



**SARITA SORAIA DE ALCÂNTARA LAUDARES**

**ASPECTOS LEGAIS E TÉCNICOS DA  
REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL NO BRASIL**

**LAVRAS – MG  
2018**

**SARITA SORAIA DE ALCÂNTARA LAUDARES**

**ASPECTOS LEGAIS E TÉCNICOS DA REGULARIZAÇÃO  
AMBIENTAL NO BRASIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de Doutor.

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Laudares, Sarita Soraia de Alcântara.  
Aspectos legais e técnicos da regularização ambiental no  
Brasil. / Sarita Soraia de Alcântara Laudares. - 2018.  
154 p. : il.

Orientador: Luís Antônio Coimbra Borges.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.  
Bibliografia.

1. Código Florestal. 2. Restauração ecológica. 3. Impactos  
ambientais. I. Borges, Luís Antônio Coimbra.

**SARITA SORAIA DE ALCÂNTARA LAUDARES**

**ASPECTOS LEGAIS E TÉCNICOS DA REGULARIZAÇÃO  
AMBIENTAL NO BRASIL**

**LEGAL AND TECHNICAL ASPECTS OF ENVIRONMENTAL  
REGULARIZATION IN BRAZIL**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciências Florestais, para obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 07 de março de 2018.

Dr. Marco Aurélio Leite Fontes                      UFLA

Dr. Dalmo Arantes de Barros                      UEMG

Dra. Soraya Alvarenga Botelho                      UFLA

Dra. Rosângela Alves Tristão Borém                      UFLA

Prof. Dr. Luís Antônio Coimbra Borges  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2018**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a conquista deste objetivo.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciências Florestais (DCF), pela oportunidade de realização do Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador Professor Luís Antônio pela oportunidade, confiança depositada em mim e em meu trabalho e aos ensinamentos.

Aos Professores Marco Aurélio, Dalmo e Warley que me coorientaram na construção desta pesquisa e foram fontes de inspiração.

Aos professores Soraya Botelho e Júlio Bueno que me auxiliaram com valiosos ensinamentos.

À professora Rosângela Borém, pelos ensinamentos, credibilidade em mim confiada e pela oportunidade à docência.

Aos meus pais Weber e Celina e minhas irmãs Dagmar, Ellen e Júnior, pelo esteio e amor!

À Amanda Lago e à Amanda Cunha pelo companheirismo, carinho, préstimo, conselhos e estímulo para vencer esta etapa.

Às minhas madrinhas amadas, Maria Augusta e Irene Barbosa, e tia Lenir, pelo zelo e amor.

Às amigas-irmãs, Lorena e Marielle, pelas horas de descontração e por tornarem parte da minha família.

Aos amigos Marcel Irving e Marcondes Bicalho, e aos amigos e colegas de Laboratório, pelas parcerias.

À Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD) pela concessão dos dados de Autos de Infração para a presente pesquisa.

Aos funcionários e amigos do DCF, em especial Juliano e Dona Chica, por serem sempre prestativos e atenciosos.

Aos amigos da Biologia e demais amigos, por estarem, de alguma forma, sempre presentes em minha vida proporcionando-me muita alegria.

*Muito Obrigada!*

## RESUMO GERAL

A partir da sanção do Novo Código Florestal (CF), todos Estados deverão implementar políticas públicas para regularização ambiental e estabelecer programas para esse fim. Contudo, assim como em Minas Gerais, muitos estados não possuem instrumentos legais para direcionar as ações de regularização. O efetivo controle e fiscalização das áreas protegidas no interior de imóveis rurais se fazem de suma importância para impulsionar as ações de recuperação e regularização ambiental. Questiona-se se controle e fiscalização acompanharam a atualização do CF. Como objetivo pretendeu-se revelar os cenários em que se encontram, legalmente, as Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais e, em segundo momento, avaliar e revelar os aspectos políticos e científicos necessários para que se faça cumprir a restauração ambiental, a partir de uma árvore de decisão, bem como apontar os aspectos a serem considerados na construção dessa ferramenta. Foram levantadas as infrações ambientais ocorridas em Minas Gerais e realizadas análises e modelos estatísticos para se conhecer os principais riscos e ameaças sob os quais as APP e RL estão sendo submetidos e avaliar os cenários de degradação. Para composição da chave, de posse do conhecimento das atividades ilícitas, foram associados os decorrentes impactos negativos e as possíveis técnicas recomendadas, a partir de extensa revisão bibliográfica e documental. Os resultados indicaram que o sistema de controle e fiscalização não acompanhou a atualização da instrumentação legal, dificultando o cumprimento da Lei e expondo as áreas protegidas à degradação. Portanto, essas necessitarão de regularização ambiental e, conseqüentemente, de chaves de decisão como ferramenta de apoio. Para que a regularização seja efetiva e se faça cumprir, são necessários o fortalecimento dos órgãos ambientais de fiscalização e estudos científicos que ampliem eficiência das chaves de decisão.

**Palavras-chave:** Código Florestal. Restauração ecológica. Impactos ambientais.

## GENERAL ABSTRACT

All states must implement public policies and establish programs for environmental regulation since the enactment of the New Forest Code (CF). However, many states do not have legal instruments to direct regularization actions, as in Minas Gerais state. The effective control and inspection of protected areas within rural properties are very important to boost environmental recovery and regularization actions. It is questioned if control and inspection followed the updating of the CF. The objective was to reveal the scenarios in which the Permanent Preservation Areas (APP) and Legal Reserves (RL) are legally located and, secondly, to assess and disclose the political and scientific aspects necessary to enforce environmental restoration, from a decision tree, as well as pointing out the aspects to be considered in the construction of this tool. In order to know the main risks and threats under which the APP and RL are being submitted and to evaluate the degradation scenarios, the environmental infractions occurred in Minas Gerais were researched and statistical analyzes and models were carried out. For the composition of the key, with knowledge of illicit activities, the negative impacts and the possible recommended techniques were associated with an extensive bibliographical and documentary review. The results indicated that the control and inspection system did not accompany the updating of legal instrumentation, making it difficult to comply with the Law and exposing protected areas to degradation. Therefore, these will need environmental regularization and, consequently, decision keys as a support tool. In order for the regularization to be effective and enforced, it is necessary to strengthen the environmental inspection agencies and scientific studies that increase the efficiency of the decision keys.

**Keywords:** Forest Code. Ecological restoration. Environmental impacts.

## LISTA DE FIGURAS

### SEGUNDA PARTE

#### ARTIGO 1

Figura 1 –	Número de autos de infração por ano e mesorregião em Minas Gerais.....	55
Figura 2 –	Proporção de intervenções em Áreas de Preservação Permanente em Minas Gerais entre os anos de 2008 a 2016, segundo a Lei Federal nº 12.651/2012 e Lei Estadual nº 20.922/2013.....	56
Figura 3 –	Área degradada (ha) em Áreas de Preservação Permanente, das mesorregiões de Minas Gerais, entre os anos de 2008 a 2016.....	61
Figura 4 –	Dependência espacial para o modelo 2, entre 2008 a 2016.....	66
Figura 5 –	Interação entre número de autuação por ano e mesorregião, entre 2008 a 2016 (para o modelo 2).....	67
Figura 6 –	Dependência espacial entre o valor das multas por mesorregiões de Minas Gerais (para o modelo 3), entre 2008 a 2016.....	71
Figura 7 –	Interação entre valores das autuações por ano e mesorregião, entre 2008 a 2016 (para o modelo 3).....	73

#### ARTIGO 2

Figura 1 –	Chave de decisão para Programas de Regularização Ambiental.....	90
------------	---	----



## LISTA DE TABELAS

### PRIMEIRA PARTE

Tabela 1 –	Largura da Área de Preservação Permanente em relação à largura do curso de água, segundo a Lei Federal nº 12.651/2012. ....	17
Tabela 2 –	Largura da Área de Preservação Permanente de acordo com a superfície, segundo a Lei Federal nº 12.651/2012...	18
Tabela 3 –	Recomposição mínima da Área de Preservação Permanente de acordo com o tamanho do imóvel rural em Módulos Fiscais (MF), segundo a Lei Federal nº 12.651/2012. ....	26
Tabela 4 –	Recomposição mínima da Área de Preservação Permanente de acordo com o tamanho do imóvel rural em Módulos Fiscais (MF), pela legislação de Minas Gerais, Lei Estadual nº 20.922/2013. ....	27

### SEGUNDA PARTE

#### ARTIGO 1

Tabela 1 –	Tipo de Intervenção ocorrida em Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal entre 2008 e 2016, no estado de Minas Gerais. ....	49
Tabela 2 –	Frequência dos tipos de intervenções ilícitas, em Áreas de Preservação Permanente, por mesorregião de Minas Gerais. ....	59
Tabela 3 –	Resumo dos efeitos do modelo 1 (em escala natural). ....	64
Tabela 4 –	Resumo dos efeitos fixos do modelo 2.....	65
Tabela 5 –	Resumo dos efeitos fixos do modelo 3.....	70

## LISTA DE SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
AUR	Área de Uso Restrito
CAP	Controle de Autos de Infrações e Processos
CAR	Cadastro Ambiental Rural
CF	Código Florestal
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRA	Cota de Reserva Ambiental
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEF	Instituto Estadual de Florestas
LPVN	Lei de Proteção da Vegetação Nativa
MF	Módulos Fiscais
MG	Minas Gerais
PRA	Programa de Regularização Ambiental
PRADA	Projeto de Recomposição Ambiental de Áreas Degradadas ou Alteradas
RL	Reserva Legal
RN	Regeneração Natural da Vegetação Original
SAF	Sistema Agroflorestal
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
TC	Termo de Compromisso

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE .....</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>2.1</b>	<b>Objetivo geral.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2</b>	<b>Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>HIPÓTESE.....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>4.1</b>	<b>Aspectos legais sobre a localização das Áreas de Preservação Permanente.....</b>	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>Importância da preservação permanente desses ambientes.....</b>	<b>21</b>
<b>4.3</b>	<b>Aspectos Legais sobre intervenção e regularização das ocupações em APP .....</b>	<b>23</b>
<b>4.4</b>	<b>Aspectos legais sobre a intervenção e regularização das ocupações em RL .....</b>	<b>30</b>
<b>4.5</b>	<b>A restauração ecológica no Brasil: conquistas e desafios.....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>39</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>40</b>
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS.....</b>	<b>44</b>
	<b>ARTIGO 1 – EVIDÊNCIAS DA INAPLICABILIDADE DO CÓDIGO FLORESTAL NO BRASIL.....</b>	<b>45</b>
	<b>ARTIGO 2 – CHAVE DE DECISÃO PARA PROGRAMAS DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL ....</b>	<b>81</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO GERAL**

A degradação dos recursos naturais, decorrente do uso inadequado da terra e da expansão da produção agrícola sem planejamento, sempre foi uma realidade a ser enfrentada no Brasil. Diagnósticos realizados em conformidade com antigo Código Florestal, Lei Federal nº 4.771/1965, demonstraram que existia um passivo da ordem de 83 milhões de hectares de Áreas de Preservação Permanente (APP) ocupadas irregularmente (SILVA et al., 2012). Sendo assim, com um notável objetivo de sanar o passivo ambiental que imperava no país, foi sancionada a Lei Federal de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), nº 12.651/2012, conhecida como Novo Código Florestal.

A revisão do código resultou em anistias aos proprietários ou posseiros de imóveis que desmataram seus terrenos até 22 de julho de 2008. Com uma redução de 58% dos passivos ambientais dos imóveis rurais do Brasil, as áreas a serem restauradas reduziram-se de 50 para 21 milhões de hectares, sendo que 78% dessa área seriam compostas de Reservas Legais (RL) e 22% de Áreas de Preservação Permanente ao longo dos cursos d'água (SOARES-FILHO et al., 2014).

Um dos maiores desafios de execução do Código Florestal, ainda presente após seis anos de sua sanção, refere-se à recomposição das APP e à recuperação ou compensação das RL, sobre as mais diversas paisagens do País. A primeira etapa para correção desses passivos ambientais consistirá na adesão ao Programa de Regularização Ambiental (PRA). Trata-se de um conjunto, de ações ou iniciativas, composto de quatro instrumentos (o Cadastro Ambiental Rural - CAR, o Termo de Compromisso - TC, o Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas - PRADA e as Cotas de Reserva Ambiental -

CRA - quando couber), a serem adotados por proprietários ou posseiros rurais com objetivo de adequar e promover a regularização ambiental.

Após a inscrição eletrônica e análise do CAR, identificada a necessidade de regularização ambiental, o órgão integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) convocará os proprietários ou posseiros para assinarem o Termo de compromisso que se constituirá como um título executivo extrajudicial, a partir do qual se comprovará a regularidade do imóvel rural. Simultaneamente, ao aderir ao PRA, os proprietários ou posseiros rurais deverão apresentar propostas para regularização de seus imóveis, por meio do PRADA, o qual deverá abranger parâmetros para a regeneração ou recomposição das RL, APP e das Áreas de Usos Restritos (AURs), além de compensação da RL, quando couber.

Com o propósito de descentralizar o processo de regularização, a Lei Florestal previu que os estados deveriam criar, monitorar e fiscalizar os Planos ou Projetos de Regularização Ambiental de seus territórios. Alguns estados como Pará, São Paulo e Rio de Janeiro já elaboraram normas que dispõem sobre o programa de regularização ambiental com orientações relacionadas à adesão ao programa, à documentação exigida, aos prazos e sanções. Contudo, a maioria dos estados não possui seu próprio PRA, dispondo-se de diretrizes contidas no Decreto Federal nº 8.235/2014 para se fazer cumprir a regularização dos passivos ambientais existentes em suas terras.

No estado Minas Gerais ainda existe a Lei nº 20.922/2013, que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, conhecida como Código Florestal de Minas Gerais, com normas gerais sobre o uso e regularização das áreas protegidas como APP e RL. Não existe nenhuma norma específica para o programa de regularização ambiental, mas já se discute sobre o programa e as possibilidades de uma legislação própria para o estado. Faz-se oportuno destacar aqui dois aspectos mais importantes encontrados na legislação

ambiental que vigora em Minas Gerais e que devem ser ponderados ao se propor novas orientações para a regularização ambiental:

- Ao se tratar de plantios: conforme o Art. 61-A, §13, Inciso IV da Lei Federal nº 12.651/2012 e o Art.16, §9º, Inciso V da Lei Estadual nº 20. 922/2013, a recuperação das APP, em pequenas propriedades rurais, pode ser realizada por meio de plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional em até 50% da área a ser recomposta. Já para as médias e grandes propriedades rurais entende-se que devam ser recompostas apenas mediante o plantio de espécies nativas. Seja para pequenas ou grandes propriedades, a falta de uma regra que exija um número mínimo de espécies ao final de uma prática de recuperação ambiental, como na legislação de São Paulo, Resolução SMA nº 32/2014, abre espaço para atividades que não cumprirão com as funções de uma APP, pois, desta forma, um monocultivo de jaboticaba (espécie nativa) já deixaria a propriedade em regularidade.
- Recuperação em APP de morros: a Lei Federal nº 12.651/12 (Art. 66) e a Lei de Estadual de Minas Gerais nº 20.922/2013 (Art. 20) determinaram que tanto nas encostas e nos topos de morros, quanto nas bordas dos tabuleiros e chapadas e nas áreas com altitudes superiores a mil e oitocentos metros, serão admitidas, não só a manutenção das atividades florestais e das culturas de espécies lenhosas, perenes ou de ciclos longos, como também, toda infraestrutura física associada ao desenvolvimento dessas atividades, vedada a conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo. Nota-se que não estabelecem uma metragem mínima a ser recomposta. Uma vez que não exigem a recuperação dessas áreas, como atender ao restabelecimento de um curso d'água que esteja assoreado? Como garantir a manutenção das funções e dos serviços prestados por essas APP? O Código Florestal, de fato, viabiliza a restauração ambiental?

Essas lacunas da legislação, aliadas ao fato de que os proprietários ou posseiros rurais poderão indicar projetos para a regularização de seus imóveis, fomentam a necessidade dos órgãos ambientais estabelecerem modelos de tomadas de decisão, a serem incorporados em PRAs, para orientar os projetos de restauração ecológica e, com isso, propiciar maior proteção ao ambiente.

Percebe-se que o Código Florestal foi sancionado sob o subterfúgio de sanar o passivo acumulado, por anos de descumprimento às Leis Ambientais, e sob o propósito de melhorar a gestão e o controle dos recursos naturais do Brasil, por meio do novo sistema de Cadastro Ambiental Rural. No entanto, é necessário que os sistemas de controle acompanhem a atualização da instrumentalização legal, permitindo a aplicabilidade da Lei Florestal. Questiona-se, pelo exposto, se tais medidas estão sendo suficientes para sanar os passivos ambientais, e se os aspectos legais e científicos da restauração ecológica no Brasil vão acompanhar o propósito, da atualização do Código Florestal, de restaurar a parte do passivo que não foi consolidada.

Este estudo justifica-se pela necessidade de avaliação do cumprimento do Código Florestal (CF) a partir da complexidade dos aspectos legais e científicos que envolvem as atividades de regularização ambiental. Desde a sanção do CF, é urgente a concepção de políticas e programas para regularização ambiental e, neste contexto, também nortear a recuperação ambiental em larga escala. Para tal, o presente estudo propõe o desenvolvimento de uma Chave ou Árvore de Decisão para a previsão e simulação de situações de impactos ambientais em APP e indicações técnicas para a recuperação. Destarte, por meio de estudo de caso de Minas Gerais, no primeiro artigo será avaliado o cumprimento do Código Florestal e os possíveis cenários de intervenções em APP e RL. No segundo artigo, revelar-se-ão os aspectos a serem considerados durante a elaboração de uma chave de decisão que possa viabilizar a regularização dos imóveis rurais em acordo com o Código Florestal.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar o cumprimento do Código Florestal brasileiro e os aspectos legais e científicos que envolvem as atividades de regularização ambiental, para revelar os aspectos que podem influenciar no grau de viabilidade da restauração ambiental das Áreas de Preservação Permanente.

### **2.2 Objetivos específicos**

- a) Analisar o cumprimento do Código Florestal por meio da análise de autos de infração recorrentes no estado de Minas Gerais. E, por meio destes autos, avaliar os cenários de perturbação de Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), para posterior concepção de modelos de recuperação ambiental.
  
- b) Por meio de um estudo de caso de Minas Gerais, avaliar a viabilidade da composição de uma Chave de Decisão para restauração de APP, em grande escala. Propor um modelo (chave) de decisão que contemple as diversas situações que possam ser encontradas diante de um processo de recuperação ambiental e, assim, revelar as possibilidades de recomendações.



### **3 HIPÓTESE**

O sistema de controle e fiscalização não tem acompanhado a atualização dos instrumentos legais de proteção da vegetação nativa, isto é, do Código Florestal, o que pode comprometer a proteção e inviabilizar a recuperação ambiental.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

O texto a seguir, composto de uma revisão documental e bibliográfica, está organizado de forma a apontar os aspectos legais que envolvem as Áreas de Preservação Permanente, de Minas Gerais, bem como sua importância e as flexibilizações impostas pelo Novo Código Florestal no tocante à localização, proteção e restauração; e a mostrar um breve panorama da restauração ecológica no Brasil, com as suas principais conquistas e desafios.

### 4.1 Aspectos legais sobre a localização das Áreas de Preservação Permanente

Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas:

- a) As faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de (Tabela 1) (Art. 4º, Inciso I, da Lei Federal nº 12.651/2012):

Tabela 1 – Largura da Área de Preservação Permanente em relação à largura do curso de água, segundo a Lei Federal nº 12.651/2012.

Largura do curso d'água (m)	Largura da APP (m)
≤ 10	30
10 a 50	50
50 a 200	100
200 a 600	200
> 600	500

Fonte: Do autor (2018) elaborado a partir da Lei Federal nº 12.651/2012.

As metragens estabelecidas pelo Código Florestal, Lei Federal nº 4.771/1965, foram mantidas no escopo da nova Lei Florestal. No entanto, em vez de instituí-la desde o seu nível mais alto, os cálculos são estabelecidos a partir da borda da calha do leito regular. Desconsideram, ainda, as faixas marginais dos cursos efêmeros, abrangendo somente os perenes e intermitentes.

- b) As áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais (Art. 4º, Inciso II da Lei Federal nº 12.651/12):

Tabela 2 – Largura da Área de Preservação Permanente de acordo com a superfície, segundo a Lei Federal nº 12.651/2012.

APP (m)	Área
≥ 50	≤ 20 ha rural
≥ 100	> 20 ha rural
≥ 30	Urbana

Fonte: Do autor (2018) elaborado a partir da Lei Federal nº 12.651/2012.

Em zonas rurais, nas áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais com até 20 (vinte) hectares de superfície, a faixa marginal deverá ter, no mínimo, 50 (cinquenta) metros, e se acima de vinte hectares de superfície (lâmina d'água) a faixa marginal deverá ter, no mínimo 100 (cem) metros.

- c) As áreas no entorno de reservatórios artificiais decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento (Art. 4º, Inciso III da Lei Federal nº 12.651/12).

Neste quesito, a legislação Florestal de Minas Gerais, Lei Estadual nº 20.922/2013, especificou metragens a serem adotadas (Art. 9º, §4º e 3º): no entorno de reservatórios artificiais situados em áreas urbanas, a APP será de 15 metros (salvo regulamentação municipal); e, se situados em áreas rurais com

até 20 hectares de superfície, a APP terá, no mínimo, 15 metros, calculados a partir da cota máxima de operação, observada a faixa máxima de 50 metros. Tanto a legislação federal quanto a mineira, dispensaram a reserva da faixa de proteção em acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 01 hectare.

Para os reservatórios artificiais que não decorrerem de barramento e represamento, a APP não será exigida (Art. 4º, §1º da Lei Federal nº 12.651/2012 e Art. 9º, §2º da Lei Estadual nº 20.922/2013). E, ainda, naqueles destinados à geração de energia ou abastecimento público, será obrigatória a aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das APP conforme estabelecido no licenciamento ambiental, respeitando-se a faixa mínima de 30 m e máxima de 100 m em área rural e a faixa mínima de 15 m e máxima de 30 m em áreas urbanas (Art. 5º da Lei Federal nº 12.651/2012 e Art. 22 da Lei Estadual nº 20.922/2013).

- d) As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (Art. 4º, Inciso IV da Lei Federal nº 12.651/2012);

O Código Florestal anterior considerava como nascente o “afloramento natural do lençol freático, ainda que intermitente, que dá início a um curso d'água”. Já o Novo Código reconhece como nascente o “afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água”. Nota-se que o Código Florestal de 1965 proporcionava maior proteção, uma vez que abrangia olhos d'água intermitentes.

- e) As encostas ou partes destas com declividade superior a 45º, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive (Art. 4º, Inciso V da Lei Federal nº 12.651/12);

- f) As bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais (Art. 4º, Inciso VIII da Lei Federal nº 12.651/12);
- g) No topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25º, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (Art. 4º, Inciso IX da Lei Federal nº 12.651/12);

Nos topos de morros a proteção também era maior. Pela antiga lei federal, considerava-se como morro a elevação dos terrenos com cota do topo em relação à base entre 50 a 300 metros e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente 17º) na linha de maior declive.

- h) As áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação (Art. 4º, Inciso X da Lei Federal nº 12.651/12);
- i) Em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado (Art. 4º, Inciso XI da Lei Federal nº 12.651/12);

A lei mineira revelou-se mais restritiva nesse quesito por não determinar a necessidade de um espaço permanentemente brejoso e encharcado, a partir do qual se medirá a APP. Segundo Art. 9º Inciso IX da Lei Estadual nº 20.922/2013, considera-se como APP a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 metros, a partir do término da área de solo hidromórfico. Assim, a partir do término deste solo, estando ele

permanentemente ou em determinado período do ano encharcado, deverá ser estabelecido uma faixa de APP.

As escarpas, as linhas de cumeadas, os locais de refúgio ou reprodução de aves migratórias, os locais de refúgio ou reprodução de exemplares da fauna ameaçadas de extinção e as praias, em locais de nidificação e reprodução da fauna silvestre, não estão incluídas no texto das novas legislações florestais (federal e mineira). Percebe-se mais uma flexibilidade da nova lei em comparação com a anterior que, com acréscimo da Resolução CONAMA nº 303/2002, mantinha todas essas áreas como de preservação permanente.

Pela nova lei mineira (Lei nº 20.922/2013), estas áreas podem ser incluídas, de acordo com o Art. 10º, como APP declaradas por ato do Chefe do Poder Executivo, cobertas com florestas ou outras formas de vegetação destinadas a uma ou mais das seguintes finalidades: (I) Conter a erosão do solo e mitigar riscos de enchentes e deslizamentos de terra e de rocha; (II) Proteger veredas; (III) Proteger várzeas; (IV) Abrigar exemplares da fauna ou da flora ameaçados de extinção ou endêmicos; (V) Proteger sítios de excepcional beleza ou de valor científico, cultural ou histórico; (VI) Formar faixas de proteção ao longo de rodovias e ferrovias; (VII) Assegurar condições de bem-estar público; (VIII) Auxiliar a defesa do território nacional, a critério das autoridades militares; e (IX) Proteger áreas úmidas.

#### **4.2 Importância da preservação permanente desses ambientes**

De acordo com a atual legislação florestal brasileira, Lei Federal nº 12.651/2012, as Áreas de Preservação Permanente, cobertas ou não por vegetação nativa, possuem função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de

fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012).

A importância das APP pode ser representada em dois aspectos: como componentes físicos do agrossistema e com relação aos serviços ecológicos prestados pela flora existente, incluindo todas as associações por elas proporcionadas com os componentes bióticos e abióticos do agroecossistema. Segundo esses autores, vários são os benefícios elencados: (I) em encostas, por exemplo, a vegetação promove a estabilidade do solo pelo emaranhado de raízes das plantas, evitando sua erosão e protegendo as partes mais baixas do terreno como os cursos d'água; (II) nas nascentes, a vegetação atua como amortecedor das chuvas, evitando seu impacto direto sobre o solo e a sua compactação. Além disso, permite, juntamente com toda massa de raízes das plantas, que o solo permaneça poroso e capaz de absorver água das chuvas, alimentando os lençóis freáticos; (III) nas margens de cursos d'água ou reservatórios, garante a estabilização de suas margens evitando que o seu solo seja levado diretamente para o leito dos cursos; atuando como um filtro ou como um "sistema tampão"; (IV) fornecem de refúgio e alimentos para fauna terrestre e aquática; (V) atuam como corredores de fluxo gênico para elementos da flora e fauna pela possível interconexão de APP adjacentes ou com áreas de RL, entre outros (BOTELHO; DAVID, 2002; BORGES; REZENDE, 2011; SILVA et al., 2012; SKORUPA, 2003; TUNDISI; TUNDISI, 2010).

Pode-se perceber que as APP possuem importância substancial para o equilíbrio dos processos ecológicos na natureza. Conforme Odum (2001), o ecossistema é uma unidade funcional ecológica básica que inclui a totalidade dos organismos de uma determinada área, interagindo com o ambiente físico de forma que um fluxo de energia conduza ao estabelecimento de uma organização trófica, de ciclos de materiais, isto é, de troca de materiais entre partes bióticas e abióticas, e também de uma diversidade biológica visivelmente definida. Alterar

uma unidade ecológica, onde os organismos estão ligados entre si, por interações complexas que influenciam mutuamente as propriedades de seus componentes, pode comprometer a qualidade ambiental de modo sistêmico.

Apesar de toda importância atrelada às APP e as possíveis implicabilidades decorrentes da intervenção antrópica nesses espaços, como observado acima, as regras no Novo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012) foram abrandadas. Além disso, consolidaram a permissão de atividades e empreendimentos rurais implantados em APP anteriormente à data de 22 de julho de 2008 reduzindo, com isso, a obrigação legal de recuperação dessas áreas em toda sua extensão como mostra o item a seguir.

#### **4.3 Aspectos Legais sobre intervenção e regularização das ocupações em APP**

O regime de proteção das Áreas de Preservação Permanente, tanto pela Lei Federal antiga (Art. 4º, Lei Federal nº 4.771/1965) quanto pela atual (Art. 8º, Lei Federal nº 12.651/2012), e também pela mineira (Art.12, Lei Estadual nº 20.922/2013), é inexorável, estabelecendo que essas áreas devem ser mantidas intocadas, salvo os casos excepcionais, de utilidade pública, interesse social ou baixo impacto ambiental:

##### ***Utilidade pública***

- a. As atividades de segurança nacional e proteção sanitária;*
- b. As obras de infraestrutura destinadas às concessões e aos serviços públicos de transporte, sistema viário, inclusive aquele necessário aos parcelamentos de solo urbano aprovados pelos Municípios, saneamento, gestão de resíduos, energia, telecomunicações, radiodifusão, instalações necessárias à realização de competições esportivas estaduais, nacionais ou internacionais, bem como mineração, exceto, neste último caso, a extração de areia, argila, saibro e cascalho;*
- c. Atividades e obras de defesa civil;*



- d. *Atividades que comprovadamente proporcionem melhorias na proteção das funções ambientais referidas no Inciso II deste Artigo;*
- e. *Outras atividades similares devidamente caracterizadas e motivadas em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional ao empreendimento proposto, definidas em ato do Chefe do Poder Executivo Federal.*

***Interesse social:***

- a. *as atividades imprescindíveis à proteção da integridade da vegetação nativa, tais como prevenção, combate e controle do fogo, controle da erosão, erradicação de invasoras e proteção de plantios com espécies nativas;*
- b. *a exploração agroflorestal sustentável praticada na pequena propriedade ou posse rural familiar ou por povos e comunidades tradicionais, desde que não descaracterize a cobertura vegetal existente e não prejudique a função ambiental da área;*
- c. *a implantação de infraestrutura pública destinada a esportes, lazer e atividades educacionais e culturais ao ar livre em áreas urbanas e rurais consolidadas, observadas as condições estabelecidas nesta Lei;*
- d. *a regularização fundiária de assentamentos humanos ocupados predominantemente por população de baixa renda em áreas urbanas consolidadas, observadas as condições estabelecidas na Lei Federal nº 11.977, de 7 de julho de 2009;*
- e. *implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e de efluentes tratados para projetos cujos recursos hídricos são partes integrantes e essenciais da atividade;*
- f. *as atividades de pesquisa e extração de areia, argila, saibro e cascalho, outorgadas pela autoridade competente;*
- g. *outras atividades similares devidamente caracterizadas e motivadas em procedimento administrativo próprio, quando inexistir alternativa técnica e locacional à atividade proposta, definidas em ato do Chefe do Poder Executivo Federal.*

***Atividades eventuais ou de baixo impacto ambiental:***

- a. *abertura de pequenas vias de acesso interno e suas pontes e pontilhões, quando necessárias à travessia de um curso d'água, ao acesso de pessoas e animais para a obtenção de água ou à retirada de produtos oriundos das atividades de manejo agroflorestal sustentável;*

- b. implantação de instalações necessárias à captação e condução de água e efluentes tratados, desde que comprovada a outorga do direito de uso da água, quando couber;*
- c. implantação de trilhas para o desenvolvimento do ecoturismo;*
- d. construção de rampa de lançamento de barcos e pequeno ancoradouro;*
- e. construção de moradia de agricultores familiares, remanescentes de comunidades quilombolas e outras populações extrativistas e tradicionais em áreas rurais, onde o abastecimento de água se dê pelo esforço próprio dos moradores;*
- f. construção e manutenção de cercas na propriedade;*
- g. pesquisa científica relativa a recursos ambientais, respeitados outros requisitos previstos na legislação aplicável;*
- h. coleta de produtos não madeireiros para fins de subsistência e produção de mudas, como sementes, castanhas e frutos, respeitada a legislação específica de acesso a recursos genéticos;*
- i. plantio de espécies nativas produtoras de frutos, sementes, castanhas e outros produtos vegetais, desde que não implique supressão da vegetação existente nem prejudique a função ambiental da área;*
- j. exploração agroflorestal e manejo florestal sustentável, comunitário e familiar, incluindo a extração de produtos florestais não madeireiros, desde que não descaracterizem a cobertura vegetal nativa existente nem prejudiquem a função ambiental da área;*
- k. outras ações ou atividades similares, reconhecidas como eventuais e de baixo impacto ambiental em ato do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA ou dos Conselhos Estaduais de Meio Ambiente.*

A supressão da APP depende de aprovação dos órgãos ambientais e somente será permitida nos limites previstos no código florestal, não se dispensando medidas mitigadoras e compensatórias. Com isso, tendo ocorrido a supressão da vegetação situada em Área de Preservação Permanente, ressalvados os usos autorizados, o proprietário da área, possuidor ou ocupante a qualquer título é obrigado a promover a recomposição da vegetação.

Além das atividades acima permitidas, o Código Florestal autoriza a continuidade das atividades agrossilvopastoris, de ecoturismo e turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008, até mesmo nas APP localizadas em imóveis inseridos nos limites de Unidades de Conservação, desde que estas disponham de Plano de Manejo elaborado e aprovado de acordo com orientações emitidas pelo órgão competente do SISNAMA.

Conforme o Art. 61-A, da Lei Federal nº 12.651/2012, a realização das atividades observará critérios técnicos de conservação do solo e da água, sendo vedada a conversão de novas áreas para uso alternativo nesses locais. Além disso, essas propriedades serão obrigadas a recompor a Área de Preservação Permanente de acordo com o tamanho da propriedade e em alguns casos de acordo também com a largura do curso d'água como mostra a Tabela 3:

Tabela 3 – Recomposição mínima da Área de Preservação Permanente de acordo com o tamanho do imóvel rural em Módulos Fiscais (MF), segundo a Lei Federal nº 12.651/2012.

Área do imóvel rural (MF)	Faixas marginais (m)	Entorno de nascentes (m)	Entorno de lagos e lagoas naturais (m)	Entorno de veredas (m)
≤1	<b>5</b>	15	<b>5</b>	30
>1 a 2	<b>8</b>	15	<b>8</b>	30
>2	15	15	15	30
>2 a 4	<b>15</b>	15	<b>15</b>	30
≤4	15	15	15	<b>30</b>
>4 a 10	*	15	30	50
>4	*	15	<b>30</b>	<b>50</b>

\*De acordo com o plano de regularização ambiental (PRA), observando-se o mínimo de 20 metros e máximo de 100 metros. O destaque em negrito corresponde ao valor do parâmetro descrito na legislação.

