento (dois coroamentos/cova)	14	d/h	50,00	700,00
Replântio				
Dias-homem	1		40,00	40,00
Construção de cerca	200	m	3,00	600,00
Total insumos e serviços				6.565,00
Custo do projeto + assistência técnica (2%)				131,30
Total				6.696,30

6.3 PLANILHA DE VALORAÇÃO DE DANOS AO ECOSISTEMA FLORESTAL

O objetivo geral deste trabalho é adaptar metodologia de cálculo de valoração de danos a ecossistemas florestais em perícias criminais no Estado da Bahia. Essa metodologia deve ser simples, de maneira que não exija estudos e levantamentos de campo demorados, o que iria de encontro às limitações impostas pelo quadro funcional reduzido e alta demanda de serviços dos órgãos responsáveis pelas perícias de meio ambiente.

Nesse contexto, foi desenvolvida planilha eletrônica contendo os valores dos custos de restauração florestal para tipologias vegetais dos biomas Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga (Tabelas 1 a 3) que serão

atualizadas sempre que houver alteração significativa nos custos dos serviços e insumos.

O perito responsável pela valoração ambiental deverá inserir, então, as seguintes informações na planilha eletrônica ora elaborada: a área do dano em hectares ao ecossistema florestal, o tempo “n” da floresta que sofreu o dano ambiental, a taxa social de retorno do capital “i”, e a tipologia vegetal, sendo “D” para a Floresta Ombrófila Densa, “S” para a Savana e “T” para a Savana-Estépica, o valor dos serviços ambientais prestados pela Floresta Ombrófila Densa (floresta tropical) e pela Savana e Savana-Estépica (savana) em R\$/ha e a planilha fornecerá os valores do dano ambiental nos campos apropriados. A planilha é apresentada na Figura 9 e no próximo capítulo referente aos estudos de caso (Figuras 10 a 12).

Figura 9. Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Ecossistema Florestal.

	A	B	C	D	E	F
1		Custo	Tempos referenciais de "n" (anos)			Tempo "p" (anos)
2		Restauração				
3	Tipologia	Florestal	Estágio	Estágio	Estágio	Floresta
4	Vegetacional	R\$/hectare	Inicial	Médio	Avançado	Primária
5	Floresta OD (D)	8.612,43	5 a 10	10 a 30	25 a 59	60
6	Caatinga (T)	6.696,30	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
7	Cerrado (S)	7.328,21	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
8				jul/15		
9	Valor anual dos serviços ambientais (R\$/ha) =			10.863,43	para Floresta Ombrófila Densa	
10				8.408,96	para Savana e Savana-Estépica	
11	Área atingida:		hectares			
12	Tempo "n":		anos			
13	Taxa social de retorno do capital:				% a. a.	
14	Tipologia vegetal (D, S ou T):					
15	Valor de Uso Direto/ha (VUD/ha):			-		
16	Valor de Uso Indireto/ha (VUI/ha):			-		
17	Valor do dano ao Ecossistema Florestal/ha (VDEF/ha):				-	
18	Valor Total do Dano ao Ecossistema Florestal (VDEF):				-	

As células de cor amarela são as de entrada de dados. Os resultados dos cálculos efetuados pela planilha aparecem nas células de cores verde e cinza.

Nas células de resultado na planilha do VDEF foram inseridas sentenças matemáticas e lógicas conforme as fórmulas constantes na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5. Fórmulas inseridas nas células de resultado da planilha do VDEF.

CÉLULA	FÓRMULA
D14	=SE(C14="D";"Floresta Ombrófila Densa";SE(C14="S";"Savana";SE(C14="T";"Savana-Estépica";""))))
D15	=ARRED(SE(C14="D";((D13/100+1)^(B12)*B5);SE(C14="S";((D13/100+1)^(B12)*B7);SE(C14="T";((D13/100+1)^(B12)*B6);0));2);
D16	=ARRED(SE(C14="D";M9*F11*0,5*(((1+(D13/100)))^B12-1)/(((1+(D13/100))^B12*D13/100))*(B12/F5);SE(C14="S";M10*F11*0,5*(((1+(D13/100)))^B12-1)/(((1+(D13/100))^B12*D13/100))*(B12/F7);SE(C14="T";M10*F11*0,5*(((1+(D13/100)))^B12-1)/(((1+(D13/100))^B12*D13/100))*(B12/F6);0));2)
E17	=D15+D16
E18	=E17*B11

6.4 ESTUDOS DE CASO

6.4.1 Estudo de Caso 01 – Floresta Ombrófila Densa

O local de dano ambiental do estudo de caso 01 possui como características: 3,7 ha de desmatamento a corte raso de Floresta Ombrófila Densa no Município de Una (BA), medidos com aparelho GPS (*Global Positioning System*) de navegação. Após perícia de local, o perito criminal concluiu que a floresta estava em estágio avançado de regeneração e atribuiu a “n” o tempo de 35 anos. Para a taxa social de retorno do capital, adotou-se a taxa calculada no capítulo 5.3, 5,43% a.a. Após a inserção dos dados na planilha eletrônica, o VDEF calculado foi de R\$ 103.994,73/ha, equivalentes a U\$ 32.138,80/ha e o valor total da área que sofreu o dano ambiental foi calculada em R\$ 384.780,50, equivalentes a U\$ 118.913,56, com base na média das cotações do dólar americano em julho/2015 (U\$ 1,00 equivalente a R\$ 3,2358). A Figura 10 mostra imagem da planilha eletrônica com o valor calculado do dano ambiental referente ao estudo de caso 01.

