



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
BIOMONITORAMENTO**



**Mestrado Profissional em
Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental**

Denilson Barbosa de Oliveira

**Diretrizes Técnicas para restauração de áreas degradadas por fogo em
remanescentes de Mata Atlântica da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.**

**Salvador, Bahia
2013**

Denilson Barbosa de Oliveira

Diretrizes Técnicas para restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes de Mata Atlântica da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento do Instituto de Biologia, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mariano Neto - IBIO/UFBA

**Salvador, Bahia
2013**

O482 Oliveira, Denilson Barbosa de

Diretrizes Técnicas para restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes de Mata Atlântica da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil / Denilson Barbosa de Oliveira. 2013.

70 f.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mariano Neto.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia, 2013.

1. Incêndios Florestais. 2. Restauração Ecológica. 3. Áreas Degradadas.
I. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Biologia. II Prof. Dr. Eduardo Mariano Neto. III. Título.

CDU 581.9

CDD 577.35

Denilson Barbosa de Oliveira

Diretrizes Técnicas para restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes de Mata Atlântica da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil.

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento do Instituto de Biologia, para obtenção do título de Mestre.

DISSERTAÇÃO DEFENDIDA E APROVADA EM 02/12/2013.

Prof. Dr. Abel Augusto Conceição

Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, Departamento de Ciências Biológicas
(Examinador externo)

Dr. Christian Niel Berlinck

Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio
(Examinador externo)

Prof. Dr. Eduardo Mariano Neto

Universidade Federal da Bahia – UFBA, Instituto de Biologia
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À minha esposa e filha pelo incentivo, apoio e tolerância.

Ao Doutor Eduardo Mariano Neto pelo apoio e valiosa contribuição como orientador.

Ao Instituto de Biologia da UFBA e ao Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis por oportunizar a possibilidade de cursar o Mestrado Profissional em Ecologia Aplicada à Gestão Ambiental.

À equipe técnica do Parque Nacional da Chapada Diamantina pela disponibilidade de dados e informações prestadas.

A Rogério Mucugê Miranda pela colaboração na elaboração dos mapas.

Às colegas de trabalho Samanta Levita e Michelle Borba, pelo senso crítico e contribuições prestadas.

RESUMO

A ocorrência de incêndios sobre as florestas tropicais têm alterado a composição e a estrutura desses ecossistemas ao longo dos anos. O aumento da frequência e a sua reincidência em uma mesma área levam à redução de biodiversidade, à homogeneização da vegetação, à diminuição e fragmentação das áreas de florestas e matas ciliares e a mudanças climáticas em escala regional e global. Na região da Chapada Diamantina, os incêndios florestais são frequentes durante a estação seca, atingindo extensas áreas desde formações campestres de Cerrado, Campos Rupestres de altitude e remanescentes de Mata Atlântica (Florestas Estacionais Semidecíduais) associadas às nascentes de rios importantes do Estado da Bahia. Cabe ao poder público, através dos Órgãos Ambientais, fazer cumprir a legislação ambiental no que diz respeito à reparação dos danos causados pelo fogo, independente das sanções administrativas e penais aplicadas aos infratores ambientais. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo propor Diretrizes Técnicas para a elaboração de projetos de restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes de Mata Atlântica na região da Chapada Diamantina. Tais diretrizes são destinadas aos fragmentos localizados especialmente em áreas protegidas, quer sejam Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais, no âmbito dos procedimentos administrativos do IBAMA. Para tanto, realizou-se uma revisão bibliográfica através de buscas sistematizadas de referencial teórico sobre impactos do fogo na vegetação, ecologia do fogo, conceitos e técnicas atuais sobre restauração ecológica e recuperação de áreas degradadas e consulta à legislação ambiental federal aplicada ao tema. Com base em dados de estudo do Parque Nacional da Chapada Diamantina, constatou-se que no intervalo de 25 anos (1985-2010), a área queimada de remanescentes florestais foi de 945 ha no interior do Parque (18,25 %) e 4.900 ha no seu entorno (16,79%), totalizando assim, 5.845 ha de floresta queimada, passíveis de ações de restauração ecológica. As diretrizes técnicas aqui propostas foram fundamentadas em três linhas de ação: 1- Diagnóstico Ambiental – avaliação da paisagem na escala da microbacia, considerando a presença da regeneração natural, banco de sementes, colonização, fragmentos vizinhos, padrões de uso e ocupação do solo, fitofisionomia da vegetação, conectividade, recorrência de incêndios e outros; 2- Ações de Restauração – primeiro passo a ser adotado é identificar e isolar os fatores de degradação da área em restauração e dos fragmentos florestais circunvizinhos. De acordo com o diagnóstico ambiental da área degradada por fogo, as técnicas de restauração a serem adotadas vão desde a condução e indução da regeneração natural, adensamento, enriquecimento florístico e genético, técnicas nucleadoras de restauração e plantio em área total; 3- Avaliação e Monitoramento – os parâmetros e/ou indicadores sugeridos foram a cobertura por gramíneas exóticas agressivas (%), regeneração natural no sub-bosque (riqueza/ha), cobertura do solo pela copa (%), estratificação (nº estratos), densidade (nº de indivíduos/ha) e diversidade (nº de espécies/ha).

Palavras-chave: incêndios florestais, restauração ecológica, áreas degradadas.

ABSTRACT

The occurrence of fires in tropical forests have altered the composition and structure of ecosystems through the years. The rising of frequency and its recurrence in the same area lead to a reduction in biodiversity, homogeneity of vegetation, decrease and fragmentation of forest areas and ciliary forest and climatic changes in regional and global scale. In the Chapada Diamantina region, wildfires are frequent during dry season, reaching vast areas, from campestrial Cerrado formations, altitude rupestrian fields and Atlantic Forest remnants (Semideciduous Seasonal Forests), associated with important river springs of the state of Bahia. It is up to the government, through its environmental agencies, the enforcement of environmental law in what concerns the reparation of damages caused by fire, regardless the administrative and penal sanctions applied to the environmental lawbreaker. In this sense, this work has the purpose to propose Technical Guidelines on the formulation of restoration projects of fire degraded areas in Atlantic Forest remnants of the Chapada Diamantina region. Such guidelines are designed for the fragments specially located in protected areas, whether on Conservation Unities, Permanent Preservation Areas and Legal Reservations, within IBAMA's administrative procedures. For so, it was performed a bibliographic review through theoretical referential systematic searches on fire impacts on vegetation, fire ecology, current concepts and techniques on ecological restoration and recovery of degraded areas and research on environmental federal legislation applied to the matter. Based on studies data from the Chapada Diamantina National Park, it was verified that in a 25 year interval (1985-2010) an area of 945 ha of forest remnants was burnt inside the Park (18,25%) and 4.900 ha in its surroundings, adding up to 5.845 ha of burnt forest susceptible of ecological restoration actions. The technical guidelines here proposed were substantiated on three lines of action: 1 – Environmental Diagnosis – evaluation of the landscape at the microbasin scale, considering the presence of natural regeneration, seed banks, colonization, neighboring fragment, use and soil occupation patterns, vegetation phytophysiology, connectivity, fire recurrence and others; 2 – Restoration Actions – the first step to be adopted is to identify and isolate the degradation factors of the area being restored and the neighboring forest fragments. According to the environmental diagnosis of the fire degraded area, the restoration techniques to be adopted range from conduction and induction of natural regeneration, thickening, floristic and genetic enrichment, nucleation restoration techniques and full area planting; 3 – Evaluation and Monitoring – the parameters and/or indicators suggested were aggressive exotic grass coverage (%), natural regeneration in the understory (richness/ha), soil coverage by the canopy (%), stratification (number of strata), density (number of individuals/ha) and diversity (number of species/ha).