Fonte: Do autor (2018), elaborado a partir da Lei Federal nº 12.651/2012.

Para imóveis rurais que possuam área consolidada em APP ao longo de cursos d'água naturais, torna-se obrigatória a recomposição das respectivas

faixas marginais contadas a partir da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água, em cinco metros para áreas com até um módulo fiscal, oito metros para áreas maiores que um módulo até dois módulos fiscais, e quinze metros para áreas maiores que dois até quatro módulos fiscais. Para imóveis cujas áreas são superiores a quatro módulos fiscais a extensão será estimada de acordo com o plano de recuperação ambiental, observado o mínimo de vinte metros e máximo de cem metros.

Cabe salientar aqui que, em Minas Gerais (Art.16, Lei Estadual nº 20.922/2013), em imóveis que possuem área superior a quatro MF ao longo de cursos d'água naturais, serão obrigatórias as recomposições das respectivas faixas marginais em (TABELA 4): (I) 20 metros, contados da borda da calha do leito regular, nos cursos d'água com até 10 metros de largura, para imóveis com área superior a quatro e inferior a dez módulos fiscais; (II) extensão correspondente à metade da largura do curso d'água, observado o mínimo de 30 metros e o máximo de 100 metros contados da borda da calha do leito regular, nos cursos d'água com mais de 10 metros de largura ou para imóveis com área superior a dez módulos fiscais.

Tabela 4 – Recomposição mínima da Área de Preservação Permanente de acordo com o tamanho do imóvel rural em Módulos Fiscais (MF), pela legislação de Minas Gerais, Lei Estadual nº 20.922/2013.

Área do imóvel rural (MF)	Largura do curso d'água (m)	Recomposição mínima a ser feita (m)
> 4 a 10	≤ 10	20
>10	>10	½ da largura mín. 30 a máx. 100

Fonte: Do autor (2018), elaborado a partir da Lei Estadual nº 20.922/2013.

Em continuação à análise da Tabela 3 (Art. 61-A, Lei Federal nº 12.651/2012), nos casos de áreas rurais consolidadas no entorno de nascentes e olhos d'água perenes, torna-se obrigatória a recomposição num raio mínimo de

quinze metros para todos imóveis. Chama-se a atenção aqui para o fato dessa flexibilidade não ter sido outorgada apenas às pequenas propriedades, como também, às detentoras de mais de quatro módulos fiscais. Reforça-se ainda a importância das nascentes, pois são elas as responsáveis pelo abastecimento dos riachos, dos córregos e dos cursos d'água que, por sua vez, abastecem os rios. Se não houver a devida proteção, menor será a vazão de água disponível, podendo acarretar em secagem dos cursos, afetando todos os seres vivos que dependem dela para sobreviver.

Para imóveis rurais no entorno de lagos e lagoas naturais, a recomposição da faixa mínima é de cinco metros para imóveis com até um módulo fiscal, oito metros para imóveis com área superior a um módulo fiscal até dois módulos, quinze metros para imóveis com área superior a dois módulos até quatro módulos fiscais, e trinta metros para imóveis com área superior a quatro módulos fiscais.

Por último, o Código Florestal de 2012 (Art. 61-A) afirmou a obrigatoriedade de recomposição em áreas consolidadas em veredas, sendo a recomposição em faixas marginais em projeção horizontal, delimitadas a partir do espaço brejoso encharcado com largura mínima de trinta metros para imóveis com área até quatro módulos fiscais e cinquenta metros para imóveis com área superior a quatro módulos fiscais. Essa mesma obrigatoriedade foi mantida no escopo da Lei mineira nº 20.922/2013 (Art.16, §5º). Contudo, para o agricultor familiar desse estado, será garantida a continuidade das atividades econômicas relacionadas com as cadeias de sociobiodiversidade<sup>1</sup> na área de recomposição (nos 30 metros a partir do término do solo hidromórfico), observada as seguintes condições: (I) manutenção da função do corredor ecológico e refúgio úmido exercido pela vereda no bioma Cerrado e nos ecossistemas associados; e (II) proibição do uso do fogo e dessedentação de animais.

Quanto aos reservatórios artificiais de água (Art. 62 da Lei Federal nº 12.651/2012 e Art. 22 §único da Lei nº 20.922/2013) destinados à geração de energia ou abastecimento público que foram registrados ou tiveram seus contratos de concessão ou autorização anteriormente à Medida Provisória nº 2.166-67/2001, a faixa da Área de Preservação Permanente será a distância entre o nível máximo operativo normal e a cota máxima *maximorum* (BRASIL, 2001).

Para a recomposição das APP, o Art. 61-A§13 determinou que poderão ser realizadas, isoladas ou conjuntamente, (I) a condução da regeneração natural de espécies nativas; (II) o plantio de espécies nativas; (III) o plantio de espécies nativas conjugado com a condução da regeneração natural de espécies nativas; e (IV) o plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até 50% da área total a ser recomposta, no caso das pequenas propriedades rurais.

Já para as APP de Morros, a Lei Federal nº 12.651/12, determinou que tanto nas encostas e nos topos de morros, quanto nas bordas dos tabuleiros e chapadas e nas áreas com altitudes superiores a mil e oitocentos metros, serão admitidas, não só a manutenção das atividades florestais e das culturas de espécies lenhosas, perenes ou de ciclos longos, como também, toda infraestrutura física associada ao desenvolvimento dessas atividades, vedada a conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo (BRASIL, 2012).

Pelo Art 3º§3º da referida lei, fica admitido nas bordas de tabuleiros ou chapadas, a consolidação de outras atividades agrossilvopastoris, ressalvadas as situações de riscos, para os imóveis rurais com até 4 (quatro) módulos fiscais, no âmbito do PRA, a partir de boas práticas agronômicas e de conservação do solo e da água. Quanto às pastagens, segundo Art. 3º §1º, deverão ficar restritas às áreas de vegetação campestres naturais ou já convertidas para vegetação campestre, admitindo-se o consórcio com vegetação lenhosa perene ou de ciclo

longo. Em outras palavras, as APP de morros não precisam ser restauradas, contando que sejam utilizadas mediante as boas práticas de manejo.

#### **4.4 Aspectos legais sobre a intervenção e regularização das ocupações em RL**

Todo imóvel rural deve dispor de uma área com cobertura de vegetação nativa, a título de Reserva Legal, sem prejuízo da aplicação das normas sobre as Áreas de Preservação Permanente, observados, segundo Art. 12 da Lei Federal nº 12.651/2012, os seguintes percentuais mínimos em relação à área do imóvel: 80% no imóvel situado em áreas de florestas na Amazônia Legal, 35% no imóvel situado em áreas de cerrado na Amazônia Legal, 20% no imóvel situado em área de campos gerais na Amazônia Legal e 20% localizado nas demais regiões do País.

O proprietário da gleba, possuidor ou ocupante a qualquer título da Reserva Legal deverá conservar a RL com cobertura de vegetação nativa não podendo suprimi-la. Entretanto, será admitida a exploração econômica mediante o manejo sustentável, que promove uma proteção indireta da área, uma vez que proíbe: (1) o corte raso onde se derruba todas as árvores de parte ou povoamento florestal, deixando o terreno temporariamente livre de cobertura vegetal e com dificuldade de regeneração; (2) o uso de agrotóxicos que promovem os mesmos resultados do corte raso e; (3) o uso alternativo do solo que substitui vegetações nativas e formações sucessoras, por outras coberturas do solo tais como atividades agropecuárias, mineração, assentamentos e outras formas de ocupação (Borges & Rezende, 2011).

A única exceção para supressão de RL refere-se às atividades eventuais ou de baixo impacto ambiental desde que autorizada pelo órgão ambiental competente. Àquele que não cumprir a Lei nº 12.651/2012 seja por omissão às

ações contrárias a ela, seja por falta de regularização, poderá ser punido civil, administrativa e penalmente pela Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605/1998), tendo que arcar com a reparação dos danos ambientais.

A nova lei também aponta que é livre a coleta de produtos florestais não madeireiros, como frutos, cipós e sementes, resguardando algumas técnicas de colheita (Art. 21). Acrescenta ainda (Art. 22), que o manejo da RL com propósito comercial depende de autorização do órgão competente com a obrigatoriedade de não descaracterizar a cobertura vegetal e não prejudicar a conservação da vegetação, de assegurar a manutenção da diversidade das espécies; e de conduzir o manejo de espécies exóticas com a adoção de medidas que favoreçam a regeneração de espécies nativas.

No tocante à regularização, para os imóveis rurais que detinham, até 22 de julho de 2008, área de até 4 MF e que possuíam remanescentes de vegetação nativa em percentuais inferiores ao previsto em Lei, a RL será constituída com a área ocupada com vegetação nativa existente em 22/07/2008, vedadas novas conversões para uso alternativo do solo (Lei nº 12.651/2012, Art. 67). Isto quer dizer que, se um imóvel abaixo de 4 MF não possuir sequer 1% de vegetação nativa para recompor a RL, poderá, o proprietário ou possuidor, ser dispensado de cumprir com tal obrigação, desde que não suprima novas áreas para uso alternativo do solo.

Para os proprietários ou possuidores de imóveis acima de 4 MF que detinha, em 22 de julho de 2008, área de RL em extensão inferior ao percentual acima exigido, segundo Art. 66 desta legislação, poderão regularizar sua situação adotando, isolada ou conjuntamente, a recomposição, a regeneração natural e a compensação da RL. De acordo com o disposto no Decreto Federal nº 7.830/2012, Art. 16, §1º, a recomposição dessas áreas deverá atender os critérios estipulados pelo órgão competente do SISNAMA e ser concluída em



até vinte anos, abrangendo, a cada dois anos, no mínimo um décimo da área total necessária à sua complementação.

O proprietário ou possuidor do imóvel rural poderá realizar a recomposição por meio do plantio intercalado de nativas e exóticas, em sistema agroflorestal, desde que (Decreto Feral nº 7.830/2012, Art. 18): (1) o plantio de espécies exóticas seja combinado com espécies nativas de ocorrência regional; e (2) a área recomposta com espécies exóticas não exceda 50% da área total a ser recuperada. Os pequenos proprietários ou posseiros (Lei nº 12.651/2012, Art. 54) ainda poderão computar frutíferas, ornamentais ou industriais, compostos por espécies exóticas, cultivadas em sistema intercalar ou em consórcio com espécies nativas da região em sistemas agroflorestais.

Na ocasião em que os proprietários ou posseiros preferirem compensar a RL em vez de recompô-la em seu imóvel, o órgão ambiental competente da origem do processo de regularização (Decreto Federal nº 8.235/2014, Art. 17) verificará se a área a ser compensada é considerada prioritária, conforme o disposto no Art. 16:

- I) áreas definidas pelo Ministério do Meio Ambiente, nos termos do Decreto nº 5.092, de 21 de maio de 2004;
- II) unidades de conservação de domínio público pendentes de regularização fundiária;
- III) áreas que abriguem espécies migratórias ou ameaçadas de extinção, segundo lista oficial publicada pelos órgãos integrantes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA;
- IV) áreas identificadas pelos Estados e Distrito Federal.

A solicitação da compensação da RL poderá ser realizada fora do Estado em que se encontra o imóvel com o déficit da vegetação nativa, desde que também atenda ao disposto no Art. 16 (acima). Além da recomposição (plantio e regeneração) e da compensação da RL, também será permitido, para fins de

regularização ambiental, o cômputo das APP no cálculo do percentual da RL e a instituição da RL em regime de condomínio (Art. 15 e Art. 16 da Lei Federal nº 12.651/2012). O cômputo será permitido desde que o benefício previsto implique a conversão de novas áreas para uso alternativo do solo, a área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação, e o imóvel tenha sido cadastrado no CAR. Para aqueles proprietários ou possuidores de imóvel com Reserva Legal conservada, e inscrita no CAR, cuja área ultrapasse o mínimo exigido por esta Lei poderá utilizar a área excedente para fins de constituição de servidão ambiental, e Cota de Reserva Ambiental. Já a RL em regime de condomínio, ou coletiva entre propriedades rurais, será permitida se respeitado o percentual previsto em relação a cada imóvel.

Para fins de recomposição, o poder público ainda poderá reduzir a reserva legal dos imóveis situados em área de florestas na Amazônia Legal para até 50%, quando o Município tiver mais que 50% da área ocupada por unidades de conservação da natureza (UC) de domínio público e por terras indígenas homologadas (Lei Federal nº 12.651/2012, Art. 12 §4º). Outra possibilidade, de redução para até 50%, será quando o Estado tiver Zoneamento Ecológico – Econômico aprovado e mais de 65% do seu território ocupado por UC de domínio público, devidamente regularizadas, e por terras indígenas homologadas. No entanto (Art. 13) o Governo também poderá ampliar as áreas de RL em até 50% dos percentuais previstos na Lei Federal nº 12.651/2012, para cumprimento de metas nacionais relacionadas à proteção da biodiversidade ou à redução de emissão de gases do efeito estufa.

#### **4.5 A restauração ecológica no Brasil: conquistas e desafios**

A intervenção do homem no ambiente, com propósito de melhorar a proteção dos recursos naturais e restabelecer as funções ambientais de áreas que

foram antropizadas, precedeu qualquer conceito de restauração ecológica. Tratava-se de atividades intuitivas, baseadas na experimentação, voltadas às soluções dos problemas que assolavam algumas regiões do país. Se a erosão das margens de um curso d'água era associada à falta de vegetação, nada mais apropriado do que tentar recompor a vegetação naqueles locais. Ao longo de muito tempo essas iniciativas foram realizadas para mitigar impactos negativos ao ambiente, resultando, mais tarde, nas primeiras ações de restauração ecológica no Brasil (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Segundo Rodrigues et al. (2009), o marco dessas atividades efetuou-se com o reflorestamento da atual Floresta da Tijuca, no Rio de Janeiro, em 1862, por ordem de Dom Pedro II. No entanto, somente no fim da década de 1970 que a ecologia da restauração começou a surgir como uma linha formal de investigação, com os primeiros dados sobre o desempenho de espécies de árvores e modelos de restauração.

O processo de evolução da restauração, no Brasil, em suma, foi estabelecido por cinco fases principais: a primeira, 1862 a 1982, marcada pelos plantios de árvores sem critérios para suas escolhas e combinações; a segunda, de 1982 a 1985, marcada pelo aumento dos conhecimentos sobre sucessão ecológica, os quais passaram a fundamentar o plantio florestal; a terceira, 1985 a 2000, caracterizada pelas tentativas de se fazerem cópias florística e estrutural de um sítio de referência em uma área degradada e pelo início das discussões genéticas no campo da restauração; a quarta fase, de 2000 a 2003, focada em restaurar os processos ecológicos formadores de florestas tropicais, atentando-se para maior diversidade de espécies com vistas a garantir o estabelecimento de alguns processos; e, por último, a quinta fase, de 2003 aos dias atuais, com todo um legado de informações, marcada por iniciativas que visam a redução dos custos de implementação e a geração de rendas por meio das práticas da restauração (RODRIGUES et al., 2009).

Ao passo que as práticas e as técnicas de restauração foram se estabelecendo e se ampliando, um novo campo científico foi se formando, a Ecologia da Restauração, fazendo-se necessário um conjunto de termos e definições para compor a base conceitual dessa nova ciência. Por esta razão, vários pesquisadores se empenharam na caracterização da restauração ecológica, estabelecendo as mais diversas explicações e conceitos sobre o objeto em estudo.

Ainda hoje, percebe-se que não existe uma definição unificada e completamente aceita para a Ecologia da Restauração, ou para a Restauração Ecológica. A dificuldade em estabelecer um conceito para essa prática consiste em determinar um termo que não seja amplo o bastante para incluir toda e qualquer atividade para a reparação do meio ambiente e nem restrito o suficiente para excluir alguma atividade que possivelmente contribuiria com o processo de restauração (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

Cabe salientar aqui, o conceito de restauração a ser seguido no presente estudo em distinção à revegetação, reabilitação e recuperação ambiental.

Restauração é processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído. Um ecossistema é considerado recuperado – e restaurado – quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais. Tal subsistema será capaz de se manter tanto estruturalmente quanto funcionalmente (Sociedade Internacional para a Restauração Ecológica – SER, 2004);

Não deve ter a pretensão de refazer uma floresta exatamente igual à que existia antes, mas sim introduzir no campo uma composição de espécies cujo arranjo a permite desenvolver, autorenovar-se e se tornar sustentável (PEREIRA; BOTELHO; DAVIDE, 2015). Já as atividades de revegetação, reabilitação e recuperação ambiental, buscam a conversão de uma condição

deteriorada a uma condição não deteriorada independente da sua destinação futura e independente se irá assemelhar-se ou não a um ecossistema de referência. Segundo Brancalion, Gandolfi e Rodrigues (2015), quando se fazem o uso dessas três práticas, aspira-se criar nas áreas degradadas uma cobertura vegetal - sem ser necessariamente com espécies nativas - que contribua para melhoria da estética, proteção do solo e dos recursos hídricos e, também, para o restabelecimento de algumas funções ambientais desejadas. Os autores ainda enfatizam que, em caso de recuperação, o objetivo pode ser somente devolver o potencial produtivo da área, o qual poderá ser aproveitado posteriormente para atividades agrárias.

Ao tempo que as práticas e os conceitos de restauração ecológica se desenvolveram, novas legislações ambientais foram sancionadas para intensificar o rigor da proteção ambiental, o que levou a um aumento na conservação e restauração das áreas protegidas, principalmente as ciliares. Como relata Rodrigues et al. (2007), a percepção de que era necessário aprofundar e aprimorar o conhecimento científico sobre a recuperação dessas áreas estimulou o incremento de pesquisas nas mais diferentes áreas do conhecimento.

No campo jurídico, uma tentativa pioneira de aperfeiçoar os projetos de restauração florestal foi realizada pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SEMA) no ano de 2001. A decisão de legislar sobre o assunto foi decorrente de ampla análise de plantios de restauração de São Paulo, cujos resultados mostraram o insucesso de muitos deles. O propósito dessa resolução, portanto, foi potencializar o estabelecimento de florestas com riqueza de espécies condizentes com a dos ecossistemas de referência (BRANCALION et al., 2010).

O ponto mais controverso das primeiras versões da Resolução SEMA nº 21/2001 e SEMA nº 47/2003, refere-se à determinação de se introduzir na

área a ser restaurada (nos domínios da Floresta Ombrófila, da Floresta Estacional Semidecidual e da Savana Florestada) 80 espécies de vegetação nativa regional. Para Durigan et al. (2010), não há estudos que comprovem que a alta diversidade de espécies seja suficiente para garantir, em todas as circunstâncias, o sucesso da restauração. Já Brancalion et al. (2010) não fizeram objeção à regra e comentaram que a resolução só exigiu esse mínimo para florestas naturalmente diversas e de baixa complexidade de se restaurar.

Em sua terceira versão, nº 08/2008, a resolução determinou que em áreas de ocorrência das formações de Floresta Ombrófila, de Floresta Estacional Semidecidual e de Savana Florestada (cerradão), a recuperação florestal deverá atingir, no período previsto em projeto, o mínimo de 80 espécies florestais nativas de ocorrência regional. Ressalta-se que nessa resolução a demanda por um mínimo de 80 espécies nativas regionais é exigida ao final do processo de restauração de florestal.

Durigan et al (2010), ao presumirem o número arbitrário, salientaram que muitos estudos refutam que a baixa diversidade no plantio resulta em insucesso da recuperação da biodiversidade e que há relatos onde plantios puros superam os plantios mistos. Além do mais, defenderam que o plantio poderia ser feito apenas com uma espécie nativa e o enriquecimento viria com o tempo, por meio de fontes externas. Em contraste, Brancalion e colaboradores (2010), em análise de dez hectares, afirmaram que o número exigido ao final do projeto era bem menor do que o número de espécies presentes em florestas naturalmente biodiversas: 205 em floresta ombrófila, 148 em floresta estacional semidecidual e 116 em savana florestada. E que, além disso, quanto menor o número de espécies existentes em uma área florestal, menor será a diversidade funcional e, conseqüentemente, menor a retenção da biodiversidade e da gama de serviços prestados. Aronson (2010), não tomou partido, ponderando apenas que os

argumentos de Durigan et al. (2010) e os de Brancalion et al. (2010) foram pertinentes.

Em sua última versão, a Resolução SEMA nº 32/2014 sugeriu que o projeto de restauração ecológica que empregar a técnica de plantio em área total utilize, no período previsto em projeto, no mínimo 80 espécies florestais nativas de ocorrência regional (nota-se que deixou de ser uma exigência legal). Contudo, para atestar a recomposição, será exigido que a área tenha pelo menos 30 espécies nativas regionais regenerantes. Essas alterações ocorridas nas resoluções mostram a lacuna de conhecimento existente no âmbito da restauração e a dificuldade dos legisladores em conciliar diversos interesses da sociedade.

Por se tratar de uma atividade emergente no Brasil, ainda existem vários desafios inseridos entre os mais diversos métodos e manejos de intervenção (plantio, modelos sucessionais, técnicas de enriquecimento, sistemas agroflorestais, entre outros). Alguns desses desafios são: controle de espécies exóticas e consequente aumento da diversidade (ABREU; DURIGAN, 2013; SILVEIRA et al., 2013; SOUZA; DURIGAN, 2013); escolha das espécies a serem utilizadas nos sistemas agroflorestais, principalmente no cerrado (DUBOC, 2008); incorporação de medidas socioeconômicas nas práticas do acompanhamento da restauração como um elemento chave para seu sucesso (WORTLEY, HERO; HOWES, 2013); monitoramento do sucesso da restauração decorrente da falta de clareza nos objetivos propostos em muitos projetos (BRANCALION et al., 2012; GANDOLFI; RODRIGUES, 2013; RUIZ-JAEN; AIDE, 2005), singularidades no desenvolvimento da comunidade, ocorridas por pressões naturais históricas, em áreas ciliares a serem consideradas em políticas e atividades de conservação e restauração (GARCIA et al., 2015); e perpetuação da área regenerada a baixos custos.

## 5 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Legisladores ambientais brasileiros, com propósito de maior proteção e controle, por meio de novos instrumentos de análise ambiental como o Cadastro Ambiental Rural, e sob subterfúgio de reparo de um enorme passivo ambiental, sancionaram uma legislação, Lei Federal nº 12.651/2012, repleta de anistias.

Após a sua sanção, a nova promessa de conservação ambiental inseriu-se sobre os Programas de Regularização Ambiental. Ainda em fase de adoção e sem regulamentos específicos para cada estado, os proprietários ou posseiros poderão indicar projetos para regularização de seus imóveis.

Surge, assim, a necessidade de avaliação do cumprimento do Novo Código Florestal, pois, uma vez não cumprido, dificilmente serão desempenhadas as ações de reparação dos danos ambientais. E, em casos de descumprimentos, faz-se necessário avaliar os cenários de intervenções possíveis para a recuperação das áreas protegidas, utilizando-se da chave de decisão como ferramenta tanto para a recuperação em si como também (e antes disso) para a avaliação do grau de exequibilidade do processo para as diferentes situações e ecossistemas encontrados. E, ao propor a Chave, expor os principais aspectos técnico-científicos que possibilitam ou inviabilizam a restauração ambiental, como meio norteador e fomentador de políticas públicas para a necessária e urgente regularização ambiental.



## REFERÊNCIAS

ABREU, R. C. R.; DURIGAN, G. Erradicação da invasão por árvores de Pinus no Cerrado. In: DURIGAN, G; RAMOS, V. S. (Ed.) **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de Ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2013. 65 p.

ARONSON, J. What can and should be legalized in ecological restoration? **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 451-454, 2010.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. Áreas protegidas no interior das propriedades rurais: a questão das APP e RL. **Floresta e Ambiente**, v. 18, p. 210-222, 2011.

BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C. Métodos silviculturais para recuperação de nascentes e recomposição de matas ciliares. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: ÁGUA E BIODIVERSIDADE, 5., 2002, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte, 2002. p. 123-145.

BRANCALION, P. H. S. et al. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 455-470, 2010.

BRANCALION, P.H.S et al. Avaliação e Monitoramento de Áreas em Processo de Restauração. In: MARTINS, S.V. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. 1ed. Viçosa: UFV, 2012, p. 262-293.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Restauração florestal. **Oficina de Textos**, São Paulo, 2015. 428 p.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Medida Provisória nº 2.166-67 de 24 de agosto de 2001**. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/medpro/2001/medidaprovisoria-2166-67-24-agosto-2001-393708-norma-pe.html>>. Acesso em: 23 out. 2017.

BRASIL. **Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965**. Instituiu o Código Florestal Brasileiro. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Instituiu o Novo Código Florestal Brasileiro. 2012a. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.727, de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa... e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. 2012b. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm)>. Acesso em: 18 dez. 2017.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 303, de 28 de março de 2002.** Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/conama/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

DUBOC, E. ; MELO, J.T.; NETO, S.P. M. Sistemas agroflorestais e o Cerrado. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L. de (Eds.). **Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais.** Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 965-985.

DURIGAN, G. et al. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas. **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 471-485, 2010.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. Quando o melhor pode ser o pior: como pensar a biodiversidade na restauração ecológica. **Revista CAITITU - Aproximando Pesquisa Ecológica e Aplicação**, v. 1, n. 1, p. 17-20, 2013.

GARCIA et al. Florestas ciliares apresentam dinâmica uniforme? In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A (Eds.). **Fundamentos e Métodos de Restauração de Ecossistemas: 25 Anos de Experiência em Matas Ciliares.** Lavras: UFLA, 2015. 636 p.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013.** Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, MG. Disponível em: <[www.almg.gov.br](http://www.almg.gov.br)>. Acesso em: 18 nov. 2017.

ODUM, E. P. **Fundamentos de ecologia.** Lisboa: Fundação Kalouste Gulbenkian, 2001. 927 p.

PEREIRA, I. M.; BOTELHO, S. A.; DAVID, A. C. Restauração de ecossistemas: bases ecológicas e silviculturais. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A (Eds.). **Fundamentos e Métodos de Restauração de Ecossistemas: 25 Anos de Experiência em Matas Ciliares**. Lavras: UFLA, 2015. 636 p.

RODRIGUES, R. R. et al. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 7, 2007.

RODRIGUES, R. R. et al. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

RUIZ-JAEN, M.C.; AIDE, T. M. Restoration success: how is it being measured? **Restoration Ecology**, v. 13, n. 3, p. 569-577, 2005.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resolução no 21/2001, de 21 de novembro de 2001. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, de 21 de novembro de 2001. Seção Meio Ambiente, 2001.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resolução no 08/2007, de 7 de março de 2007. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, de 8 de março de 2007. Seção Meio Ambiente, 2007.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Resolução no 32/2014, de 03 de abril de 2014. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, de 03 de abril de 2014. Seção Meio Ambiente, 2007.

SÃO PAULO. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Portaria no 01/2015, de 17 de janeiro de 2015. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, de 17 de janeiro de 2015. Seção Meio Ambiente, 2015.

SILVA, J. A. A. et al. **O código florestal e a ciência**: contribuições para o diálogo. São Paulo: SBPC, 2012. 149 p.

SILVEIRA et al. Controle de gramíneas exóticas em plantio de restauração do Cerrado. In: DURIGAN, G; RAMOS, V. S (Eds.). **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras. Editora e Gráfica, 2013. 65 p.

SER. Society for Ecological Restoration. **Society for Ecological Restoration International's primer of ecological restoration**. 2004. Disponível em: <[http://www.ser.org/pdf/SER\\_Primer\\_Portuguese.pdf](http://www.ser.org/pdf/SER_Primer_Portuguese.pdf)>. Acesso em 19 out. 2017.

SOARES-FILHO, B. et al. Cracking Brazil's Forest Code. **Science**, v. 344, 2014.

SKORUPA, L. A. **Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: Embrapa, 2003. 4 p.

SOUZA, F. M.; DURIGAN, G. Enriquecimento de talhões puros de leucena com espécies nativas. In: DURIGAN, G; RAMOS, V. S (Eds.). **Manejo adaptativo: primeiras experiências na restauração de ecossistemas**. São Paulo: Páginas & Letras. Editora e Gráfica, 2013. 65 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67-76, 2010.

WORTLEY, L.; HERO, J.-M.; HOWES, M.. Evaluating ecological restoration success: a review of the literature. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 5, p. 537-543, 2013.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

## ARTIGO 1 – EVIDÊNCIAS DA INAPLICABILIDADE DO CÓDIGO FLORESTAL NO BRASIL

Normas da NBR 6022 (ABNT 2003)

### **Resumo**

A partir da sanção da Lei de Proteção da Vegetação Nativa nº 12.651/2012, também conhecida como Novo Código Florestal (CF), todos Estados deverão implementar políticas públicas para regularização ambiental e estabelecer programas para este fim. O efetivo controle e fiscalização das áreas protegidas no interior de imóveis rurais se fazem de suma importância para impulsionar as ações de recuperação e regularização ambiental. Questiona-se pelo artigo se os sistemas de controle e fiscalização acompanharam a atualização do CF. Em casos de descumprimentos, pretende-se revelar os cenários em que se encontram as Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais, com informações sobre número de infração, atividades ilícitas, infrações por região, tempo e valor das autuações, para subsidiar políticas públicas para conservação e para Programas de Regularização Ambiental. Como metodologia, foram utilizadas Análises Descritivas e Modelos Latentes Gaussianos, por meio do software R CORE TEAM. Os resultados indicaram que o sistema de controle e fiscalização não acompanhou a atualização da instrumentação legal, dificultando o cumprimento da Lei e expondo as áreas protegidas à degradação. Para fortalecimento desse sistema, é necessária a inserção de informações sobre reincidências das infrações, de orientações para recuperação e uso sustentável e revisitação dos locais para confirmação da recuperação do ambiente. Ademais, tais medidas configuram-se em iniciativas para anular a expectativa por novos afrouxamentos, que por sua vez causam insegurança jurídicas e novas ilicitudes.

**Palavras-chave:** Autos de infração ambiental; Conservação ambiental; Biodiversidade.

## **Introdução**

Ao longo de toda história da legislação ambiental foi possível observar as reformulações das leis, a fim de se fazerem cumpridas. Fato observado, inclusive, sobre a Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN nº 12.651), quando analisado o viés de sua promulgação. Com o subterfúgio de sanar o passivo acumulado por anos de descumprimento da Lei nº 4.771/1965 por meio da intervenção em áreas protegidas (Áreas de Preservação Permanente - APP e Reservas Legais - RL), a LPVN, também conhecida como Novo Código Florestal, foi sancionada em março de 2012, revelando a dificuldade que os legisladores encontram em conciliar os diversos interesses da sociedade.

São notórias as tentativas da nova Lei em se fazer cumprir, tais como o Cadastro Ambiental Rural (CAR); a promoção de incentivos à preservação, conservação e recuperação ambiental; a regulamentação do uso do fogo; o condicionamento de crédito agrícola à regularização ambiental; dentre outras (BRASIL, 2012). No entanto, a flexibilização cedida aos proprietários ou posseiros rurais, que ficaram na ilegalidade, promove uma expectativa de que novas concessões serão estabelecidas para que a Lei seja adimplida.

Para Rodrigues et al. (2016), o receio à possibilidade de interferência negativa da Lei sobre a viabilidade econômica da propriedade agrícola tem causado insegurança na aplicação de recursos para a regularização legal das propriedades rurais – tanto na escala do proprietário rural como na das políticas agrícolas – podendo levar à uma nova pressão por mais um relaxamento no cumprimento da legislação.

Reconhecida a existência das expectativas por novas atenuações, o efetivo controle e fiscalização das áreas protegidas, pelo Código Florestal, se fazem de suma importância para impulsionar as ações de recuperação e regularização ambiental. Uma vez que houver falha no controle e fiscalização

ambiental, dificilmente serão atendidas as novas determinações a serem implementadas pelos Programas de Regularização Ambiental (PRA). Em outras palavras, o sistema de controle pode afetar o cumprimento do Código Florestal e, portanto, os processos de regularização ambiental.

Como os Estados possuem o poder de legislar sobre seus próprios territórios, concomitantemente à esfera Federal, faz-se oportuno questionar se as Leis Federal e Estadual, em Minas Gerais, são consoantes e estão sendo suficientes para coibir as intervenções em áreas protegidas após seis e cinco anos de suas publicações, respectivamente. Será que os sistemas de controle acompanharam a atualização dos instrumentos legais? Em relação ao objetivo do Código Florestal, de sanar os passivos ambientais, houve êxito?

Neste contexto, foi proposto o presente artigo. Por meio de um estudo de caso de Minas Gerais, objetivou-se: avaliar a obediência ao CF; como estão estruturados os autos de infração do estado; se o processo de controle e fiscalização acompanharam as atualizações do Código Florestal e; na conjuntura de irregularidades, pretende-se revelar os cenários em que se encontram as APP e RL, bem como os riscos e ameaças sob os quais esses espaços estão sendo submetidos.

## **Material e Métodos**

### **Coleta de dados**

Para análise das atividades recorrentes em APP no Estado de Minas Gerais, foram coletados 5.448 autos de infração cedidos pelo Sistema de Controle de Autos de Infração e Processos (CAP) da Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), entre os anos de 2008 a 2016. A escolha do recorte temporal levou em consideração o ano limite



para flexibilização do uso consolidado de áreas protegidas (2008) até a disponibilidade do sistema para época de coleta de dados (2016). Os imóveis rurais analisados, portanto, deverão recuperar as APP e RL em sua totalidade. Devido à ausência de padronização do sistema como, por exemplo, a duplicidade de documentos e a ausência da informação sobre o município de ocorrência dos autos, foram avaliados 4.518 autos de infração. Assim, 930 autos de infração foram desconsiderados.

Os dados brutos, sistematizados em Tabela do software *Microsoft Excel 2010*, continham como informações (por coluna): o número do auto de infração; o ano de ocorrência; o município onde ocorreu a autuação; o tipo de área protegida interferida APP ou RL; o valor da multa; e, em alguns casos, descrições sobre o tamanho da área intervinda, o tipo de intervenção e o tipo de APP perturbada. De posse dos dados, para análise das regiões mais intervindas do estado, foram acrescentados elementos sobre coordenadas dos municípios e mesorregiões em que se inserem, conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2014).

As informações sobre os tipos de intervenção (Tabela 1) e tipos de APP intervindas (nascentes, cursos d'água, lagos e lagoas naturais, veredas, reservatórios artificiais, APP de relevo – encostas e topos de morros – e brejos) foram reorganizadas e dispostas em matriz binária, a fim de possibilitar a análise estatística.