Figura 10. Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Ecossistema Florestal, com os resultados para o estudo de caso 01 – Floresta Ombrófila Densa.

	A	B	C	D	E	F
1		Custo	Tempos referenciais de "n" (anos)			Tempo "p" (anos)
2		Restauração				
3	Tipologia	Florestal	Estágio	Estágio	Estágio	Floresta
4	Vegetacional	R\$/hectare	Inicial	Médio	Avançado	Primária
5	Floresta OD (D)	8.612,43	5 a 10	10 a 30	25 a 59	60
6	Caatinga (T)	6.696,30	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
7	Cerrado (S)	7.328,21	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
8				jul/15		
9	Valor anual dos serviços ambientais (R\$/ha) =			10.863,43	para Floresta Ombrófila Densa	
10				8.408,96	para Savana e Savana-Estépica	
11	Área atingida:	3,7	hectares			
12	Tempo "n":	35	anos			
13	Taxa social de retorno do capital:			5,43	% a. a.	
14	Tipologia vegetal (D, S ou T):	D		Floresta Ombrófila Densa		
15	Valor de Uso Direto/ha (VUD/ha):			54.811,66		
16	Valor de Uso Indireto/ha (VUI/ha):			49.183,07		
17	Valor do dano ao Ecossistema Florestal/ha (VDEF/ha):				103.994,73	
18	Valor Total do Dano ao Ecossistema Florestal (VDEF):				384.780,50	

6.4.2 Estudo de Caso 02 – Savana

O local de dano ambiental do estudo de caso 02 possui como características: 27 ha de queimada total em Cerrado Típico (Savana) no Município de Santa Rita de Cássia (BA), medidos com aparelho GPS de navegação. Após perícia de local e interpretação feita em imagens de satélite, o perito criminal concluiu que a área tinha sido totalmente atingida pelo fogo 16 anos antes da data dos exames periciais de campo, atribuindo, assim, este número para o tempo “n”. Para a taxa social de retorno do capital, adotou a taxa calculada no capítulo 5.3, 5,43% a.a. Após a inserção dos dados na planilha eletrônica, o VDEF calculado foi de R\$ 31.222,83/ha, equivalentes a U\$ 9.649,18/ha e o valor total do VDEF na área que sofreu o dano ambiental foi de R\$ 843.016,41, equivalentes a U\$ 260.527,97, com base na média das cotações do dólar americano em julho/2015 (U\$ 1,00 equivalente a R\$ 3,2358). A Figura

11 mostra imagem da planilha eletrônica com o valor calculado do dano ambiental referente ao estudo de caso 02.

Figura 11. Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Ecossistema Florestal, com os resultados para o estudo de caso 02 – Savana.

	A	B	C	D	E	F
1		Custo	Tempos referenciais de "n" (anos)			Tempo "p" (anos)
2		Restauração				
3	Tipologia	Florestal	Estágio	Estágio	Estágio	Floresta
4	Vegetacional	R\$/hectare	Inicial	Médio	Avançado	Primária
5	Floresta OD (D)	8.612,43	5 a 10	10 a 30	25 a 59	60
6	Caatinga (T)	6.696,30	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
7	Cerrado (S)	7.328,21	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
8				jul/15		
9	Valor anual dos serviços ambientais (R\$/ha) =			10.863,43	para Floresta Ombrófila Densa	
10				8.408,96	para Savana e Savana-Estépica	
11	Área atingida:	27	hectares			
12	Tempo "n":	16	anos			
13	Taxa social de retorno do capital:			5,43	% a. a.	
14	Tipologia vegetal (D, S ou T):	S	Savana			
15	Valor de Uso Direto/ha (VUD/ha):			17.077,54		
16	Valor de Uso Indireto/ha (VUI/ha):			14.145,29		
17	Valor do dano ao Ecossistema Florestal/ha (VDEF/ha):				31.222,83	
18	Valor Total do Dano ao Ecossistema Florestal (VDEF):				843.016,41	