Keywords: wildfires, ecological restoration, degraded areas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Representação das áreas queimadas em remanescentes florestais de Mata Atlântica no interior e entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina. Período de 1985-2010. 15
- Figura 2 - Área de abrangência do estudo tomando por base o Território de Identidade da Chapada Diamantina, com a projeção dos seus 24 municípios, da poligonal do Parque Nacional da Chapada Diamantina e seu entorno e dos remanescentes florestais de Mata Atlântica. 21
- Figura 3 - Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual queimada em 2008, com necessidade de restauração. Notar predomínio de samambaias (*Pteridium aquilinum*) na borda frontal do fragmento. 40
- Figura 4 - Notar espécies de dossel remanescentes e as mortas pelo fogo, que podem servir de “poleiros” naturais para atração de fauna alada para a função de nucleação. 40
- Figura 5 - Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, com recorrência de queimada nos últimos 20 anos, passível de ações de restauração. Notar processo de regeneração natural ao centro, entre mata ciliar e fragmento logo acima. 40
- Figura 6 - Mata ciliar passível de ações de restauração florestal, visando uma melhoria da conectividade entre os fragmentos presentes na paisagem. 40
- Figura 7 - Diagrama que resume a proposta de diretrizes técnicas para a elaboração de projetos de restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes florestais na região da Chapada Diamantina. 52

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1- Quadro resumo de situações ambientais eventualmente identificadas no diagnóstico ambiental de formações florestais degradados por fogo, sua graduação de ocorrência, combinada com outros usos do solo, e suas respectivas ações de restauração florestal recomendadas. 39
- Tabela 2- Matriz de parâmetros e/ou indicadores sugeridos para a avaliação e monitoramento de áreas degradadas por fogo em processo de restauração por plantio de mudas ou condução da regeneração natural. 56

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
1.1 Importância e caracterização do problema	10
1.2 Objetivos	18
1.2.1 Objetivo Geral	18
1.2.2 Objetivos Específicos	18
2. MATERIAL E MÉTODOS	19
2.1 Área de estudo	19
2.2 Revisão bibliográfica	21
3. FUNDAMENTAÇÃO LEGAL	22
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
4.1 Ecologia do Fogo	24
4.2 Restauração Ecológica	31
4.2.1 Diagnóstico Ambiental	35
4.2.2 Das Ações de Restauração Ecológica	37
4.2.3 Parâmetros e/ou Indicadores de Avaliação e Monitoramento de Áreas em Processo de Restauração.	45
5. PRODUTO	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
7. APÊNDICE	65

1. INTRODUÇÃO

1.1 Importância e caracterização do problema

O fogo é um dos principais agentes usados para a transformação de áreas naturais em novas áreas agrícolas no Brasil e no mundo. Os incêndios sobre as florestas tropicais têm alterado a composição e a estrutura desses ecossistemas ao longo dos anos (COCHRANE, 2003). Além dos danos diretos, os incêndios florestais e as queimadas¹ causam efeitos em escala global, contribuindo para o aumento da emissão de gás carbônico lançado na atmosfera (ARAGÃO & SHIMABUKURO, 2010). Os desmatamentos e a queima de biomassa, principalmente na Amazônia e no Cerrado, são responsáveis por cerca de 60-70% das emissões de CO₂ para a atmosfera, contribuindo para posicionar o Brasil entre os maiores emissores globais de gases formadores do efeito estufa (PINTO *et al.*, 2011; MÉLO *et al.* 2011).

As estimativas de áreas queimadas e de custos para o combate são alarmantes em todo o mundo. No Sudeste Asiático e na América Latina os incêndios queimaram mais de 20 milhões de hectares entre 1997-1998, equivalente a metade da Califórnia (COCHRANE, 2003). No ano 2000, os Estados Unidos registraram um dos piores eventos de incêndios florestais, com cerca de 3,4 milhões de hectares queimados e mais de 1,4 bilhões de dólares em custos para a supressão de fogo. Em 1997-1998, a Indonésia teve 8 milhões de hectares queimados. A história é semelhante nos trópicos: 3 milhões de hectares queimados na Bolívia, 2,5 milhões de hectares queimados em toda a América Central, e no Brasil, 5 milhões de hectares queimados em um único Estado da Amazônia (COCHRANE, 2003).

O fogo é considerado a maior ameaça para a integridade biológica da Amazônia, levando ao risco dessa floresta ser transformada em fragmentos empobrecidos dominados por plantas invasoras e por vegetação pirogênica, devido aos efeitos do aumento de eventos de seca severa e das atividades humanas que, de forma combinada, diminuem a resistência da floresta às chamas (NEPSTAD *et al.*, 1999). Segundo Aragão & Shimabukuro (2010), no

¹ *queimada* é definida como prática agropastoril ou florestal, onde o fogo é utilizado de forma controlada, atuando como fator de produção e *incêndio florestal* como todo fogo sem controle que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo tanto ser provocado pelo homem, intencional ou negligentemente, ou por fonte natural, por exemplo, raios (Brasil, 1989).

Bioma Amazônia, em 59% das áreas onde foi observado um declínio nos índices de desmatamento, houve também um aumento na ocorrência de queimadas, o que aponta uma necessidade de maior vigilância, monitoramento e adoção de medidas governamentais.

Os impactos do fogo sobre os ecossistemas vão depender do tipo e regime de queima, caracterizado pela época e a frequência da mesma, além do comportamento do fogo (MIRANDA *et al.*, 2010). Pesquisas têm demonstrado que o aumento da frequência de incêndios e a sua reincidência em uma mesma área tem sido relacionado com a redução de biodiversidade; homogeneização da vegetação; diminuição e fragmentação das áreas de florestas e matas ciliares tropicais; alterações na estrutura e composição florística; danos sobre a fauna; erosão do solo pela sua maior exposição à chuva; poluição local; mudanças químicas na atmosfera global pela emissão de CO e CH₄; mudanças climáticas em escala regional e global decorrentes da emissão de CO₂ e CH₄, aerossóis e material particulado, que influenciam o balanço radiativo e hidrológico (ALHO e MARTINS, 1995; CRUTZEN e ANDREAE, 1990; MUELLERDUMBOIS e GOLDAMMER, 1990 *apud* TATAGIBA, 2010; CASTELLANI & STUBBLEBINE, 1993; COCHRANE, 2003; ARAGÃO & SHIMABUKURO, 2010;).

Contudo, a ocorrência do fogo em ecossistemas propensos a esse distúrbio, como o Cerrado do Brasil Central e Campos Sulinos, é considerada natural em determinados regimes de queima (MEDEIROS & FIEDLER, 2011). O fogo é agente regulador e condicionante para as fisionomias do Cerrado sentido amplo e muitas espécies de plantas são dependentes dele em diferentes aspectos de seus ciclos de vida (WALTER & RIBEIRO, 2010). Segundo Miranda & Sato (2005), os efeitos do fogo têm sido relatados principalmente nos padrões reprodutivos, no recrutamento e no estabelecimento de novos indivíduos e taxas de mortalidade. Coutinho (1980) destaca que um dos efeitos bióticos do fogo no Cerrado é a sua ação transformadora da estrutura da vegetação e da biodiversidade.

As estatísticas sobre as ocorrências de incêndios florestais no Brasil e em outros países mostram que a maioria inicia-se a partir de fontes de fogo decorrentes das atividades humanas (BATISTA, 2000). De acordo com Funch (2006), o garimpo e os incêndios têm eliminado o solo e a vegetação florestal de grandes áreas da Serra do Sincorá na Chapada Diamantina, Bahia (aprox. 200 km²). Ademais, segundo o autor “o fogo frequente relacionado ao garimpo,

à agricultura, a caça e o aproveitamento do pasto nativo eliminou estas formações arbóreas nos vales estreitos da serra, e o espaço foi invadido pelas espécies mais resistentes ao fogo dos campos gerais”.

Na região da Chapada Diamantina o fogo é frequente e atravessa grandes extensões das formações campestres do Cerrado, alcançando os campos rupestres das áreas montanhosas, atingindo também trechos de Mata Atlântica em nascentes que abastecem rios importantes, como Rio de Contas, Rio Paraguaçu e Rio São Francisco (CONCEIÇÃO e PIVELLO, 2011).

Estudos para a elaboração do Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada Diamantina – PNCD já apontam, de forma generalista, indícios de que algumas espécies mais sensíveis ao fogo estão sendo substituídas por outras mais resistentes e de menor importância ecológica. Neste processo, algumas espécies raras, suscetíveis ou endêmicas, principalmente dos campos rupestres, perdem espaço para outras mais comuns ou até mesmo exóticas, invasoras ou contaminantes biológicas (ICMBIO, 2007).

No interior do parque, frequentes incêndios têm transformado extensas áreas de florestas em ambientes abertos e menos diversificados, como os campos gerais (FUNCH *et al.*, 2009). Os incêndios de causa natural, em sua maioria, ocorrem devido a descargas elétricas nos cumes das serras e locais de difícil acesso, não chegam a 1% das ocorrências e geralmente são extintos pela chuva. Entre as causas antrópicas podem ser destacados os incêndios causados por criadores de gado bovino para renovação de pastagem, agricultores que fazem queimadas para o preparo da terra e perdem o controle do fogo, caçadores, coletores de lenha, piromaníacos, coletores de sempre-vivas, garimpeiros, turistas, incêndios de beira de estrada, litígio com o parque e até mesmo como disputa entre pessoas e grupos opostos (FUNCH *et al.*, 2009; ICMBIO, 2007). Incêndios causados por agricultores não são muito significativos em número, porém atingem áreas sensíveis como as formações florestais da região da Chapadinha (Município de Itaetê) e na área do marimbus (Município de Lençóis) (ICMBIO, 2007).