Tabela 1 – Tipo de Intervenção ocorrida em Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal entre 2008 e 2016, no estado de Minas Gerais.

<b>CÓDIGO</b>	<b>TIPO DE INTERVENÇÃO</b>
<b>T1</b>	Instalação de fornos de carvão
<b>T2</b>	Supressão da Vegetação
<b>T3</b>	Práticas de queimadas
<b>T4</b>	Construção de Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) ou lagoas para tratamento de dejetos
<b>T5</b>	Construção de baias, curral ou bebedouros
<b>T6</b>	Construções de infraestrutura como casa, muro, piscina, passarela e rampas
<b>T7</b>	Construção de açudes, represas, reservatórios, tanques para peixes
<b>T8</b>	Construção de fossas, cisternas, cacimbas
<b>T9</b>	Construções para captação de água como drenos, introdução de manilhas, passagem de adutora, lançamento de tubulação
<b>T10</b>	Construção de barragens ou diques
<b>T11</b>	Abertura de valas
<b>T12</b>	Movimentação de terra como assoreamento, aterro, soterramento, revolvimento, terraplenagem, remoção do solo, depósito de terra ou areia, aragem, gradagem
<b>T13</b>	Intervenção com uso de maquinários
<b>T14</b>	Uso de defensivos
<b>T15</b>	Criação de animais bovinos e equinos
<b>T16</b>	Extração de areia, cascalho ou solo
<b>T17</b>	Depósito de resíduos sólidos de construção
<b>T18</b>	Silvicultura
<b>T19</b>	Lavoura
<b>T20</b>	Parcelamento do solo
<b>T21</b>	Abertura de estradas
<b>T22</b>	Queima de lixos
<b>T23</b>	Impedimento da regeneração natural

Com o intuito de descrever as relações entre as variáveis no estudo e de mensurar essas associações, por meio de medidas de incertezas, como probabilidades, foram ajustados modelos estatísticos. Todas as análises foram realizadas por meio do *software* R (R CORE TEAM, 2017), especialmente pelos pacotes *INLA* (LINDGREN; RUE; LINDSTROM, 2011; MARTINS et al.,

2013; RUE; LINDGREN, 2015; RUE; MARTINO; CHOPIN, 2009; RUE; RIEBLER; SORBYE, 2017), *maptools* (BIVAND; LEWIN-KOH, 2017) e *spdep* (BIVAND; HAUKE; KOSSOWSKI, 2013; BIVAND; PIRAS, 2015).

### Modelagem dos dados: modelos latentes gaussianos

Proposto por Rue, Martino e Chopin (2009), *Integrated Nested Laplace Approximation (INLA)* é uma abordagem de inferência estatística para modelos latentes gaussianos, os quais são obtidos utilizando-se uma formulação hierárquica de 3 estágios. O primeiro estágio é dado pelos valores observados  $\mathbf{y}$ , usualmente, assumindo independência condicionada ao campo aleatório latente gaussiano  $\mathbf{x}$  e, possivelmente, hiperparâmetros  $\boldsymbol{\theta}_1$ , isto é,

$$\pi(\mathbf{y}|\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}_1) = \prod_{i \in I} \pi(y_i|x_i, \boldsymbol{\theta}_1)$$

O campo latente  $\mathbf{x}$  constitui o segundo estágio do modelo hierárquico; é modelado como um campo aleatório Markoviano Gaussiano (GMRF) com matriz de precisão  $\mathbf{Q}$ , que é função de alguns hiperparâmetros  $\boldsymbol{\theta}_2$ . Portanto:

$$\pi(\mathbf{x}|\boldsymbol{\theta}_2) \propto \exp\left(\frac{-1}{2}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\theta}_2))^T \mathbf{Q}^{-1}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\theta}_2))\right)$$

E por fim, o terceiro estágio do modelo é determinado pela distribuição a priori dos hiperparâmetros  $\boldsymbol{\theta} = (\boldsymbol{\theta}_1, \boldsymbol{\theta}_2)$ . Os hiperparâmetros  $\boldsymbol{\theta}$  controlam o campo latente gaussiano e/ou a verossimilhança dos dados, dessa forma a posteriori é dada por:

$$\pi(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta} | \mathbf{y}) = \pi(\boldsymbol{\theta}) \pi(\mathbf{x} | \boldsymbol{\theta}) \prod_{i \in I} \pi(y_i | x_i, \boldsymbol{\theta})$$

Os modelos latentes gaussianos se relacionam com uma classe bem ampla de modelos, os modelos aditivos. Isto é possível em razão de se interpretar  $\{x_i, i \in I\}$  como o preditor linear  $\eta_i$ , que por si só é aditivo com respeito aos outros efeitos. Deste modo:

$$\eta_i = \mu + \sum_j \beta_j z_{ij} + \sum_k f_{k, j_k(i)} \quad (1)$$

em que  $\mu$  é o intercepto geral,  $\beta_j$  são os efeitos “fixos” das covariáveis  $z_{ij}$  e os termos  $f_k$  representam específicos processos gaussianos. Assume-se, a priori, que os componentes do campo latente são independentes. Em seguida, assume-se que a distribuição a priori dos efeitos fixos  $(\mu, \boldsymbol{\beta})$  possui distribuição normal multivariada. Sendo assim, a estrutura em (1) e os modelos latentes gaussianos associam a mesma classe de modelos quando é assumida priori gaussiana para o intercepto e os outros parâmetros dos efeitos fixos. Consequentemente, o campo latente na formulação hierárquica dos modelos latentes gaussianos é  $\mathbf{x} = (\boldsymbol{\eta}, \mu, \boldsymbol{\beta}, f_1, f_2, \dots)$  e tem distribuição normal multivariada.

Intenciona-se aproximar as posteriores marginais  $\pi(x_i | \mathbf{y})$  e  $\pi(\boldsymbol{\theta}_k | \mathbf{y})$ . A metodologia *INLA* tem por objetivo construir aproximações aninhadas.

$$\tilde{\pi}(x_i | \mathbf{y}) = \int \tilde{\pi}(x_i | \boldsymbol{\theta}, \mathbf{y}) \tilde{\pi}(\boldsymbol{\theta} | \mathbf{y}) d\boldsymbol{\theta} \quad (2)$$

$$\tilde{\pi}(\boldsymbol{\theta}_k | \mathbf{y}) = \int \tilde{\pi}(\boldsymbol{\theta} | \mathbf{y}) d\boldsymbol{\theta}_{\cdot k} \quad (3)$$

Dessa forma, devem-se calcular as posteriores  $\pi(\boldsymbol{\theta}|\mathbf{y})$ , o que implica que as marginais  $\pi(\boldsymbol{\theta}_k|\mathbf{y})$  podem ser obtidas e  $\pi(x_i|\boldsymbol{\theta}, \mathbf{y})$ , necessária para a obtenção de  $\pi(x_i|\mathbf{y})$ . A aproximação de Laplace para  $\tilde{\pi}(\boldsymbol{\theta}|\mathbf{y})$  é

$$\tilde{\pi}(\boldsymbol{\theta}|\mathbf{y}) \propto \frac{\pi(\mathbf{x}, \boldsymbol{\theta}, \mathbf{y})}{\pi_G(\mathbf{x}|\boldsymbol{\theta}, \mathbf{y})} \Big|_{\mathbf{x}=\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\theta})}$$

em que  $\tilde{\pi}_G(\mathbf{x}|\boldsymbol{\theta}, \mathbf{y})$  é a aproximação gaussiana da condicional completa de  $\mathbf{x}$  e  $\boldsymbol{\mu}(\boldsymbol{\theta})$  é a média da aproximação gaussiana. Dados  $\tilde{\pi}(\boldsymbol{\theta}|\mathbf{y})$  e alguma aproximação de  $\tilde{\pi}(x_i|\boldsymbol{\theta}, \mathbf{y})$  (Gaussiana, Laplace Simplificada ou Laplace Completa) as integrais das equações (2) e (3) são obtidas numericamente.

#### *Associação entre tipo de intervenção e área impactada*

Para avaliar esta associação ajustou-se um modelo linear generalizado da forma (modelo 1):

$$Y_i | \phi, \mu_i \sim \text{Gamma}\left(\phi, \frac{\phi}{\mu_i}\right); \quad \phi \sim \text{Gamma}(1; 0,01); \quad \mu = \exp(X\boldsymbol{\beta}); \quad \boldsymbol{\beta} \sim \text{Normal}(\mathbf{0}, 100^2 \mathbf{I})$$

Denote por  $Y$  a variável aleatória “tamanho da área degradada em hectares”.

#### *Avaliação sobre o número de autuações por ano e mesorregiões*

Utilizou-se a distribuição de *Poisson* para modelar a variável resposta número de autuações. O modelo 2 ajustado é da forma:

$$y_i | \eta_i \sim \text{Poisson}(\exp(\eta_i)),$$

$$\eta_i = z_i^T \boldsymbol{\beta} + f_s(s_i) + f_u(u_{j(i)})$$

O vetor de parâmetros  $\boldsymbol{\beta}$  refere-se ao efeito do ano no número de autuações em que foi assumido quase nenhuma informação a priori, dessa forma,  $\beta_{20xx} \sim \text{Normal}(0, 100^2)$ . Os termos  $f_s$ , são processos gaussianos, cuja estrutura é de dependência espacial entre as mesorregiões vizinhas de Minas Gerais. O modelo, proposto por Besag (1991), é conhecido como autorregressivo condicional. Isto posto,  $f_s \sim$  autorregressivo condicional com precisão  $\tau_s \sim \text{Gama}(1; 5 \times 10^{-5})$ . Do mesmo modo,  $f_u$  são processos gaussianos não estruturados e representam a interação entre a mesorregião  $j$  e o ano  $i$ . Portanto,  $f_u \sim \text{Normal}(0, \tau_u^{-1})$  com precisão  $\tau_u \sim \text{Gama}(1; 5 \times 10^{-5})$ .

#### *Avaliação sobre o valor das autuações por ano e mesorregiões*

Modelou-se a variável resposta valor de autuações pela distribuição gama, devido à característica assimétrica da distribuição dos dados e por estes pertencerem à escala contínua no eixo dos números reais positivos. Sendo assim, adotou-se o seguinte modelo 3:

$$Y_i | \mu_i, \phi \sim \text{Gama}\left(\phi, \frac{\phi}{\mu_i}\right); \quad \mu_i = \exp(\eta_i); \quad \eta_i = z_i^T \boldsymbol{\beta} + f_s(s_i) + f_u(u_{j(i)})$$

O vetor de parâmetros  $\boldsymbol{\beta}$  refere-se ao efeito do ano no número de autuações em que foi assumido quase nenhuma informação a priori, dessa forma,  $\beta_{20xx} \sim \text{Normal}(0, 100^2)$ . Os termos  $f_s$  são processos gaussianos cuja estrutura é de dependência espacial entre as mesorregiões vizinhas de Minas

Gerais. O modelo, proposto por Besag (1991), é conhecido como autorregressivo condicional. Isto posto,  $f_s \sim$  autorregressivo condicional com precisão  $\tau_s \sim \text{Gama}(1; 5 \times 10^{-5})$ . Do mesmo modo,  $f_u$  são processos gaussianos não estruturados e representam a interação entre a mesorregião  $j$  e o ano  $i$ . Portanto,  $f_u \sim \text{Normal}(0, \tau_u^{-1})$  com precisão  $\tau_u \sim \text{Gama}(1; 5 \times 10^{-5})$ .

### **Resultados e Discussão**

A partir de 2012, época em que foi sancionada a Lei de Proteção da Vegetação Nativa nº 12.651/2012, também conhecida como Novo Código Florestal, houve um aumento no número de autuações por mesorregiões ao longo dos anos (Figura 1). O maior volume de autuações observado para o ano de 2016 pode ser justificado pela aprovação da “Resolução Conjunta SEMAD/IEF/IGAM/FEAM nº 2297 de 21 de setembro de 2015”, a qual estabeleceu a utilização do Sistema CAP, para processamento de autos de infração, por todas as unidades integrantes do Sistema Estadual do Meio Ambiente (SISEMA). A partir de então, todos os autos de infração foram tabulados e adicionados no sistema operacional a fim de agilizar a análise e decisão dos processos e tornar a cobrança da dívida ativa mais eficiente.

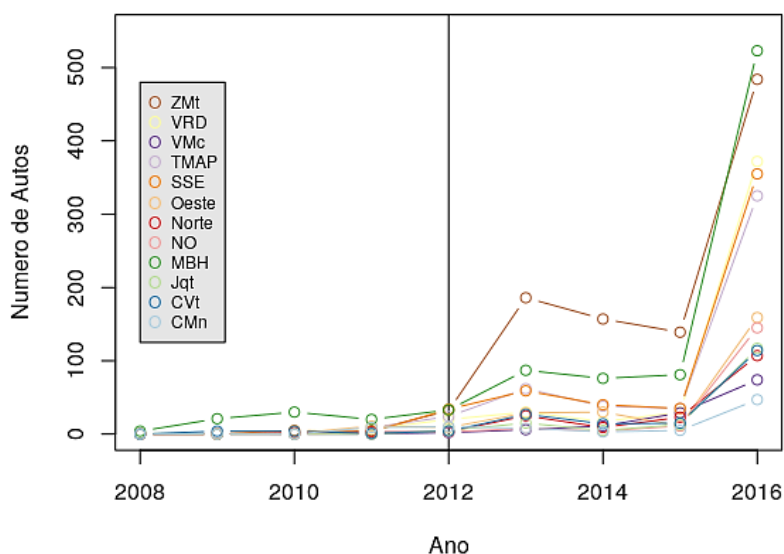


Figura 1 – Número de autos de infração por ano e mesorregião em Minas Gerais. Legenda: ZMt - Zona da Mata; VRD - Vale do Rio doce; VMc - Vale do Mucuri; TMAP - Triângulo Mineiro/Alto do Paranaíba; SSE - Sul/Sudoeste de Minas; Oeste de Minas; Norte de Minas; NO - Noroeste de Minas; MBH - Metropolitana de Belo Horizonte; Jqt - Jequitinhonha; CVt - Campo das Ve tentes; CMn - Central Mineira.

O acréscimo das autuações, após o ano de 2012, revela que a proteção jurídica não tem assegurado a conservação de áreas naturais em imóveis públicos e privados; e que, portanto, a expectativa do Cadastro Ambiental Rural em reduzir as infrações em áreas rurais ainda não se concretizou. Segundo Azevedo et al. (2017), embora seja um primeiro passo, o cadastro não garante que os proprietários de terras cumpram com a lei ou reduzam os desmatamentos, posto que apenas 6% dos produtores registrados relataram adotar medidas para restaurar áreas ilegalmente intervindas em suas propriedades.

No tocante à natureza da área degradada, constatou-se que 96,9% das intervenções no estado de Minas Gerais entre os anos de 2008 a 2016 ocorreram em Áreas de Preservação Permanente e apenas 3,1% em Áreas de Reservas Legais. Como já exposto por Delalibera et al. (2008), com base em diagnósticos



realizados no país, são raras as propriedades rurais que possuem RL, principalmente averbadas em cartório. Acredita-se, portanto, que a grande diferença entre estas porcentagens se relaciona à falta de aprovação ou averbação de RL, anteriormente ao ano de 2012 (que, por si, já é uma infração) uma vez que a ausência destas impossibilitava, aos técnicos, a verificação de ocorrência de infração.

Dentre as APP, o maior número de autuações ocorreu sobre as faixas marginais de cursos d'água (54,8%), seguida de nascentes (10,4%) e, em menor porção (0,5%), em APP de relevos, isto é, encostas, topos de morros, e áreas com altitudes superiores a 1.800 metros, conforme definição da Lei nº 12.651/2012 (Figura 2). Acredita-se que o baixo número de autuações em APP de relevo deve-se à dificuldade de demarcação e fiscalização destas áreas, como já apontado por Ribeiro et al. (2005) e Steiner e Vasconcelos (2011), e à falta de infraestrutura e de pessoal treinado para a fiscalização das APP (BORGES et al., 2011; RIBEIRO et al., 2005).

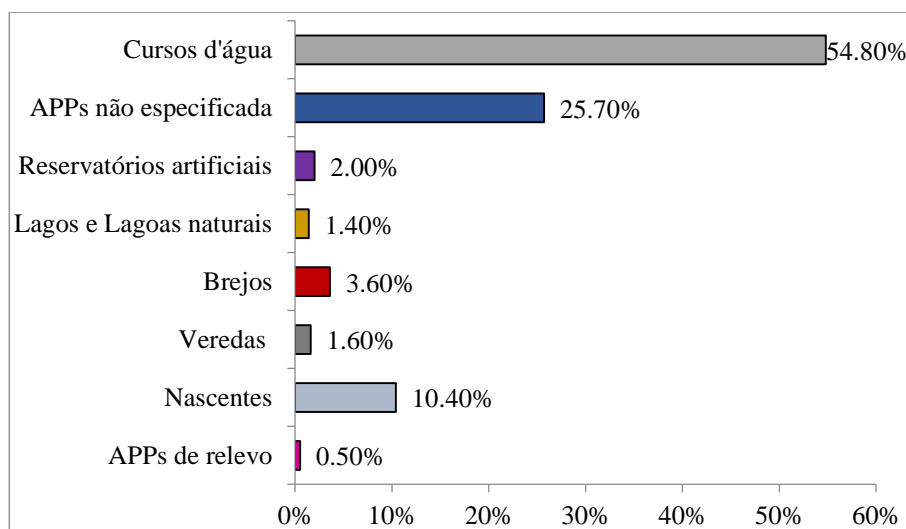


Figura 2 – Proporção de intervenções em Áreas de Preservação Permanente em Minas Gerais entre os anos de 2008 a 2016, segundo a Lei Federal nº 12.651/2012 e Lei Estadual nº 20.922/2013.

A complexidade sobre a demarcação de topos de morros, montes, montanhas e serras se manteve após o estabelecimento do último Código Florestal. Pela definição desta Lei (nº 12.651/2012), tais áreas devem possuir:

altura mínima de 100 metros, inclinação média maior do que 25°, e serem delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima de elevação sempre em relação à base, sendo esta, definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação (BRASIL, 2012).

No que tange suas delimitações, segundo Oliveira e Fernandes Filho (2016), existe subjetividade no cálculo da declividade média e falta referência para escala de mapeamento (a qual influencia na localização dos pontos de sela).

Observou-se, também (Figura 2), que muitas informações referentes aos locais de intervenções foram omitidas (25,7%) ou simplificadas, como nas APP descritas como Brejos (3,6%). Dado que as florestas de brejos ocorrem em trechos de solos permanentemente encharcados e ocupam porções da paisagem como lagos, proximidades de nascentes, margens de rios, várzeas, planícies de inundação e depressões naturais (ATTANASIO; GARCIA; MELLO, 2015); e no cerrado, os locais de solos saturados ou inundados tem recebido designações variadas como brejos, veredas (MENDONÇA et al., 1998) e campos úmidos (TANUS; ASSIS, 2004); a atribuição da nomenclatura brejos às APP, na descrição dos laudos, dificulta a fiscalização e a avaliação dos processos, pois para cada tipo de APP existe uma metragem a ser protegida ou restabelecida.

Em continuação, do número total de autos avaliados (4.518), cerca de 3.325 (73,6%) não continham especificação do tipo de intervenção ocorrida nas APP e RL. Dentre os 1.193 autos que continham informações sobre o tipo de intervenção em APP, 50,6% relataram supressão da vegetação nativa; 14,9% de movimentações de terras – como aragem, gradagem, terraplenagem, remoção de

terra ou areia, assoreamento, aterramento –, 8,89% de construções de infraestruturas (casas, muros, rampas, piscinas). E outras, como extração de areia (1,31%), queimadas (2,16%), criação de animais (1,96%), que computaram 25,61% das autuações, passando o limiar de 100% em razão de autos que possuem mais de uma intervenção.

Em todas as mesorregiões foi computada a supressão da vegetação nativa, como atividade mais frequentemente realizada (Tabela 2). Soares-Filho e colaboradores haviam afirmado, em 2005, que os investimentos governamentais no controle do desmatamento vinham aumentando, contudo a conciliação do desenvolvimento com conservação não seria uma tarefa trivial. Nota-se que essa conjuntura perdura nos tempos atuais, ao considerar o número e a porcentagem de autuações sobre novas supressões da vegetação.

Questiona-se, contudo, se a grande porcentagem encontrada para atividade de supressão da vegetação nativa é, de fato, inerente à perda do componente vegetal ou uma simplificação do fiscalizador, no ato da descrição, sobre a ação de intervenção, visto a falta de normatização para elaboração dos autos de intervenção. A inexistência de um protocolo para apoiar o preenchimento dos autos de infração levou à omissão ou à simplificação de informações, as quais poderiam auxiliar na composição da real situação ambiental em que se encontra o estado de Minas Gerais.

Ao analisar a segunda atividade mais realizada, por mesorregião, foram evidenciadas: Construção de infraestruturas (CMn, NO, Oeste, TMAO); Movimentação de terras (CVt, MBH, SSE, ZMt); Extração de areia (Jqt); Criação de Animais (Norte); Práticas de queimadas (VMc); Intervenções com uso de maquinários (VRD).

Tabela 2 – Frequência dos tipos de intervenções ilícitas, em Áreas de Preservação Permanente, por mesorregião de Minas Gerais.

Região	Intervenção mais frequente	2ª intervenção mais frequente	Demais	Total*
CMn	T2 (58%)	T6 (12%)	30%	52
CVt	T2 (47%)	T12(14%)	39%	43
Jqt	T2 (76%)	T16 (6%)	18%	63
MBH	T2 (31%)	T12 (10%)	59%	484
NO	T2 (67%)	T6(9%)	24%	54
Norte	T2 (63%)	T15 (8%)	29%	38
Oeste	T2 (51%)	T6(18%)	31%	119
SSE	T2 (50%)	T12 (18%)	32%	72
TMAP	T2 (48%)	T6 (10%)	42%	231
VMC	T2 (50%)	T3 (17%)	33%	12
VRD	T2 (48%)	T13 (10%)	35%	143
ZMt	T2 (42%)	T12 (26%)	32%	417

\*O total corresponde aos tipos de autuações, não ao número de autos. Um mesmo auto de infração pode conter mais do que uma intervenção. Legenda: T2 atividades de supressão; T3 prática de queimadas; T6 construção de infraestrutura; T12 movimentação de terras; T13 intervenção com uso de maquinário; T15 criação de animais; e T16 extração de areia. Mesorregiões: CMn - Central Mineira; CVt - Campo das Vertentes; Jqt - Jequitinhonha; MBH - Metropolitana de Belo Horizonte; NO - Noroeste de Minas; Norte de Minas; Oeste de Minas; SSE - Sul/Sudoeste de Minas; TMAP - Triângulo Mineiro/Alto do Paranaíba; VMc - Vale do Mucuri; VRD - Vale do Rio doce; ZMt - Zona da Mata.

A descrição “Construção de infraestruturas” denota uma expansão de atividades irregulares em APP nas mesorregiões citadas, mas podem estar relacionadas a qualquer atividade produtiva, não sendo possível relacioná-las às atividades econômicas da região. O mesmo ocorre para movimentação de terras e intervenções com uso de maquinários.

Já as práticas de queimadas coincidem com as atividades recorrentes no Vale do Mucuri. O desmatamento descontrolado por queimadas tem atingido regiões de cabeceira dos principais afluentes do Rio Todos os Santos, subafluentes do Rio Mucuri, tais como matas dos topos das montanhas, matas ciliares e entorno das nascentes, fazendo com que as Secretarias de Meio

Ambiente estaduais sejam chamadas, a todo o momento, com relatos sobre focos de queimadas (FIGUEIREDO; FIGUEIREDO, 2012).

O baixo número de autuações sobre extração de areia e em apenas uma mesorregião de ocorrência, Jequitinhonha, não corresponde à realidade de Minas Gerais. Dentre os mais antigos e pertinentes conflitos ambientais, no Norte de Minas Gerais destaca-se a extração de minério sem qualquer planejamento (STEINER; VASCONCELOS, 2011). De acordo com os pesquisadores, a polícia ambiental tem dificuldade de fiscalizar minerações de areia porque estas requerem conhecimentos especializados em geomorfologia, topografia, geologia e documentação fiscal.

A situação torna-se ainda mais preocupante ao considerar que a degradação está subestimada pela falta de padronização dos relatórios dos autos contidos no Sistema Operacional CAP. Além do sistema ainda não conter a totalidade de autos instituídos de 2008 a 2016, por ser uma nova ferramenta de gerenciamento, a fiscalização pode estar restringida apenas àquelas que efetivamente chegaram ao conhecimento dos órgãos ambientais, seja pelo esforço de policiamento seja pela manifestação de particulares.

Da mesma forma, acredita-se que a baixa porcentagem de autuações sobre criação de animais (suínos, bovinos, equinos e bubalinos), apenas para o Norte de Minas, esteja subestimada. Os rebanhos de equinos e bovinos, por exemplo, desde 1990 estão concentrados na região Norte, Noroeste, Central Mineira, Oeste, Metropolitana de BH e Triângulo/Alto Paranaíba, existindo uma estreita relação quanto à distribuição dessas espécies no estado (VIEIRA et al., 2015).

Quanto à extensão da área degradada, dos 4.518 autos observados, apenas 695 (15%) apresentaram extensão das áreas afetadas e 18,15% especificaram qual tipo de APP sofreu a degradação. Salienta-se, novamente, que a falta de padronização dificulta e impossibilita um diagnóstico mais

detalhado e ajustado à realidade do estado. As informações coletadas não deveriam servir apenas para fins de cobrança mais efetiva da dívida estadual, mas também para propiciar estudos científicos para melhor gestão ambiental.

Ao analisá-los, observou-se que as maiores áreas degradadas de APP concentraram-se na mesorregião Norte de Minas Gerais, seguido do Triângulo Mineiro e Zona da Mata (Figura 3).

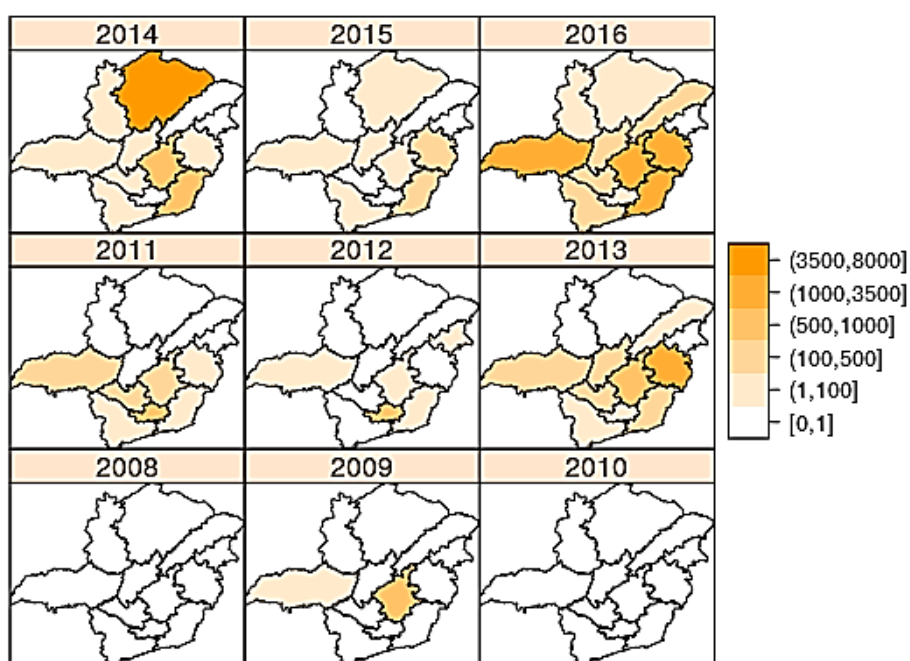


Figura 3 – Área degradada (ha) em Áreas de Preservação Permanente, das mesorregiões de Minas Gerais, entre os anos de 2008 a 2016. A legenda representa o intervalo em que esses valores se encontram.

Nota-se, pela Figura 3 em comparação com a Figura 1, que o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba e Zona da Mata apresentaram grande volume de autuação e grande extensão de área perturbada. O mesmo não ocorreu com a região Norte de Minas, a qual, apesar de menor número de autuação (total),

apresentou grande porção de área degradada. A atividade causadora de extensa perturbação em APP e RL, nesta região, foi a criação de animais.

No geral, a maioria das atividades apresentou baixa porcentagem de ocorrência. Todavia, os impactos acarretados por elas requerem atenção, nas circunstâncias da elaboração de Programas de Regularização Ambiental. Ao levantar apenas os impactos negativos da remoção da vegetação, é possível observar a sucessão de efeitos no ambiente, que somados podem acarretar em danos irreversíveis.

A supressão da vegetação pode causar o escoamento superficial, o qual pode reduzir a qualidade química dos solos; os processos erosivos, a instabilidade dos taludes (BRANCALION et al., 2016; TAMBOSI et al., 2015); o assoreamento de leitos d'água (BORGES et al., 2011), a redução da disponibilidade hídrica e dos recursos naturais, habitats e biodiversidade (RIBEIRO; FREITAS, 2014). Em associação ao uso de defensivos relatam-se as contaminações. De acordo com Vinhal-Freitas et al. (2010), cada solo possui uma capacidade adsortiva e, uma vez que essa capacidade é ultrapassada, os metais podem ficar potencialmente disponíveis para serem lixiviados.

A movimentação de terras (terraplenagem, depósito de terra, aragem, gradagem, revolvimento do solo, soterramento) acarretam redução da cobertura, compactação e consequentes riscos de erosão (SOUZA et al., 2012); o solo descoberto e compactado leva à ocorrência do escoamento superficial e ao aparecimento de erosões como ravinas e voçorocas, contribuindo, inclusive, para lixiviação de nutrientes (KELLER; LAMANDÉ, 2010). Queimadas levam à fragmentação de habitats, fugas precedidas de mortes da fauna silvestre, redução de organismos do solo (MENEZES et al., 2012; RESENDE et al., 2011; SILVA et al., 2016).

A construção de Estação de Tratamento de Esgoto pode acarretar contaminações do solo, lençol freático e recursos hídricos (QUEIROZ et al.,

2009). As estradas causam alta compactação do solo, perda de matéria orgânica, suscetibilidade ao assoreamento e erosão (BARTON; GARCIA, 2015; BOCHET et al., 2010; CAO et al., 2006; SAFARI et al., 2016), perda da conectividade paisagística, aumentos das taxas de mortalidade e redução da biodiversidade (BAGER; ROSA, 2012; BENNETT, 2017).

A produção de carvão, além de impactos associados à supressão da vegetação acarreta a perda da resiliência dos ecossistemas florestais (CHIDUMAYO; GUMBO, 2013). Criação de animais levam à compactação e escoamento superficial do solo, assoreamento e erosões (BELL et al., 2011; CHYBA et al., 2014), no caso dos suínos, ainda podem acarretar a poluição, a acidificação do solo e a eutrofização dos recursos hídricos, pela incorreta deposição de dejetos (VRIES; BOER, 2010).

Extração de areia causa perturbação física do habitat pela dragagem, incluindo geração de ruídos, que podem interromper atividades de reprodução e nidificação; perda de solos, recursos de madeira, fragmentação de habitats; perturbação das rotas migratórias; morte de animais e perda da biodiversidade (ASHRAF et al., 2011). Por fim, as barragens promovem o aumento da condutividade elétrica à jusante e acumulação de fósforos e nitrogênio, que por sua vez desencadeiam a eutrofização e turbidez da água (SANTOS et al., 2017).

### **Interações espaciais obtidas pelas análises dos Autos de Infrações**

#### *Tipo de intervenção em função da área impactada*

A Tabela 3 representa o ajuste do modelo 1 para os tipos de intervenções que foram importantes para explicar a área degradada no estado de Minas Gerais. Foram apresentados a média a *posteriori* e os intervalos com 95% de confiabilidade para a distribuição dos parâmetros.



Tabela 3 – Resumo dos efeitos do modelo 1 (em escala natural).

Efeitos fixos	Média	LI <sub>IC95%</sub>	LS <sub>IC95%</sub>
Intercepto*	14,0132	10,591	18,5413
T2	3,5254	2,4596	5,0028
T3	3,0042	1,0833	10,591
T4	0,0005	0,0001	0,1237
T14	0,0123	0,0018	0,1686

\*Constante comum para todos os tipos de intervenção. Legenda: LI - limite inferior e LS - limite superior do intervalo de 95% de credibilidade.

Dos vinte e três tipos de intervenção, apenas T2 (supressão da vegetação nativa), T3 (queimadas), T4 (intervenção com uso de defensivos) e T14 (construção de ETE) foram importantes para explicar o tamanho da área degradada no estado de Minas Gerais. Os dois primeiros por impactar grandes extensões de terras e os últimos, o inverso. As demais intervenções podem ser descritas apenas por uma constante geral. Isto quer dizer que o valor delas equivale ao valor médio do intercepto (constante comum para todos os tipos de intervenção). A ausência de informações sobre a área afetada nos autos de infração acarreta inúmeros prejuízos tanto para a definição de ações de recuperação quanto para a definição do valor da multa. As perícias ambientais devem, como primeiro objeto de análise, descrever e dimensionar as áreas afetadas para, posteriormente prosseguir com as demais análises.

Quando se tratam das intervenções do tipo T2 e T3, espera-se, em média, um aumento aproximado de 353% e 300% em relação à média da área degradada geral ( $\mu T2 = 14,0132 \times 3,5254 = 49,41$  ha e  $\mu T3 = 14,0132 \times 3,0042 = 42,10$  ha). Esses resultados são estimativas importantes para previsão de futuras intervenções. Se, em Minas Gerais, houver intervenção do tipo T2, serão impactados, em média, 49,41 hectares de áreas protegidas (APP e/ou RL); e do tipo T3, serão impactados, em média, 42 hectares. Para as intervenções dos tipos T4 e T14, espera-se, em média, uma área degradada de 0,01 ha ( $\mu T4 = 14,0132 \times 0,0005$ ) e 0,17 ha ( $\mu T14 = 14,0132 \times 0,0123$ ) respectivamente.