6.4.3 Estudo de Caso 03 – Savana-Estépica

O local de dano ambiental do estudo de caso 03 possui como características: 1,5 ha de desmatamento (corte raso) em Savana-Estépica (Caatinga) no Município de Capim Grosso (BA), medido com aparelho GPS de navegação. Após perícia de local, o perito criminal observou que havia área de Savana-Estépica limítrofe à área desmatada, composta por vegetação xerófila densa. Como não sabia estimar com precisão o tempo “n” da floresta desmatada, adotou o número sugerido por Ribas (1996): 25 anos. Para a taxa social de retorno do capital, adotou-se a taxa calculada no capítulo 5.3, 5,43% a.a. Após a inserção dos dados na planilha eletrônica, o VDEF calculado foi de R\$ 53.508,38/ha, equivalentes a U\$ 16.536,37/ha e o VDEF calculado para o total da área

que sofreu o dano foi de R\$ 80.262,57, equivalentes a U\$ 24.804,55, com base na média das cotações do dólar americano em julho/2015 (U\$ 1,00 equivalente a R\$ 3,2358). A Figura 12 mostra imagem da planilha eletrônica com o valor calculado do dano ambiental referente ao estudo de caso 03.

Figura 12. Planilha eletrônica para Valoração do Dano ao Ecossistema Florestal, com os resultados para o estudo de caso 03 – Savana-Estépica.

	A	B	C	D	E	F
1		Custo	Tempos referenciais de "n" (anos)			Tempo "p" (anos)
2		Restauração				
3	Tipologia	Florestal	Estágio	Estágio	Estágio	Floresta
4	Vegetacional	R\$/hectare	Inicial	Médio	Avançado	Primária
5	Floresta OD (D)	8.612,43	5 a 10	10 a 30	25 a 59	60
6	Caatinga (T)	6.696,30	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
7	Cerrado (S)	7.328,21	5 a 10	10 a 25	25 a 49	50
8				jul/15		
9	Valor anual dos serviços ambientais (R\$/ha) =			10.863,43		para Floresta Ombrófila Densa
10				8.408,96		para Savana e Savana-Estépica
11	Área atingida:	1,5	hectares			
12	Tempo "n":	25	anos			
13	Taxa social de retorno do capital:			5,43	% a. a.	
14	Tipologia vegetal (D, S ou T):	T	Savana-Estépica			
15	Valor de Uso Direto/ha (VUD/ha):			25.115,40		
16	Valor de Uso Indireto/ha (VUI/ha):			28.392,98		
17	Valor do dano ao Ecossistema Florestal/ha (VDEF/ha):				53.508,38	
18	Valor Total do Dano ao Ecossistema Florestal (VDEF):				80.262,57	

O Método dos Custos de Reposição aplicado isoladamente e sem considerar a perda econômica para valoração de danos a florestas foi utilizado em muitos dos laudos de perícias contra o meio ambiente produzidos pelo SETEC/SR/SPF/BA no período considerado para o diagnóstico demonstrado no capítulo 6.1 (2003 a 2014). A Tabela 6 mostra a comparação entre esse tipo de valoração com a metodologia proposta nesta dissertação.

Tabela 6. Comparação entre valorações de danos a florestas com a utilização do MCREP isoladamente e do VDEF.

Estudo de Caso	Tipologia Vegetacional	Valoração MCREP sem perda econômica R\$/hectare	Valoração pelo VDEF R\$/hectare	Variação % VDEF/MCREP
1	Floresta OD (D)	8.612,43	103.994,73	1107,50%
2	Caatinga (T)	6.696,30	31.222,83	366,27%
3	Cerrado (S)	7.328,21	53.508,38	630,17%

Analisando-se a Tabela 6, verifica-se que a valoração quando realizada com a utilização do VDEF nos três estudos de casos é significativamente maior (aumento entre 366,27% e 1.107,50%) do que o uso do MCREP isoladamente sem considerar a perda econômica relativa ao período entre o tempo inicial da degradação e o tempo da total recuperação da floresta. Isso ocorre porque o VDEF, além de computar os valores da perda econômica, também considera os valores dos serviços ambientais que a floresta em recuperação deixará de fornecer ao menos na sua integralidade até atingir o tempo “n”.

7 CONCLUSÃO

A adaptação de metodologia proposta neste trabalho para valoração de danos a ecossistemas florestais atende aos critérios de objetividade, simplicidade e justiça. O método é objetivo pois segue metodologias disseminadas em normas técnicas de valoração de recursos ambientais e de avaliação de bens, pois foram utilizados os métodos dos custos de reposição e da capitalização da renda, conferindo ao modelo robustez matemática. Além disso, a metodologia está baseada em conceitos de ecologia florestal bastante conhecidos da ciência, notadamente para as florestas tropicais pluviais.

A metodologia também é simples porque não exige levantamentos demasiadamente demorados e dispendiosos em campo. No local de crime, cabe ao perito criminal medir a área danificada pelo agente infrator e determinar qual era o estágio sucessional da floresta quando sofreu a intervenção antrópica. As outras informações necessárias ao cálculo do VDEF: taxa social de retorno do capital, valor dos serviços ambientais e custos da restauração florestal já estão calculados neste trabalho e só precisam ser atualizados pelo perito criminal periodicamente. Uma atualização anual desses valores já é suficiente, salvo casos excepcionais. Uma vez obtidas essas 5 informações, o perito criminal fará a inserção dos dados na planilha eletrônica já elaborada durante a execução deste trabalho e ela retornará o resultado do VDEF por unidade de área e do VDEF total.