A região da Chapada Diamantina é muito conhecida pela diversidade florística elevada, associada à presença de variados tipos de vegetação que incluem campos rupestres, florestas, cerrados e caatingas, sendo a maior parte de sua área ocupada pelas duas últimas

formações (FUNCH, 2006; FUNCH *et al.*, 2009). As florestas estacionais encontradas na borda leste da Chapada Diamantina foram caracterizadas através de seu componente arbóreo e aspectos da topografia e dos solos, sendo identificadas florestas ciliares, florestas de encosta, florestas de planalto e florestas de grotão (FUNCH *et al.*, 2005). Segundo os autores, a formação florestal predominante nessa região é a Floresta Estacional Semidecidual Submontana.

Um estudo de mapeamento dos tipos de vegetação existentes na área do Parque Nacional da Chapada Diamantina e seu entorno identificou doze categorias de vegetação/paisagem, sendo nove dessas encontradas no interior do parque (FUNCH, 2006; FUNCH *et al.* 2009). Destacamos aqui as formações florestais identificadas e classificadas como: ***“Florestas Estacionais Semideciduals a perenes submontanas e montanas sobre neossolos litólicos*** – cobrem as rochas soltas sobre os vales dos rios e, por vezes, as encostas íngremes dentro das montanhas da Serra do Sincorá. Apesar de predominantemente verdes, esse tipo de formação florestal demonstra um grau de deciduidade na estação seca”; ***“Florestas de galeria perenes submontanas a montanas*** - são as florestas verdes sazonais que seguem os cursos dos rios”; ***“Florestas Estacionais Semidecidual submontanas a montanas sobre latossolos Profundos*** - ocupam toda a borda leste da Chapada Diamantina em altitudes entre aproximadamente 400-800 m. A paisagem é geralmente uma planície pouco ondulante, ocasionalmente dissecada por vales fluviais em forma de ‘V’, relativamente estreitos e bastante profundos” (FUNCH, 2006; FUNCH *et al.* 2009).

Segundo Nascimento *et al.* (2010), a grande maioria das espécies das florestas alto montanas do Sul da Chapada Diamantina, a Oeste da Serra do Sincorá, apresentam um padrão de distribuição geográfica ampla, podendo ter um padrão contínuo ou disjunto. Padrão este, também encontrado por Funch (1997) e Funch *et al.* (2008) *Apud* Nascimento *et al.* (2010). Os autores propõem que a flora da Chapada Diamantina, como um todo, seria o resultado do afluxo de diferentes floras (p.e. Caatinga, Carrasco e Floresta Atlântica, Amazônica, do Brasil Central e Andina).

As florestas alto montanas encontradas na porção Sul da Chapada Diamantina são peculiares, por serem as únicas formações florestais da Região Nordeste situadas acima dos 1.300m de altitude. Apesar de estarem inseridas dentro da região semiárida, estas guardam

pouca relação com as florestas estacionais, comumente encontradas no entorno da Chapada Diamantina (NASCIMENTO *et al.*, 2010).

As florestas densas que dominavam grandes porções da Serra do Sincorá têm sido eliminadas em consideráveis extensões da serra, e têm sido substituídas por: “1) campo rupestre nas encostas acima de 800m; 2) vegetação de transição nas encostas de menos elevação; 3) campos gerais nos vales no alto da serra; 4) florestas nos primeiros estágios de regeneração em áreas queimadas” (FUNCH, 2006). Ainda segundo o autor, a Floresta Estacional Semidecidual Submontana sobre latossolos profundos que ocupa a planície a leste da Serra do Sincorá tem sofrido enormes degradações por ações antrópicas e somente poucas áreas de tamanhos reduzidos podem ser consideradas como bem preservadas.

A ocorrência dos incêndios florestais na Chapada Diamantina se deve às causas já citadas e por ser um instrumento tradicional, mais rápido e barato de manejo agropastoril. Eventos recorrentes têm atingido essa região anualmente, porém faltam estudos sistematizados que retratem essas ocorrências. Mais recentemente, Mesquita *et al.* (2011) num levantamento do histórico dos incêndios na vegetação do PNCD, entre 1973 e abril 2010 mapearam essas ocorrências e mensuraram as áreas queimadas no interior e entorno (área circundante) do parque. “No período entre 1973 e 1983, foram identificados uma média de $589,58 \pm 680,79$ ha queimados por ano no parque e uma média de $2.244,86 \pm 1.272,70$ ha queimados na Área Circundante (AC: faixa de 10 km ao redor do parque). No período entre 1984 e 2010, a área queimada anual apurada foi de $6.413,62 \pm 4.025,38$ ha no parque e $6.125,49 \pm 4.496,98$ ha na AC”, um aumento de dez vezes mais em relação ao período anterior. “As menores extensões queimadas no interior do parque, foram encontradas nos anos de 2005, com 88,25 ha, e 1985, com 285,98 ha. As maiores extensões queimadas no parque foram encontradas nos anos de 1993, com 28.346,77 ha, e em 2008, com 63.731,21 ha”. Esse estudo demonstrou que pelo menos 61% da área do parque foi afetado por incêndios no período analisado (MESQUITA *et al.*, 2011).

No que se refere aos incêndios em formações florestais remanescentes de Mata Atlântica na região do Parque Nacional da Chapada Diamantina, utilizou-se da mesma base de dados que Mesquita *et al.* (2011) para inferir quanto dessas formações queimaram no período de 1985-2010. No intervalo de 25 anos, a área queimada de remanescentes florestais

foi de 945 ha no interior do PNCD e 4.900 ha no entorno. Totalizando assim, 5.845 ha de floresta queimada, ou seja, 18,25 % dos remanescentes florestais do interior do PNCD e 16,79% dos remanescentes florestais do entorno (Figura 1).

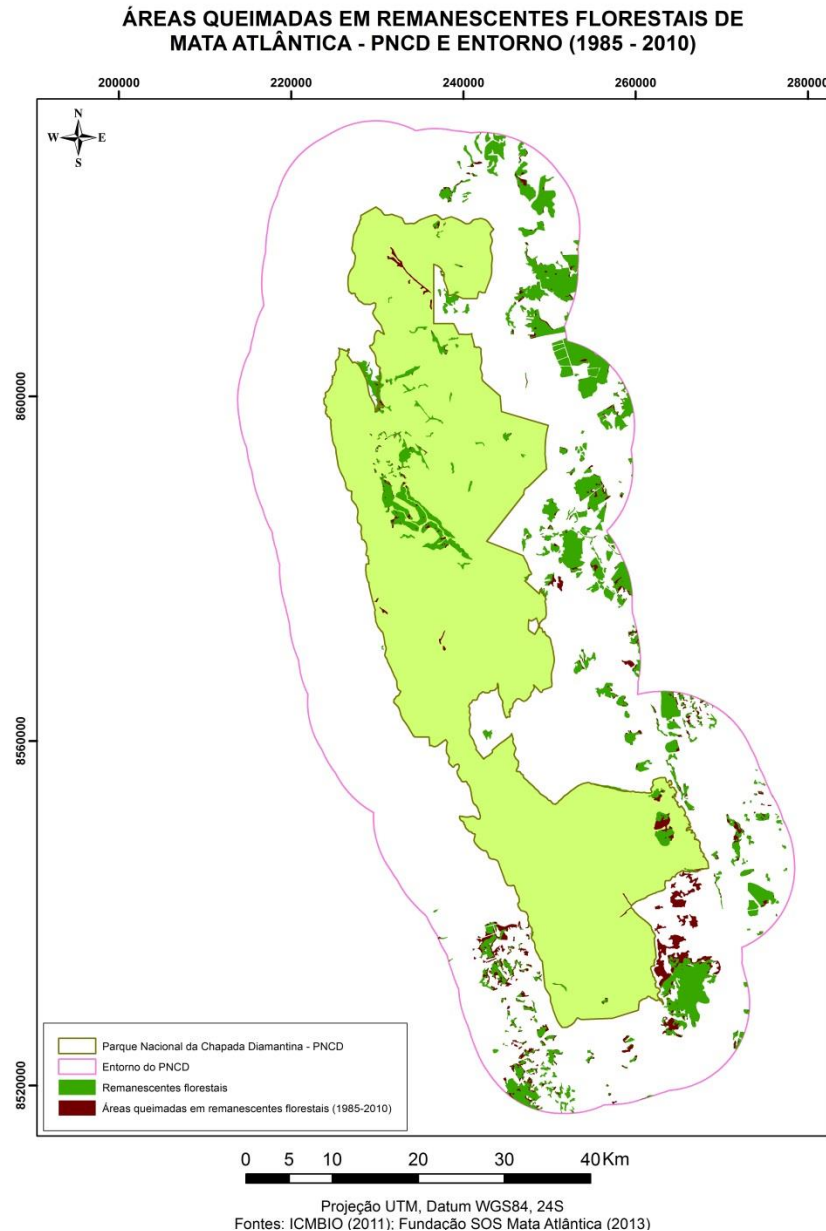


Fig. 1 – Representação das áreas queimadas em remanescentes florestais de Mata Atlântica no interior e entorno do Parque Nacional da Chapada Diamantina. Período de 1985-2010.