Pufal et al. (2000), em estudos sobre o Cerrado, já afirmaram que as políticas para conservação de remanescentes nativos deverão considerar uma análise espacial sobre o grau e a forma de ocupação agrícola do bioma. Neste sentido, a evidência de que a supressão da vegetação nativa e as práticas de queimadas representam as intervenções que impactaram maiores extensões de APP e RL são importantes para concepção de instrumentos legais e políticas que atuem sobre a conservação e promoção da regularização ambiental.

Ao ter em vista que a supressão da vegetação e as práticas de queimadas têm devastado maiores áreas de proteção ou conservação de Minas Gerais, é possível avaliar possíveis estratégias de prevenção e controle para este fim. Como por exemplo, o estabelecimento de planos de ações e de parcerias para o combate destas atividades ilícitas.

#### *Avaliação sobre o número de autuações por ano e mesorregiões*

Um resumo das covariáveis “Ano” do modelo 2 para o “Número de Autuações” está representado na Tabela 4. Ainda que o volume de autuações do ano 2016 possa estar relacionado à implementação do sistema, observou-se uma tendência crescente no número de autuações com o passar dos anos.

Tabela 4 – Resumo dos efeitos fixos do modelo 2.

Ano*	Média	LI <sub>IC95%</sub>	LS <sub>IC95%</sub>
2008	0,2061	0,0662	0,5378
2009	0,8107	0,3927	1,5360
2010	1,3803	0,7489	2,3974
2011	3,6991	2,3340	5,7270
2012	9,7757	6,6028	14,3249
2013	27,7934	19,4452	39,5495
2014	18,0510	12,4423	25,9533
2015	23,8027	16,6415	33,9266
2016	180,6931	129,1662	252,5982

\*O parâmetro estimado está na escala natural e<sup>B</sup>. Legenda: LI - limite inferior e LS - limite superior do intervalo de 95% de credibilidade.

Entre os anos de 2008 a 2016, a mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte apresentou o maior efeito espacial dentre as mesorregiões. Desta forma, infere-se que ela apresentou maior concentração do número de autuações do estado, seguida da mesorregião Zona da Mata, a qual apresentou o segundo maior efeito. Em contrapartida, as mesorregiões Campo das Vertentes, Central Mineira, Jequitinhonha, Noroeste de Minas, Norte de Minas e Vale do Mucuri apresentaram um menor número de autuações que as demais mesorregiões (Figura 4).

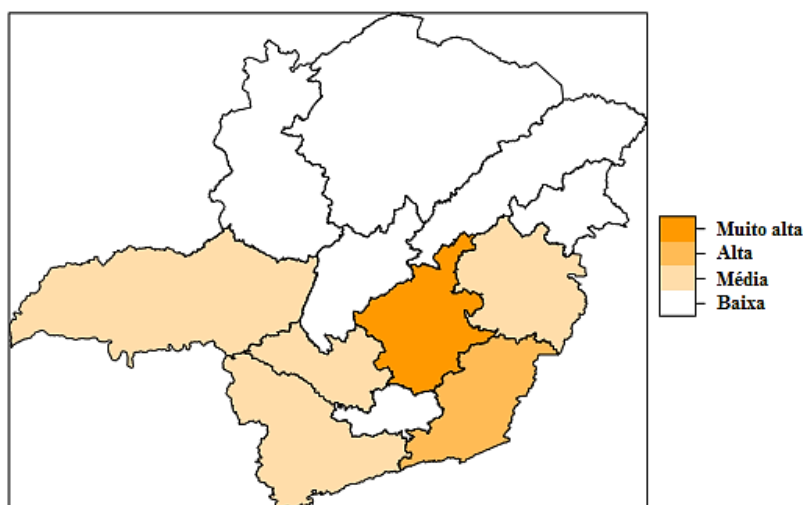
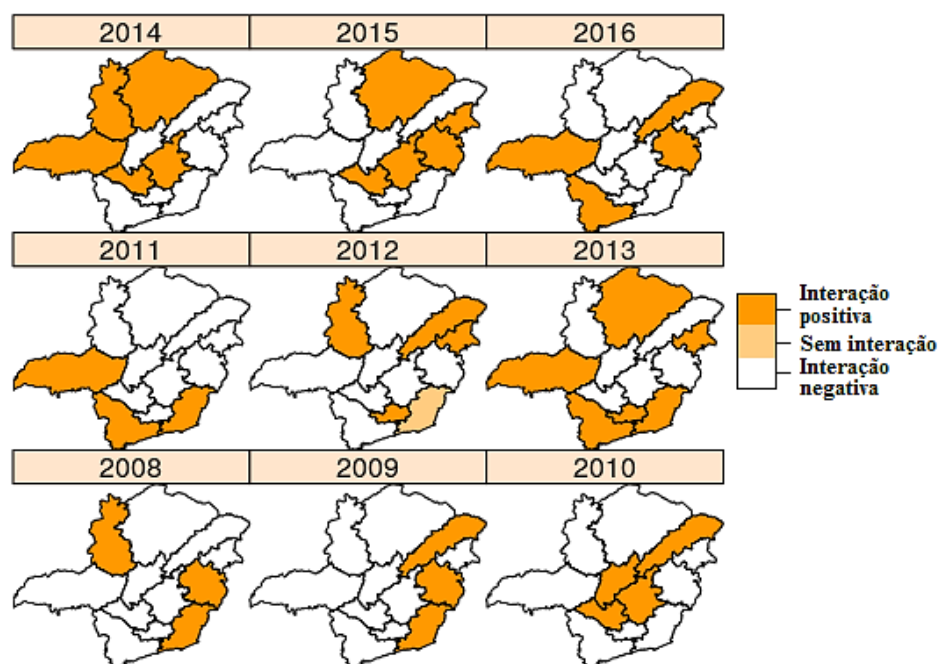


Figura 4 – Dependência espacial para o modelo 2, entre 2008 a 2016. \*Muito alta (3,16 a 5,3); Alta (1,85 a 3,16); Média (1 a 1,85); e Baixa (0,35 a 1).

Ao analisar essa dependência espacial entre número de autuações e mesorregiões por ano (Figura 5), percebe-se que, ao longo dos anos, houve um aumento de mesorregiões com interações positivas. Este resultado prediz que a tendência temporal da mesorregião, naquele determinado ano, foi maior que a tendência temporal média do mesmo ano. Como consequência, infere-se um número maior de autuações naquele ano para a mesorregião. Em contrapartida,

mesorregiões cuja interação foi negativa implica que a tendência temporal daquela determinada mesorregião, naquele ano, foi menor do que a tendência temporal média para aquele ano; e, portanto, infere-se um menor número de autuações, naquele ano, para aquela mesorregião.



Observa-se que não houve um padrão para explicar o comportamento de número de autuações por mesorregiões e ano, visto que o número de autos de infração variou muito em cada mesorregião. Embora não tenha explicação prática, a interação foi importante (significativa) para melhorar o ajuste do modelo e, conseqüentemente sua capacidade de predição. Isto é, ela corrigiu as estimativas dos efeitos principais ano e mesorregião (vistos na Tabela 4 e Figura 4). A ausência de um padrão pode estar relacionada à falta de critérios e

informações dos autos de infração. Uma alternativa para prever uma tendência para a interação ano e mesorregião seria, em trabalhos futuros, considerar o ano na escala contínua, para possibilitar ajustá-lo como um polinômio quadrático. Para melhor precisão do modelo deve-se, também, considerar os municípios em vez de mesorregiões. Mas, para isso, faz-se necessária uma padronização dos autos de infração, com informações de coordenadas geográficas dos locais autuados, data em que ocorreu a infração (não apenas o ano) e descrição da área afetada (com itens sobre o tipo de intervenção, o tipo de APP degradada e o tamanho da área afetada).

Salienta-se a importância da elaboração de protocolos e planilhas para avaliação dos autos de infração e treinamentos para correto preenchimento dos laudos. Além das informações acima sugeridas, recomenda-se a inserção de informações sobre reincidências das infrações e prescrições de orientações para recuperação e uso sustentável. Torna-se imprescindível, também, a informação sobre a revisitação dos locais e confirmação da recuperação do ambiente. Do contrário, continuar-se-ão com cenários de comando sem controle.

Sparovek et al. (2011) em estudos sobre as revisões do Código Florestal, questionaram sobre a possível aplicabilidade da nova legislação ambiental, a capacidade de solução dos passivos ambientais e proteção ambiental sob a nova Lei. Segundo os autores, o passivo acumulado ao longo dos anos era suficiente para gerar dúvidas sobre a capacidade econômica da restauração da vegetação nativa e os custos envolvidos. Além disso, questionaram que, se a Lei anterior não produziu efeitos desejados, como as alterações ou adaptações poderiam chegar a um bom resultado no futuro?

Soares-Filho et al. (2014) manifestaram que as iniciativas privadas estavam se alinhando para ajudar proprietários de terras em alcançar a conformidade com o CF, por meio de boicotes de produtos agrícolas cultivadas em áreas recentemente desmatadas ou de alta biodiversidade, e pela preferência

por certificação dos produtos. Citaram que a expectativa para o sucesso do CF concentrou-se sobre o CAR, mas alertaram sobre a necessidade de fortalecer e integrar os esforços em todos os órgãos estaduais e federais para implementação do CF, estabelecendo a clara posse de terra e concessão de licenças ambientais.

Já em 2017, Azevedo et al. afirmam que o CAR não garante que os proprietários de terras cumpram com a lei ou reduzam os desmatamentos, posto que apenas 6% dos produtores registrados relataram adotar medidas para restaurar áreas ilegalmente intervindas em suas propriedades. Apesar das expectativas, o CAR ainda não fornece o conjunto de incentivos financeiros ou comando e controle necessários para prevenir o desmatamento e garantir a conformidade com o CF.

No presente artigo, foi possível atestar o despreparo institucional dos órgãos ambientais de comando e controle sobre as APP e RL, por meio de um estudo de caso de Minas Gerais. Os dados apresentados confirmam que o sistema de fiscalização não acompanhou a atualização do CF e, portanto, a alteração da Lei representa uma irresponsabilidade dos legisladores sobre a proteção do patrimônio natural do país. Sem o fortalecimento destes setores, o CF não será cumprido.

Ademais, a expectativa por novos afrouxamentos da legislação acarreta em inseguranças jurídicas para os setores envolvidos com a recuperação ambiental, dificultando ainda mais o cumprimento do CF. Por que os viveiristas, por exemplo, irão investir em infraestruturas para produção de mudas nativas onde ainda se cogita a possibilidade de desobrigação legal de restauração ambiental?

E, ainda que o CF seja cumprido, a legislação não promoverá a proteção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (VIEIRA et al., 2017). Os pesquisadores citam, como exemplo, que o norte do Cerrado detém um

excedente de vegetação nativa que pode ser legalmente desmatada porque as propriedades possuem mais vegetação nativa do que o requerido.

*Avaliação do valor das autuações por ano e mesorregiões*

O modelo 3 também apresentou uma tendência crescente no que diz respeito ao valor agregado das autuações ao longo dos anos. Houve destaque para o ano de 2015, o qual teve o maior efeito temporal. Isto implica que o valor das autuações para aquele ano foi o maior no período (Tabela 5).

Tabela 5 – Resumo dos efeitos fixos do modelo 3.

Ano <sup>*</sup>	Média	LI <sub>IC95%</sub>	LS <sub>IC95%</sub>
2008	2.503,14	490,10	14.423,30
2009	3.769,89	1.248,38	11.953,75
2010	1.184,65	729,68	5.045,24
2011	5.618,95	2.818,61	11.246,36
2012	6.799,47	3.824,95	12.108,95
2013	3.569,21	2.087,87	6.104,61
2014	4.019,05	2.301,92	7.066,55
2015	10.474,51	6.106,44	17.945,60
2016	4.635,50	2.758,93	7.776,80

<sup>\*</sup>O parâmetro estimado está na escala natural e<sup>β</sup>. Legenda: LI - limite inferior e LS - limite superior do intervalo de 95% de credibilidade.

A estrutura temporal pode ser observada na Figura 6, apresentada a seguir.

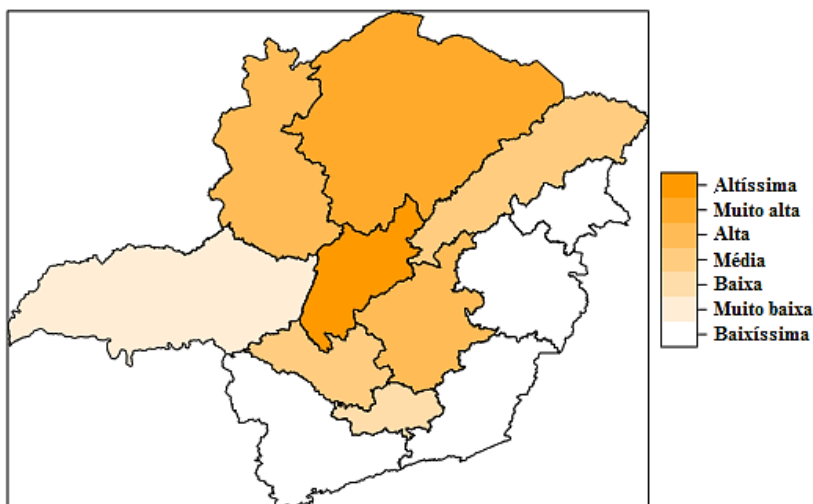


Figura 6 – Dependência espacial entre o valor das multas por mesorregiões de Minas Gerais (para o modelo 3), entre 2008 a 2016. \*Altíssima (2,25 a 10); Muito alta (1,9 a 2,25); Alta (1,3 a 1,9); Média (1 a 1,3); Baixa (0,75 a 1); Muito baixa (0,55 a 0,75) e Baixíssima (0,35 a 0,55).

Verifica-se que a Mesorregião Metropolitana de Belo Horizonte apresentou elevados números de autuações (Figura 4) e valores arrecadados das multas ao longo dos anos (Figura 6). Enquanto as Mesorregiões Central Mineira e Norte de Minas apresentaram baixo número de autuações (Figura 4) a altos valores arrecadados (Figura 6).

Os valores das multas são determinados de acordo com o Decreto Estadual nº 44.844/2008 – que estabelece normas para licenciamento ambiental e autorização ambiental de funcionamento, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades – e dependem do tipo e da gravidade da intervenção. Uma vez que existe esta relação, acredita-se que estas regiões (Central Mineira e Norte de Minas) estejam sob extensa perturbação ambiental e desequilíbrio ecológico.



A pressão, reconhecida neste estudo, aliada à afirmação de Pereira e Almeida (2011) sobre a mesorregião norte, em que apenas em tempos recentes a atenção da mídia tem se voltado para o processo de desertificação em curso na região, salienta a necessidade de medidas que visem proteção e recuperação das APP e RL desses locais. Em adição, Pereira e Almeida (2011) também salientam a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a temática na região.

Os cenários demonstram a possibilidade de arrecadação de multas por regiões, que por sua vez deveriam ser revertidas em estudos com vistas a sanar lacunas do conhecimento para composição de Programas de Regularização Ambiental e Políticas de Conservação. O governo, todavia, parece flexibilizar ainda mais a usurpação dos recursos naturais em áreas que, por Lei, deveriam estar mantidas intocadas, como APP, ou protegidas, como RL.

A primeira ação que se remete a esta consideração encontra-se na Lei nº 12.651/2012, Art., 67, pelo qual, se um imóvel abaixo de quatro Módulos Fiscais não possuir sequer 1% da vegetação nativa para compor a RL, estará dispensado de cumprir com tal obrigação (BRASIL, 2012).

A segunda ação remete-se à possibilidade de concessão de perdão das multas ambientais pelo Decreto Estadual nº 47.246/2017. Existem duas possibilidades para a anistia dos créditos não tributários decorrentes de penalizações. Uma opção para valores com ou sem ação de cobrança judicial, inscritos ou não em dívida ativa, no montante de até quinze mil reais (nestes casos, o auto de infração ou boletim de ocorrência deve ter sido emitido até 31 de dezembro de 2012). Outra possibilidade refere-se aos valores menores ou iguais a cinco mil reais, inscritos ou não em dívida ativa, com ou sem ação de cobrança judicial desde que auto ou boletim de ocorrência tenha sido lavrado entre 31 de dezembro de 2012 a 1º de janeiro de 2013 (MINAS GERAIS, 2017).

Assim como a interação entre mesorregião e ano para números de autos de infração (Figura 5), a interação mesorregião e ano para valores de multas

(Figura 7) não revelou um padrão para explicar o comportamento do número de autuações por mesorregiões e ano, visto que o número de autos de infração variou muito em cada mesorregião. Embora não tenha explicação prática, a interação foi importante (significativa) para melhorar o ajuste do modelo e, conseqüentemente, sua capacidade de predição. Isto é, ela corrigiu as estimativas dos efeitos principais ano e mesorregião (vistos na Tabela 5 e Figura 6).

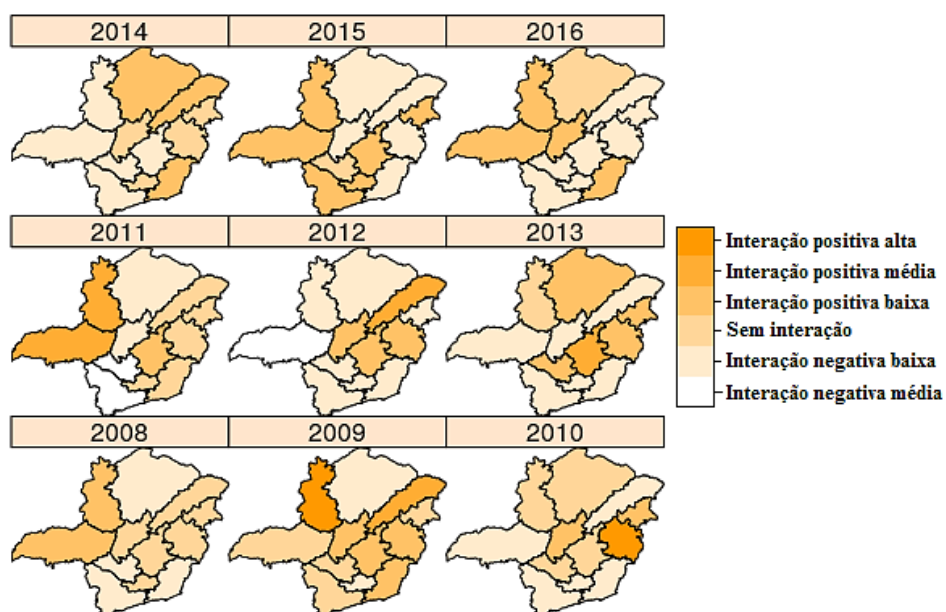


Figura 7 – Interação entre valores das autuações por ano e mesorregião, entre 2008 a 2016 (para o modelo 3). \* Interacção positiva alta (2 a 4); Interacção positiva média (1 a 2); Interacção positiva baixa (0,01 a 1); Sem interacção (-0,01 a 0,01); Interacção negativa baixa (-1 a -0,01); Interacção negativa média (-2 a -1).

A ausência de um padrão neste modelo também pode estar relacionada à falta de critérios e informações dos autos de infração. Com isso, alternativa para melhores ajustes remete-se à padronização de informações descritas nos autos, ressaltando a premente necessidade de protocolos para o correto e completo preenchimento dos laudos.

## Conclusões

O sistema de controle e fiscalização não acompanhou a atualização da instrumentação legal, dificultando, portanto, o cumprimento da legislação. Os autos de infração omitem informações importantes para análises ambientais e, assim, salienta-se a necessidade da elaboração de protocolos e treinamentos para o correto preenchimento dos laudos.

Para cumprimento do CF faz-se necessário o fortalecimento do sistema de controle e fiscalização ambiental, a começar pela inserção de informações sobre reincidências das infrações, de orientações para recuperação e uso sustentável e revisitação dos locais para confirmação da recuperação do ambiente. Tais medidas configuram-se em iniciativas para anular a expectativa por novos afrouxamentos, que por sua vez causam insegurança jurídicas e novas ilicitudes.

A pressão exercida sobre os recursos naturais, reconhecida neste estudo, traz a necessidade de tomadas de decisão que visem à proteção e recuperação das áreas protegidas no interior dos imóveis rurais. Portanto, faz-se necessário a implementação de Chaves de Decisão para fomentar e agilizar a restauração e regularização ambiental.

## Referências

ASHRAF, M. A.; MAAH, M. J.; YUSOFF, I.; WAJID, A.; MAHMOOD, K. Sand mining effects, causes and concerns: A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia. **Scientific Research and Essays**, v. 6, n. 6, p. 1216-1231, 2011.

ATTANASIO, C. M.; GARCIA, L. A. C.; MELLO, F. N. A. Métodos para restauração de florestas de brejo degradadas. **Pesquisa & Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 1-6, 2015.

AZEVEDO, A. A.; RAJÃO, R.; COSTA, M. A.; STABILE, M. C. C.; MACEDO, M. N.; REIS, T. N. P.; ALENCAR, A.; SOARES-FILHO, B.; PACHECO, R. Limits of Brazil's Forest Code as a means to end illegal deforestation. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 29, p. 7653-7658, 2017.

BAGER, A.; ROSA, C. A. Impacto da rodovia BR-392 sobre comunidades de aves no extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 20, n. 1, p. 30-39, 2012.

BARTON, S. S.; GARCIA, C. S. G. Roadside Landscapes - A potential environmental resource. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 3, p. 277-290, 2015.

BELL, L. W.; KIRKEGAARD, J. A.; SWAN, A.; HUNT, J. R.; HUTH, N. I.; FETTELL, N. A. Impacts of soil damage by grazing livestock on crop productivity. **Soil and Tillage Research**, v. 113, n. 1, p. 19-29, 2011.

BENNETT, V. J. Effects of Road Density and Pattern on the Conservation of Species and Biodiversity. Current. **Landscape Ecology Reports**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2017.

BIVAND, R.; PIRAS, G. Comparing Implementations of Estimation Methods for Spatial Econometrics. **Journal of Statistical Software**, v. 63, n. 18, p. 1-36, 2015.

BIVAND, R.; HAUKE, J.; KOSSOWSKI, T. Computing the Jacobian in Gaussian spatial autoregressive models: An illustrated comparison of available methods. **Geographical Analysis**, v. 45, n. 2, p. 150-179, 2013.

BIVAND, R.; LEWIN-KOH, N. **Maptools**: Tools for Reading and Handling Spatial Objects. 2017, R package version 0.9-2. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=maptools>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

BOCHET, E.; GARCÍA-FAYOS P.; TORMO, J. How can we control erosion of road slopes in semiarid Mediterranean areas? Soil improvement and native plant establishment. **Land Degradation & Development**, v. 21, p. 110-121, 2010.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P.; PEREIRA, J. A. A.; COELHO JÚNIOR, L. M.; BARROS, D. A. Áreas de preservação permanente na legislação ambiental brasileira. **Ciência Rural**, v. 41, n. 7, p.1202-1210, 2011.

BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. **Natureza & Conservação**, v. 14, n. 1, p. 1-15, 2016.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012**. Instituiu o Novo Código Florestal Brasileiro. 2012a. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 19 set 2017.

CAO, S.; CHEN, L.; GAO, W.; CHEN, Y.; YAN, M. Impact of planting grass on terrene roads to avoid soil erosion. **Landscape Urban Planning**, v. 78, n. 3, p. 205-216, 2006.

CHIDUMAYO, E. N.; GUMBO, D. J. The environmental impacts of charcoal production in tropical ecosystems of the world: a synthesis. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 2, p. 86-94, 2013.

CHYBA, J.; KROULÍK, M.; KRIŠTOF, K.; MISIEWICZ, P. A.; CHANEY, K. Influence of soil compaction by farm machinery and livestock on water infiltration rate on grassland. **Agronomy Research**, v. 12, n. 1, p. 59-64, 2014.

DELALIBERA, H. C.; Weirich Neto, P. H.; Lopes, A. R. C.; Rocha, C. H. Alocação de reserva legal em propriedades rurais: do cartesiano ao holístico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 286-292, 2008.

FIGUEIREDO, M. S. F.; FIGUEIREDO, M. S. F. A Influência dos Recursos Naturais Frente à Colonização do Vale do Macuri. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 1, n. 1, 2012.

FINN, L.; RUE, H.; LINDSTROM, J. An Explicit Link Between Gaussian Fields and Gaussian Markov Random Fields: The Stochastic Partial Differential Equation Approach (with discussion). **Journal of the Royal Statistical Society B**, v. 73, n. 4, p. 423-498, 2011.

FINN, L.; RUE, H. Bayesian Spatial Modelling with R-INLA. **Journal of Statistical Software**, v. 63, n.19, p. 1-25, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA –IBGE. **Mesorregiões do IBGE**. 2014. Disponível em: <<http://mg.gov.br/conteudo/conheca-minas/geografia/localizacao-geografica>>. Acesso em: 08 nov. 2017.

KELLER, T.; LAMANDÉ, M. Challenges in the development of analytical soil compaction models. **Soil and Tillage Research**, v. 111, p. 54-64, 2010.

MARTINS, T. G.; SIMPSON, D.; FINN, L.; RUE, H., Bayesian computing with INLA: New features. **Computational Statistics and Data Analysis**, v. 67, p. 68-83, 2013.

MENDONÇA, R. C.; FELFILI, J. M.; WALTER, B. M. T.; SILVA JÚNIOR, M. C.; REZENDE, A. V.; FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E. Flora Vascular do Cerrado. In: SANO, S. M.; Almeida, S. P. (Eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília: Embrapa/CPAC, 1998. p. 289-556.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GIONGO, V.; PÉREZ-MARIN, A. M. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 643-653, 2012.

MINAS GERAIS. **Resolução Conjunta SEMAD/IEF/IGAM/FEAM nº 2297 de 21 de setembro de 2015**. Estabelece a utilização do Sistema de Controle de Autos de Infração e Processos – CAP por todas as unidades integrantes do SISEMA, e dá outras providências. 2015. Disponível em: <<http://jornal.iof.mg.gov.br>>. Acesso em: 19 set. 2017.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 44.844, de 25 de junho de 2008**. Estabelece normas para licenciamento ambiental e autorização ambiental de funcionamento, tipifica e classifica infrações às normas de proteção ao meio ambiente e aos recursos hídricos e estabelece procedimentos administrativos de fiscalização e aplicação das penalidades. 2008. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/>>. Acesso em: 10 jan. 2018.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 47.246, de 30 de agosto de 2017**. Dispõe sobre a remissão total de créditos estaduais não tributários e sobre o programa de pagamento incentivado de que trata a Lei nº 21.735, de 3 de agosto de 2015. 2017. Disponível em: <<http://www.fazenda.mg.gov.br/>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

OLIVEIRA, G. C.; FERNANDES FILHO, E. I. Automated Mapping of Permanent Preservation Areas on Hilltops, **Cerne**, v. 22, n. 1, p. 111-120, 2016.

PEREIRA, A. M.; DE ALMEIDA, M. I. S.. Degradação ambiental e desertificação no semiárido mineiro: um estudo sobre o Município de Espinosa (MG). **Revista Geográfica de América Central**, v. 2, n. 47, p. 1-16, 2011.

PUFAL, D. V. L.; BUSCHBACHER R.; GARCIA, M. A. Brazil: Cerrado. In: WOOD, A; STEDMAN-EDWARDS, P.; MANG, J. (Eds.). **The root causes of biodiversity loss**. Sterling: World Wildlife Fund (WWF)/Earthscan Publications Ltd., 2000. p. 95-125.

QUEIROZ, A. B.; ALMEIDA, J. R.; LINS, G. A. Avaliação de impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos sanitários: ETE-Salgado Filho. **Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 11, n. 2, p. 68-78, 2009

R CORE TEAM. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2017. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 07 jul. 2017.

RESENDE, J. C. F.; MARKEWITZ, D.; KLINK, C. A.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DAVIDSON, E. A. Phosphorus cycling in a small watershed in the Brazilian Cerrado: impacts of frequent burning. **Biogeochemistry**, v. 105, n. 1-3, p. 105-118, 2011.

RIBEIRO, C. A. S.; SOARES, V. P.; OLIVEIRA, A. M. S.; GLERIANI, J. M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, v. 29, n. 2, 2005.

RIBEIRO, D. B.; FREITAS, A. L. Brazil's new laws bug collectors. **Science**, v. 345, n. 6204, p. 1571-1571, 2014.

RODRIGUES, R. R.; FARAH, F. T.; LAMONATO, F. H. F.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S.; BARRETO, T. E. Adequação ambiental e agrícola: cumprimento da lei de proteção da vegetação nativa dentro do conceito de paisagens multifuncionais. In: SILVA, A. P. M.; MARQUES, H. R.; SAMBUICHI, R. H. R. (Org.). **Mudanças no Código Florestal Brasileiro: desafios para a implementação da nova Lei**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. p. 159-184.

RUE, H.; MARTINO, S.; CHOPIN, N. Approximate Bayesian inference for latent Gaussian models by using integrated nested Laplace approximations. **Journal of the royal statistical society: Series b (statistical methodology)**, v. 71, n. 2, p. 319-392, 2009.

RUE, H.; RIEBLER, A.; SORBYE, S. H.; ILIAN, J. B.; SIMPSON, D. P.; LUNDGREN, F. K. Bayesian computing with INLA: a review. **Annual Review of Statistics and Its Application**, v. 4, p. 395-421, 2017.

- SAFARI, A.; KAVIAN, A.; PARSAKHOO, A.; SALEH, I.; JORDÁN, A. Impact of different parts of skid trails on runoff and soil erosion in the Hyrcanian forest (northern Iran). **Geoderma**, v. 263, p. 161-167, 2016.
- SANTOS, R. M. B.; FERNANDES, L. F. S.; CORTES, R. M. V.; VARANDAS, S. G. P.; JESUS, J. J. B.; PACHECO, F. A. L. Integrative assessment of river damming impacts on aquatic fauna in a Portuguese reservoir. **Science of the Total Environment**, v. 601, n. 602, p. 1108-1118, 2017.
- SILVA, D. A.; LUIZ, M. F.; JESUS, F. G.; ROCHA, E. C.; OLIVEIRA, M. A.; ARAÚJO, M. S. Post-fire effect of savannah vegetation on the establishment of new colonies of *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, v. 99, n. 4, p. 744-749, 2016
- SOARES-FILHO, B. et al. Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014.
- SOARES-FILHO, B. S.; NEPSTAD, D. C.; CURRAN, L.; CERQUEIRA, G. C.; GARCIA, R. A.; RAMOS, C. A.; VOLL, E.; MCDONALD, A.; LEFEBVRE, P.; SCHLESINGER, P.; MCGRATH, D. Cenários de desmatamento para a Amazônia. **Estudos Avançados**, v. 19, n. 54, p. 137-152, 2005.
- SOUZA, G. S.; SOUZA, Z. M.; SILVA, S. B.; ARAUJO, F. S.; BARBOSA, R. S. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 4, p. 603-612, 2012.
- SPAROVEK, G.; BARRETO, A.; KLUG, I.; PAPP, L.; LINO, J. A revisão do Código Florestal brasileiro. **Novos Estudos-CEBRAP**, n. 89, p. 111-135, 2011.
- STEINER, F. A.; VASCONCELOS, V. V. Delimitação e proteção das Áreas de Preservação Permanente de Chapadas: Estudo de Caso da Mineração de Areia em Encostas no Norte de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 40, 2011.
- TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.



TANNUS, J.L.S.; ASSIS, M.A. Composição de espécies vasculares de campo sujo e campo úmido em área de cerrado, Itirapina – SP, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 27, n. 3, p. 489-506, 2004.

VIEIRA, E. R.; REZENDE, A. S. C.; LANA, A. M. Q. BARCELOS, K. M. C.; SANTIAGO, J. M.; LAGE, J.; FONSCCECA, M. G.; BERGMAN, J. A. G. Caracterização da equideocultura no estado de Minas Gerais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 1, p. 319-323, 2015.

VIEIRA, R. R.; RIBEIRO, B. R.; RESENDE, F. M.; BRUM, F. T.; MACHADO, N.; SALES, L. P.; MACEDO, L.; SOARES-FILHO, B.; LOYOLA, R. Compliance to Brazil's Forest Code will not protect biodiversity and ecosystem services. **Biodiversity Viewpoint**, v. 24, n. 4, p. 1-5, 2017.

VINHAL-FREITAS, I. C.; MALDONADO, A. C. D.; ALVARENGA, C. B. CAMARGO, R.; WENDLING, B. Adsorção e dessorção de metais no solo e coeficientes de isotermas de Freundlich e Langmuir. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p. 155-163, 2010.

VRIES, M.; BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. **Livestock science**, v. 128, n. 1, p. 1-11, 2010.

## **ARTIGO 2 – CHAVE DE DECISÃO PARA PROGRAMAS DE REGULARIZAÇÃO AMBIENTAL**

Normas da NBR 6022 (ABNT 2003)

### **Resumo**

A partir da sanção do Novo Código Florestal, Lei Federal nº 12.651/2012, todos estados do território brasileiro deverão se inscrever no Cadastro Ambiental Rural e nos Programas de Regularização para sanar os passivos ambientais não anistiados pela Lei. Contudo, muitos estados não possuem instrumentos legais para direcionar as ações de regularização, como no caso do estado de Minas Gerais. O objetivo, neste estudo, foi avaliar e revelar os aspectos políticos e científicos necessários para que se faça cumprir a restauração ambiental, a partir de uma árvore de decisão, e apontar os aspectos a serem considerados na construção dessa ferramenta. Para isso, foram levantadas as infrações ambientais ocorridas em Minas Gerais e, em seguida, associados os impactos negativos dessas atividades às técnicas de recuperação recomendadas, a partir de extensa revisão bibliográfica e documental. A árvore de decisão mostrou-se uma técnica eficiente de análise, capaz para revelar os pontos críticos que limitam a restauração ambiental. Durante sua construção, observou-se que as decisões finais (técnicas recomendadas) dependeram dos impactos verificados e não das atividades causadoras. Verificaram-se inconsistências científicas e legais que dificultam uma prescrição segura de técnicas a serem empregadas. Embora se considerem eficazes as indicações da chave de decisão, ainda são necessários estudos científicos que ampliem sua eficiência.

**Palavras-chave:** Restauração florestal, Código Florestal, Recuperação ambiental.

## **Introdução**

Por meio da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (LPVN), nº 12.651, instituída em 25 de maio de 2012, também conhecida como “Novo Código Florestal”, proprietários e posseiros rurais passaram a ser obrigados a aderir ao Programa de Regularização Ambiental (PRA). Segundo o Decreto nº 7.830/2012, este programa consiste em um conjunto de ações ou iniciativas, composto de quatro instrumentos (o Cadastro Ambiental Rural - CAR, o Termo de Compromisso - TC, o Projeto de Recomposição de Áreas Degradadas e Alteradas - PRADA e as Cotas de Reserva Ambiental - CRA - quando couber), que tem por finalidade a promoção da adequação e da regularização ambiental (BRASIL, 2012a, 2012b).