O método também é justo, pois atribui a florestas em estágios sucessionais mais avançados valores maiores de uso direto e uso indireto, ou seja, o VDEF considera que a complexidade de um ecossistema

florestal está intimamente relacionada ao tempo em que ele não sofreu interferência das atividades humanas e esta complexidade está correlacionada com a valoração ambiental.

Há de se destacar que, nos casos em que a determinação aproximada do tempo “n” seja de difícil execução, o perito criminal pode utilizar o valor proposto por Ribas (1996). O tempo “n” de 25 anos proposto por esse autor, em grande parte dos casos, já é suficiente para valorar, ao menos de maneira aproximada, o impacto monetário que a sociedade e o meio ambiente sofreram em consequência do dano à floresta.

O VDEF foi desenvolvido para os casos de dano total à vegetação em ecossistemas florestais no Estado da Bahia, a exemplo de desmatamento a corte raso ou incêndio florestal em área total que eliminou completamente a vegetação existente na área. No entanto, ele pode ser utilizado em outras situações com as devidas adaptações.

O método pode ser aplicado, por exemplo, a qualquer ecossistema florestal do planeta, sendo necessário, para isso, obter o custo local da restauração florestal para a tipologia vegetal atingida, estabelecer qual o tempo “n” para a floresta atingir o estágio sucessional em que se encontrava e determinar qual a taxa social de retorno do capital aplicável para a região.

No caso da aplicação do VDEF em desmatamentos por corte seletivo, o perito pode determinar qual a área basal da vegetação suprimida e qual a área basal da vegetação remanescente. Se ele determinar, por exemplo que 5% da área basal total de uma floresta foi suprimida por corte seletivo em uma extensão de 20 ha, o perito poderá

multiplicar o resultado da equação (9) por 0,05 e obterá um VDEF equivalente ao de uma floresta com 1 ha de extensão que possua as mesmas condições ecológicas (tipologia vegetal e estágio sucessional).

Em perícias de meio ambiente de extração mineral onde houve desmatamento de vegetação nativa previamente às atividades extrativas, pode-se acrescentar ao resultado do cálculo do modelo matemático proposto, sempre que tecnicamente exequível, os custos para recuperação do solo e suavização dos desníveis formados pela escavação das frentes de lavra e demolição e remoção de entulho de edificações porventura existentes. Esses custos, no entanto, não devem ser somados aos custos da restauração florestal e inseridos na equação do VDEF, uma vez que essas recuperações possuem tempos “n” distintos. Enquanto a floresta pode levar décadas para se regenerar, a recomposição do solo, demolição e remoção de entulho de edificações, geralmente, é de execução inferior a um ano e, nesse caso, o seu valor calculado pode ser simplesmente somado ao VDEF total.

O VDEF também pode ser utilizado para valoração de danos ambientais em ecossistemas terrestres não florestais. Ele pode ser utilizado, com algumas adaptações, para valorar o dano sofrido em área de ocorrência de campo de altitude (campo rupestre, por exemplo). Nesse caso, os custos da restauração do ecossistema precisam ser calculados e o tempo “n” precisa ser estimado utilizando-se algum parâmetro da literatura ou então o tempo “n” sugerido por Ribas (1996).

Uma vez que a equação (9) é composta por uma parcela que atualiza o capital no tempo “n” a uma taxa “i” e por uma parcela que traz a valor presente uma renda uniforme pelo mesmo tempo “n” e mesma

taxa “i”, a taxa de juros a ser utilizada na equação pode variar dentro de determinado intervalo sem que haja alterações significativas no VDEF.

Por exemplo, ao se atribuir a uma área de 1 ha de Floresta Ombrófila Densa o tempo “n” de 40 anos e os valores de serviços ambientais e custos de restauração florestal já informados para essa tipologia vegetal neste trabalho, o VDEF calculado será praticamente o mesmo ao se inserir na planilha eletrônica as taxas de 0,5% a.a. ou 5,95% a.a.. Com a taxa menor, o VUD é de R\$ 10.514,00 e o VUI é de R\$ 130.984,79 e o VDEF, que é a soma desses dois valores, de R\$ 141.498,79. Com a taxa de 5,95% a.a., o VUI aumenta para R\$ 86.928,89 e o VUD cai para R\$ 54.829,91, resultando em um VDEF de R\$ 141.758,80.