Esses eventos sofrem uma grande influência das variáveis climáticas, coincidindo com a estação seca do ano, que na região da Chapada Diamantina vai de agosto a novembro, ainda que o período de ocorrência de incêndios possa se estender agosto até março (ICMBIO, 2007).

Em decorrência dos potenciais danos causados pelos incêndios florestais nos ecossistemas locais, ações governamentais têm sido empreendidas no sentido de minimizar tais impactos. O Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA - até o ano de 2007 era responsável pela gestão das Unidades de Conservação Federais. Através do seu Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais – Prevfogo - conduzia ações de prevenção e combate no interior e entorno do PNCD, capacitando e contratando brigadistas, até o ano de 2008, para atuação em conjunto com as brigadas voluntárias da Chapada Diamantina nos eventos ocorridos no Parque. A partir de 2009, o IBAMA passou a atuar em municípios considerados críticos para a ocorrência de incêndios. Nessa região foi selecionado o município de Mucugê para capacitação e formação de brigada de prevenção e combate (IBAMA, 2012).

Com a criação do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, em 2007, a gestão das Unidades de Conservação Federais passou a ser de responsabilidade deste último que, por sua vez, passou a conduzir as ações de prevenção e combate aos incêndios na área do PNCD, também capacitando e contratando brigadistas para atuação durante o período crítico (cinco a seis meses). A Secretaria Estadual do Meio Ambiente – SEMA, nos últimos anos, também tem atuado na região da Chapada Diamantina, com ações de fiscalização preventiva, de apoio às brigadas voluntárias e ao Corpo de Bombeiros durante os combates, principalmente nas Unidades de Conservação Estaduais (APA Marimbus/Iraquara, APA Serra do Barbado e outras) e reestruturação do Comitê Estadual de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais. Tais informações são resultantes da vivência profissional do autor junto ao Órgão Ambiental Federal.

Entretanto, essas ações governamentais têm sido restritas ao período crítico de ocorrência dos incêndios, concentradas em atividades de combate e algumas ações pontuais de prevenção e pesquisa. É nítida a necessidade de implementar ações mais eficazes na prevenção e ações sistematizadas para a reparação dos danos ambientais (pós-fogo). Neste último, devem ser empreendidas ações fiscalizatórias, apuração dos fatos (perícia técnica) e reparação dos danos, utilizando-se das prerrogativas legais existentes e implantando planos de ação para restauração ecológica das formações florestais degradadas por fogo, independente da penalidade aplicada pontualmente aos infratores.

Como a maioria dos incêndios da região são de origem antrópica e de forma deliberada, esses configuram crime ambiental e, para tanto, conforme legislação em vigor fica estabelecida a obrigatoriedade de reparação do dano, independentemente da sanção administrativa (multa) aplicada. Neste sentido, o poder público deve fazer cumprir os instrumentos legais, cobrando a reparação dos danos causados por incêndios criminosos, através da restauração florestal dessas áreas. É também de competência do poder público fomentar projetos de restauração em escala mais ampla, como um Plano Estadual de Restauração Florestal para as áreas queimadas que não foram classificadas e qualificadas como ilícitos ambientais.

Ocorre que, os Órgãos Ambientais, na maioria das vezes, só aplicam as sanções administrativas de multa e interdição das áreas atingidas por fogo intencional e criminoso. Resultando assim, na quase que totalidade dos casos em regeneração natural da área, sem exigência de recuperação da área afetada. Como subsídio para essa informação foi realizada consulta junto ao Sistema de Cadastro, Arrecadação e Fiscalização – SICAFI/IBAMA, sobre Autos de Infração lavrados no período de 2003/2012, por “*Fazer uso de fogo em áreas agropastoris sem autorização do órgão competente ou em desacordo com a obtida*”, sendo constatado um total de 23 Autos de Infração (Multa e Embargo) para o Estado da Bahia, distribuídos nos Biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, muitos destes em fase de análise de defesa e julgamento. Porém, nenhum desses processos administrativos, até o momento, resultou na efetiva reparação do dano causado ao meio ambiente (IBAMA, 2013).

Somado a essa realidade, a grande maioria dos PRADs (Planos de Recuperação de Áreas Degradadas) apresentados aos Órgãos Ambientais carece de diretrizes técnicas que incorporem os conhecimentos atuais sobre restauração ecológica.

Além disso, as florestas da Chapada Diamantina estão sofrendo acelerada degradação, associada ao uso intensivo do fogo para abrir pasto para o gado, para o comércio de madeira e expansão de áreas agrícolas (FUNCH *et al.*, 2005), sendo que importantes rios da Bahia estão associados as essas florestas de altitude ou montanas e alto montanas que ocorrem nas serras isoladas da Chapada Diamantina (NASCIMENTO *et al.*, 2010), o que torna essa região estratégica para a recarga hídrica do Estado.

Se considerarmos a degradação histórica da Mata Atlântica, restando cerca de 8,5% da sua composição original (SOS Mata Atlântica, 2013), que correspondem a pequenos fragmentos florestais isolados, desprotegidos e/ou severamente alterados (RODRIGUES *et al.*, 2009), perdeu-se muito na manutenção dos serviços ambientais que essa formação florestal proporcionava, como por exemplo, a manutenção da qualidade da água, alimentação, madeira, recreação e a contenção dos processos erosivos, fatos estes que por si só já diminuem em muito a qualidade da vida humana (NASCIMENTO *et al.*, 2010).

Portanto, torna-se imprescindível e imediata a necessidade de conservação dessas áreas e toda a sua biodiversidade associada e, em muitos casos, a restauração das formações florestais já degradadas por atividades antrópicas diversas, destacando-se aqui as áreas impactadas pelo fogo. Para tanto, esse trabalho propõe a apresentação de diretrizes técnicas para a elaboração de projetos de restauração de áreas degradadas por fogo, especialmente em áreas protegidas, como Unidades de Conservação - UC, Áreas de Preservação Permanente - APP e Reservas Legais – RL, como forma de dar subsídios para a tomada de decisão dos técnicos do Órgão Ambiental na avaliação dos PRADs que lhes são apresentados.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Propor Diretrizes Técnicas para a elaboração de projetos de restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes de Mata Atlântica na região da Chapada Diamantina.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Levantar a fundamentação legal para a orientação do IBAMA aos projetos de restauração de áreas degradadas por fogo;

- Revisar a bibliografia específica e atual sobre Restauração Ecológica aplicável em áreas degradadas por fogo;

- Sistematizar as informações coletadas de forma a delinear diretrizes para a elaboração e avaliação de projetos e procedimentos de Restauração Ecológica e avaliação de PRAD em áreas degradadas por fogo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área de estudo abrange o Território de Identidade da Chapada Diamantina, Bahia. Composto por vinte e quatro municípios, entre os quais destacamos aqueles que possuem remanescentes florestais de Mata Atlântica, de acordo com levantamento elaborado pela Fundação SOS Mata Atlântica (2013), sendo estes: Andaraí, Bonito, Iraquara, Itaetê, Iramaia, Ibicoara, Lençóis, Mucugê, Morro do Chapéu, Nova Redenção, Piatã, Rio de Contas, Utinga e Wagner. (Figura 2).

A Chapada Diamantina é uma porção da Cadeia do Espinhaço, localizada no centro do Estado da Bahia, sendo caracterizada pelo conjunto de serras que atingem mais de 1.000m s.n.m., com extremo de 2.033m no Pico do Barbado, na Serra do Tombador (HARLEY, 1995). Destaca-se nessa região a Serra do Sincorá, que constitui o flanco oriental da Chapada. Esta serra possui uma orientação Norte-Sul, e tem aproximadamente 160 km em extensão, por 20 a 30 km de largura, cobrindo uma área de aproximadamente 4000 km² entre o Rio do Sincorá ao sul e a vila de Afrânio Peixoto, município de Lençóis, ao norte (FUNCH, 2006).