O CAR é um sistema operacional, composto por uma base de dados estratégica para o controle, o monitoramento e o combate ao desmatamento das florestas e demais formas de vegetação nativa do Brasil. Após inscrição eletrônica nesse sistema, e posterior análise pelos órgãos ambientais estaduais, identificada a necessidade de regularização ambiental, o órgão integrante do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) convocará os proprietários ou posseiros para assinar o Termo de Compromisso que constituirá como um título executivo extrajudicial, a partir do qual se comprovará a regularidade do imóvel rural. Isto não quer dizer que o proprietário estará livre de recuperar as áreas protegidas que foram ilegalmente intervindas. Conforme o Art. 59, §4º, da Lei Federal nº 12.651/2012, após a adesão dos interessados ao PRA, e enquanto estiverem cumprindo o termo de compromisso, o proprietário ou possuidor não poderá ser autuado por infrações cometidas anteriormente a 22 de julho de 2008. Simultaneamente, ao aderir ao PRA, os proprietários ou posseiros rurais deverão apresentar propostas para regularização de seus imóveis, por meio do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas ou Alteradas (PRADA), o qual deverá

abranjer métodos para a regeneração ou recomposição das Reservas Legais (RL), Áreas de Preservação Permanente (APP) e das Áreas de Usos Restritos (AUR), além de compensação da RL, quando couber (BRASIL, 2012).

Salienta-se que a APP refere-se à área, coberta ou não por vegetação nativa, a ser mantida intocada, em terras públicas ou privadas, devido à sua importância para manutenção dos processos ecológicos. E a RL corresponde à área no interior de uma propriedade ou posse rural, em extensão variável conforme a região em que se insere, sujeita ao uso econômico mediante a aprovação do órgão ambiental competente. Enquanto as APP possuem como funções ecológicas, preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, a fauna e a flora, bem como proteger o solo e garantir o bem-estar da população que desse bem se aproveita, as RL destinam-se a auxiliar na manutenção e reabilitação dos processos ecológicos, promovendo a conservação da biodiversidade (BORGES; REZENDE, 2011). Já as AUR são as áreas com inclinações entre 25 a 45°, os pantanais e planícies pantaneiras. Nas áreas com inclinações entre 25 e 45° são permitidos o manejo florestal sustentável, atividades agrossilvipastoris e infraestrutura física associada ao desenvolvimento dessas atividades. A conversão para uso alternativo do solo, nesses locais, é autorizada somente em casos de interesse social ou utilidade pública (atividades listadas na Lei Federal nº 12.651/2012). E nos pantanais e planícies pantaneira é permitida a exploração ecologicamente sustentável, com a conversão ao uso alternativo do solo condicionada à autorização do Órgão Estadual do Meio Ambiente (BRASIL, 2012b).

Apesar de o Código Florestal ter delineado as condutas para a regularização ambiental dos imóveis rurais, caberá aos estados elaborar diretrizes sobre os PRA. Considerando ainda que os próprios proprietários ou posseiros poderão indicar projetos para a regularização de seus imóveis e que um projeto de recuperação não contempla o retorno de todas as funções de uma

APP, a questão principal passa a ser como auxiliar, cientificamente, na estruturação de um “PRA” a fim de que as propostas sejam factíveis aos produtores rurais e, ao mesmo tempo, cumpram com a atribuição de salvaguardar os recursos naturais.

Como a maioria dos estados brasileiros, Minas Gerais ainda não estabeleceu nenhum regulamento sobre o programa de regularização ambiental. Faz-se oportuno salientar aqui dois aspectos encontrados na legislação ambiental que vigora em Minas Gerais e que devem ser ponderados ao se propor novas orientações para regularização ambiental: o primeiro remete às formas de plantio. Conforme o Art.16, §9º, Inciso V da Lei Estadual nº 20.922/2013, a recuperação das APP, em pequenas propriedades rurais, pode ser realizada por meio de plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional em até 50% da área a ser recomposta. Enquanto para as médias e grandes propriedades rurais entende-se que devam ser recompostas apenas mediante o plantio de espécies nativas (MINAS GERAIS, 2013). Seja para pequenas ou grandes propriedades, a falta de uma regra que exija um número mínimo de espécies ao final de uma prática de recuperação ambiental abre espaço para atividades que não cumprirão com as funções de uma APP, pois, dessa forma, um monocultivo de jabuticabeiras (espécie nativa), por exemplo, já deixaria a propriedade em regularidade.

O segundo aspecto refere-se à recuperação de APP de relevo. A Lei de MG nº 20.922/2013 (Art. 20) determinou que tanto nas encostas e nos topos de morros, quanto nas bordas dos tabuleiros e chapadas e nas áreas com altitudes superior a mil e oitocentos metros, serão admitidas, não só a manutenção das atividades florestais e das culturas de espécies lenhosas, perenes ou de ciclos longos, como também toda infraestrutura física associada ao desenvolvimento dessas atividades, vedada a conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo (MINAS GERAIS, 2013). Nota-se que não é estabelecida uma metragem

mínima a ser recomposta. Uma vez que não se exigem a recuperação dessas áreas, como atender ao restabelecimento de um curso d'água que esteja sendo assoreado? Como garantir a manutenção das funções e dos serviços prestados por essas APP?

Essas lacunas da legislação, aliadas ao fato de que os proprietários ou posseiros rurais poderão indicar projetos para a regularização de seus imóveis, fomentam a necessidade dos Estados estabelecerem modelos de tomadas de decisão, a serem incorporados nos PRA, para nortear os projetos de restauração ecológica e, com isso, propiciar maior proteção ao ambiente. O objetivo, neste estudo, foi avaliar e revelar os aspectos políticos e científicos necessários para que se faça cumprir a restauração ambiental no Brasil, como exigido pela Lei, a partir de uma *Árvore* ou *Chave* de Decisão. Neste contexto, como necessariamente deve-se partir de uma dada situação de degradação até a melhor decisão para sua recuperação, ou seja, linearmente do problema à solução, partiu-se do pressuposto de que a construção dessa *Árvore* de Decisão exibiria, em si, quais os pontos críticos existentes (se existentes) e determinantes para a regularização ambiental das propriedades. Como objetivo paralelo (e inevitável) deste estudo, pretendeu-se também analisar em profundidade e apontar os aspectos que devem ser considerados durante a construção de chaves ou modelos de decisão para recuperação ambiental.

## **Material e Métodos**

### **Coleta de dados**

A chave de decisão, proposta neste trabalho, utilizou-se de um levantamento e análise de 5.448 autos de infrações em áreas protegidas no Estado de Minas Gerais (LAUDARES et al., dados não publicados; artigo 1)

cedidos pela Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD).

A primeira etapa da metodologia de análise de decisão consiste em pesquisa exploratória, para se familiarizar com o campo de discussões no qual se insere o problema (FREITAS FILHO; LIMA, 2010). Técnicas típicas usadas nesses modelos de pesquisa incluem estudos de caso, observação e análise histórica (COLLIS; HUSSEY, 2005). Em decorrência do ambiente de pesquisa, da abordagem teórica e das técnicas de coleta e análise de dados, é possível definir o delineamento mais pertinente para cada pesquisa (GIL, 2017). Analisando os delineamentos proposto pelo autor, os mais adequados ao presente trabalho foram a pesquisa documental e a bibliográfica.

Tanto a pesquisa bibliográfica quanto a documental se baseiam em material já publicado, sendo a diferença principal entre elas a natureza das fontes. A pesquisa bibliográfica fundamenta-se em material elaborado por autores com propósito específico de ser lido por públicos específicos. Já a pesquisa documental vale-se de materiais elaborados com finalidades diversas tais como autorização, comunicação, atos jurídicos. Para subsidiar a elaboração da pesquisa bibliográfica, foram coletados dados basicamente de periódicos científicos; livros de obras científicas ou técnicas; teses e dissertações; anais e encontros científicos em bibliotecas convencionais e por meios eletrônicos. Para a pesquisa documental foram utilizados documentos jurídicos como leis, resoluções e normativas, e documentos institucionais mantidos em arquivos públicos.

A finalidade da investigação, no presente artigo, consiste na necessidade de se levantar os principais aspectos legais e científicos que envolvem a restauração ambiental. Com a compreensão sobre a temática, torna-se exequível a confecção de uma Chave de Decisão, como estudo de caso, para regularização ambiental das propriedades no estado de Minas Gerais.

## Elaboração da Chave de Decisão

A Chave de Decisão é um método que apresenta os resultados de forma hierárquica, com priorizações, e permite aos usuários a compreensão de quais fatores mais influenciam o trabalho. Para sua elaboração faz-se necessário a previsão das possíveis consequências de cada decisão e apreciação de alternativas em direção a uma sequência ótima. Assim, para construção da árvore, utilizou-se do levantamento das fontes de impactos e os consequentes efeitos nas áreas degradadas, para as diferentes formas de vegetação, e das técnicas existentes e suas recomendações para as diversas situações. Na Árvore de Decisão, o atributo inicial, apresentado como primeiro “nó”, corresponde à presença (ou não) de impactos ambientais, a partir do qual seguem ramificações (setas) em direção aos nós subsequentes (LEMOS; STEINER; NIÉVOLA, 2005) até que o resultado final (a decisão) seja alcançado. A construção da árvore, assim, tratou-se de um esforço intelectual de aprofundamento teórico sobre o estado da arte em recuperação de áreas impactadas.

Já para o desenho da Árvore de Decisão, foi utilizado o *Software Mindomo* (de acesso livre). O ponto de partida que guia às diferentes técnicas recomendadas se inicia com o questionamento sobre a presença de impactos ambientais. Na presença, questiona-se a ocupação da área a ser estabelecida. Nos casos em que não houver impedimento da regeneração natural (RN), questiona-se sobre a densidade da regeneração para indicação de técnicas de restauração ativa ou técnicas de complementação à RN. Para situações em que existam impedimentos para a regeneração natural, analisam-se os impactos presentes para posterior recomendação de técnicas restauradoras. Como padronização, foram utilizadas cores que intuitivamente facilitam o entendimento da figura. Por exemplo, as setas foram diferenciadas em cores, onde o verde significa rotas



de solução (decisão final), enquanto o laranja alerta para o não atingimento de solução e os caminhos ainda a serem seguidos até a decisão final.

Para composição dos modelos de recuperação ambiental a partir da Árvore de Decisão, foram adotados os seguintes conceitos de recuperação, reabilitação e restauração ambientais.

A recuperação ambiental, segundo Aronson, Durigan e Brancalion (2011), abrange todas as atividades que visam melhorar as condições ambientais de um dado ecossistema. O termo inclui atividades de recuperação de áreas degradadas, reabilitação e restauração ecológica, e deve ser adotado quando houver a intenção de se referir às diferentes possibilidades envolvidas na melhoria da qualidade ambiental do ecossistema degradado.

A reabilitação ecológica “é a melhoria das funções do ecossistema sem que necessariamente atinja um retorno das condições pré-distúrbio”. Em outras palavras, “quando não for possível retornar um ecossistema a um estado anterior ou condição ideal, a reabilitação será geralmente melhor opção do que a restauração” (ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011).

A restauração ecológica “é o processo de auxílio ao restabelecimento de um ecossistema que foi degradado, danificado ou destruído” (SER, 2004). Ressalta-se que a degradação é “simplificação ou modificação do ecossistema, causada por um distúrbio natural ou antrópico, cuja severidade ou frequência ultrapassa o limiar a partir do qual a recuperação natural é possível em tempo razoável” (ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011). De acordo com a Lei nº 9985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, Art. 2º, Inciso XIV, a restauração é “a restituição de um ecossistema ou uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original” (BRASIL, 2000). Rodrigues et al. (2009) complementam que a restauração é o modelo que deve restabelecer os processos ecológicos e as

espécies que favoreçam a persistência da biodiversidade mesmo em paisagens antropizadas.

Também se considerou, neste trabalho, que tanto as técnicas envolvidas nos modelos de recuperação ambiental quanto as de restauração ambiental podem ser realizadas de modo passivo, assistido e ativo. Segundo Aronson, Durigan e Brancalion (2011), modo passivo baseia-se no processo de sucessão natural implicando em mínima intervenção humana, como isolamento da área. O método assistido envolve intervenções planejadas para potencializar a regeneração natural, tais como introdução de elementos atrativos para fauna, controle da herbivoria por formigas e controle de espécies exóticas competidoras. Já o modo ativo, segundo Rodrigues et al. (2011), compreende práticas intervencionistas como plantio de mudas e semeadura.

## **Resultados e Discussão**

O delineamento lógico usado na construção da chave de decisão, assim como seu embasamento científico e desenho final (Figura 1) são apresentados a seguir.

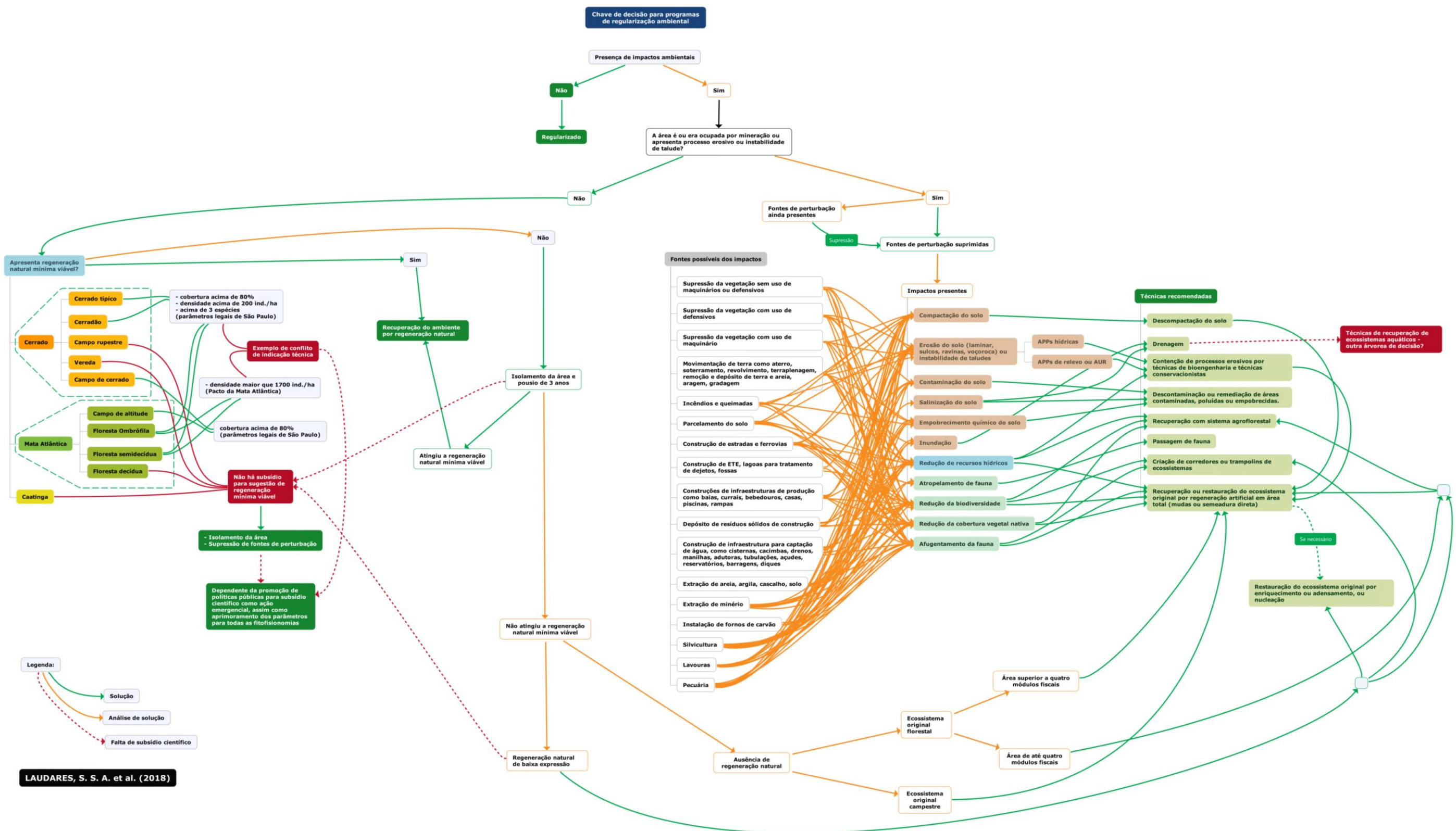


Figura 1 – Chave de decisão para Programas de Regularização Ambiental.

*Ponto de partida: a área está ocupada por mineração ou apresenta processo erosivo ou instabilidade dos taludes (encostas)?*

Informações sobre o histórico de uso das áreas e frequência dos distúrbios, muitas vezes não estarão disponíveis para os técnicos, proprietários ou posseiros do imóvel rural. Além disso, existe uma inviabilidade técnica e econômica para a realização, em larga escala, de algumas avaliações como, por exemplo, análise da estrutura e funcionalidade das florestas como fonte de propágulos na área. Assim, ponderou-se que, a chave de decisão, como modelo generalizado, deve, em primeiro momento, considerar apenas os aspectos impeditivos da regeneração natural. Por isso a chave se inicia com o questionamento sobre condições que impossibilitam a regeneração natural da vegetação original (RN): na presença de impactos ambientais, a área possui fatores impeditivos para a condução da Regeneração Natural? Isto é, a área está ocupada por atividades minerárias ou apresenta processos erosivos ou instabilidade de taludes?

Segundo Chaves et al. (2012), em toda área erodida há predominância de baixa fertilidade, devido a perda do solo, limitando o estabelecimento das plantas. Por esta razão os autores recomendam práticas mecânicas para contenção da erosão e posteriormente a revegetação. Recomendam também a reconformação dos taludes antes de qualquer plantio. Quanto às áreas ocupadas por mineração, a regeneração natural se torna inviável e a recuperação requer técnicas ativas como descompactação e transposição de solos.

Em áreas com menor grau de perturbação, sem ocupação por mineração ou sem a presença de processos erosivos, é de se considerar o método de Regeneração Natural como a primeira estratégia a ser utilizada. Priorizar a regeneração natural da vegetação nativa, ainda que assistida (BRANCALION et al., 2016; CHAZDON; URIARTE, 2016), reduz custos globais de restauração

em nível local, regional e nacional, permitindo que um grande número de áreas sejam submetidas à restauração (CHAZDON, 2017).

*Resposta negativa no ponto de partida: direcionamento para a restauração do ecossistema original por regeneração natural.*

A regeneração natural da vegetação original (RN) consiste em um conjunto de processos pelos quais a vegetação se restabelece sem que tenha sido introduzida por ação humana (ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011). Para que ocorra é necessário o desenvolvimento da sucessão secundária e, segundo Chazdon e Guariguata (2016), as mudanças na vegetação são acompanhadas por mudanças no solo, microrganismos e fauna. Marimon e Felfili (2006) salientam que a RN envolve elementos como produção de sementes, dispersão, germinação, estabelecimento, sobrevivência, disponibilidade de propágulos e condições climáticas do ambiente.

Como método, pode ser eficaz em função do potencial de recuperação apresentado por uma área e para avaliá-lo existem diversos fatores a serem considerados: histórico do uso da área; a distância entre a fonte de propágulos e a área a ser restaurada; a estrutura e funcionalidade das florestas matrizes (fonte de propágulos); o relevo; a capacidade de rebrota das raízes persistentes; a intensidade e frequência da perturbação; os bancos de plântulas e de sementes existentes; a presença e influência da fauna dispersora e predadora de sementes, além da herbivoria, entre outros (ALVES; METZGER, 2006; ARAÚJO; SANTOS; COELHO, 2016; ÁVILA et al., 2013; CHAZDON, 2003, 2017; MAGNAGO et al., 2011; MARTINS et al., 2014).

*Há regeneração natural mínima viável? – A inconsistência científica*

Na ausência dos fatores impeditivos, considera-se possível a regeneração natural como método e, a partir deste pressuposto, a pergunta principal passa a ser se a área a ser recuperada apresenta regeneração natural mínima viável.

Os parâmetros de referência sobre densidade de regenerantes, seu grau de cobertura do solo e número de espécies foram retirados da Resolução SMA nº 32/2014 – que faz orientações e estabelecem diretrizes e critérios para a restauração ecológica no Estado de São Paulo – em razão da ausência de legislação própria para o estado de Minas Gerais e, principalmente, pela ausência de estudos científicos que os determinem. Os indivíduos a serem contabilizados, segundo a resolução, devem possuir altura acima de 50 cm e circunferência medida à altura do peito menor do que 15 centímetros. Acredita-se que a escolha desse parâmetro seja para evitar a contabilização de indivíduos muito pequenos, com elevada mortalidade natural nas fases iniciais do ciclo de vida.

Esta Resolução surgiu por meio de reuniões de cientistas e de agentes políticos, promovidas pela Secretaria do Meio Ambiente e pela organização não governamental Pacto da Mata Atlântica (CHAVES et al., 2015). Contudo, não são explícitas quais pesquisas embasaram a concepção dos parâmetros contidos na Resolução, e ressalta-se a dificuldade em encontrá-las na literatura científica. O que se observam, após sua sanção, é apenas um movimento insipiente para seu embasamento.

Na pesquisa de Suganuma e Durigan (2015) há a confirmação de que, dentre os principais parâmetros de fácil medição para monitorar e atestar a restauração, encontram-se a cobertura do solo com vegetação nativa, a densidade

de indivíduos regenerantes e a riqueza de espécies nativas regenerantes. Contudo, sem valores para tais indicadores.

Já Durigan et al. (2016) apresentam pequenas divergências, em valores, em relação à referida Resolução. Por exemplo, apontam 4 anos como tempo mínimo para avaliação e monitoramento após a restauração, enquanto a Resolução nº 32/2014 aponta 3 anos. Como densidade de regenerantes (em indivíduos por hectare), a Resolução determina o valor mínimo de 0 [sic!] a 200 indivíduos (para florestas ombrófilas e estacionais), enquanto os mesmos autores apontam, como valores mínimos, 125 indivíduos por hectare. Como valores adequados, a Resolução indica uma densidade acima de 200 ind.×ha<sup>-1</sup>, enquanto a referida pesquisa apontam, como esperado, 445.

Essas diferenças ressaltam a necessidade e premência de mais estudos que apoiem ou refutem tais parâmetros. Além disso, não há conhecimento científico que subsidie a indicação de RN mínima viável para veredas, campos rupestres, florestas decíduas, caatinga e cerrado. O cerrado é considerado na Resolução, porém seu embasamento científico também não é encontrado na literatura. Nesses casos, para essas fitofisionomias, o que deverá ser realizado? Recomenda-se, por meio da chave de decisão, que se isolem as áreas e se suprimam as atividades. Do mesmo modo, presume-se ser incorreta a orientação para enriquecimento ou adensamento da RN em áreas que não possuem parâmetros para sua avaliação de sucesso. Recomenda-se, também, que o capital decorrente de multas e passivos ambientais dessas regiões seja investido em pesquisas a fim de sanar tais lacunas da ciência.

*Havendo resposta negativa: direcionamento para isolamento e pousio.*

Não apresenta regeneração natural mínima viável? No cenário em que os parâmetros mínimos não forem atingidos, recomenda-se o pousio por três anos

para posterior avaliação dos regenerantes, exceto para áreas ocupadas por pastagens no Cerrado, quando a meta for reconstrução da savana biodiversa. De acordo com Cava et al (2017), uma vez eliminada a vegetação rasteira ou de pequeno porte que compõe o estrato herbáceo-arbustivo do Cerrado sob pastagem, ela não se regenera. Na circunstância em que a pastagem é abandonada, ela se transforma, após algum tempo, em uma formação caracterizada por vegetação muito adensada (Cerradão), com grande predomínio de árvores e com baixa biodiversidade. Com isso, para recuperação de áreas ocupadas por pastagens no Cerrado, recomenda-se a restauração do ecossistema original por regeneração artificial em área total (plantio ou sementeira direta).

A necessidade do tempo (três anos) para pousio justifica-se pela ausência de referência, para monitoramento da recuperação ambiental, em menores intervalos. Alerta-se que a referência, nesse caso, vem da legislação, não sendo encontradas publicações científicas sobre o tema.

Chazdon e Guariguata (2016) e Chazdon e Uriarte (2016) revelam que as vantagens econômicas e ambientais da regeneração natural são negligenciadas no momento da concepção das políticas de reflorestamento e restauração. A proposta, aqui defendida, prioriza as possibilidades da regeneração natural a fim de simplificar procedimentos e reduzir custos, uma vez que a recuperação de Áreas de Preservação Permanente (APP) é um ônus expressivo, principalmente, para pequenos proprietários rurais.

Priorizar a RN torna-se imprescindível, pois além de reduzir os custos, poderá liberar recursos financeiros para serem aplicados em áreas onde são necessárias intervenções mais caras e intensivas (CHAZDON; GUARIGUATA, 2016; CHAZDON; URIARTE, 2016). Faz-se oportuno destacar, também, que a regeneração passiva reduz os riscos de contaminação genética por não se introduzir, em um ambiente, mudas ou sementes de regiões ecologicamente distintas. Segundo Durigan et al. (2010), tais inserções podem incluir genes ou



alelos previamente inexistentes no local ou retornar aqueles que a seleção natural já tenha eliminado, aumentando os riscos de contaminação genética ou biológica. Em consequência, pode haver extinção de espécies nos ecossistemas modificados, devido aos contaminantes não se relacionarem evolutivamente com a biota da região e, portanto, apresentarem baixos níveis de interações interespecíficas (ESPÍNDOLA et al., 2005) ou adaptação, no sentido pleno. Além disso, Nunes et al. (2017), ao estudarem a possibilidade da restauração florestal em grande escala no estado de Minas Gerais, mostraram, por meio de mapeamento, que 36% do estado pode ser restaurado por RN passiva, e que, se assistida, essa capacidade aumenta para 75%.

Salienta-se que, durante esta etapa, podem ser necessárias práticas de assistência à RN para o sucesso da restauração, tais como: cercamento da área para evitar o pisoteio do local por animais domésticos de grande porte; combate a formigas; supressão das fontes de perturbação ou degradação; construção de aceiros no entorno da área a ser recuperada para se evitar incêndios e; controle da presença de espécies exóticas invasoras, que podem competir com nativas por nutrientes (RIBEIRO, 2017).

*Após o pousio não se atingiu a regeneração mínima viável? – A questão da expressividade da regeneração natural*

Se, mesmo após o pousio, os valores de regeneração mínima viável não forem atingidos, será avaliada a expressão da regeneração natural. Porém, mais uma vez, há uma disparidade entre legislação e academia científica. Para formações florestais da Mata Atlântica, são consideradas como áreas de baixa expressão da regeneração natural aquelas que não atingiram a densidade, equivalente à de plantio, de 1.700 indivíduos por hectare, segundo a publicação técnica do Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (RODRIGUES;

BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009). Enquanto, pela Resolução SMA nº 32/2014, a baixa expressão para as Florestas Ombrófilas e Deciduais, definida pela densidade de indivíduos regenerantes, é classificada em valores mínimos de: 0 a 200 ind×ha<sup>-1</sup> após três anos; 200 a 1000 ind×ha<sup>-1</sup> após cinco anos; 1000 a 2000 ind×ha<sup>-1</sup> após 10 anos; e 2000 a 2500 ind×ha<sup>-1</sup> após 15 anos de regeneração (SÃO PAULO, 2014). Esses padrões, além de divergentes, são muito amplos e, portanto, passíveis de questionamentos. Para áreas de campos da Mata Atlântica e Cerrado, os indicadores de regeneração natural também são amplos: cobertura crítica de 0 a 15% e mínima de 15 a 80% (SÃO PAULO, 2014). De toda forma, não se encontram publicações científicas que subsidiem tais propostas.

Tais inconsistências (falta ou excesso de amplitude nos parâmetros de densidade e cobertura de indivíduos regenerantes) impedem uma prescrição segura de qual melhor técnica a ser utilizada. De todo modo, se forem seguidos os parâmetros da Resolução SMA nº 32/2014, poderão ser empregados tanto os manejos que assistem a RN (na chave: ações complementares), como o enriquecimento, o adensamento e a criação de trampolins ecológicos, quanto as intervenções mais ativas, como plantios em área total ou sistemas agroflorestais (SAF). Como exemplo, na conjuntura em que uma área, antiga floresta, tiver sido submetida ao pousio e, após três anos, apresentar baixa expressão da regeneração natural de três indivíduos por hectare, independente de fonte de propágulo próxima e diversa, poderá ser necessário o plantio direto ou um sistema agroflorestal (SAF), para fomentar a restauração. Já em outra situação, por exemplo, com 180 ind×ha<sup>-1</sup>, próxima a fontes de propágulos com alta diversidade, poderá ser realizada a implantação de corredores ou trampolins ecológicos para fomentar o deslocamento da fauna e chegada de propágulos ou, talvez, o enriquecimento da área, a depender da avaliação da riqueza local.

O grau de isolamento de fontes de propágulos é outra dificuldade para a indicação, pela chave, de qual melhor técnica a ser utilizada. Algumas tentativas

para determinação desse indicador podem ser encontradas na literatura. Para Martins et al. (2014), a proximidade dos fragmentos com vegetação nativa tem relação com a oferta de propágulos, sendo fundamental para a existência de fragmentos regenerados. Os autores acreditam que, para cada local, exista uma distância mais frequente e máxima para que a regeneração natural ocorra.

Cubiña e Aide (2001) e Pereira, Oliveira e Torezan (2013) relataram que a disponibilidade de propágulos diminui com o aumento da distância, principalmente para a dispersão zoocórica. Puerta (2002) mostrou, em seus estudos, uma tendência de redução da densidade de indivíduos, à medida que a área a ser regenerada distanciava da fonte matriz, de 36 indivíduos por 100 m<sup>2</sup> até 50 m, para 26 indivíduos por 100 m<sup>2</sup> de 50 a 100 m. Ferreira et al. (2010) mostraram que um fragmento de mata adjacente à área a ser restaurada forneceu grande quantidade de propágulos para regeneração, e que a distância de até 75 metros do fragmento não afetou a densidade das plantas nem a diversidade de regeneração.

Sloan, Goosen e Laurence (2016) também associaram a taxa de regeneração de florestas secundárias à sua proximidade de uma matriz florestal, onde 70% das florestas secundárias ocorreram a menos de 500 metros da matriz e 85% dentro de um quilômetro. Já Rodrigues et al. (2007) consideraram como isoladas, áreas florestais a mais de 50 m.

Durigan e colaboradores afirmaram, em 2010, que faltavam estudos preditivos sobre a probabilidade de chegada de espécies em função da distância das fontes de semente para os diversos ecossistemas do Brasil. Verifica-se que ainda existe essa lacuna na literatura científica, principalmente para ambientes de campos naturais e veredas.

Desta forma, como mostrado na chave de decisão, o caminho a ser tomado pode ser diversificado. Salienta-se a necessidade de promoção de políticas públicas com a finalidade de subsidiar estudos científicos para a

composição de parâmetros de análise. Neste sentido, considerando-se eficazes as indicações da chave de decisão, ainda são necessários estudos científicos que ampliem sua eficiência.

*Restauração do ecossistema original por plantio de enriquecimento ou adensamento, ou nucleação*

As atividades de enriquecimento e adensamento, e a nucleação, são muito utilizadas quando da ocorrência da baixa expressão de regeneração natural.

O adensamento é uma técnica de introdução de indivíduos de espécies do estágio inicial da sucessão (do chamado grupo de preenchimento) nos espaços onde não ocorreu a regeneração natural (RODRIGUES et al., 2011), para acelerar a cobertura do solo e aumentar a possibilidade da regeneração. É recomendado o plantio em grandes clareiras e bordas de fragmentos em estágio inicial de sucessão com vista a controlar a expansão de espécies invasoras nativas em desequilíbrio e propiciar o desenvolvimento das espécies finais da sucessão por meio do sombreamento (RODRIGUES; BRANCALION; ISERNHAGEN, 2009).

Já o enriquecimento é uma técnica de introdução de espécies (do estágio final da sucessão) sob a vegetação existente, porém com baixa diversidade. A utilização desta técnica visa aumentar a biodiversidade em direção aos níveis naturalmente encontrados nos ecossistemas de referência (ARONSON; DURIGAN; BRANCALION, 2011). O enriquecimento pode ser realizado para aumentar a densidade populacional da floresta secundária (LAMB; ERSKINE; PARROTA, 2005), contudo, se esse acréscimo de indivíduos estiver composto por espécies já presentes na área a ser restaurada, a técnica será denominada de adensamento.

Concomitantemente ao enriquecimento ou adensamento, podem ser escolhidas técnicas de nucleação para auxílio na restauração. Segundo Yarranton e Morrison (1974), entende-se por nucleação a capacidade de uma espécie propiciar expressiva melhoria nas qualidades do ambiente, possibilitando a ocupação da área por outras espécies. Como técnicas de nucleação podem-se elencar a transposição do solo, a semeadura direta e hidrossemeadura, a transposição de galhadas e os poleiros artificiais (REIS et al., 2003). Conforme esses autores, a escolha das técnicas nucleadoras deve buscar o maior número possível delas para se complementarem e formarem mais rapidamente uma comunidade estabilizada.

A nucleação tem o potencial de restaurar habitats desmatados, dentro de copas heterogêneas, com uma composição diversificada da comunidade, sendo mais barato do que projetos que dependem de plantios (CORBIN; HOLL, 2011). No entanto, para rápida cobertura, com vistas à celeridade da regularização ambiental, na chave de decisão a técnica é indicada como meio complementar à regeneração natural ou artificial.

Tanto o enriquecimento quanto o adensamento ou a nucleação podem ser realizados, também, após plantios, nos casos em que houver falhas, isto é, espaços abertos entre as plântulas ou baixa riqueza de espécies. Na chave de decisão, nos casos em que a área não possuir expressão da vegetação nativa, será recomendada a restauração ativa.