O levantamento dos locais de ocorrência dos crimes ambientais de competência federal no Estado da Bahia, que demandaram a elaboração de laudo pericial em um período de 12 anos (2003 a 2014), permitiu compreender as tipificações criminais mais comuns e a distribuição geográfica das práticas criminosas contra o meio ambiente nesse Estado. Os crimes ambientais relacionados à extração mineral representaram 53% dos laudos e embora a Mata Atlântica seja o menor bioma em extensão dentro da Bahia com 20% da área, foi o local de ocorrência da maioria dos laudos envolvendo crimes contra o meio ambiente (60.16%), provavelmente por ser a região com maior densidade populacional no Estado, o que resulta numa maior pressão antrópica sobre o meio ambiente.

A fim de facilitar os cálculos de valoração, foi desenvolvida planilha eletrônica para cômputo dos custos de restauração florestal nos

três biomas existentes no Estado da Bahia: Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. Esses custos podem ser atualizados periodicamente a fim de refletirem as oscilações dos preços dos insumos e dos serviços ao longo do tempo.

Em outra aba da mesma planilha eletrônica, foi inserida a fórmula do VDEF de forma que qualquer atualização nos custos de restauração florestal ou do valor anual dos serviços ambientais seja automaticamente transportada para a fórmula de cálculo do VDEF, conferindo celeridade e precisão na sua obtenção.

8 RECOMENDAÇÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

Como demonstrado no capítulo 5, o VDEF calculado pela adaptação de metodologia proposta neste trabalho é fortemente correlacionado com o tempo “n” a ser inserido na equação (9). Assim, recomenda-se que ao se utilizar esta metodologia sejam feitos os devidos ajustes no tempo “n” sempre que novos dados da literatura especializada sobre a cronologia da sucessão ecológica secundária sejam publicados, notadamente nos biomas Caatinga e Cerrado, onde é grande a escassez informações referentes a esse tema. Quando novos dados forem publicados, o perito criminal poderá estimar o tempo “n” com maior acurácia, aumentando a solidez do cálculo da valoração de dano.

Adicionalmente, trabalhos que determinem o tempo que as florestas restauradas precisam para atingir os estágios da sucessão ecológica secundária também são de grande valia para a determinação do VDEF. Espera-se que uma área que passou pelo processo de restauração florestal atinja determinado estágio sucessional em tempo menor do que uma área de condições análogas precisa para atingir o mesmo estágio somente com a regeneração natural. Essa diferença temporal seria, então, considerada pelo perito ambiental, quando da determinação do tempo “n”.

Quando se trabalha com taxa de juros em períodos muito longos, há de se levar em consideração que taxas muito altas elevam sobremaneira o valor dos cálculos de capitalização futura, ao mesmo tempo que diminuem o valor presente de rendas muito distantes no futuro. Por esse motivo, recomenda-se não utilizar taxas sociais de retorno do capital muito elevadas (acima de 10% a.a.), lembrando sempre que esta é uma taxa de juros real e 10% a.a. pode ser considerada uma taxa muito

alta, principalmente nos dias atuais, em que a remuneração total da caderneta de poupança ($TR + 0,5\%$ a.m.) não consegue nem repor as perdas inflacionárias.

Embora dados consultados na literatura sugiram que a floresta secundária, em climas tropicais úmidos, atinja condições ecológicas equivalentes à da floresta primária num espaço temporal de até 200 anos, recomenda-se não utilizar valores de “n” maiores que 60 anos, pois acredita-se que, com esse tempo de regeneração, a quase totalidade dos serviços ecossistêmicos já estejam sendo prestados pela floresta. Ademais, tempos muitos longos, elevam sobremaneira o VDEF, uma vez que o cálculo do VUD é feito sobre regime de juros compostos.

A metodologia proposta neste trabalho calcula os mesmos valores de danos se as florestas que sofreram a degradação estiverem situadas dentro da mesma tipologia vegetal, pertencerem ao mesmo bioma, possuírem o mesmo tempo “n” e for inserida na planilha eletrônica a mesma taxa social de retorno de capital “i”. No entanto, existem áreas consideradas prioritárias de conservação e que possuem maior relevância ecológica que outras. Se o perito encarregado da valoração ambiental considerar conveniente e exequível, poderá aplicar fatores sobre o resultado final do VDEF, dando pesos maiores às áreas prioritárias, tais como aquelas que abrigam espécies endêmicas, espécies ameaçadas de extinção ou áreas fontes de propágulos.

Esses fatores ambientais poderiam ser fornecidos pelos órgãos ambientais federais, estaduais e municipais por terem maiores conhecimentos acerca da relevância ambiental das áreas que estão sob sua jurisdição, sejam elas unidades de conservação ou não.

A utilização do MCRep para cálculo do valor de uso para os ecossistemas florestais pressupõe que, ao se capitalizar os custos de restauração florestal pela taxa social de retorno do capital “i” pelo tempo “n”, obter-se-á valores comparáveis ao valor comercial da madeira da floresta que foi degradada. Logicamente, o valor nunca será igual, podendo ser maior ou menor a depender da composição florística da área. A utilização desse método tem o objetivo de facilitar os cálculos, pois para se obter o valor da madeira da floresta que sofreu o dano, conforme já mencionado anteriormente, dever-se-ia recorrer a outras técnicas mais demoradas e dispendiosas, a exemplo do inventário florestal.