Devido às condições especiais de altitude, o clima da região é mesotérmico brando, tipo Cwb, caracterizado como tropical semi-úmido, com verão chuvoso e inverno seco (RADAMBRASIL, 1981). A pluviosidade varia entre 35 mm (julho e agosto) a 184 mm (dezembro), com precipitação média excedendo 100 mm durante a estação chuvosa. As temperaturas médias mensais oscilam durante o ano, variando em torno de 18°C durante o inverno (abril-setembro) e excedendo 22°C nos meses mais quentes (outubro-fevereiro) (FUNCH *et al.*, 2002).

A cobertura vegetal reflete as condições edafoclimáticas e geomorfológicas da região da Chapada Diamantina. De acordo com o Mapa de Vegetação da Folha SD.24 Salvador, elaborado pelo Projeto RADAMBRASIL, ocorrem as seguintes regiões fitoecológicas:

Savana (Cerrado), Estepe (Caatinga), Floresta Estacional Semidecidual e Decidual e áreas de Tensão Ecológica a Antrópicas (IBGE, 1999). Segundo Funch (2006) A Chapada Diamantina é muito conhecida pela flora do campo rupestre, embora a maior parte de sua área seja ocupada por Caatinga e Cerrado, além de formações florestais ao longo dos rios, nas encostas e nas fendas das serras (matas de grotão).

O estudo foi voltado para o Território de Identidade da Chapada Diamantina por ser uma área singular no Estado da Bahia, com elevada riqueza em biodiversidade e endemismo; por contribuir de forma significativa com a provisão de bens e serviços ambientais, como o abastecimento hídrico de inúmeros municípios, inclusive da capital baiana, alimentação, recreação e turismo ecológico; pela existência de Unidades de Conservação Federal, Estadual e Municipal; por ter um histórico de recorrência de incêndios florestais e pela presença de remanescentes florestais de Mata Atlântica (Florestas Estacionais Semidecíduais).

A proposta de Diretrizes Técnicas para projetos de restauração ecológica aqui elaborada é destinada aos fragmentos remanescentes de Mata Atlântica, muito embora o Território de Identidade da Chapada Diamantina esteja nos domínios do Bioma Caatinga, especialmente aqueles localizados em Unidades de Conservação, Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais, por dispormos de um maior volume de trabalho científico nesse Bioma, pela realidade ambiental e comportamento dos incêndios na região serem distintos e pela dificuldade de generalização das ações para outros Biomas do país.

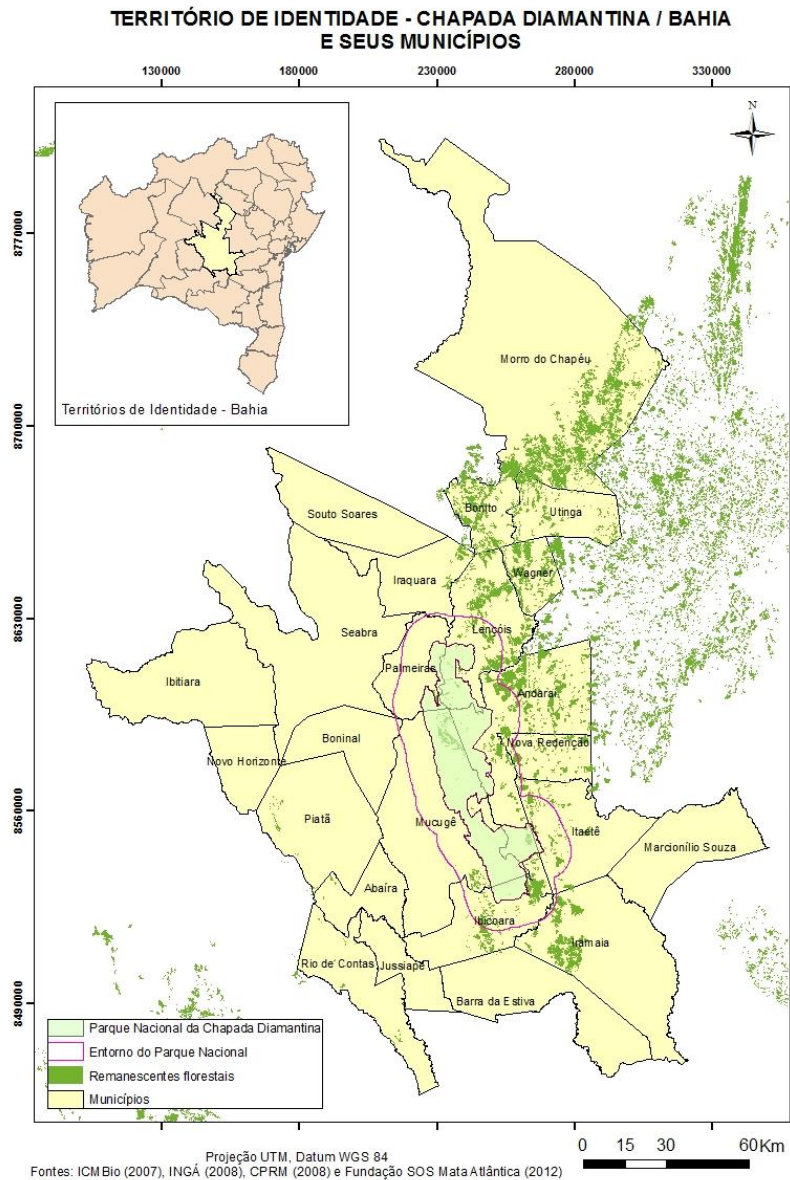


Fig. 2- Área de abrangência do estudo tomando por base o Território de Identidade da Chapada Diamantina, com a projeção dos seus 24 municípios, da poligonal do Parque Nacional da Chapada Diamantina e seu entorno e dos remanescentes florestais de Mata Atlântica.

2.2 Revisão bibliográfica:

Foram realizadas buscas sistematizadas de referencial teórico sobre impactos do fogo na vegetação, ecologia do fogo, conceitos e técnicas atuais sobre restauração ecológica e recuperação de áreas degradadas. Também foi consultada a legislação ambiental, na esfera federal, aplicada ao uso do fogo na vegetação, restauração e/ou recuperação ambiental de áreas degradadas, dentre outras pertinentes ao tema.

Para tanto, foram utilizadas as bases de pesquisa da Plataforma de Periódicos Capes, acesso aos portais eletrônicos de instituições de pesquisa aplicada e Órgãos Ambientais, Bibliotecas Digitais de Teses e Dissertações das Instituições de Ensino Superior, portal eletrônico do Google Acadêmico e portais eletrônicos sobre legislação ambiental.

Também foi realizada consulta em Sistema Cooperativo do IBAMA, Sistema de Cadastro, Arrecadação e Fiscalização – SICAFI, com geração de Relatório de Autos de Infração lavrados por código de infração (Bahia) (Cod. 409913), que significa: “*Fazer uso de fogo em áreas agropastoris sem autorização do órgão competente ou em desacordo com a obtida*”, para identificação do quantitativo de autos de infração (Multas e Embargos) aplicados por esse enquadramento legal, no intervalo dos últimos 10 anos (2003/2012). Assim como, para avaliar se houve a efetiva reparação do dano ambiental causado.

Para o processamento e edição dos mapas e cálculos, utilizou-se do *software* ArcGIS 9.3[®] e dos arquivos vetoriais em formato *shapefile* disponibilizados pelo ICMBio (PNCD) e Fundação SOS Mata Atlântica.

3. FUNDAMENTAÇÃO LEGAL

Com vistas em subsidiar legalmente as ações de restauração de áreas degradadas por fogo, foi realizado um levantamento da legislação ambiental brasileira que aborda o tema em questão. A consulta foi concentrada na legislação da esfera federal, por serem as normas balizadoras para as demais esferas (estadual e municipal) e pelo presente trabalho ser direcionado, a princípio, à Autarquia Federal, IBAMA. Foram avaliados 14 (quatorze) instrumentos legais, dentre eles a Constituição Federal, cinco Leis, quatro Decretos, duas Resoluções CONAMA e duas Instruções Normativas (BRASIL, 2013).

Buscando-se verificar a correlação e o contexto em que os termos restauração, recuperação, regeneração, fogo e incêndios florestais são utilizados nesses instrumentos, foi elaborada uma tabela, adaptada de Nery *et al.* (2013), com o objetivo de sistematizar as informações, comparar a abordagem dos referidos termos e verificar se existe um direcionamento e/ou orientação técnica para a restauração de áreas degradadas por fogo. A

legislação consultada foi organizada na tabela, seguindo uma ordem hierárquica (Constituição, Leis, Decretos, Resoluções CONAMA e Instruções Normativas) (Apêndice 1).