*Mesmo após o pouso não há regeneração natural – A necessidade das restaurações ativas em área total*

Se verificada a ausência da regeneração natural, uma primeira questão a ser estabelecida sobre o ecossistema a ser recuperado trata-se de sua formação original ser florestal ou campestre. Na situação em que o ecossistema original

for campestre, sugere-se a restauração ou recuperação em área total, por semeadura direta, e na situação que o ecossistema for florestal, pode ser implantada a restauração ou recuperação em área total por semeadura direta ou plantio de mudas ou ainda a recuperação pelo sistema agroflorestal (SAF).

#### *Recuperação com sistemas agroflorestais (SAF)*

São sistemas de uso e manejo dos recursos naturais que integram consorciações de árvores com culturas agrícolas e/ou animais com vistas à obtenção de benefícios pelas interações ecológicas e econômicas resultantes. Possuem diferentes configurações (número e combinações de espécies, espaçamentos, densidades) que variam conforme sua estrutura no espaço, seu desenho através do tempo, função dos diferentes componentes, objetivos da produção e suas características socioeconômicas (MACEDO, 2000). Segundo o mesmo autor, a classificação aponta para três sistemas, o silvipastoril, o silviagrícola e o agrossilvipastoril. Em resumo, o sistema agrossilvipastoril caracteriza-se pela associação de cultivos agrícolas, árvores ou arbustos e animais, em uma mesma área; o silvipastoril distingue-se do agrossilvipastoril pela ausência de culturas agrícolas; e o sistema silviagrícola representa o manejo para produção simultânea de culturas agrícolas e florestais que se dividem em cinco arranjos: para proteção (quebra-ventos e cervas vivas) e para produção (*alley-cropping*, policultivos multiestratificados e *taungya*), conforme a finalidade.

Às combinações têm sido atribuídas melhorias nas propriedades físico-químicas dos solos degradados (MENDONÇA et al., 2001), principalmente em sua camada superficial (ARATO et al., 2003) e conseqüente conservação da água (CARNEIRO et al., 2017; LASCO et al., 2014), firmando-se como

importante ferramenta para redução da degradação ambiental (BALBINO et al., 2011).

Ao longo dos anos, diversos pesquisadores atestaram os sistemas como mecanismo de recuperação de áreas degradadas por agropecuária (FÁVARO, LOVO; MENDONÇA, 2008; FRANCO et al., 2002; MORESSI, PADOVAN; PEREIRA, 2014; SOUZA; PIÑA-RODRIGUES, 2013;); de recuperação da qualidade do solo (DUARTE et al., 2013) e fixação do carbono (COLTRI et al., 2015; THOMAZINI et al., 2015); e de aumento dos serviços prestados pela biodiversidade como polinização, controle de pragas e doenças e ciclagem de nutrientes (MÉIER et al., 2011).

Pavlidis e Tsihrintzis (2018), em extensa pesquisa bibliográfica realizada sobre a redução da poluição agroquímica com utilização de árvores em sistemas agroflorestais, encontraram mais de 2000 resultados que atestaram o potencial uso do sistema para recuperação do ambiente. Segundo os autores, os registros mostraram que os SAFs são capazes de reduzir os resíduos de nitrogênio e fósforo nos solos de 20% a 100%, apresentando, portanto, potencial para reduzir a lixiviação de pesticidas e escoamento em consideráveis quantidades (até 90%). Também revelaram benefícios adicionais para os ecossistemas como controle de erosão, melhoria da qualidade do solo e efeitos positivos sobre a biodiversidade.

Em nascentes, o reflorestamento mal planejado pode reduzir o volume de água e, com isso, cuidados adicionais devem ser empregados. Nessas áreas deve-se evitar a mecanização, sendo requerida apenas em caso de necessidade de descompactação do solo (PINTO et al., 2005) e, em alta declividade, deve-se realizar o plantio em nível para controle de erosão (SERRA et al., 2012).

## Amparo legal para os sistemas agroflorestais

Os Sistemas Agroflorestais são permitidos e até mesmo incentivados pela legislação florestal brasileira. Segundo Laudares et al. (2017), o que poderia servir de entrave para sua implementação - a insegurança jurídica quanto à permissão dessas atividades em APP e RL - foi sanado pelos Artigos 54, 61-A e 66, que permitem os sistemas para recuperação de APP quando inseridas em pequenos imóveis rurais e para recuperação de quaisquer RL.

Conforme o Art. 61-A, §13, Inciso IV da Lei Federal nº 12.651/2012 e o Art.16, §9º, Inciso V da Lei Estadual nº 20.922/2013, a recuperação das APP, em pequenas propriedades rurais pode ser realizada por meio de plantio intercalado de espécies lenhosas, perenes ou de ciclo longo, exóticas com nativas de ocorrência regional, em até 50% da área a ser recomposta. O Inciso V do Art. 16, §9º, da Lei Estadual resguarda, no entanto, que a implantação de SAFs deve manter a finalidade ambiental do local e poderá ser realizada em até 50% da área total a ser recomposta. Já em médias e grandes propriedades rurais, entende-se que essas devam ser recompostas apenas mediante o plantio de espécies nativas. Nesses casos, a lei não deixa claro se os sistemas agroflorestais podem ou não fazer parte dos métodos de recomposição, desde que com o uso de apenas espécies nativas.

As Leis, Federal e Estadual, também não detalham os arranjos e formatos que poderão ser desenvolvidos (espaçamento, consórcios, manejos, entre outros) nas áreas a serem restauradas. Com isso, plantios de nativas produtoras de frutos, óleos, sementes, castanhas e outros produtos vegetais podem ser realizados, de forma livre, bem como a extração de produtos não madeireiros. Os instrumentos legais, portanto, abrem espaço para os sistemas de produção, os quais nem sempre cumprirão com as funções de uma APP. Um arranjo de fruticultura, como por exemplo, um monocultivo de jabuticabeiras



(espécie nativa), já deixará a propriedade em regularidade ainda que não cumpra com a função de preservar a biodiversidade e facilitar o fluxo gênico.

#### Situações para as quais se indicam os sistemas agroflorestais

Antes de optar por qualquer modelo que não seja a condução da regeneração natural, deve-se primeiro atentar sobre o tipo de ecossistema original do local a ser restabelecido. Como salientam Honda e Durigan (2017), existe uma crença muito forte de que plantar florestas aumenta a produção de água, e, erroneamente, muitos delineiam projetos que primam pelos plantios das lenhosas em ecossistemas naturais abertos como campos e savanas. Assim, o plantio de árvores melhora a qualidade das águas e contribua para a regulação da vazão, não aumenta a produção de recursos hídricos. A proporção de chuva anual que se torna recurso hídrico renovável é inversamente proporcional à biomassa arbórea. Baseando-se nesses autores, pode-se afirmar que os SAFs não devem ser indicados para recuperação de APP inseridas em ecossistemas campestres.

No contexto da restauração, como é ampla a variedade de arranjos, a escolha dos sistemas deverá ser realizada de acordo com o local, com as características ambientais e com os objetivos, restrições e necessidades do dono do imóvel. Como atentam Schroth, Harvey e Vicent (2004), mesmo com elevada biodiversidade, os SAFs são desvalidos substitutos para as florestas naturais devido à baixa representação de muitas espécies dependentes de florestas. Em adição, o Ministério do Meio Ambiente em conjunto com a Rede Brasileira Agroflorestal apontam que, no Brasil, a maioria dos SAFs praticados não representa nível suficiente de diversidade biológica interna para que essa opção seja autorizada para restauração ambiental (MMA; REBRAAF, 2005). Ao considerar estas assertivas, ainda que na legislação exista uma lacuna que abre

espaço para implementação de SAFs em propriedades maiores do que quatro módulos fiscais, para fins de recuperação ambiental, recomenda-se o uso apenas para pequenos imóveis, como é explicitamente permitido por Lei.

Desta forma, se após o pouso, na ausência da expressão da regeneração natural, deverão ser adotadas medidas ativas de recuperação ou restauração ambiental com os sistemas agroflorestais ou plantio diretos (sementes ou mudas) em área total.

Para fins de restauração, os SAFs devem ser implementados como fase transitória, sem a presença de animais, como defendem Vieira, Holl e Peneireiro (2009). De acordo com esses pesquisadores, existem dois sistemas mais compatíveis com a restauração ambiental, o *taungya*, que consiste no plantio, ao mesmo tempo, de componentes florestais com componentes agrícolas, para que estes forneçam alimentos e/ou renda para agricultores, nos primeiros anos, enquanto as árvores crescem; e o agro-sucesional, que mistura culturas e várias espécies de árvores progressivamente, no momento mais adequado, reduzindo e compensando os custos do processo.

#### *Recuperação ou restauração do ecossistema original por regeneração artificial em área total*

A regeneração artificial se dá por meio de semeadura direta, plantios de mudas ou transferência de *topsoil*. A semeadura direta consiste na distribuição de sementes no solo a fim de estabelecer uma comunidade que favoreça ou acelere o processo de sucessão. Muitas vezes é escolhida por dispensar produção e transporte de mudas, reduzir os custos de implantação e possibilitar maior adensamento das plantas, o que favorece uma rápida ocupação e sombreamento da área a ser recuperada. Para tanto, conforme Ferreira et al. (2007), é preciso conhecer os aspectos ecológicos e silviculturais das espécies utilizadas.

O plantio das mudas, apesar de mais caro, muitas vezes é adotado em razão da garantia da densidade pela alta sobrevivência e do espaçamento regular obtido, que facilita as operações silviculturais. De acordo com Rodrigues, Brancalion e Isernhagen (2009), nos plantios em área total são realizadas combinações das espécies em grupos de plantio (preenchimento e diversidade), com objetivo de implantar espécies dos estádios iniciais (pioneiras e secundárias iniciais) e finais (secundárias tardias e clímax), para desencadear o processo de sucessão.

Cole et al. (2011), consideram o plantio de mudas mais efetiva para estabelecer rapidamente a cobertura do dossel e restaurar grandes áreas e a semeadura o método mais eficiente de enriquecer um sistema existente. Os pesquisadores concluíram que a semeadura direta é uma medida complementar à abordagem de restauração mais intensiva do plantio de mudas de rápido crescimento e fixação de nitrogênio. Tal achado vai ao encontro da recomendação técnica feita por Rodrigues, Brancalion e Isernhagen (2009) de que, em pleno sol, a semeadura possui um grande desafio de controlar espécies competidoras, em especial as gramíneas exóticas alelopáticas.

No entanto, o plantio de mudas torna-se inviável para restauração em ecossistemas abertos do Cerrado, por não existir viveiros especializados na multiplicação de herbáceas e tecnologia para este fim. A maioria das técnicas de restauração foi desenvolvida para formações florestais, com base na sucessão secundária de florestas tropicais e, portanto, existem poucos estudos sobre restauração de ecossistemas abertos como campos naturais do Cerrado (PELLIZZARO et al., 2017), sendo a semeadura, portanto, bastante utilizada.

A semeadura possibilita operações em locais de difícil acesso e grande declividade, onde o plantio de mudas, quando possíveis, demandam mais esforços e mão de obra. Ademais, como salientam Sautu et al. (2006), o plantio de mudas pode ser um método menos útil para a restauração quando se

objetivam florestas maduras. De acordo com os autores, espécies disponíveis nos viveiros, na maior parte, limitam-se às árvores com valor comercial ou agrícola, cujas técnicas de propagação são conhecidas.

Cava et al. (2016) compararam as técnicas de semeadura (em linha ou a lanço) com plantio de mudas e a regeneração natural (assistida ou passiva), para restauração de Cerrado em pastos abandonados. Os autores revelaram que a riqueza não diferiu entre os tratamentos, contudo a semeadura direta resultou em alta dominância de uma única espécie e baixa diversidade. Em contrapartida, a semeadura proporcionou maiores densidades e menor custo quando comparada ao plantio de mudas. Além disso, o plantio de mudas não resultou em riqueza ou densidade superior à semeadura e à regeneração natural. Os autores argumentaram que os custos, metas e a resiliência conduzem a diferentes decisões técnicas.

A identificação de qual metodologia é mais adequada para uma dada área, portanto, depende de um diagnóstico do próprio local a ser restaurado, entorno imediato e da região em que se insere (RODRIGUES et al., 2009). Neste sentido, torna-se difícil, pela chave, indicar qual atividade a ser realizada (semeadura direta ou plantio de mudas). O protótipo de chave de decisão de Minas Gerais, em vias de elaboração pelo IEF (2017), também não revela quando utilizar uma ou a outra técnica. Apenas prediz que a semeadura direta pode ser utilizada na maioria dos sítios, principalmente em áreas onde o plantio não pode ser executado.

Assim como na regeneração natural, o sucesso dessas práticas pode depender de cercamento da área, quando na presença de animais de grande porte, para evitar pisoteio; supressão das fontes de perturbação ou degradação; combate a formigas; construção de aceiros no entorno da área para se evitar incêndios e para controlar a presença de exóticas invasoras (RIBEIRO, 2017).

Como neste circuito da chave de decisão não se considera a presença de processos erosivos, contaminações ou outras perturbações mais severas, pode ser recomendado, além das ações descritas por Ribeiro (2017), a adubação e o preparo do solo. Ressalta-se, no entanto, que no Cerrado as plantas parecem não responder ou até mesmo possuir um efeito negativo quando submetidas à adubação (NAVES et al., 2009). Em função dessa ausência de conhecimento, os pesquisadores não recomendam qualquer tipo de adubação até que exista ciência sobre essas técnicas.

A densidade dos plantios e a quantidade de sementes por espécies a ser usada na semeadura devem ser estimadas por meio de uma avaliação conjunta sobre as espécies utilizadas e a expectativa de rápida ocupação da área, com menor custo. O grande desafio atual é a incorporação e combinação, na restauração, dos grupos funcionais, como espécies polinizadoras, atrativas de dispersores, recuperadoras do solo (fixadoras de nitrogênio, plantas que disponibilizam umidade superficial, entre outras) e a incorporação de elevada diversidade genética e de formas de vidas, como ervas, lianas e epífitas.

Alguns estudos sobre a viabilidade dos plantios de mudas e semeadura direta mostram as possíveis estratégias para o sucesso da restauração. Segundo Pereira, Laura e Souza (2013), o estabelecimento bem sucedido do plantio de árvores em pastagens abandonadas pode se relacionar ao tamanho das sementes. Para sete diferentes espécies de árvores, observaram que as sementes maiores do que 100 mg puderam se estabelecer em áreas sem gramíneas enquanto espécies menores do que 50 mg puderam se estabelecer em áreas preferencialmente com gramíneas. Em fechamento, sugeriram a mistura de diferentes tamanhos de sementes para restauração de áreas de pastagens abandonadas.

Ferreira et al. (2007) sugere o emprego de tratamentos para superação da dormência para contribuir para a rápida germinação e para efetivo e uniforme recobrimento da área. Trata-se de uma alternativa técnica importante para o

processo de restauração, ao considerar que a germinação das sementes é altamente irregular, com predominância de poucas espécies, e que podem ocorrer falhas na sementeira e, portanto, no recobrimento da área a ser recuperada.

Silva et al. (2015a), ao testarem três tratamentos, com 30 espécies, e grupos de 50% de pioneiras e 50% de não pioneiras, diferindo apenas na adição da serapilheira, concluíram que a adição desse material (1 m<sup>2</sup> com cerca de 5 cm de espessura), logo após a sementeira direta, enriquece o sítio a ser restaurado e pode propiciar aumento da fertilidade superficial do solo e ciclagem de nutrientes do sistema, sendo ótima estratégia para a restauração. Já a fertilização, como método para restauração, de acordo com Silva et al. (2015b), pode favorecer o crescimento de ervas daninhas em detrimento de mudas de árvores e, com isso, aumentar o número de exóticas invasoras. Como na sementeira, as plantas ainda têm que passar pelo processo de germinação e, para contornar este problema, Silva et al (2015b) e Campos-Filho et al. (2013) sugerem a sementeira intercalada com a adubação verde (espécies exóticas não invasoras e de ciclo curto) para aumentar a velocidade de recobrimento.

Aguirre et al. (2015) testaram a pré-hidratação das sementes e a cobertura com terra na sementeira e concluíram que a pré-hidratação não influenciou no estabelecimento das espécies, mas que a cobertura por palha ou terra foi de grande importância contra predação e por inibir a emergência e desenvolvimento de espécies gramíneas invasoras, com conseqüente competição destas por nutrientes. Apresentaram, como melhor resultado, o tratamento de sementes cobertas com terra e sem hidratação, com estabelecimento de 3.817 mudas por hectare após um ano.

Pellizzaro et al. (2017), em experimento por meio da sementeira direta, observaram que foi possível promover o estabelecimento, pelo menos para os primeiros dois anos e meio, de 62 árvores, arbustos e espécies de capim em

grandes áreas de Cerrado anteriormente dominadas por gramíneas invasoras. Em suma, sugeriram pré-tratamento para apenas uma espécie; lavragem do solo uma a duas vezes para reduzir a dominância das gramíneas e compactação do solo; e plantio de alta densidade (4 a 16 espécies, com densidade variando de 5 a 1100 sementes viáveis) para maximizar as chances de promover a rápida cobertura do solo por nativas e impedir o estabelecimento de invasoras.

Cabe salientar aqui que a transposição de solo também tem sido empregada nas metodologias de restauração de herbáceas, arbustos e árvores do Cerrado, necessitando, para o sucesso da restauração, de constante controle de gramíneas invasoras (FEERREIRA; WALTER; VIEIRA, 2015). Entretanto, Fowler et al. (2015) sugere que essa técnica deve ser complementada por outras técnicas de restauração como os plantios (mudas ou semeadura).

Pilon, Buisson e Durigan (2018), ao estudarem as estratégias para restauração de herbáceas do Cerrado, testaram quatro métodos: transferência de *topsoil* de campo coletado ao final da estação seca e da estação chuvosa e transferência de biomassa aérea de campo coletada ao final da estação seca e ao estação chuvosa. Após 211 dias, observaram que a transferência de biomassa não contribuiu para recuperação da vegetação, não sendo boa estratégia para restauração. Entretanto, a transferência de *topsoil* foi eficaz na reintrodução de plantas herbáceas, principalmente o material coletado ao final da estação chuvosa. Para as autoras a técnica é eficaz, mas compreende o grande desafio de encontrar fontes de terras não invadidas por gramíneas exóticas.

Soares et al. (2016), avaliando o efeito do espaçamento e composição de grupos ecológicos das mudas plantadas no processo de restauração de matas ciliares (margem de reservatório artificial), observaram que o fator que mais influenciou os modelos (em 145 meses) foi a composição de grupos ecológicos, com melhores resultados para os arranjos que usaram os grupos das pioneiras (50%) com as não pioneiras (50%). Salientaram que, provavelmente, o arranjo e

o espaçamento de plantio não tiveram muita influência devido à mortalidade das mudas e à regeneração natural que se desenvolveu. Essa proporção de espécies pioneiras e não pioneiras pode variar de acordo com o objetivo da restauração. Em áreas degradadas, onde o rápido cobrimento é requerido, pode-se plantar maior porcentagem de espécies pioneiras e, posteriormente, enriquecer com as espécies não pioneiras.

Em áreas submetidas às secas, Fonseca et al. (2017), testaram o custo e o benefício do polímero hidrorretentor (hidrogel) na redução da mortalidade de mudas sobre seis espécies florestais nativas do cerrado, durante um processo de recuperação de área degradada. Como estratégia, os autores revelam que o hidrogel reduziu significativamente a mortalidade na estação seca e não teve nenhum efeito na estação de chuvas. Concluíram, ao considerar o custo de substituição de mudas mortas, que o tratamento sem o hidrogel saiu mais caro e, portanto, recomendaram seu uso pós-transplante de mudas.

Tanto na semeadura direta quanto no plantio de mudas, é possível combinar espécies exóticas não invasivas com nativas, como método de rápido recobrimento da área a ser recuperada. No entanto, ressalta-se que a legislação permite o uso de exóticas em APP apenas para pequenos imóveis rurais, ou seja, aqueles com até quatro módulos fiscais, explorada mediante o trabalho pessoal do agricultor familiar e empreendedor familiar rural, incluindo os assentamentos e projetos de reforma agrária, e que atenda ao disposto no Art. 3º da Lei nº 11.326/2006.

*Resposta positiva no ponto de partida: correções pré-restauração ativa.*

Nesse ponto da chave, a primeira medida a ser instituída é a supressão das fontes de perturbação. Em seguida, será avaliada a técnica conforme o impacto presente no local a ser restaurado. Os impactos estabelecidos, neste



estudo, decorrem de uma extensa revisão bibliográfica em função de possíveis fontes perturbadoras. Estas, por sua vez, foram obtidas por meio de 5.448 autos de infração obtidos pelo Sistema de controle de Autos de Infração e Processos (CAP) da Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD (analisados no artigo anterior).

#### *Impactos associados às atividades*

A vegetação nativa situada em diferentes posições do relevo, segundo Tambosi et al. (2015), possui diferentes funções eco-hidrológicas, como recarga de aquíferos, redução do escoamento superficial e contenção de processos erosivos nas encostas, proteção de corpos d'água. Perdas de vegetação nativa podem comprometer, conforme Brancalion et al. (2016), a manutenção dos serviços ambientais como proteção do solo, regulação climática, purificação da água e polinização de cultivos agrícolas, agravando problemas como deslizamento de encostas, inundações e secas.

Os impactos associados à remoção da vegetação nativa em Áreas de Preservação Permanente, portanto, remetem-se ao escoamento superficial, que pode reduzir a qualidade química dos solos, aos processos erosivos, à instabilidade dos taludes (BRANCALION et al., 2016; TAMBOSI et al., 2015), à redução da disponibilidade hídrica e à redução recursos naturais, habitats e biodiversidade (BRANCALION et al., 2016; RIBEIRO; FREITAS, 2014). Com uso de defensivos agrícolas pode acarretar, além de todos esses impactos, a contaminação do ambiente sobre o qual foi aplicado. De acordo com Vinhal-Freitas et al. (2010), cada solo possui uma capacidade adsortiva e, uma vez que essa capacidade é ultrapassada, os metais podem ficar potencialmente disponíveis para serem lixiviados.

A “supressão da vegetação nativa com uso de maquinários” e a “movimentação de terras” (terraplenagem, depósito de terra, aragem, gradagem, revolvimento do solo, soterramento) remetem às atividades habitualmente realizadas para preparo do solo e posterior ocupação agrícola. Mauro e Lollo (2004) afirmaram que estas atividades podem propiciar o aparecimento de novas formas e inclinações da superfície do terreno e que, ao introduzir no solo novos materiais ou processos, modificações estruturais podem ocorrer tornando o solo mais erodível. Em linhas gerais, o preparo do solo com uso de maquinários reduz a cobertura, a rugosidade e a porosidade da camada superficial do solo, aumentando a compactação (AMPOOTER et al., 2012; RAMAZÁN et al., 2012; SCHICK et al., 2000; SOUZA et al., 2012) e os consequentes riscos de erosão. O solo descoberto e compactado, segundo Santos et al., (2002) e Keller e Lamandé (2010), favorece a ocorrência do escoamento superficial e o aparecimento de erosões como ravinas e voçorocas, contribuindo, inclusive, para a lixiviação de nutrientes. Estes mesmos processos podem decorrer de atividades de parcelamento do solo, principalmente em áreas declivosas (ALBERGARD et al., 2013).

Para as “queimadas” listam-se, além dos impactos negativos referentes à remoção da vegetação, a perda de matéria orgânica e redução da qualidade química do solo (em longo prazo), a fragmentação de habitats, fugas precedidas de mortes da fauna silvestre, redução de organismos do solo (MARQUES et al., 2015; MENEZES et al., 2012; RESENDE et al., 2011; SILVA et al., 2016). Já nas construções de estações de tratamento de esgotos, segundo Queiroz et al. (2009), assim como de fossas ou lagoas para tratamento de dejetos, podem ocorrer, além de impactos relacionados à remoção da vegetação e da movimentação de terras, contaminações do solo, lençol freático e recursos hídricos.

Semelhantes impactos negativos ao ambiente remetem-se às construções de estradas. Aliada à perda da vegetação original, essas atividades resultam em alta compactação do solo, perda de matéria orgânica e suscetibilidade a assoreamento e erosão (BARTON; GARCIA, 2015; BOCHET et al., 2010; CAO et al., 2006; SAFARI et al., 2016). Estradas rurais não pavimentadas contribuem com 50% do solo carreado aos mananciais e 70% das erosões existentes, devido, principalmente, à falta de manutenção e de implantação de estruturas conservacionistas do solo, tais como terraços e bacias de contenção (ZOCCAL, 2007). Além de impactos ao ambiente, essas construções podem levar à perda da conectividade paisagística, aumentos das taxas de mortalidade e redução da biodiversidade (BAGER; ROSA, 2011; BENNETT, 2017).

Os impactos relacionados às lavouras compreendem aqueles acima descritos, inerentes à supressão da vegetação nativa e uso de maquinários, tais como: compactação de solos, carreamento de solo, lixiviação e erosões; e aqueles inerentes às práticas de queimadas, como fragmentação, fuga e morte de animais e redução da biodiversidade (MARQUES et al., 2015; MENEZES et al., 2012; RESENDE et al., 2011; SILVA et al., 2016). Além desses, existem impactos relacionados com a produção como: a contaminação de corpos d'água pelo uso intensivo de fertilizantes e defensivos agrícolas (PINTO; ROMA; CARVALHO, 2012; PUGLIESE et al., 2017); e as práticas de irrigação que, quando mal conduzidas, provocam o aumento da salinidade do solo, efeito negativo intenso em regiões áridas e semiáridas em razão das altas taxas de evaporação da água e solo e das baixas precipitações (COSTA, 2008).

Em analogia, os impactos provenientes da Silvicultura compreendem perdas de nutrientes e sedimentos do solo, aumento de turbidez e eutrofização de águas (GUIMARÃES et al., 2010); poluição por agrotóxicos, compactação dos solos, na fase inicial de plantio, e evasão de espécies nativas (MOLEDO et al., 2016). Considerando o baixo impacto ambiental de culturas perenes, quando

comparadas aos plantios de plantas anuais, há uma tendência positiva para a redução dos impactos ambientais devidos aos tratos culturais e uso intensivo e inadequado de defensivos agrícolas (MMA; STCP ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA., 2006).

Quanto à produção de carvão, por contribuir para o desmatamento por meio da demanda por energia de biomassa da madeira, esse pode acarretar os impactos já listados acima, no item de supressão da vegetação nativa. A atividade também promove a fragmentação dos habitats e, ao longo dos anos, pode acarretar a perda da resiliência dos ecossistemas florestais (CHIDUMAYO; GUMBO, 2013). Da mesma forma, a criação de animais (bovinos, suínos, equinos e bubalinos) também provocam impactos inerentes à supressão da vegetação nativa, como compactação, escoamento superficial do solo, assoreamento e erosões (BELL et al., 2011; CHYBA et al., 2014; PINTO et al., 2012). Essas atividades intensificam esses impactos e, no caso dos suínos, ainda podem acarretar a poluição, a acidificação do solo e a eutrofização dos recursos hídricos, pela incorreta deposição de dejetos (SILVA; BASSI, 2012; VRIES; BOER, 2010).

Conforme observado nos autos de infração sobre atividades ilícitas em Áreas de Preservação Permanente, as atividades de extração de areia, no estado de Minas Gerais, prevalecem sobre as margens e os leitos dos rios. No entanto, para fins de construção civil, essas atividades têm ocorrido em encostas de morro (STEINER; VASCONCELOS, 2011). De acordo com Souza Júnior (2004), a extração de areia de leitos de rios ou em áreas de várzea resulta em poluição e turbidez das águas, devido à agitação de sedimentos finos, presença de combustíveis e óleos lubrificantes das máquinas e efluentes sanitários das instalações administrativas. Já nas encostas, a supressão da vegetação concomitante aos processos de mineração favorece a erosão, a perda de solo e o assoreamento de cursos d'água.

Outros efeitos da mineração de areia são: a redefinição dos limites do canal, devido à retirada ou adição de materiais, que por sua vez pode alterar o padrão de fluxo e transporte de sedimentos (OLIVEIRA; MELLO, 2016); perturbação física do habitat causada pela dragagem, incluindo geração de ruídos, que podem interromper atividades de reprodução e nidificação; perda de solos, recursos de madeira, fragmentação de habitats; perturbação das rotas migratórias; morte de animais e perda da biodiversidade (ASHAF et al., 2011).

Construções para moradia e produção rural como casas, piscinas, rampas de acesso, bebedouros, irregulares, também foram encontradas. Os impactos das construções remetem-se, novamente, aos oriundos da supressão da vegetação com uso de maquinários (compactação e impermeabilização dos solos, carreamento de perda de solo, erosão, assoreamento dos mananciais e fragmentação do habitat com possível redução da biodiversidade). Quando associados à ocupação por humanos e animais, esses impactos ainda podem intensificar efeitos negativos já listados e, ainda, por disposição de resíduos e esgoto doméstico, podem levar à poluição, à contaminação de solos e rios e até mesmo à eutrofização. Exemplos desses impactos podem ser observados nos trabalhos de Gomes (2005) e Pinto (2012).

Práticas de disposição ilegal de resíduos domésticos e de construção civil em Áreas de Preservação Permanente também foram observadas nas descrições dos autos de infração. A começar pelos efeitos da supressão da vegetação nativa, ações de deposição incorreta de resíduos sólidos provocam impactos negativos ao ambiente, como impermeabilização do solo, assoreamento, poluição e contaminação de solos e leitos d'água, aumento de vetores de doenças e desequilíbrio da fauna (POLASTRI et al., 2015).

Por fim, para as construções para captação de água existem os impactos relativos à supressão da vegetação e os impactos inerentes à construção das barragens e contenção em reservatórios. Conforme Santos et al. (2017), a

construção da barragem pode acarretar em um aumento da condutividade elétrica a jusante e em acumulação de fósforo e nitrogênio nos reservatórios, que por sua vez desencadeia a eutrofização e turbidez da água. As consequências desta deterioração, para fauna aquática, são declínios abruptos de espécies nativas e invasão de espécies exóticas, mesmo acima da barragem. Oliveira et al. (2014) salientam também a inundação de áreas agriculturáveis e as perdas de fauna e flora terrestre nativas.

#### *Técnicas recomendadas (decisões) para a regularização ambiental*

Após análise detalhada das atividades fontes de impactos ambientais negativos colhidas nos autos de infração (como descrito nos métodos), ficou claro que as decisões finais (técnicas recomendadas) dependem, em termos práticos, dos impactos verificados em campo e não das atividades causadoras. Pois cada atividade possui um potencial diversificado de geração de impactos e não representa, de fato, o problema em si, observável em campo e no presente, embora seja óbvio que qualquer técnica deva ser aplicada juntamente com a interrupção das atividades econômicas na área em foco. Por exemplo, atividades de mineração possuem impactos múltiplos e variados caso a caso. Assim, não seria inteligente tentar partir desse tipo intervenção diretamente para uma decisão final, julgando-se mais correto focar os impactos existentes na área. Assim, as técnicas de regularização ambiental, na chave de decisão proposta, partem dos impactos observados e não de suas possíveis fontes causadoras, de observação empírica mais complexa. No entanto, reconhece-se que podem surgir exceções, como por exemplo, a demanda de técnicas diferentes para a restauração de cerrado conforme a atividade desenvolvida na área, se pastagem ou não, como já relatado. Em casos como esse, a chave ainda depende do aprofundamento científico que a apoie. Assim, até o momento, a exceção apenas

confirma a regra. Importante observar também que uma árvore de decisão possui a propriedade intrínseca de ser aberta, permitindo a inserção de novos elementos e detalhamentos, podendo inclusive ser aprimorada de modo compartilhado entre pesquisadores.

As técnicas recomendadas para os impactos levantados são comentadas a seguir, lembrando que já foram discutidas (e, portanto, não serão repetidas) a regeneração natural, os sistemas agroflorestais, a regeneração artificial, o enriquecimento, o adensamento e a nucleação.

#### *Descompactação dos solos*

As modificações nas propriedades físicas do solo podem ocasionar alterações em sua densidade, aumento da resistência à penetração de raízes, redução da porosidade e consequente atenuação da condutividade e acúmulo de água. Essas transformações podem comprometer a penetração das raízes e infiltração de água, tornando-os mais suscetíveis aos processos erosivos (RICHART et al., 2005). A descompactação do solo fundamenta-se no princípio da subsolagem, ou seja, rompimento das camadas compactadas por meio de equipamentos mecanizados que operam em profundidades levemente maiores do que as empregadas com implementos para preparo do solo. Desta forma, qualquer ferramenta agrícola de hastes ou discos, capaz de operar em profundidades superiores à camada compactada, pode descompactar o solo (KOCHHANN; DENARDIN; BERTON, 2000).

Outra possibilidade de descompactação, sem uso de maquinários, é a escarificação biológica (MAGALHÃES et al., 2009). Trata-se do cultivo de espécies com profundo sistema radicular como, por exemplo, o nabo forrageiro, para descompactar o solo. A eficácia da ruptura da camada compactada depende tanto da propriedade mecânica quanto hídrica do solo, usadas como indicadoras.

Abreu, Reichert e Reinert (2004), ao analisarem a condutividade hidráulica do solo saturado, em médio prazo, verificaram que a escarificação biológica foi mais eficaz na ruptura da camada compactada e no estabelecimento de poros condutores de água do que a escarificação mecânica. Por outro lado, ao analisarem a resistência mecânica à penetração, o resultado foi inverso. Os autores indicam a escolha da técnica pela priorização entre infiltração e redistribuição de água ou penetração e crescimento das raízes. Nicoloso et al. (2008) sugerem a associação das duas escarificações em solos com textura muito argilosa, para melhorar suas condições físicas.

Já nas condições em que o solo apresente processos erosivos, técnicas de bioengenharia e conservacionistas se farão necessárias.

#### *Contenção dos processos erosivos por técnicas de bioengenharia e técnicas conservacionistas*

Visualiza-se pela chave que, na condição de processos erosivos e/ou de instabilidade de taludes, as APP hídricas (nascentes, entorno de lagos, lagoas naturais, reservatórios artificiais, cursos d'água e veredas) deverão passar por processos de recuperação local. Ressalta-se que a erosão pode extrapolar os limites de um imóvel e atingir outros à jusante. Com isso, qualquer ação de reparo dos processos erosivos condicionará o controle e correção nos imóveis à montante. Nesse mesmo sentido, APP que foram isentas de restauração, isto é, consolidadas, tais como topos de morros, montes e montanhas, encostas com declividade acima de 45°, altitudes superiores a 1800 metros, e as Áreas de uso Restrito (áreas com declividade entre 25 a 45°) deverão passar por processos de recuperação dos processos erosivos. Aponta-se, inclusive, a necessidade do arcabouço jurídico, ainda em vias de elaboração nos estados brasileiros para os



Programas de Regularização Ambiental, garantir a recuperação das áreas erodidas nesses espaços.