A adaptação de metodologia de valoração de danos a ecossistemas florestais ora proposta não comporta o Valor de Opção, o Valor de Quase-Opção e o Valor de Existência. Esses valores são de difícil determinação e carregam alto grau de subjetividade. Geralmente, eles são calculados com base em pesquisas demoradas e dispendiosas de campo, o que dificulta sua execução pelos órgãos responsáveis pelas perícias criminais ambientais.

Ressalte-se que a fórmula de cálculo do Valor Econômico do Recurso Ambiental –VERA traz como um dos seus componentes o valor de existência que, por sua vez carrega certa dose de subjetividade pois depende da posição moral, cultural, ética ou altruística da pessoa que está valorando em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou preservação de outras riquezas naturais.

Para demonstrar o quão complexo é a determinação do Valor de Existência de determinada espécie, suponha-se que um fragmento

florestal que sofreu um dano ambiental contenha uma ou mais espécies ameaçadas de extinção, sejam elas pertencentes à flora ou à fauna.

Com base nessa suposição, segue-se um pequeno exercício matemático. Segundo Coyne (2012), em condições normais, a especiação, que é a produção evolutiva de uma nova espécie a partir de outra (ancestral), leva centenas de milhares a milhões de anos. No entanto, esse autor cita o exemplo de uma estrela-do-mar australiana que levou “apenas” 6000 anos para se dividir em duas espécies, sendo por ele considerado um exemplo de caso de especiação extremamente rápida.

Supondo-se que fosse dado o menor valor monetário palpável para o ancestral imediato de determinada espécie que desejássemos atribuir valor de existência, ou seja; R\$ 0,01 (um centavo). E, então, fosse aguardado o tempo necessário para que ocorresse a especiação (da espécie a ser valorada). E, como a variável tempo está estritamente relacionada a valores monetários na sociedade moderna, fosse aplicado esse valor a uma taxa de juros real, como por exemplo 1% a.a. (um por cento ao ano).

Esse valor (R\$ 0,01) aplicado a 1 % a.a. durante 6.000 anos (caso de especiação extremamente rápida) resulta num montante de R\$ 847,7 sextilhões de reais, valor 4,5 bilhões de vezes maior que o Produto Interno Bruto (PIB) mundial do ano de 2012. Mesmo dividindo-se esse valor pela quantidade de indivíduos que compõe a população de determinada espécie em extinção, ainda assim o valor de cada indivíduo estaria acima do PIB mundial.

Os processos evolutivos são demorados e produzem espécies únicas que possuem características que a ciência atual não consegue reproduzir integralmente em laboratório. Isso dificulta sobremaneira a

determinação do valor de existência de uma espécie, motivo pelo qual a metodologia proposta por este trabalho restringiu-se aos valores de uso direto e indireto dos ecossistemas florestais.

REFERÊNCIAS

AMADO, F. A. di T. **Direito Ambiental Esquemático**. 2. ed. São Paulo: Editora Método, 2011. 614 p.

ANTUNES, P. B. **Direito Ambiental**. 2. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 1998. 505 p.

ARAUJO, M.; ALGER, K.; ROCHA, RUI; MESQUITA, C. A. B. A **Mata Atlântica do Sul da Bahia**: situação atual, ações e perspectivas. São Paulo: Instituto Florestal do Estado de São Paulo, 1998. 35 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14653-6**: Avaliação de Bens Parte 6: Recursos Naturais e Ambientais. Rio de Janeiro, 2008.

BATTERMAN, S. A. ; HEDIN, L. O. ; VAN BREUGEL, M.; RANSIJN, J.; CRAVEN, D. J. ; HALL, J. S. **Key role of symbiotic dinitrogen fixation in tropical forest secondary succession**. Nature, 502, 2013. p. 224-229.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 05 de outubro de 1988. Senado Federal. Brasília, 2010, 47 p. Disponível em < http://www.senado.gov.br/legislacao/const/con1988/CON1988_05.10.1988/CON1988.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2015.

_____. **Decreto-Lei nº 9.760**, de 05 de setembro de 1946. Dispõe sobre os bens imóveis da União e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 6 set. 1946. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/Del9760.htm>. Acesso em: 7 ago. 2015.

_____. **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, 2 set. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6938.htm>. Acesso em: 21 jul. 2015.

_____. **Lei nº 9.605**, 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/L9605.htm>. Acesso em: 21 jul. 2015.

_____. **Lei nº 9.985**, 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. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 19 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm>. Acesso em: 21 jul. 2015.