Os termos acima citados foram selecionados para busca na legislação federal, por terem uma relação direta com o objetivo do presente trabalho. De acordo com Nery *et al.* (2013), o emprego dos termos “restauração e/ou recuperação” nos instrumentos legais vigentes e na literatura científica, têm gerado uma certa confusão semântica. Assim como, os resultados das técnicas aplicadas não serão adequados se os objetivos não forem bem delimitados.

Da análise dos instrumentos legais acima citados (Apêndice 1) e com foco no objetivo deste trabalho, não foram encontradas orientações específicas para restauração de áreas degradadas por fogo. Todos fazem referência aos termos restauração e/ou recuperação como forma de resgatar alguma propriedade ambiental degradada.

Observa-se também, claramente, a previsão legal da obrigatoriedade de reparação dos danos causados ao meio ambiente por parte do agente degradador. Com base nas normas legais que preveem a obrigatoriedade de reparação dos danos causados ao meio ambiente, analistas da doutrina jurídica apontam instrumentos que viabilizam tal prática. Milaré *et al.* (2013) indicam o Compromisso de Ajustamento de Conduta, previsto pela Lei nº 7.347/1985, como meio alternativo à Ação Civil Pública em defesa dos bens difusos e coletivos, “assegurando à coletividade a recuperação integral do dano, e, ao interessado, condições que lhe permitam cumprir as obrigações dentro de suas possibilidades”. Para Mascarenhas (2012), é extremamente salutar para a proteção do meio ambiente a inclusão da reparação do dano ambiental no rol das penas restritivas de direito e, “por se tratar de um benefício à coletividade, muito se assemelha à prestação de serviços à comunidade, sendo esta última a pena restritiva de direito mais aplicada pelos tribunais”. Ainda segundo o autor, “a necessidade de reparação integral do dano ambiental figura como princípio constitucional no direito brasileiro”.

Os instrumentos legais consultados apontam a necessidade de restaurar e/ou recuperar ambientes degradados, no entanto, não definem procedimentos metodológicos. Apenas a Instrução Normativa MMA nº 05/2009 trata desses procedimentos para APPs e RLs e a Instrução Normativa IBAMA nº 04/2011 o faz de forma generalista para qualquer ambiente e

forma de degradação. Tal fato sinaliza para a necessidade do estabelecimento de orientações técnicas específicas para restauração de áreas degradadas por fogo.

As normativas federais (MMA e IBAMA) aplicam-se aos processos administrativos instaurados nesta esfera. No Estado da Bahia ainda não há norma específica sobre restauração florestal. Entretanto, podemos citar o exemplo de uma Resolução específica sobre o tema para o Estado de São Paulo (RESOLUÇÃO SMA - 8, de 07/03/2007 - “*fixa a orientação para o reflorestamento heterogêneo de áreas degradadas no Estado de São Paulo*”), que vem sofrendo atualizações e avaliações da comunidade científica sobre os aspectos positivos e negativos da sua edição.

De acordo com Brancalion *et al.* (2010) a adoção de instrumentos legais estaduais, a exemplo da Resolução acima citada, que orientam ações de restauração ecológica, devidamente respeitadas as particularidades locais, “pode servir como importante ferramenta de política pública ambiental e induzir a restauração de florestas com maiores chances de viabilidade biológica em médio e longo prazos”. Os autores ainda destacam que a Resolução inovou em possibilitar o uso de outras técnicas de restauração, a exemplo da indução e/ou condução da regeneração natural, nucleação, semeadura direta etc. Afirmam também, que a Resolução estimula a necessidade de capacitação e atualização dos profissionais dos órgãos públicos e técnicos em restauração ecológica.

4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Ecologia do Fogo

A evolução da vegetação de certos ecossistemas, como o Cerrado brasileiro, está intimamente associada à ocorrência natural de fogo, com a adaptação de várias espécies para resistirem ou até mesmo serem favorecidas por este tipo de perturbação (COUTINHO, 1990). O fogo também favorece as fisionomias mais abertas, como os campos, onde há espécies que florescem e frutificam em abundância após as queimadas, têm a germinação estimulada pelas altas temperaturas e lançamento de brotos por gemas resistentes localizadas nas raízes, colo ou copas. Entretanto, esses aspectos fenológicos pós-fogo de algumas espécies ofuscam a

gradual perda de diversidade que ocorre quando as queimadas são muito frequentes (MIRANDA *et al.*, 2002; COUTINHO, 1990).

De acordo com Fiedler *et al.* (2004), em seu estudo na Fazenda Água Limpa – DF, a riqueza florística do cerrado *sensu stricto* tende a diminuir com a reincidência de incêndios. Assim como, indivíduos lenhosos arbustivo-arbóreos com diâmetros inferiores a 4 cm são mais suscetíveis ao fogo. De forma generalizada, durante eventos de fogo, a mortalidade será maior entre os indivíduos de pequeno porte (SATO *et al.*, 2010), isto é, entre aqueles que ainda não possuem um sistema caulinar e radicular subterrâneo desenvolvidos o suficiente para proteção efetiva contra as altas temperaturas durante a passagem da frente de fogo. Durigan *et al.* (1994) relataram que eventos sucessivos de queima resultam em redução progressiva na diversidade de espécies e na simplificação estrutural da vegetação ao comparar a diversidade de espécies de plantas lenhosas em áreas queimadas e não queimadas de cerrado em Itirapina, SP.

Uma estratégia de resposta das plantas do Cerrado para os danos causados pelo fogo é a produção de rebrota, tanto da parte aérea, como basal e/ou subterrânea (SATO *et al.*, 2010). Entretanto, Medeiros & Miranda (2008) argumentam que devido às baixas taxas de crescimento das espécies do Cerrado, longo tempo é necessário para que as rebrotas atinjam o diâmetro adequado para que a casca garanta proteção efetiva contra as altas temperaturas registradas durante eventos de fogo. Os autores destacam também que a produção de rebrotas basal e subterrânea diminui com um número maior de queimadas anuais, indicando que intervalos maiores são necessários para garantir a sobrevivência dos indivíduos e assegurar o crescimento da população.

Os ecossistemas florestais geralmente são menos propensos a incêndios que os campos naturais e as savanas, muito embora eles contenham mais material combustível disponível. As florestas tropicais tornam-se mais inflamáveis em consequência de períodos de seca severa, agravando-se com o evento do fenômeno *El Niño*, que provocam grande perda de umidade das florestas (NEPSTAD *et al.*, 1999).

Cochrane & Schulze (1999) documentaram um expressivo aumento sucessivo na inflamabilidade de florestas exploradas da região central do Estado do Pará (próximo ao

município de Tailândia) em função de incêndios recorrentes. Ao contrário de uma floresta nunca antes incendiada, que requer semanas sem chuva para tornar-se inflamável, aproximadamente metade da área de uma floresta que já sofreu incêndio rasteiro fica inflamável apenas com nove a dezesseis dias de estiagem. Com a reincidência do fogo, virtualmente toda a área da floresta pode incendiar-se após nove dias sem chuva. A umidade mais baixa e a maior disponibilidade de material inflamável tornam os fragmentos mais propensos a incêndios frequentes (COCHRANE, 2003). Portanto, um dos mais importantes efeitos do incêndio florestal de larga escala é o aumento da suscetibilidade dessas florestas aos incêndios subsequentes (NEPSTAD *et al.*, 1999).

Na Amazônia é muito comum a ocorrência generalizada de incêndios florestais rasteiros. Um estudo realizado em 1996 em cinco regiões desse Bioma, já apontava que área de floresta sob efeito dos incêndios rasteiros foi 50% maior que aquela afetada pelo desmatamento (NEPSTAD *et al.*, 1999). O que também foi constatado, mais recentemente, por Aragão & Shimabukuro (2010). Os incêndios florestais rasteiros sempre foram difíceis ou “improváveis” de serem identificados e monitorados pelos sensores dos satélites, em virtude do recobrimento do solo pelo dossel da floresta. Nova pesquisa liderada pela NASA, aponta que 2,8% (85.500 km²) da Floresta Amazônica foi queimada entre 1999-2010, sob o dossel da floresta, ou seja, incêndios rasteiros ou de sub-bosque, equivalentes a uma extensão muito maior que a área desmatada para agricultura e pastagens no período de 2001-2010 (MORTON *et al.*, 2013). Perspectivas de recuperação desses ecossistemas são diminuídas porque os incêndios rasteiros reduzem em 85% a disponibilidade de sementes na camada superior do solo (COCHRANE, 2003) e diminuem também a disponibilidade de plântulas.