As primeiras práticas para conservação do solo e mitigação das erosões consistem no desvio das enxurradas à montante da erosão, seguida de preservação da cobertura vegetal, quando existir, e construção de aceiros para prevenção de incêndios (GUIMARÃES et al., 2012). É comum, também, a necessidade de reconformação dos taludes para garantir a estabilização e viabilizar o plantio e estabelecimento da vegetação (CHAVES et al., 2012).

Para que as águas sejam escoadas e desviadas para fora das áreas erodidas, podem ser aplicadas técnicas conservacionistas como terraceamento, bacias de captação (barraginhas) e plantios em nível, a depender das características locais e da disponibilidade de máquinas (CHAVES et al., 2012). Em solos poucos coesivos, como os arenosos, construção de diques de terras com sistema interno de drenagem (FILIZOLA et al., 2011). E, ainda, a construção de canaletas e escadas hidráulicas para drenagem de águas (ABDO et al., 2013; COUTO et al., 2010).

Em sequência, conduz-se às práticas de recuperação ambiental. Sugere-se a bioengenharia, por se tratar de técnicas associadas aos baixos custos de implementação e à utilização de material natural, que podem ser obtidos na própria região a ser restabelecida (HOSSEINI et al., 2017). A bioengenharia envolve o uso de plantas e materiais inertes, onde a madeira geralmente está presente (TARDIO; MICKOVSKI, 2016), além disso, segundo Holanda et al. (2009), apresenta-se como uma das formas mais eficazes na contenção da erosão por promover o reforço de taludes sem necessidade de cálculos estruturais complexos.

Para contenção e recuperação de taludes, enumeram-se diversas técnicas, entre elas: gabiões (RIBEIRO et al., 2011), paredes de Krainer (ROSA; DURLO, 2009); *crib walls* (VON DE THANNEN et al., 2017); solo grampeado

(LAZARTE et al., 2015); materiais geossintéticos, como por exemplo as biomantas (GUERRA et al., 2015) e; retentores, como bermalongas (COUTO et al. 2010) e paliçadas (TARDIO et al., 2017). Salienta-se que, como retentores de erosão, também se aplicam os cordões vegetados (CHAVES et al., 2012), técnica conservacionista para redução da velocidade de escoamento de água, em que as plantas são cultivadas em fileiras dispostas em curvas de nível.

A escolha de qual melhor técnica dependerá das condições da área a ser restaurada, podendo ser utilizadas individualmente ou em associações, como por exemplo, biomantas com retentores (HOLANDA; ROCHA; OLIVEIRA, 2008). Para a seleção em margens de rio de pequeno, médio ou grande porte, por exemplo, o controle da erosão assume peculiaridades, sobre as quais se consideram os aspectos geomorfológicos, geotécnicos e sociais frente à forma de uso e ocupação das áreas pela população local (HOLANDA et al., 2009).

As paliçadas, quando utilizadas em cursos de água, devem limitar-se àqueles com no máximo 50% de assoreamento, largura de até 20 m e com boa vazão e velocidade de fluxo até  $3 \text{ m}\times\text{s}^{-1}$ . As biomantas devem ser escolhidas quando se deseja rápida cobertura do solo para que a vegetação se estabeleça, pois a matéria orgânica desses materiais favorece a coesão entre as partículas minerais do solo, proporcionando melhor estruturação e contenção da erosão (COUTO et al., 2010). Os gabiões tipo caixa são mais utilizados para construção de muros de contenção, canalizações e barragens; o tipo saco, em obras emergenciais ou quando o solo apresenta baixa capacidade de suporte; e o tipo colchão, utilizados em revestimentos de canais. Os *crib walls* geralmente são utilizados em obras rodoviárias, os solos grampeados em taludes maciços e as paredes de Krainer na contenção de margens fluviais.

Os bermalongas devem ser utilizados em baixas declividades e baixos fluxos de sedimentos, podendo servir para retenção de sedimentos, proteção de base de taludes e preenchimento de vazios (COUTO et al., 2010). Em conjunto

com os bermalongas, segundo os mesmos autores, podem ser utilizados os cordões de vegetação para complementar a recuperação ambiental. Indicam o capim exótico capim vetiver (*Vetiver sp.*), pela alta rusticidade e adaptabilidade às variadas condições de solo e clima, além da esterilidade das sementes, que não as tornam invasoras.

Os capins vetiver também são bastante utilizados por favorecer o aumento da resistência ao cisalhamento do solo, auxiliando na estabilização dos taludes (MACHADO et al., 2015). Questiona-se aqui, no entanto, sobre a lacuna da legislação quanto à proibição, ou permissão, do uso de plantas exóticas em APP de médios e grandes imóveis rurais. Nesses casos caberia, aos órgãos ambientais, sua permissão? A Lei não exige recuperação de AUR e APP de relevo. Nesses locais, por exemplo, se houver pastagem com capins exóticos, o dono do imóvel estará dispensado da sua remoção e posterior restauração. No entanto, para fins de recuperação, as Leis Federal e Estadual não deixam claro sua permissão para imóveis acima de quatro módulos fiscais. Este quesito exemplifica como a ciência está afastada das formulações das leis e deve ser considerado no ato da elaboração de instrumentos legais para os Programas de Regularização Ambiental - PRA.

Para recuperação de erosões laminares podem ser utilizados reforços de superfícies (bioengenharia) como gabiões e geotêxteis, entre outros, e práticas de contenção da velocidade de escoamento das águas, como terraceamento e curvas de nível, além da canalização e drenagem. Para recuperação de sulcos, ravinas e voçorocas utilizam-se das técnicas de retaludamento, drenagem, contenção de taludes e preenchimentos, acima citados. Após correções, realizam-se os plantios em área total para rápida cobertura (por semeadura direta ou plantio de mudas), sendo a hidrossemeadura muito utilizada nos taludes em conjunto com as técnicas de bioengenharia.

Para fomentar o restabelecimento da vegetação, recomenda-se adubação verde. Trata-se de uma prática conservacionista de incorporação de plantas ao solo, especialmente leguminosas, cortadas quando ainda verdes para serem enterradas. Tais plantas, quando vivas, protegem os solos contra a ação direta da chuva e, depois de enterradas, aumentam o conteúdo de matéria orgânica, favorecendo o crescimento da vegetação (FILIOZOLA et al., 2011).

Outro caminho para a recuperação das propriedades edáficas das voçorocas refere-se à incorporação de uma camada superficial do solo (*topsoil*), devido à elevada concentração de sementes de plantas, nutrientes e microbiota (KOCH, 2007). Esse material pode ser aproveitado de áreas destinadas a distintos usos como loteamentos, abertura de estradas e construções de barragens, entre outros. O que poderia inviabilizar seu aproveitamento, distância e frete, foi solucionado em algumas regiões do país ao se implantar a utilização deste material como medida compensatória do licenciamento ambiental (GUIMARÃES et al., 2012).

Na ocorrência de regeneração natural na borda e interior da voçoroca, o simples isolamento da área e a retirada das fontes de degradação tenderão na estabilização dos processos erosivos (GANDOLFI; RODRIGUES, 2007). No entanto, práticas de contenção à montante da voçoroca podem ser necessárias, dependendo dos fatores e mecanismos relacionados ao desenvolvimento dos processos erosivos. Conforme Filizola et al. (2011), os locais de concentração de erosões lineares, que convergem fluxos superficial e subterrâneo, devem ser considerados como áreas de riscos de erosão e formação de voçorocas, sendo, portanto, necessárias práticas de contenções para impedir seu desenvolvimento.

*Drenagem de áreas inundadas ou alagadas*

Quando as áreas ocupadas por vegetações ciliares são convertidas em atividades agrícolas, na maior parte das vezes têm sua capacidade de infiltração reduzida, fazendo com que parte das enxurradas chegue aos cursos de água e, com isso, promova o assoreamento do rio e inundações. Nesses casos, são sugeridos o restabelecimento da dinâmica da água no solo por meio da drenagem e a reconstrução da calha do rio (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

Fatores como largura da faixa ciliar florestada, conservação da área, manejo do entorno, características do solo e relevo, entre outros, interferem na capacidade de filtragem das matas ciliares. Em razão disso, florestas ciliares muito estreitas – e até mesmo largas, com influência da zona do entorno – podem ser insuficientes para atuar como filtro e conter enxurradas e inundações. Nesse sentido, o Código Florestal (Lei 12.651/2012) dificulta a viabilização da recuperação de áreas inundadas, uma vez que obriga a restauração de ínfimas metragens de APP ciliares, de 5 m, 8 m e 15 m, para imóveis rurais com até quatro módulos fiscais.

Nas situações de interceptação de cursos d'água por estradas e carreadores, o alagamento da vegetação nativa é irreversível, não adiantando realizar drenagem na área. Mesmo árvores características de solos encharcados podem morrer nessa situação, por não estarem adaptadas à presença permanente de água parada no solo, em ambiente anaeróbico. Nesses casos é comum a formação de grandes conjuntos de árvores secas, denominadas paliteiros (BRANCALION; GANDOLFI; RODRIGUES, 2015).

*Descontaminação ou remediação das áreas contaminadas, poluídas ou empobrecidas.*

As contaminações ocasionadas por atividades agrícolas podem ser remediadas por meio de várias técnicas, dentre elas a extração de vapor do solo, a solidificação e estabilização, a aeração, a dessorção térmica, a lavagem do solo, a fitorremediação e a biorremediação.

A extração de vapor remove os contaminantes por meio de poços perfurados no solo, pelos quais se aplica a extração a vácuo (SIMPANEM et al., 2017). Utilizada na descontaminação de solos com baixa a média permeabilidade, e limitada quando o nível de água apresenta-se baixa, segundo Ma et al. (2016), podem ser associadas a outras técnicas para fomentar o sucesso da descontaminação.

A solidificação e estabilização consiste na imobilização química ou física dos contaminantes por meio da inserção de material que causa uma modificação no pH, uma reação química ou solidificação dos compostos. Segundo Alpaslan e Yukselen (2001), são projetadas para diminuir o potencial de lixiviação de metais pesados. O método de aeração baseia-se na remediação da contaminação por compostos orgânicos voláteis sorvidos em partículas do solo ou dissolvidos em água, por meio da aplicação de injeções de ar. Estas injeções promovem o desprendimento dos contaminantes da água. Conforme Cho et al. (2015), essa técnica, em associação com a extração de vapor do solo, possui alta aplicabilidade sobre os compostos orgânicos.

Pela dessorção térmica, os resíduos são aquecidos para volatilizar os compostos orgânicos semivoláteis e voláteis. Sua aplicação é limitada a solos grosseiros onde a contaminação é pouco profunda. De acordo com O'Brien et al. (2017), é um método eficiente que permite o rápido retorno a um uso desejado o mais rápido possível, todavia altera muitas propriedades do solo. A lavagem do

solo consiste na injeção de fluidos nas cavidades do subsolo, com uso de aditivos. Por meio dessa técnica os íons metálicos são solubilizados e extraídos. Segundo Elgh-Dalgren et al. (2009), é mais flexível do que outras técnicas, pois há muitas soluções de lavagem do solo para tratar uma ampla gama de metais pesados e grandes concentrações de contaminação nos solos.

A biorremediação consiste na utilização de microrganismos para reduzir ou remediar contaminações no ambiente. Para que ocorra de forma eficiente, os microrganismos devem estar presentes em grandes quantidades e possuir habilidade de degradação do composto. Dentre as várias técnicas de biorremediação, podem-se citar a biorremediação pacífica; a bioestimulação (adição de nutrientes para estimular a atividade dos microrganismos); a bioaumentação (inoculação de microrganismos); bioaeração (adição de oxigênio); o *landfarming* (uso do oxigênio por meio de aração e gradagem para estimular reprodução dos microrganismos); e a compostagem, para a qual se formam biopilhas controladas por processos biológicos em condições anaeróbicas (COUTINHO et al., 2015).

Por fim, cita-se a fitorremediação, processo que utiliza as plantas como agentes de purificação dos ambientes contaminados ou poluídos por substâncias inorgânicas. Dentre as técnicas, elencam-se a fitoestimulação (estimulação da atividade dos microrganismos na rizosfera da planta), a fitoextração (remoção dos contaminantes do solo e retenção destes no tecido vegetal), a fitoestabilização (imobilização dos contaminantes no solo) e a fitotransformação (onde o metabolismo da planta atua na degradação dos contaminantes). Para o sucesso dessas técnicas faz-se necessário o conhecimento sobre os locais e as plantas a serem utilizadas (JACQUES et al., 2007).

A salinização ou o empobrecimento dos solos também podem ser remediados por meio da fitorremediação. Segundo Pedrotti et al. (2015), a utilização de plantas extratoras, em associação ao uso de corretivos, como gesso

agrícola e técnicas de drenagem do solo, minimizam os efeitos deletérios do excesso de sais no solo. Salienta-se que a outra possibilidade para dessalinização dos solos consiste em sua lavagem por métodos de gotejamento ou inundação, sendo esta mais vantajosa por permitir a obtenção de um perfil de salinidade mais uniforme na área recuperada (BLANCO; FOLEGATTI, 2001). E o empobrecimento dos solos pode ser remediado por meio da fitorremediação por adubos verdes (PIRES et al., 2006) ou pela reposição de nutrientes mediante a adição de fertilizantes (LAVIOLA; DIAS, 2008), conforme o tipo de solo e plantas a serem estabelecidas.

#### *Passagem para fauna*

A superfície das estradas e o trânsito atuam como barreiras físicas que inibem o movimento de muitas espécies, as quais, ocasionalmente, são atropeladas (ROSA; BAGER, 2012). Para mitigação desses impactos, sugere-se a instalação de passagens para fauna, tais como pontes, túneis ou drenagens de escoamento sob as rodovias (CORLATTI et al., 2009). Segundo D'Anunção et al. (2013), os túneis e pontes, associados com cercas, como barreiras e direcionamento da fauna, estão entre as técnicas mais adotadas e frequentemente recomendadas.

Como é impossível proteger toda a fauna afetada, é preciso definir espécies alvos e sítios prioritários (BAGER; ROSA, 2010). Os autores delimitaram, em seus estudos, um índice de *ranking*, como ferramenta para ajudar instituições governamentais na tomada de decisões, especialmente quando análises mais elaboradas não são viáveis por escassez de recurso, pessoal treinado ou tempo para avaliação.

Ainda que essas passagens possam aumentar as taxas de predação ou caça (GUMIER-COSTA; SPERBER, 2009), estudos como os de Aresco (2005),



Bager e Fontoura (2012), Bager e Rosa (2010), Corlatti et al. (2009), D’Anunciação (2013), Haddad (2015), Rosa e Bager (2012), mostram a importância dessas técnicas para mitigar os impactos das estradas sobre a fauna silvestre. Neste sentido, Gumier-Costa e Sperber (2009) afirmam que é importante verificar a viabilidade de galerias ou túneis em determinados pontos, sendo necessário, no caso de implementação dessas passagens, o monitoramento da caça, dada a possibilidade de conduta oportunista de caçadores.

#### *Corredores ou trampolins de ecossistemas*

Para contornar o impacto ambiental negativo de afastamento da fauna nas propriedades rurais e fomentar sua conservação, sugere-se a implementação de corredores de ecossistemas (faixas de vegetação para ligar fragmentos de vegetação nativa) ou trampolins ecológicos (fragmentos de ecossistemas preservados não conectados fisicamente). Esses métodos de conexão podem ser indicados para fins de conservação e planejamento de restauração (HERRERA et al., 2017; SANTOS et al., 2018; TRES et al., 2007; VOLK et al., 2018).

As estratégias de conservação exigem frequentemente a utilização de corredores e/ou trampolins ecológicos para promover a dispersão entre populações fragmentadas. No entanto, na medida em que essas estratégias aumentam a conectividade para um organismo pode depender não apenas de corredores e trampolins, mas também da composição do entorno. Baum et al. (2004) mostraram em seus estudos que os conectores dependeram fortemente da matriz interveniente. Em uma matriz de baixa resistência, tanto corredores quanto trampolins promoveram alta conectividade, aumentando a colonização. Contudo, sobre uma matriz de alta resistência, os trampolins foram incapazes de melhorar a conectividade e os corredores promoveram uma conectividade significativamente menor.

O uso de trampolins exige que um organismo atravesse múltiplos limites de matriz enquanto nenhum limite precisa ser cruzado ao usar um corredor. Assim, a falha dos trampolins na matriz corrobora a visão de que eles se mostram mais úteis quando os limites do habitat não funcionam como barreiras de dispersão para organismos (HADDAD, 2000). Portanto, a matriz é um componente integral das paisagens e deve ser considerada na escolha entre corredores e trampolins.

Para definição do tamanho dos trampolins ou largura mínima dos corredores a serem implantados, deve-se atentar aos efeitos de borda. Em ambiente florestal há aumento da luminosidade e ressecamento do ar e do solo nas áreas de bordas. Nesses locais também existe o aumento de espécies generalistas (provenientes de áreas antropizadas) e de perturbações ocasionais (queimadas, por exemplo) que excluem algumas espécies nativas, mais especializadas em sombra, acarretando em uma maior mortalidade (METZGER, 2010).

As matas ciliares funcionam como corredores ecológicos para a fauna e a elaboração do novo Código Florestal, em 2012, não considerou as discussões científicas sobre a sua largura. Metzger (2010) questionou qual a base científica usada para definir a metragem de 30 metros de proteção ao longo de cada margem de rio (considerada além do limite das cheias anuais). E, se tais larguras não deveriam variar conforme o tipo de vegetação, tipo de solo, com o relevo da margem ou clima e, em particular, com a pluviosidade local. De acordo com o pesquisador, os efeitos de borda podem variar em função das espécies e dos processos considerados, além das características físicas do local.

De um modo geral, Metzger (2010) constatou, em sua revisão, que os efeitos mais intensos ocorrem nos 100 primeiros metros, implicando que os corredores com menos de 200 m são formados essencialmente por ambientes de

borda, altamente perturbados. Esse efeito de borda, em 200 metros, também já foi alertado por Temple e Cary (1998) e confirmado por Laurence (2017).

Ainda que seja sugerida a implementação de corredores com larguras de 30 metros para conexão de fragmentos de vegetação nativa, será necessário o apoio das políticas públicas, no ato de sanção dos Programas de Regularização Ambiental, para se fazer efetiva. Uma vez que o Novo Código Florestal reduziu a obrigação da restauração de matas ciliares, em 5, 8, 15 e 20 m, a depender do tamanho do imóvel rural, dificilmente serão instalados estes sistemas de passagem sem o suporte de instrumentos legais e iniciativas de compensação ambiental.

Quanto aos trampolins, Ribeiro et al. (2009) reconhecem que pequenos fragmentos (< 200 ha) são altamente importantes para redução do isolamento entre fragmentos maiores. Até mesmo os poleiros artificiais atuam como trampolins ecológicos entre ambientes isolados pela fragmentação, promovendo a conectividade de diversos mosaicos da paisagem (TRES et al., 2007). A distância entre os trampolins depende das espécies que se deseja proteger, sendo que grandes intervalos sem vegetação nativa podem dificultar o deslocamento de algumas delas. A título de exemplo, segundo Awade e Metzger (2008), algumas espécies de sub-bosque não cruzam áreas abertas com distâncias superiores a 40 metros.

Herrera et al. (2017) afirmam que as espécies que se movem a longas distâncias se beneficiam com as pequenas manchas (trampolins), enquanto os organismos móveis dependem dos maiores trampolins para se beneficiarem. Futuras atividades de gestão devem visar os trampolins para promover conectividade ao nível da paisagem e maior atenção deve ser assegurada à conservação das pequenas manchas, dado que elas são mais vulneráveis ao desmatamento pela agricultura.

*Técnicas para mitigação da redução da cobertura vegetal, da biodiversidade e dos recursos hídricos*

Para correção do impacto da “redução da cobertura vegetal nativa”, nos casos em que não for possível a regeneração natural, como explicado anteriormente, sugerem-se as técnicas de plantio direto (mudas ou sementeira) e os sistemas agroflorestais temporários. Intrínseca à redução da cobertura da vegetação nativa encontra-se a “redução da biodiversidade” (METZGER et al., 2010; SILVA et al., 2011). A Lei Federal nº 12.651/2012, inclusive, define como uma das funções de uma Área de Preservação Permanente, a preservação da biodiversidade e a facilitação do fluxo gênico de fauna e flora. Portanto, para casos de redução da biodiversidade, indica-se a regeneração artificial e os sistemas agroflorestais temporários, para auxiliar na recuperação do ambiente, até a formação florestal.

Muitos impactos locais sobre a biodiversidade podem ser parcialmente reduzidos pela manutenção da cobertura florestal em plantações (BARLOW et al., 2007) ou pelos sistemas agroflorestais (BHAGWAT et al., 2006; SOUZA et al., 2012). Ressalva-se que, em áreas de campos naturais, como explicado anteriormente, os SAFs não devem ser implantados.

No tocante à redução dos recursos hídricos, a presença de florestas desempenham diversas funções como regulação da quantidade de água, controle da erosão e aporte de sedimentos, intervindo, portanto, nos parâmetros físicos, químicos, de quantidade e disponibilidade da água. As florestas localizadas em altas altitudes são especialmente importantes por garantir a infiltração da água no solo e, em consequência, a recarga dos aquíferos (LIMA et al., 2013; TAMBOSI et al.; 2015). Em contrapartida, como afirmam Tambosi et al. (2015), na conjuntura de florestas degradadas, com pouca vegetação, baixo conteúdo de matéria orgânica no solo, a área terá menor capacidade de interceptação e

infiltração de água, aumentando, com isso, o escoamento superficial e riscos de erosão.

Neste sentido, na ocorrência da redução de recursos hídricos, deverá ser realizada uma avaliação da área com objetivo de averiguar a necessidade de técnicas de bioengenharia para contenção dos processos erosivos. Na circunstância em que não for preciso, indica-se o restabelecimento da vegetação por regeneração artificial ou sistemas agroflorestais.

Cabe salientar aqui que os impactos de assoreamento, poluição das águas e eutrofização não foram simplesmente desconsiderados. Este artigo objetivou retratar as técnicas de recuperação de ecossistemas terrestres impactados pelo sistema de produção. Os impactos associados aos sistemas aquáticos devem ser retratados, em outro momento, por chave específica. Neste sentido, pode-se questionar, inclusive, se na existência de uma chave de decisão para ambientes aquáticos o Rio Doce não poderia já estar em recuperação. A chave de decisão demonstra os possíveis caminhos para a recuperação ambiental e os que ainda necessitam de embasamentos científicos. Trata-se, portanto, de uma ferramenta funcional para agilizar os processos de restauração e apontar a necessidade de pesquisas científicas no campo da restauração ambiental.

## **Conclusões**

A árvore de decisão mostrou-se uma técnica eficiente de análise, capaz para revelar os pontos críticos que limitam a restauração ambiental e, por consequência, o cumprimento do novo Código Florestal do Brasil.

A regeneração natural é considerada uma das técnicas de restauração ambiental mais importantes, devido à suas vantagens ecológicas e econômicas. Porém, sua escolha como método depende de indicadores de viabilidade ainda sem respaldo científico. Chamou a atenção o fato de publicações técnicas

extensionistas e, principalmente, as leis adotarem parâmetros cientificamente inconsistentes. Para algumas fitofisionomias, tais parâmetros sequer são citados. Tais inconsistências impedem uma prescrição segura de qual melhor técnica a ser utilizada e apontam para a necessidade de promoção de políticas públicas com a finalidade de subsidiar estudos científicos para a composição de parâmetros de análise. Neste sentido, considerando-se eficazes as indicações da chave de decisão, ainda são necessários estudos científicos que ampliem sua eficiência.

Quando a regeneração natural mostra-se inviável (seja pelos parâmetros, algumas vezes adotados, seja pela ausência de parâmetros confiáveis), outros métodos se apresentam com embasamento científico, como a restauração ou recuperação por enriquecimento ou adensamento, os sistemas agroflorestais, a regeneração artificial e a bioengenharia, entre outros. Nesse caso, o problema encontrado passou a ser as limitações de base legal. Por exemplo, o novo Código Florestal dificulta a restauração ambiental por não fomentar o fluxo gênico por meio da implementação de corredores ecológicos; por reduzir a obrigação legal de restauração das áreas ciliares a valores ínfimos e por não coibir o uso de espécies exóticas nas áreas protegidas de uso consolidado. Mais uma vez se observa um distanciamento entre ciência e legislação.

Na construção da chave de decisão para recuperação ambiental, as decisões finais (técnicas recomendadas) dependeram dos impactos verificados e não das atividades causadoras. Considerou-se que cada atividade possui um potencial diversificado de geração de impactos e não representa, de fato, o problema em si, observável em campo e no presente. Assim, as técnicas de regularização ambiental, na chave de decisão proposta, partiram dos impactos observados e não de suas possíveis fontes causadoras. Verificou-se ainda que, dada sua propriedade intrínseca de ser aberta, permitirá a inserção de novos

elementos e detalhamentos, à medida que haja aprofundamento científico, podendo inclusive ser aprimorada de modo compartilhado entre pesquisadores.

Recomenda-se, como futuros trabalhos, a elaboração de árvores de decisão para a recuperação ambiental de outros cenários como, por exemplo, para ambientes aquáticos, ou em escalas mais localizadas, como para atividades minerárias específicas. Neste sentido, recomenda-se também que essas árvores de decisão sejam usadas também como instrumento de avaliação de lacunas no processo de recuperação.

### Referências

ABDO, M. T. V. N.; VIEIRA, S. R.; MARTINS, A. L. M.; SILVEIRA, L. C. P. Gully Erosion Stabilization in a Highly Erodible Kandiuustalf. **Ecological Restoration**, v. 31, n. 3, p. 246-249, 2013.

ABREU, S. L.; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Escarificação mecânica e biológica para a redução da compactação em Argissolo Franco-Arenoso sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 519-531, 2004.

AGUIRRE, A. G.; LIMA, J. T.; TEIXEIRA, J.; GANDOLFI, S. Potencial da semeadura direta na restauração florestal de pastagem abandonada no município de Piracicaba, SP, Brasil. **Hoehe**, v. 42, n. 4, p. 629-640, 2015.

ALBERGARD, M. T. O.; ROSIN, J. A. R. G. Impactos socioambientais decorrentes do processo de parcelamento do solo. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 1, n. 2, p. 95-110, 2013.

ALMEIDA, C. G.; MORO, R. S. Análise da cobertura florestal no Parque Nacional dos Campos Gerais-PR como subsídio ao seu plano de manejo. **Terra Plural**, v. 1, n. 1, p. 115-122, 2007.

ALPASLAN, B.; YUKSELEN, M. A. Remediation of lead contaminated soils by stabilization/solidification. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 33, n. 1-4, p. 253-263, 2002.

ALVES, L. F.; METZGER, J. P. A regeneração florestal em áreas de floresta secundária na Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia, SP. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, p. 1-26, 2006.

AMPOORTER, E.; SCHRIJVER, A.; VAN NEVE, L.; HERMY, M.; VERHEYEN, K. Impact of mechanized harvesting on compaction of sandy and clayey forest soils: results of a meta-analysis. **Annals of Forest Science**, v. 69, n. 5, p. 533-542, 2012.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V.; FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. **Revista Árvore**, v. 27, n. 5, p. 715-721, 2003.

ARAÚJO, F. C.; SANTOS, R. M.; COELHO, P. A. O papel do distúrbio na regeneração natural dos ecossistemas florestais. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, p. 131-142, 2016.

ARESCO, M. J. Mitigation measures to reduce highway mortality of turtles and other herpetofauna at a north Florida lake. **Journal of Wildlife Management**, v. 69, n. 2, p. 549-560, 2005.

ARONSON, J.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S. Conceitos e definições correlatos à ciência e à prática da restauração ecológica. **IF. Série Registros**, n. 44, p. 1-38, 2011.

ASHRAF, M. A.; MAAH, M. J.; YUSOFF, I.; WAJID, A.; MAHMOOD, K. Sand mining effects, causes and concerns: A case study from Bestari Jaya, Selangor, Peninsular Malaysia. **Scientific Research and Essays**, v. 6, n. 6, p. 1216-1231, 2011.

ÁVILA, A. L.; ARAÚJO, M. M.; GASPARIN, E.; LONGHI, S. J. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de 621 florestas ombrófilas mistas, RS, Brasil. **Cerne**, v. 19, n. 4, p. 621-628, 2013.

AWADE, M.; METZGER, J. P. Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation. **Austral Ecology**, v. 33, n. 7, p. 863-871, 2008.

BAGER, A.; FONTOURA, V. Evaluation of the effectiveness of a wildlife roadkill mitigation system in wetland habitat. **Ecological engineering**, v. 53, p. 31-38, 2013.



BAGER, A.; ROSA, C.A. Priority ranking of road sites for mitigating wildlife roadkill. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 149-153, 2010.

BAGER, A.; ROSA, C. A. Impacto da rodovia BR-392 sobre comunidades de aves no extremo sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 20, n. 1, p. 30-39, 2012.

BALBINO, L.; CORDEIRO, L.; MARTÍNEZ, G. Contribuições dos sistemas de integração Lavoura Pecuária-Floresta (iLPF) para uma Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 6, p.1163-1175, 2011.

BARLOW, J.; GARDNER, T. A.; ARAUJO, I. S.; ÁVILA-PIRES, T. C.; BONALDO, A. B.; COSTA, J. E.; ESPOSITO, M. C.; FERREIRA, L. V.; HAWES, J.; HERNANDEZ, M. I. M.; HOOGMOED, M. S.; LEITE, R. N.; LOMAN-HUNG, N. F.; MALCOLM, J. R.; MARTINS, M. B.; MESTRE, L. A. M.; MIRANDA-SANTOS, R.; NUNES-GUTJAHR, A. L.; OVERAL, W. L.; PARRY, L.; PETERS, S. L.; RIBEIRO-JUNIOR, M. A.; DA SILVA, M. N. F.; DA SILVA MOTTA, C.; PERES, C. A. Quantifying the biodiversity value of tropical primary, secondary, and plantation forests. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 104, n. 47, p. 18555-18560, 2007.

BARTON, S. S.; GARCIA, C. S. G. Roadside Landscapes - A potential environmental resource. **Ornamental Horticulture**, v. 21, n. 3, p. 277-290, 2015.

BAUM, K.; HAYNES, K. J.; DILLEMUTH, F. P. CRONN, J. T. The matrix enhances the effectiveness of corridors and stepping stones. **Ecology**, v. 85, n. 10, p. 2671-2676, 2004.

BELL, L. W.; KIRKEGAARD, J. A.; SWAN, A.; HUNT, J. R.; HUTH, N. I.; FETTELL, N. A. Impacts of soil damage by grazing livestock on crop productivity. **Soil and Tillage Research**, v. 113, n. 1, p. 19-29, 2011.

BENNETT, V. J. Effects of Road Density and Pattern on the Conservation of Species and Biodiversity. Current. **Landscape Ecology Reports**, v. 2, n. 1, p. 1-11, 2017.

BHAGWAT, S. A.; WILLIS, K. J.; BIRKS, H. J.; WHITTAKER, R. J. Agroforestry: a refuge for tropical biodiversity? **Trends in Ecology & Evolution**, Amsterdam, v. 23, n. 5, p. 261-267, 2006.

BLANCO, F. F.; FOLEGATTI, M. V. Recuperação de um solo salinizado após cultivo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 1, p. 76-80, 2001.

BOCHET, E.; GARCÍA-FAYOS P.; TORMO, J. How can we control erosion of road slopes in semiarid Mediterranean areas? Soil improvement and native plant establishment. **Land Degradation & Development**, v. 21, p. 110-121, 2010.

BORGES, L. A. C.; REZENDE, J. L. P. Áreas Protegidas no Interior de Propriedades Rurais: A Questão das APP e RL. **Floram**, v. 18, n.2, p. 210-222, 2011.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. 1 ed. São Paulo: Oficina dos Textos. 2015. 428 p.

BRANCALION, P. H. S.; GARCIA, L. C.; LOYOLA, R.; RODRIGUES, R. R.; PILLAR, V. D.; LEWINSOHN, T. M. A critical analysis of the Native Vegetation Protection Law of Brazil (2012): updates and ongoing initiatives. **Natureza & Conservação**, v. 14, n. 1, p. 1-15, 2016.

BRANCALION, P. H. S.; SCHWEIZER, D.; GAUDARE, U.; MANGUEIRA, J. R.; LAMONATO, F.; FARAH, F. T.; NAVE, A. G.; RODRIGUES, R. R. Balancing economic costs and ecological outcomes of passive and active restoration in agricultural landscapes. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 856-867, 2016.

BRASIL. **Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. 2012b. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 19 set 2017.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Instituiu o Novo Código Florestal Brasileiro. 2012. Disponível em: <<https://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

BRASIL. **Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o artigo 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

CAMPOS-FILHO, E. M.; COSTA, J. N. M. N.; DE SOUSA, O. L.; JUNQUEIRA, R. G. P. Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. **Journal of Sustainable Forestry**, v. 32, p. 702-727, 2013.

CAO, S.; CHEN, L.; GAO, W.; CHEN, Y.; YAN, M. Impact of planting grass on terrene roads to avoid soil erosion. **Landscape Urban Planning**, v. 78, n. 3, p. 205-216, 2006.

CARNEIRO, J. J.; CARDOSO, I. M.; SILVA, A. L. S.; FERRARI, L. T.; PONTES, L. M.; FERNANDES, R. B. A.; CARVALHO, A. F.; FERNANDES FILHO, E. I. Agricultores Afirnam: Água Aumenta Com Transição Agroecológica. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 12, n. 1, p. 52-58, 2017.

CAVA, M. G. B.; ISERNHAGEN, I.; MENDONÇA, A. H.; DURIGAN, G. Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas. **Hoehnea**, v.43, n. 2, p. 301-315, 2016.

CAVA, M. G. B.; PILON, N. A.; RIBEIRO, M. C.; DURIGAN, G. Abandoned pastures cannot spontaneously recover the attributes of old-growth savannas. **Journal of Applied Ecology**, 2017. DOI: 10.1111/1365-2664.13046.