_____. **Lei nº 12.651**, 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: 21 jul. 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado**. Brasília, 2009, 152 p. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/182/_arquivos/ppcerrado_consultapublica_182.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente. **Mata Atlântica: Manual de Adequação Ambiental**. Brasília, 2010, 91 p. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/estruturas/202/_arquivos/adequao_ambiental_publicacao_web_202.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2015.

_____. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. **Resolução CONAMA nº 5**, de 4 de maio de 1994. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0594.html>>. Acesso em: 28 jul. 2015.

BROWN, S.; LUGO, A. E. **Tropical secondary forests**. *Journal of Tropical Ecology*. v. 6 n. 1, 1990. p. 1-32.

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

CHABARIBERY, D.; SILVA, J. R. da; TAVARES, L. F. J.; LOLI, M. V. B.; SILVA, M. R. da, MONTEIRO, A. V. V. M. Recuperação de Matas Ciliares: sistemas de formação de floresta nativa em propriedades familiares. **Informações Econômicas**. v. 38, n. 6. São Paulo, 2008.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 05/94. Define vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração da Mata Atlântica a fim de orientar os procedimentos de licenciamento de atividades florestais no Estado da Bahia, MMA, 1994. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0594.html>>. Acesso em: 09 ago. 2015.

CONCEIÇÃO, A. A. Campos Rupestres. In: JUNCÁ, F. A.; FUNCH, L. ROCHA, W. (Org.) **Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina**. Ministério do Meio Ambiente. Brasília, 2005. p. 151-180.

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

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; GROOT, R. de; 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.

COSTANZA, R.; GROOT, R. de; SUTTON, P.; PLOEG, S. van der; ANDRESON, S. J.; KUBISZEWSKI, I.; FARBER, S.; TURNER, R. K. Changes in The Global Value of Ecosystem Services. **Global Environmental Change**, 26, 2014. p. 152-158.

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

COYNE, Jerry A. **Why evolution is true**: an extraordinarily rapid case of especiation. 2012. Disponível em: < <https://whyevolutionistrue.wordpress.com/2012/07/26/an-extraordinarily-rapid-case-of-speciation/>>. Acesso em: 20 nov. 2014.

CURY, R. T. S.; CARVALHO JR, O. **Manual para Restauração Florestal**: florestas de transição. Canarana: IPAM, 2001. 78 p.

DAJOZ, R. **Princípios de Ecologia**. Tradução: Fátima Murad. 7. ed. São Paulo: Artmed, 2005. 520 p.

DEAN, W. **A Ferro e Fogo**: a história e a destruição da mata atlântica brasileira. Tradução: Cid Knipel Moreira. São Paulo: Companhia das Letras, 2013. 484 p.

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

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

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Gestão e Recursos Humanos. **Manual de Avaliação de Bens Imóveis do Estado do Espírito Santo**. Vitória: 2011. 80 p. Disponível em: < http://www.seger.es.gov.br/seger/images/Orientacoes/MAV_-_Manual_de_Orientacoes_Tecnicas.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **FRA 2015 - Forest Resources Assessment Working Paper** 180 Terms and definitions. FAO, 2015. 36 p. Disponível em: < <http://www.fao.org/docrep/017/ap862e/ap862e00.pdf>>. Acesso em: 21 jul. 2015.

GOMEZ-POMPA, A. G.; VÁZQUEZ-YANES, C. N. **Successional studies of a rain forest in Mexico**, In: WEST, D. C. SHUGART, H. H.; BOTKIN (eds.), *Forest concepts and application*. New York: Springer-Verlag, 1981. p. 247-266.

GUEDES, M. L. S.; BATISTA, M. A.; RAMALHO, M; FREITAS, H. M. B.; SILVA, E. M. da. Breve Incursão sobre a Biodiversidade da Mata Atlântica. In: FRANK, C. R.; ROCHA, P. L. B. da; KLEIN, W.; GOMES, S. L. (Org.) In: **Mata Atlântica e Biodiversidade**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2005. p. 39-92.

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

INICIATIVA BNDES MATA ATLÂNTICA. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2015. 85 p.

IBGE. **Flora das Restingas do Litoral Norte da Bahia**: Costa dos Coqueiros e Salvador. 1ª versão. Salvador: 2004. 137 p.
Disponível em <ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/levantamento/florarestinga.pdf>. Acesso em: 24 jul. 2015.

_____. **Mapa de Biomas do Brasil**: Primeira Aproximação, 2004.
Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 21 jul. 2015.

_____. **Mapa da Vegetação de Vegetação do Brasil**: 3 ed., 2004.
Disponível em <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/>. Acesso em: 21 jul. 2015.

_____. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012. 275 p.

KLEIN, R. M. Ecologia da flora e vegetação do Vale do Itajaí. **Sellowia**, 32, 1980. p. 165-389.

LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. da. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2003. 822 p.

LIRA, D. F. S.; MARANGON, L. C.; FERREIRA, R. L. C., MARANGOM, G. P.; SILVA, E. A. Comparação entre Custos de Implantação de Dois Modelos de Restauração Florestal em Pernambuco. **Scientia Plena**. v. 8. n. 44, 2012.