De acordo Aragão & Shimabukuro (2010), na Amazônia, a prática de desmatar e queimar florestas provoca uma retroalimentação desse sistema, uma vez que o carbono emitido pelas queimadas provoca alterações no clima com alta probabilidade de deixá-lo mais seco, o que proporciona condições favoráveis para mais queimadas. Ainda de acordo com os autores, a fragmentação da floresta e o aumento da susceptibilidade de ocorrência de incêndios nessas áreas, podem desencadear uma cascata irreversível de perda de biodiversidade, afetando o funcionamento e a ecologia do Bioma Amazônia. Este círculo vicioso pode comprometer a qualidade dos fragmentos existentes, potencializando os efeitos da fragmentação e acelerando processos de extinção (MELO, 2007).

A queima transforma a biomassa florestal em cinzas ricas em nutrientes que fertilizam o solo. Essa fertilidade, no entanto, é temporária. A rápida infestação dos campos agrícolas por plantas invasoras reduz ainda mais a produtividade dos plantios. Os rendimentos oriundos dos cultivos frequentemente declinam entre um e três anos após a derrubada da floresta (NEPSTAD *et al.*, 1999). Este conhecimento, já consolidado, remete à necessidade de mudança de comportamento e de cultura do produtor rural com relação ao uso indiscriminado do fogo na agricultura.

Especificamente para a Floresta Estacional Semidecidual, objeto do presente estudo, as informações acerca dos efeitos do fogo nessas formações florestais são muito escassas na literatura. Para essas formações, da região Sudeste do Brasil, existem alguns estudos sobre impactos e regeneração pós-fogo, como os produzidos por Rodrigues *et al.* (2004, 2005), Martins *et al.* (2002), Silva *et al.* (2005) e Melo & Durigan (2010), cujas principais conclusões são de que a regeneração de fragmentos atingidos pelo fogo fica dificultada pela ocorrência das lianas e gramíneas invasoras e que a rebrota constitui-se em importante estratégia das plantas para reocupação da área perturbada. Com relação às perdas decorrentes da passagem do fogo sobre o banco de sementes nesta formação florestal, Melo *et al.* (2007) verificaram que o fogo ocasionou diminuição da densidade e da riqueza do banco de sementes, sendo maiores os impactos quanto menor a distância da borda da floresta.

Os incêndios florestais comumente causam a redução, por mortalidade, do número de indivíduos arbóreos, mas promovem, em seguida, aumento no número de espécies (IVANAUSKAS *et al.*, 2003). Esse aumento da riqueza de espécies está atrelado ao incremento de espécies pioneiras, que é favorecido pelo aumento da luminosidade causado pela abertura de clareiras. Porém, o fogo recorrente tende a simplificar a composição de espécies e a estrutura dos fragmentos florestais (CORADIN, 1978 *Apud* SILVA *et al.*, 2005). Em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Ibituruna, MG, dois anos após um incêndio, Silva *et al.* (2005) encontraram o mesmo padrão de redução de indivíduos arbóreos (20% das árvores com DAP ≥ 10 cm), assim como, Cochrane (2003) registrou que o fogo mata 23-44% das árvores com DAP ≥ 10 cm em florestas tropicais no prazo de um ano após o incêndio. Além disso, também foi confirmado um aumento do número total de espécies, entre os inventários de 1997 e 2001, provavelmente, explicado pela colonização das áreas perturbadas pelo fogo por espécies pioneiras.

De acordo com Castellani & Stubblebine (1993), a fase inicial de uma sucessão florestal decorrente de uma perturbação por fogo pode favorecer o estabelecimento de espécies de plantas invasoras de pequeno porte (principalmente lianas e gramíneas) e de árvores e arbustos secundários. Ocorre também a germinação de sementes depositadas na serapilheira antes do incêndio ou trazidas pelos vários agentes de dispersão (SILVA *et al.*, 2005). O processo é complementado pela brotação de troncos e de raízes que resistiram ao fogo. Melo & Durigan (2010) observaram que durante a regeneração de Floresta Estacional Semidecidual em Gália, SP, os indivíduos que rebrotaram de caules e raízes após o fogo contribuíram para a retomada da riqueza florística, sobretudo pelas espécies secundárias e tardias. A densidade média encontrada de indivíduos rebrotando foi de 496 árvores/ha, em um total de 29 espécies.

A importância da rebrota como estratégia de sobrevivência na regeneração pós-fogo é relatada para diferentes ecossistemas florestais tropicais (MELO & DURIGAN, 2010). Em Floresta Estacional Semidecidual, alguns estudos mostram que esta formação possui considerável número de espécies com capacidade de rebrota, sendo, portanto, um mecanismo essencial de manutenção da representatividade dessas espécies na área após o distúrbio (CASTELLANI & STUBBLEBINE, 1993; MARTINS *et al.*, 2002; RODRIGUES *et al.*, 2004).

Durante a regeneração natural de Floresta Estacional Semidecidual impactada por fogo, Melo & Durigan (2010) observaram que gramíneas e lianas apresentaram rápida ocupação da faixa mais externa da floresta nos primeiros seis meses, mantendo seus valores de cobertura estabilizados até o final de vinte e quatro meses após o incêndio. Além disso, foi observado também que as gramíneas têm taxas de crescimento muito altas e, por isso, competem de maneira muito efetiva com as espécies arbóreas em regeneração natural nas áreas de borda de fragmentos florestais. As gramíneas também disponibilizam material combustível no inverno, quando secam, deixando a área predisposta a novo evento de incêndio, em um processo constante de retroalimentação (MELO & DURIGAN, 2010). Martins *et al.* (2002) também relataram a ocupação agressiva por *Melinis minutiflora* Beauv. (capim-gordura) após incêndio em área de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, e creditaram à sua agressividade a dificuldade na regeneração de espécies arbóreas tardias.

Outra observação importante relatada por Martins *et al.* (2002) sobre o processo de regeneração da mesma área acima citada foi que, após o fogo, houve predominância de espécies herbáceas e subarborescentes que estão exercendo importante papel na proteção do solo contra processos erosivos e na incorporação de matéria orgânica, considerando os elevados valores de cobertura e de biomassa epígea seca. Muito embora essa biomassa possa contribuir com a suscetibilidade de novos eventos de incêndios, potencializando seus efeitos, reforça-se a importância de manter a área em processo de restauração isolada de novos fatores impactantes, como o fogo, através da confecção de aceiros.

Quanto aos danos causados pelo fogo sobre o banco de sementes em Floresta Estacional Semidecidual, durante estudo na Estação Ecológica dos Caetetus, Estado de São Paulo, Melo (2007) registrou que a ocorrência do fogo mostrou-se fator determinante da perda de riqueza florística na comunidade, com base nas espécies que compõem o banco de sementes. Na área queimada, considerando todas as formas de vida, houve uma redução de 35% no número de espécies, comparada com área não atingida pelo fogo. Para as espécies arbóreas, a redução foi de 38%. Além da perda de espécies, o efeito do fogo foi ainda maior sobre a densidade de sementes germinadas que, nas amostras da floresta queimada, foi 62% inferior à obtida para a floresta não queimada. Corroborando com o autor, Cochrane (2003) afirma que, em média, o fogo reduz em 60% a disponibilidade de sementes nos primeiros 1,5 cm do solo, em florestas tropicais; na Amazônia, Uhl *et al.* (1981) registraram redução em cerca de 80% da densidade do banco de sementes em área submetida a incêndio. Camargos *et al.* (2013) realizaram estudo no fragmento “Reserva da Biologia”, situado na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais e perceberam que a predominância de espécies zoocóricas no banco de sementes confirma a importância desta síndrome de dispersão na manutenção de populações de plantas em ecossistemas florestais, contribuindo para a regeneração dos mesmos frente a distúrbios como o fogo.

Para a região da Chapada Diamantina, alguns estudos têm sido desenvolvidos sobre composição e estrutura da vegetação de campos rupestres recém-queimados (NEVES & CONCEIÇÃO, 2010); distúrbios e danos causados por incêndios em formações florestais (FUNCH, 2006; FUNCH *et al.*, 2009) e, mais recentemente, sobre o histórico e recorrência dos incêndios florestais na área do Parque Nacional da Chapada Diamantina (MESQUITA *et al.*, 2011; GONÇALVES *et al.*, 2011) e os efeitos do fogo sobre a biomassa de campos sujos

no entorno do Parque (CONCEIÇÃO & PIVELLO, 2011). Porém, nenhum estudo que trate especificamente da ecologia do fogo sobre as Florestas Estacionais Semidecíduais desta região, o que demonstra a necessidade de desenvolvimento de pesquisas para melhor avaliar a resistência e a resiliência dessas formações florestais diante das constantes perturbações do fogo.