CHAVES, R. B.; DURIGAN, G.; BRANCALION, P. H. S.; ARONSON, J. On the need of legal frameworks for assessing restoration projects success: new perspectives from São Paulo state (Brazil). **Restoration Ecology**, v. 23, n. 6, p. 754-759, 2015.

CHAVES, T. A.; ANDRADE, A. G.; LIMA, J. A. S.; PORTOCARRERO, H. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural. Niterói: Programa Rio Rural**. Manual técnico Embrapa Solos. 2012. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/Recuperacao-areas-degradadas-2012.pdf>. Acesso em: 07 set. 2017.

CHAVES, T. de A.; DE ANDRADE, A. G. **Capim vetiver: produção de mudas e uso no controle da erosão e na recuperação de áreas degradadas**. Manual técnico Embrapa Solos. 2013. Disponível em< <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/>>. Acesso em: 07 set. 2017.

CHAZDON, R. L. Tropical forest recovery: legacies of human intervention and natural disturbances. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 6, n. 2, p. 51- 71, 2003.

CHAZDON, R. L. Landscape restoration, natural regeneration, and the forests of the future. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, v. 102, n. 2, p. 251-257, 2017.

CHAZDON, R. L.; GUARIGUATA, M. R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 716–730, 2016.

CHAZDON, R. L.; URIARTE, M. Natural regeneration in the contexto of large-scale forest and landscape restoration in the tropics. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 709-715, 2016.

CHIAVARI, J.; LOPES, C. L. Os caminhos para a regularização ambiental: decifrando o novo código florestal. In: SILVA, A. P. M.; MARQUES, H. R.; SAMBUICHI, R. H. R. (Org.). **Mudanças no Código Florestal Brasileiro: desafios para a implementação da nova Lei**. Rio de Janeiro: IPEA, 2016. 359 p. Disponível em: < <http://www.en.ipea.gov.br/>>. Acesso em: 01 out. 2017.

CHIDUMAYO, E. N.; GUMBO, D. J. The environmental impacts of charcoal production in tropical ecosystems of the world: a synthesis. **Energy for Sustainable Development**, v. 17, n. 2, p. 86-94, 2013.

CHYBA, J.; KROULÍK, M.; KRIŠTOF, K.; MISIEWICZ, P. A.; CHANEY, K. Influence of soil compaction by farm machinery and livestock on water infiltration rate on grassland. **Agronomy Research**, v. 12, n. 1, p. 59-64, 2014.

CHO, C-H.; PARK, J-K.; KIM, Y-D.; JIN, H-J.; CHOI, S.I. Calculation of Radius of Influence and Evaluation of Applicability of Air Sparging/Soil Vapor Extraction system for the Remediation of Petroleum Contaminated Rail Site. **Journal of Soil and Groundwater Environment**, v. 20, n. 1, p. 1-6, 2015.

COLE, R. J.; HOLL, K. D.; KEENEC, C. L.; ZAHAWI, R. A. Direct seeding of late-successional trees to restore tropical montane forest. **Forest Ecology and Management**, v.261, p. 1590–1597, 2011.

COLLIS, J.; HUSSEY, R. **Pesquisa em administração**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 352 p.

COLTRI, P. P.; ZULLO JÚNIOR, J.; DUBREUIL, V.; RAMIREZ, G. M.; PINTO, H. S.; CORAL, G.; LAZARIM, C. G. Empirical models to predict LAI and aboveground biomass of *Coffea arabica*. **Agroforestry systems**, v. 89, n. 4, p. 621-636, 2015.

CORBIN, J.D.; HOLL, K.D. Applied nucleation as a forest restoration strategy. **Forest Ecology and Management**, v. 265, p. 37-46, 2012.

CORLATTI, L.; HACKLÄNDER, K.; FREY-ROOS, F. Ability of wildlife overpasses to provide connectivity and prevent genetic isolation. **Conservation Biology**, v. 23, n. 3, p. 548-556, 2009.

COSTA, D. M. A. Impactos da irrigação na variabilidade espacial e temporal da salinidade de um solo aluvial no semi-árido potiguar. **Holos**, v. 2, p. 62-71, 2008.

COUTINHO, P. W. R.; CADORIN, D. A.; NORETO, L. M.; GONÇAVES JÚNIOR, A. C. Alternativas de remediação e descontaminação de solos: biorremediação e fitorremediação. **Nucleus**, v. 12, n. 1, p. 59-68, 2015.

COUTO, L.; GONÇALVES, W.; COELHO, A. T.; DE PAULA, C. C.; GARCIA, R.; AZEVEDO, R. F.; LOCATELLI, R. F.; ADVÍNCULA, T. G. L.; BRUNETTA, J. M. F. C.; COSTA, C. A. B.; GOMIDE, L. C.; MOTTA, P. H. **Técnicas de bioengenharia para revegetação de taludes no Brasil**. Viçosa, MG: Boletim técnico do CBCN, 2010, 118p, 2010. Disponível em: <[http://www.cbcn.org.br/arquivos/p\\_tecnicas\\_brasil\\_853272915.pdf](http://www.cbcn.org.br/arquivos/p_tecnicas_brasil_853272915.pdf)>. Acesso em: 28 jan. 2018.

CUBIÑA, A.; AIDE, T. M. The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. **Biotropica**, v. 33, p. 260-267, 2001.

D'ANUNCIAÇÃO, P. E. R.; LUCAS, P. S.; SILVA, V. X.; BAGER, A. Road ecology and Neotropical amphibians: contributions for future studies. **Acta Herpetológica**, v. 8, n. 2, p. 129-140, 2013.

DUARTE, E. M. G.; CARDOSO, I. M.; STIJNEN, T.; MENDONÇA, M. A. F. C.; COELHO, M. S.; CANTARUTTI, R. B.; KUYPER, T. W.; VILLANI, E. M. A.; MENDONÇA, E. S. Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. **Agroforestry systems**, v. 87, n. 4, p. 835-847, 2013.

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L.; TOREZAN, J. M.; DE MELO, A. C. G.; MARQUES, M. C. M.; MARTINS, S. V.; REIS, A.; SCARANO, F. R. Normas jurídicas para a restauração ecológica: uma barreira a mais a dificultar o êxito das iniciativas? **Revista Árvore**, v. 34, n. 3, p. 471-485, 2010.

DURIGAN, G.; SUGANUMA, M. S.; DE MELO, A. C. G. Valores esperados para atributos de florestas ripárias em restauração em diferentes idades. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 463-474, jun. 2016.

ELGH-DALGREN, K.; ARWIDSSON, Z.; RIBÉ, V.; WAARA, S.; VON KRONHELM, T.; VAN HEES, P.W. Bioremediation of a soil industrially contaminated by wood preservatives degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons and monitoring of coupled arsenic translocation. **Water Air and Soil Pollution**, v. 214, p. 275-285, 2011.

ESPÍNDOLA, M. B.; BECHARA, F. C.; BAZZO, M. S.; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. **Biotemas**, v. 18, n. 1, p. 27-38, 2005.

FÁVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de área degradada com Sistema Agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 861-868, 2008.

FERREIRA, M. C.; WALTER, B. M. T.; VIEIRA, D. L. M. Topsoil translocation for Brazilian savanna restoration: propagation of herbs, shrubs, and trees. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 6, p. 723-728, 2015

FERREIRA, R. A.; DAVIDE, A. C.; BEARZOTI, E.; MOTTA, M. S. Semeadura direta com espécies arbóreas para recuperação de ecossistemas florestais. **Cerne**, v. 13, n. 3, p. 271-279, 2007.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; FERREIRA, D. F. Regeneração Natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, v. 34, n. 4, p. 651-660, 2010.

FILIZOLA, H. F.; FILHO, G. S. A.; KANIL, K.; SOUZA, M. D.; GOMES, M. A. F. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos**. Manual técnico Embrapa Solos. 2011. Disponível em <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53751/1/Circular22.pdf>>. Acesso em: 07 dez. 2017.

FONSECA, L.; ROITMAN, I.; JACOBSON, T. K. B.; OGATA, R. S.; SOLARI, R. A. F.; RIBEIRO, R. J. C. Viabilidade do Hidrogel na Recuperação de Cerrado sensu stricto com Espécies Nativas. **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 1-8, 2017.

FOWLER, W. M.; FONTAINE, J. B.; ENRIGHT, N. J.; VEBER, W. P. Evaluating restoration potential of transferred topsoil. **Applied Vegetation Science**, n. 18, p. 379–390, 2015.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO, A. F.; JUCKSH, I.; FERNANDES FILHO, E. I.; SILVA, E.; NETO, J. A. A. M. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 751-760, 2002.

FREITAS FILHO, R.; LIMA, T. M. Metodologia de Análise de Decisões. **Universitas JUS**, n. 21, p. 1-17, 2010.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Metodologias de restauração florestal. In: **Fundação Cargill** (Coord.). Manejo florestal e restauração de áreas degradadas. São Paulo: Fundação Cargill, 2007. p.109-143.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 192 p.

GOMES, P. M.; MELO, C.; DO VALE, V. S. Avaliação dos impactos ambientais em nascentes na cidade de Uberlândia-MG: análise macroscópica. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 102-120, 2005.

GUERRA, A. J. T.; BEZERRA, J. F. R.; FULLEN, M. A.; MENDONÇA, J. K. S.; JORGE, M. C. O. The effects of biological geotextiles on gully stabilization in São Luís, Brazil. **Natural Hazards**, v. 75, n. 3, p. 2625-2636, 2015.

GUIMARÃES, J. C. C.; ALMEIDA, W. F.; PAIS, P. S. M.; ANDRADE, M. L. C. Abordagem de práticas conservacionistas na recuperação de voçorocas. **Enciclopédia da biosfera**, v. 8, n. 14, p. 977-989, 2012.

GUIMARÃES, R. Z.; OLIVEIRA, F. A.; GONÇALVES, M. L. Avaliação dos impactos da atividade de silvicultura sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 377-390, 2010.

GUMIER-COSTA, F.; SPERBER, C. F. Atropelamentos de vertebrados na Floresta Nacional de Carajás, Pará, Brasil Roadkills of vertebrates in Carajas National Forest, Para, Brazil. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 459-466, 2009.

HADDAD, N.M. Corridors for people, corridors for nature. How can the environmental impacts of roads be reduced? **Since**, v. 350, n. 6265, p. 1166-1167, 2015.

HADDAD, N. M. Corridor length and patch colonization by a butterfly, *Junonia coenia*. **Conservation Biology**, v. 14, p. 738–745, 2000.

HERRERA, L. P.; SABATIONOL, M. C.; JAIME, F. R.; SAURA, S. Landscape connectivity and the role of small habitat patches as stepping stones: an assessment of the grassland biome in South America. **Biodiversity and Conservation**, v. 26, n. 14, p. 3465-3479, 2017.

HOLANDA, F. S. R.; BANDEIRA, A. A.; ROCHA, I. P.; FILHO, R. N. A.; RIBEIRO, L. F.; ENNES, M. A. Controle da erosão em margens de cursos d'água: das soluções empíricas à técnica da bioengenharia dos solos. **Raega – O Espaço Geográfico em Análise**, v. 17, p. 93-101, 2009.

HOLANDA, F. S. R.; ROCHA, I. P.; OLIVEIRA, V. Estabilização de taludes marginais com técnicas de bioengenharia de solos no Baixo São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 6, p. 570-575, 2008.

HONDA, E. A.; DURIGAN, G. A restauração de ecossistemas e a produção de água. **Hoehnea**, v. 44, n. 3, p. 315-327, 2017.

HOSSEINI, S. O.; SHAHROODI, E. F.; LOTFALIAN, M.; PARSAKHOO, A. Evaluating the effect of biological stabilization on landslide control at the edge of forest road. **Journal of Forest Science**, v. 63, n. 11, p. 496-502, 2017.

IEF – INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Chave de Decisão**. 2017. Disponível em: <[www.ief.mg.gov.br/images/stories/2017/Mudas/Chave\\_de\\_decisao\\_rev\\_2.\\_-\\_Fomento\\_alterada\\_12.xlsx](http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2017/Mudas/Chave_de_decisao_rev_2._-_Fomento_alterada_12.xlsx)>. Acesso em: 04 dez. 2017.

JACQUES, R. J. S.; BENTO, F. M.; ANTONIOLLI, Z. I.; CAMARGO, F. A. O. Biorremediação de solos contaminados com hidrocarbonetos aromáticos policíclicos. **Ciência Rural**, v. 37, n. 4, p. 1192-1201, 2007.

KELLER, T.; LAMANDÉ, M. Challenges in the development of analytical soil compaction models. **Soil and Tillage Research**, v. 111, p. 54-64, 2010.

KOCH, J. M. Alcoa's mining and restoration process in South Western Australia. **Restoration Ecology**, v. 15, n. 4, p. 11-16, 2007.



KOCHHANN, R.A.; DENARDIN, J. E.; BERTON, A. AL. **Compactação e descompactação dos solos**. Manual técnico Embrapa Trigo. 2000. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84191/1/CNPT-DOC.-19-00.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2018.

LAMB, D.; ERSKINE, P. D.; PARROTA, J. A. Restoration of degraded tropical forest landscapes. **Science**, v. 310, n. 1628, p. 1628-1632, 2005.

LASCO, R. et al. Climate risk adaptation by smallholder farmers: the roles of trees and agroforestry. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 83-88, 2014.

LAUDARES, S. S. A.; BORGES, L. A. C.; ÁVILA, P. A.; OLIVEIRA, A. L.; SILVA, K. G.; LAUDARES, D. C. A. Agroforestry as a sustainable alternative for environmental regularization of rural consolidated occupations. **Cerne**, v. 23, n. 2, p. 161-174, 2017.

LAURANCE, S. G. W. Biological Corridors. **The International Encyclopedia of Primatology**, 2017. DOI: 10.1002/9781119179313.wbprim0091.

LAVIOLA, G. B.; SANTOS DIAS, L. A. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 5, p. 1969-1975, 2008.

LAZARTE, C. A.; ROBINSON, H.; GÓMEZ, J. E.; BAXTER, A.; CADDEN, A.; BERG, R. **Soil Nail Walls Reference Manual**. 2015. Disponível em: <<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/pubs/nhi14007.pdf>>. Acesso em: 28 jan. 2018.

LEMONS, E. P.; STEINER, M. T. A.; NIEVOLA, J.C. Análise de crédito bancário por meio de redes neurais e árvores de decisão: uma aplicação simples de data mining. **Revista de Administração-RAUSP**, v. 40, n. 3, 2005.

MA, J.; YANG, Y.; XIAOLI, Y.; CHANGGANG, D.; QUINGHONG, L.; CHUNMAO, W.; GUANGXU, Y.; GUO, S. Bioremediation Enhances the Pollutant Removal Efficiency of Soil Vapor Extraction (SVE) in Treating Petroleum Drilling Waste. **Water, Air, & Soil Pollution**, v. 227, n. 12, p. 465, 2016.

MACEDO, R. L. G. **Princípios básicos para o manejo sustentável de sistemas agroflorestais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 157 p.

MACHADO, L.; HOLANDA, F. S. R.; SILVA, V. S.; MARANDUBA, I. A.; LINO, J. B. Contribution of the root system of vetiver grass towards slope stabilization of the São Francisco River. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 4, p. 2453-2463, 2015.

MAGALHÃES, E. N.; OLIVEIRA, G. C.; SEVERIANO, E. C.; COSTA, K. A. P.; CASTRO, M. B. Recuperação estrutural e produção de capim-tifton 85 em um Argissolo Vermelho-Amarelo compactado. **Ciência Animal Brasileira**, v. 10, n. 1, p. 68-76, 2009.

MAGNAGO, L. F. S.; SIMONELLI, M.; MARTINS, S. V.; MATOS, F. A. R.; DEMUNER, V. G. Variações estruturais e características edáficas em diferentes estádios sucessionais de floresta ciliar de Tabuleiro, ES. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.445-456, 2011.

MARIMON, B. S.; FELFILI, J. M. Chuva de sementes em uma floresta monodominante de *Brosimum rubescens* Taub. em uma floresta mista adjacente no Vale do Araguaia, MT, Brasil. **Acta Botânica Brasilica**, v. 20, n. 2, p. 423-432, 2006.

MARQUES, L. F.; SOUZA, A. P.; BANDEIRA, C. M.; BANDEIRA, L. B.; MELO, R. S. Impacto da queimada na biomassa microbiana de solo em fragmento de mata atlântica no estado da Paraíba. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 12, n. 2, 2015.

MARTINS, T. P.; RANIERI, V. E. L. Sistemas Agroflorestais como Alternativa para Reserva Legais. **Ambiente e Sociedade**, v. 17, p. 79-96, 2014.

MÉIER, M.; TEIXEIRA, H. M.; FERREIRA, M. G.; FERRARI, E. A.; LOPES, S. I.; CARDOSO, I. M. Sistemas Agroflorestais em Áreas de Preservação Permanente. **Agriculturas**, v. 8, n. 2, p. 12-17, 2011.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. F. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, v. 25, n. 3, p. 375-383, 2001.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GIONGO, V.; PÉREZ-MARIN, A. M. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Biology**, v. 72, n. 3, p. 643-653, 2012.

METZGER, J. P. O código florestal tem base científica? **Conservação e Natureza**, v. 8, n. 1, 92-99, 2010.

MINDOMO. **Mind Maps**. 2018. Disponível em:

<<https://www.mindomo.com/pt/mind-mapping-software>>. Acesso em: 04 nov. 2017.

MINAS GERAIS. **Lei nº 20.922, de 16 de outubro de 2013**. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado, MG. Disponível em: <[www.almg.gov.br](http://www.almg.gov.br)>. Acesso em: 19 Set. 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente; REBRAF – Rede Brasileira Agroflorestal. **Políticas Públicas e Financiamento para o Desenvolvimento Agroflorestal no Brasil**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente e Instituto Rede Brasileira Agroflorestal, 2005. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/168/\\_publicacao/168\\_publicacao03022009104830.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/168/_publicacao/168_publicacao03022009104830.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2018.

MMA- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE; STCP ENGENHARIA DE PROJETOS LTDA. **Estudo Referente aos Impactos Ambientais na Cadeia Produtiva, Distribuição e Uso do Biodiesel**. 2006. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/item\\_7.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/item_7.pdf)>. Acesso em 23 nov. 2017.

MOLEDO, J. C. SAAD, A. R.; DALMAS, F. B.; ARRUDA, R. R. O. M.; CASADO, F. Impactos ambientais relativos à silvicultura de eucalipto: uma análise comparativa do desenvolvimento e aplicação no plano de manejo florestal. **Geociências**, v. 35, n. 4, p. 512-530, 2016.

NAVE, A. G.; BRANCALION, P. H. S.; COUTINHO, E.; CÉSAR, R. G. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. 256 p.

NICOLOSO, R. S.; AMADO, T; J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRADELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 4, p. 1723-1734, 2008.

NUNES, F. S. M.; SOARES-FILHO, B. S.; RAJÃO, R.; MERRY, F. Enabling large-scale forest restoration in Minas Gerais, state, Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 4, p. 044022, 2017.

O'BRIEN, P. L.; DESUTTER, T. M.; CASEY, F. X. M.; KHAN, E.; WICK, A. F. Thermal remediation alters soil properties e a review. **Journal of Environmental Management**, v. 206, p. 826-835, 2018.

OLIVEIRA, M. R.; ARENHART, A.; FOLLADOR, F. A. C. Usina hidrelétrica de segredo: uma análise da necessidade de revisão do plano ambiental de conservação. **Revista de Administração de Roraima**, v. 4, n. 1, p.23-39, 2014.

OLIVEIRA, F. L.; MELLO, E. F.. A mineração de areia e os impactos ambientais na bacia do rio São João, RJ. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 374-389, 2016.

PADOVAN, M. P.; PEREIRA, Z. V. Banco de sementes como indicador de restauração em Sistemas Agroflorestais Multiestratificados no sudoeste de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Árvore**, v. 38, n. 6, p. 1073-1083, 2014.

PAVLIDIS, G.; TSIHRINTZIS, V. A. Environmental Benefits and Control of Pollution to Surface Water and Groundwater by Agroforestry Systems: a Review. **Water Resources Management**, v. 32, n. 1, p. 1-29, 2018.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. N.; LUCAS, A. A. T.; SANTOS, P. B. Causes and consequences of the process of soil salinization, **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324, 2015.

PELLIZZARO, K. F.; CORDEIRO A. A. O.; ALVES, M.; MOTTA, C. P.; REZENDE, G. M.; SILVA, R. R. P.; RIBEIRO, J. F.; SAMPAIO, A. B.; VIEIRA, D. L. M.; SCHMID, I. B. “Cerrado” restoration by direct seeding: field establishment and initial growth of 75 trees, shrubs and grass species. **Brazilian Journal Botanic**, v. 40, n. 3, p. 681-693, 2017.

PEREIRA, L. C. S. M.; OLIVEIRA, C. C. C.; TOREZAN, J. M. D. Woody species regeneration in Atlantic Forest restoration sites depends on surrounding landscape. **Natureza & Conservação**, v. 11, n. 2, p. 138-144, 2013.

PEREIRA, S. R.; LAURA, V. A.; SOUZA, A. L. T. Establishment of Fabaceae Tree Species in a Tropical Pasture: Influence of Seed Size and Weeding Methods. **Restoration Ecology**, v. 21, n. 1, p. 66-67, 2013.

PILON, N. A. L.; BUISSON, E.; DURIGAN, G. Restoring Brazilian savanna ground layer vegetation by topsoil and hay transfer. **Restoration Ecology**, v. 26, n. 1, p. 73-81, 2018.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; DAVIDE, A. C. Estudo da vegetação como subsídios para propostas de recuperação das nascentes da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, v. 29, n. 5, p. 775-793, 2005.

PUERTA, R. Regeneração arbórea em pastagens abandonadas na região de Manaus em função da distância da floresta contínua. **Scientia Forestalis**, n. 62, p. 32-39, 2002.

PINTO, L. V. A.; ROMA, T. N.; CARVALHO, K. R. B. Avaliação qualitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em seu entorno. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 495-505, 2012.

PIRES, F. R.; PROCÓPIO, S. O.; SOUZA, C. M.; SANTOS, J. B.; SILVA, G. P. Adubos verdes na fitorremediação de solos contaminados com o herbicida tebuthiuron. **Revista Caatinga**, v. 19, n. 1, p. 92-97, 2006.

POLASTRI, P.; ORIOLI, M. A.; SILVEIRA, L. W. M.; OKAWA, C. M. P.; PAREDES, E. A.; NETO, G. A. Disposição inadequada de resíduos sólidos em fundo de vale: o caso do córrego Mandacaru. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology**, v. 19, n. 1, p. 49-58, 2015.

PUGLIESE, L.; LOURENCETTI, C.; RIBEIRO, M. L. Impactos ambientais na produção do etanol brasileiro: uma breve discussão do campo à indústria. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 20, n. 1, p. 142-165, 2017.

QUEIROZ, A. B.; ALMEIDA, J. R.; LINS, G. A. Avaliação de impactos ambientais em estações de tratamento de esgotos sanitários: ETE-Salgado Filho. **Revista Brasileira de Pesquisa e Desenvolvimento**, v. 11, n. 2, p. 68-78, 2009.

RAMAZAN, M.; KHAN, G. D.; HANIF, M.; ALI, S. Impact of soil compaction on root length and yield of corn (*Zea mays*) under irrigated condition. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v. 11, n. 3, p. 382-385, 2012.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPÍNDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza & Conservação**, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003.

RESENDE, J. C. F.; MARKEWITZ, D.; KLINK, C. A.; BUSTAMANTE, M. M. C.; DAVIDSON, E. A. Phosphorus cycling in a small watershed in the Brazilian Cerrado: impacts of frequent burning. **Biogeochemistry**, v. 105, n. 1-3, p. 105-118, 2011.

RIBEIRO, D. B.; FREITAS, A. L. Brazil's new laws bug collectors. **Science**, v. 345, n. 6204, p. 1571-1571, 2014.

RIBEIRO, J. F. **Experiências em Recuperação Ambiental - Código Florestal – Modelos de Restauração de Matas de Galeria e Ciliares**. Embrapa Cerrado, 2017.7p. Disponível em:  
<<https://www.embrapa.br/documents/10180/13310826/ID25.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2017.

RIBEIRO, L. F.; HOLANDA, F. S. R.; ARAÚJO FILHO, R. N.; ROCHA, I. P.; GOIS, S. S. Alterações de paisagens ribeirinhas: o caso do rio Paramopama, estado de Sergipe. **Floresta**, v. 41, n. 2, p. 221-230, 2011.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O. R.; LIANILLO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de Florestas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F (Eds.). **Matas Ciliares: Conservação e Recuperação**. 3. ed. São Paulo: EDUSP/FAPESP, 2004. p. 235-247.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ATTANASIO, C. M. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 55, p. 7-21, 2007.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. 256 p.

RODRIGUES, R. R.; LIMA, R. A. F.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G. On the restoration of high diversity forests: 30 years of experiences in the Brazilian Atlantic Forest. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1242-1251, 2009.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; NAVE, A. G.; ARONSON, J.; BARRETO, T. E. B.; VIDAL, C. Y.; BRANCALION, P. H. S. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 261, n. 10, p. 1605-1613, 2011.

ROSA, C. A.; BAGER, A. Seasonality and habitat types affect roadkill of neotropical birds. **Journal of Environmental Management**, v. 97, p. 1-5, 2012.

ROSA, S. F.; DURLO, M. A. Enraizamento de estacas de duas espécies de *Salix* com vistas à estabilização de taludes fluviais. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 1, p. 53-60, 2009.

SAFARI, A.; KAVIAN, A.; PARSAKHO, A.; SALEH, I.; JORDÁN, A. Impact of different parts of skid trails on runoff and soil erosion in the Hyrcanian forest (northern Iran). **Geoderma**, v. 263, p. 161-167, 2016.

SANTOS, J. S.; LEITE, C. C. C.; VIANA, J. C. C.; SANTOS, A. R.; FERNANDES, M. M.; ABREU, V. S.; NASCIMENTO, T. P.; SANTOS, L. S.; FERNANDES, M. R. M.; SILVA, G. F.; MENDONÇA, A. R. Delimitation of ecological corridors in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 88, p. 414-424, 2018.

SÃO PAULO. **Resolução SMA nº 32, de 03 de abril de 2014**. Estabelece as orientações, diretrizes e critérios sobre restauração ecológica no Estado de São Paulo. 2014. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/legislacao/resolucoes-sma/resolucao-sma-32-2014>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

SAUTU, A.; BASKIN, J. M.; BASKIN, C. C.; CONDIT, R. Studies on the seed biology of 100 native species of trees in a seasonal moist tropical forest, Panama, Central America. **Forest Ecology and Management**, v. 234, n. 3, p. 245-263, 2006.

SCHROTH, G.; HARVEY, C. A.; VINCENT, G. Complex Agroforests: Their Structure, Diversity, and Potential Role in Landscape Conservation. In: SCHROTH, G.; FONSECA, G.; HARVEY, C.; GASCON, C.; VASCONCELOS, H. L.; IZAC, A.-M. N. (Eds.). **Agroforestry and Biodiversity Conservation in Tropical Landscapes**. Washington: Island Press, 2004. p. 227-260.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JÚNIOR, A. A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I. Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 2, 2000.

SER. Society for Ecological Restoration. **Society for Ecological Restoration International's primer of ecological restoration**. 2004. Disponível em: <[http://www.ser.org/pdf/SER\\_Primer\\_Portuguese.pdf](http://www.ser.org/pdf/SER_Primer_Portuguese.pdf)>. Acesso em 19 out. 2017.

SERRA, A.P.; BUNGENSTAB, D.J.; ALMEIDA, R.G.; LAURA, V.A.; FERREIRA, A.D. **Fundamentos técnicos para implantação de sistemas de integração lavoura-pecuária floresta com eucalipto**. Manual técnico Embrapa. 2012. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>>. Acesso em: 08 jan. 2018.

SILVA, C. L.; BASSI, N. S. S. Análise dos impactos ambientais no Oeste Catarinense e das tecnologias desenvolvidas pela Embrapa Suínos e Aves. **Informe Gepec**, v. 16, n. 1, p. 128-143, 2012.

SILVA, D. A.; LUIZ, M. F.; JESUS, F. G.; ROCHA, E. C.; OLIVEIRA, M. A.; ARAÚJO, M. S. Post-fire effect of savannah vegetation on the establishment of new colonies of *Atta sexdens rubropilosa* (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist**, v. 99, n. 4, p. 744-749, 2016.

SILVA, J. A. A.; NOBRE, A. D.; JOLY, C. A.; NOBRE, C. A.; MANZATTO, C. V.; RECH FILHO, E. L.; SKORUPA, L. A.; CUNHA, M. M. L. C.; MAY, P. H.; RODRIGUES, R. R.; AHRENS, S.; SÁ, T. D. A. **O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo**. São Paulo: Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, SBPC; Academia Brasileira de Ciências, ABC, 2011. 124 p. Disponível em: <<https://www.abc.org.br/>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

SILVA, K. A.; MARTINS, S. V.; NETO, A. M.; CAMPOS, W. H. Semeadura direta com transposição de serapilheira como metodologia de restauração ecológica. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 811-820, 2015a.

SILVA, R. R. P.; OLIVEIRA, D. R.; ROCHA, G. P. E.; VIERIA, D. L. M. Direct seeding of Brazilian savanna trees: effects of plant cover and fertilization on seedling establishment and growth. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 4, p. 393-401, 2015b.



SIMPANEN, S.; DAN YU; MÄKELÄ, R.; TALVENMÄKI, H.; SINKKONEN, A.; HANNU SILVENNOINEN, H.; ROMANTSCHUK, M. Soil vapor extraction of wet gasoline-contaminated soil made possible by electroosmotic dewatering—lab simulations applied at a field site. **Journal Soils Sediment**. 2017. DOI 10.1007/s11368-017-1717-1

SLOAN, S.; GOOSEM, M.; LAURANCE, S. G. Tropical forest regeneration following land abandonment is driven by primary rainforest distribution in an old pastoral region. **Landscape ecology**, v. 31, n. 3, p. 601-618, 2016.

SOARES, A. A. V.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Influence of ecological group composition, plantation spacing and arrangement in the restoration of riparian forest on reservoir shores. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1107-1118, 2016.

SOUZA, G. S.; SOUZA, Z. M.; SILVA, S. B.; ARAUJO, F. S.; BARBOSA, R. S. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana-de-açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 4, p. 603-612, 2012.

SOUZA, H. N.; GOEDE, R. G. M.; BRUSSAARD, L.; CARDOSO, M.; DUARTE, M. G.; FERNANDES, R. B. A.; GOMES, L. C.; PULLEMAN, M. M. Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 146, n. 1, p. 179-196, 2012.

SOUZA JÚNIOR, D.I. A degradação da bacia do rio Paraíba do Sul. **Engevista**, v. 6, n. 3, p. 99-105, 2004.

SOUZA, M. C. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M. Desenvolvimento de espécies arbóreas em Sistemas Agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, Paraty, RJ. **Revista Árvore**, v. 37, n. 1, p. 89-98, 2013.

STEINER, F. A.; VASCONCELOS, V. V. Delimitação e proteção das áreas de preservação permanente de chapadas: Estudo de caso da mineração de areia em encosta no Norte de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia**, v. 12, n. 40, p. 189-204, 2011.

SUGANUMA, M. S.; DURIGAN, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. **Restoration ecology**, v. 23, n. 3, p. 238-251, 2015.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. B.; METZGER, J. P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 151-162, 2015.

TARDÍO, G.; MICKOVSKI, S. B. Implementation of eco-engineering design into existing slope stability design practices. **Ecological Engineering**, v. 92, p. 138-147, 2016.

TARDIO, G.; MICKOVSKI, S. B.; STOKES, A.; DEVKOTA, S. Bamboo structures as a resilient erosion control measure. **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Forensic Engineering**, v. 170, n. 2, p. 72-83, 2017.

TEMPLE, S. A.; CARY, J. R. Modeling dynamics of an edge effect in habitat islands: experimental evidence habitat-interior bird populations in fragmented landscapes. **Ecology**, v. 69, p. 544-547, 1998.

THOMAZINI, A.; MENDONÇA, E. S.; CARDOSO, I. M.; GARBIN, M. L. SOC dynamics and soil quality index of agroforestry systems in the Atlantic rainforest of Brazil. **Geoderma Regional**, v. 5, p. 15-24, 2015.

TRES, D. R.; SANT'ANNA, C. S.; BASSO, S.; LANGA, R.; RIBAS JÚNIOR, U.; REIS, A. Poleiros artificiais e transposição de solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n.1, p. 312-314, 2007.

VIEIRA, D. L. M.; HOLL, K. D.; PENEREIRO, F. M. Agro-sucessional Restoration as a Strategy to Facilitate Tropical Forest Recovery. **Restoration Ecology**, v. 17, n. 4, p. 451-450, 2009.

VINHAL-FREITAS, I. C.; MALDONADO, A. C. D.; ALVARENGA, C. B. CAMARGO, R. WENDLING, B. Adsorção e dessorção de metais no solo e coeficientes de isoterma de Freundlich e Langmuir. **Agropecuária Técnica**, v. 31, n. 2, p. 155-163, 2010.

VOLK, X.K.; GATTIRINGER, J. P.; OTTE, A.; HARVOLK-SCHÖNING. Connectivity analysis as a tool for assessing restoration success. **Landscape Ecology**, 2018. DOI: 10.1007/s10980-018-0611-6.

VON DER THANNEN, M.; HOERBINGERA, S.; PARATSCHAB, R.; SMUTNYB, R.; LAMPALZERC, T.; STRAUSSB, A.; Rauch, H. P. Development of an environmental life cycle assessment model for soil bioengineering constructions. **European Journal of Environmental and Civil Engineering**, 2017. DOI: 10.1080/19648189.2017.1369460.

VRIES, M.; BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. **Livestock science**, v. 128, n. 1, p. 1-11, 2010.

YARRANTON, G. A.; MORRISON, R. G. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, v. 62, n. 2, p. 417-428, 1974.

ZOCCAL, J. C. **Caderno de estudos em conservação do solo e água**. Presidente Prudente: CODASP, 2007. 66 p. Disponível em: <<http://www.codasp.sp.gov.br/wp-content/uploads/2016/07/LIVRO-ZOCALSolucoes-Volume-01-Erosoes.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2018.