MACANHAN, V. B. P.; MOTEVECCHI, J. A. B.; PAMPLONA, E. O. **Uso do Método da Renda para Avaliação de Imóveis por Regiões: uma aplicação nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo**. São Paulo: XX ENEGEP, 2000. 7 p. Disponível em < <http://www.iepg.unifei.edu.br/edson/download/Artavalimo.pdf>>. Acesso em: 27 jul. 2015.

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

MAIA, A. G.; ROMEIRO, A. R.; REYDON, B. P. **Valoração de recursos ambientais – metodologias e recomendações**. Campinas: IE/UNICAMP, 2004.

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

MARQUES, J. F. **Valoração Ambiental**. Embrapa Meio Ambiente, 2000. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/recursos/Marques_valoracaoID-8c4EUMn3Bm.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2015.

MILLER JR., G.T. **Ciência Ambiental**. Tradução: All Tasks. São Paulo: Thomson, 2007. 501 p.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 24, 2000. p. 853-858.

NBL – Engenharia Ambiental Ltda e The Nature Conservancy (TNC). **Manual de Restauração Florestal: Um Instrumento de Apoio à Adequação Ambiental de Propriedades Rurais do Pará.** Belém: The Nature Conservancy, 2013. 128 p.

NOFFS, P. S.; GALLI, L. F.; GONÇALVES, J. C. **Recuperação de Áreas Degradadas da Mata Atlântica.** Caderno n. 3. São Paulo: CETESB, 2000. 46 p.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A. A. de; ARRUDA, F. S. T. de **Valoração Econômica do Meio Ambiente: Ciência ou Empiricismo?** Brasília: Cadernos de Ciência & Tecnologia, v. 17, n. 2, 2000. p.81-115.

PERMAN, R.; MA, y.; MCGILVRAY, J.; COMMON, J. **Natural Resource and Environmental Economics.** 3. ed. Harlow, 2003. 699 p.

PHILIPPI JR, a.; ALVES, A. C. **Curso Internacional de Direito Ambiental.** Tamboré: Manole, 2005. 953 p.

RIBEIRO, J. F; WALTER, B. M. T. As Principais Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Org.). **Cerrado: ecologia e flora.** v 1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 151-212.

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

REIS, A.; HMELJEVSKI, K. V. **A Recuperação Ambiental de Áreas Ciliares: o lago da hidrelétrica de Itá.** Laboratório de Restauração Ambiental Sistêmica. Florianópolis: UFSC, 2009. 19 p.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN (eds.). **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal.** LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. 259 p.

SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. de; RIBEIRO, J. F. (Org.) **Cerrado: Ecologia e Flora.** v 1. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 406 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. **Restauração ecológica: sistemas de nucleação**. São Paulo: 2010. 63 p.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. **SER International Primer on Ecological Restoration**. Disponível em <<http://www.ser.org/resources/resources-detail-view/ser-international-primer-on-ecological-restoration#3>>. Acesso em: 15 de set. 2015.

SEROA DA MOTTA, R. **Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais**. 1. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 1997. v. 1. 218 p. Disponível em: < <http://www.terrabrasil.org.br/ecotecadigital/pdf/manual-para-valoracao-economica-de-recursos-ambientais.pdf> >. Acesso em: 21 jul. 2015.

SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO. **Definição de Floresta**. Disponível em: <<http://www.florestal.gov.br/snif/recursos-florestais/definicao-de-floresta>>. Acesso em: 21 jul. 2015.

SCHORN, L. A. **Estrutura e Dinâmica de Estágios Sucessionais de uma Floresta Ombrófila Densa em Blumenau, Santa Catarina**. 2005. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SÓDERSTEN, B.; GEOFFREY, R. **International economics**. 3. ed. London: MacMillan, 1994. 714 p.

TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. **A Regeneração de uma Floresta Tropical Montana após Corte e Queima** (São Paulo-Brasil). Revista Brasileira de Biologia. v. 59 n. 2, 1999, p. 239-250.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. **Fundamentos em Ecologia**. 2. ed. São Paulo: Artmed, 2006. 592 p.

UNITED NATIONS – UN. **World Population Prospects the 2012 Revision: Key Findings and Advance Tables**. New York, 2013. 54p. Disponível em: < http://esa.un.org/unpd/wpp/Documentation/pdf/WPP2012_%20KEY%20FINDINGS.pdf> Acesso em: 4 nov. 2013.

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

VIEIRA, J. P. P. **Valoração de Danos Ambientais em Ecossistemas Florestais**: Adaptação do Método do Custo de Reposição com Vistas à sua Aplicação na Perícia Criminal Ambiental. 2013. Dissertação (Mestrado Profissional em Perícias Criminais Ambientais), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

WINCHESTER, S. **Krakatoa**: The Day the World Exploded: August 27, 1883. New York: Penguin Books, 2004. 328 p.