Dados do histórico de incêndios na vegetação do Parque Nacional da Chapada Diamantina no período de 1973 a abril 2010 indicam que as áreas não atingidas por fogo, dentro dos limites do parque, correspondem à região entre os limites de Mucugê, Lençóis e Andaraí, onde há um conjunto de serras paralelas e vales profundos, de difícil acesso, clima mais úmido e vegetação florestal (MESQUITA *et al.*, 2011), diferentemente do que foi relatado por Funch (2006) e Funch *et al.* (2009). Possivelmente em consequência da maior cobertura de nuvens na porção leste da Serra do Sincorá, que dificulta a avaliação de áreas queimadas através das imagens de satélite.

Um forte indicativo dos efeitos do fogo sobre as formações florestais da Chapada Diamantina é a transformação dessas formações em áreas abertas ou savânicas, como ocorre em outros ecossistemas florestais tropicais. Funch (2006) sugeriu uma avaliação retrospectiva da composição e distribuição da vegetação que outrora recobria a Serra do Sincorá e seu entorno, revelando diferenças significativas com a atualidade:

“As florestas estacionais semidecíduais a perenes submontana a montanas ocupavam as áreas com solos arenosos profundos nos vales largos situados acima de 900m na Serra do Sincorá que hoje estão dominadas por áreas de campo gerais. Estes campos são derivados da ação contínua de incêndios de origem antropogênica” (FUNCH, 2006).

Distúrbios graves e frequentes, como os incêndios florestais, tendem a reduzir radicalmente a capacidade de um ambiente se recuperar naturalmente. De acordo com Miranda (Org.) (2010), linhas de pesquisa sobre a ecologia do fogo indicam que a frequência de queimadas está além do que os ambientes naturais suportam, o que caracteriza risco à conservação de áreas nativas.

Conhecimentos sobre florística, fitossociologia, dinâmica pós-distúrbios e ecologia do ecossistema de interesse são extremamente necessários para elaboração de propostas para restauração de áreas que sofreram distúrbios devido à ocorrência de incêndios florestais

(FIEDLER *et al.*, 2004). Durante o processo de restauração florestal deve ser levado em consideração que a ausência de determinadas espécies na área queimada não significa que tenham sido, definitivamente, erradicadas pelo fogo desta comunidade. De acordo com Melo & Durigan (2010), uma vez que a área queimada está cercada de floresta em boa parte de seu perímetro, tais espécies podem ser reintroduzidas pela chuva de sementes. Entretanto, os autores indicam que os resultados de estudo em Floresta Estacional Semidecidual permitem supor que em fragmentos isolados atingidos por incêndios pode ocorrer a extinção local de espécies não resistentes ao fogo.

Mediante o conhecimento de que os incêndios florestais geram perturbações na dinâmica, estrutura, composição, microclima e diversidade biológica em diferentes ecossistemas florestais, conforme relatado acima, há que se considerar a possibilidade e a necessidade de implementação de ações de restauração florestal, e não apenas a regeneração natural, nas áreas degradadas por fogo, principalmente em áreas protegidas e de grande relevância ecológica.

4.2 Restauração Ecológica

Tomando por base a legislação ambiental brasileira, as ações de restauração e/ou recuperação de ambientes degradados são referenciadas em alguns instrumentos legais, como já comentado no item 3, porém de forma generalista. Apenas a Lei Federal nº 9.985/2000 (SNUC) apresenta significado aos termos, a saber:

“recuperação: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original; restauração: restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original” (LEI 9.985, 2000).

Entretanto, tais significados não encontram muito amparo técnico junto à comunidade científica, que vem avançando gradativamente na formulação de teorias e aplicações práticas das ações de restauração ecológica no Brasil e no mundo.

No presente trabalho adotaremos os aspectos técnicos e científicos trabalhados e difundidos pelo Laboratório de Ecologia e Restauração Florestal – LERF/ESALQ/USP, no que se refere à restauração ecológica, principalmente para o Bioma Mata Atlântica.

O conhecimento científico atual sobre restauração ecológica leva em consideração os seguintes aspectos: “Ao invés de tentar reproduzir a estrutura de uma comunidade madura, a ênfase agora é restaurar processos que levem à construção de uma comunidade funcional, na qual a florística e a estrutura dessa comunidade surge da interação entre as ações implementadas e os processos de migração e seleção de espécies que irão se desenvolver no local em restauração (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007a)”. Assim como, da necessidade de elevada diversidade florística regional e da diversidade genética dessas comunidades, que são elementos chaves para a manutenção e evolução de todos os sistemas da floresta restaurada (RODRIGUES *et al.*, 2009).

A existência permanente de uma floresta depende de muitos processos tais como a reprodução vegetativa, a polinização, o banco de sementes, a germinação, dispersão, etc., que permitem o surgimento de novos indivíduos das populações já presentes, que terão de se desenvolver para poderem substituir os indivíduos adultos que irão morrer (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007a). Ainda de acordo com os autores, outros processos ecológicos devem ser considerados no desenvolvimento de uma comunidade, tais como a herbivoria, a predação, a competição e as condições ambientais estressantes que podem interferir ou reduzir a sobrevivência e o desenvolvimento de indivíduos e espécies presentes ou ingressantes.

Para isso, deve-se atentar para o incremento temporal da diversidade de espécies e de formas de vida, das características da regeneração natural, indicadora do funcionamento da comunidade, para a restauração da diversidade genética, do restabelecimento da sucessão ecológica, do papel dos diferentes grupos funcionais de espécies nativas regionais e dos demais processos ecológicos mantenedores dos ecossistemas naturais (ISERNHAGEN *et al.*, 2009a).

Isso tudo deve estar aliado ao isolamento das áreas restauradas e dos remanescentes naturais dos fatores de degradação mais intensos e diretos, como fogo, extrativismo, caça, deposição de sedimentos ou outros materiais, o gado e a eliminação de espécies exóticas

invasoras (ISERNHAGEN *et al.*, 2009a). Com isso, sugere-se que muita atenção deve ser dada aos possíveis impactos oriundos dos ecossistemas circundantes à área em restauração, um aspecto a ser incorporado no planejamento da restauração, pois os distúrbios existem e continuarão existindo, e em parte determinarão as características da vegetação que ali irá existir (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007a).

O entendimento dessa dinâmica acabou por descredenciar a cópia de uma floresta madura como uma metodologia indicada para restauração de comunidades florestais, já que as características dessa comunidade poderiam se alterar no tempo, dependendo da atuação dessas forças estocásticas. Com isso, o plantio de mudas como única metodologia de restauração de áreas, por permitir a cópia da comunidade madura, começou a ser questionado. Várias outras metodologias de restauração começaram a ser testadas, escolhidas de acordo com as características locais, considerando o uso atual e histórico da área, a paisagem regional e, logicamente, as características do ambiente, definindo o tipo vegetacional (ISERNHAGEN *et al.*, 2009a). Segundo Santos (2011), alguns questionamentos têm sido levantados sobre a eficiência da metodologia de restauração utilizada em determinadas áreas por não apresentarem o restabelecimento das interações com a fauna, a chegada de novas espécies e a formação de um ambiente favorável ao desenvolvimento de espécies tardias.

No contexto da conservação da biodiversidade, um dos principais benefícios atribuídos à restauração ecológica tem sido o aumento da conectividade da paisagem, o que reduz as chances de extinções locais em função de minimizar restrições à migração, reduzir a vulnerabilidade a eventos estocásticos de flutuação populacional e evitar problemas genéticos decorrentes do restrito fluxo gênico (METZGER, 2003). Esse benefício é ainda maior em paisagens antrópicas, onde os poucos, pequenos e muito degradados remanescentes de florestas naturais estão separados por grandes distâncias (METZGER, 2009). Essa maior interação ecológica das áreas restauradas com os remanescentes de vegetação nativa contribui significativamente para que se restabeleçam as redes complexas de interações que garantem o funcionamento das florestas, naturais ou restauradas, e favoreçam a sobrevivência tanto das espécies vegetais como também dos animais, insetos e microrganismos que dependem dessas plantas (TABARELLI *et al.*, 2005).

A restauração de APPs de matas ciliares resulta no restabelecimento de excelentes corredores ecológicos, interligando remanescentes florestais antes isolados na paisagem regional. Contudo esse aumento de conectividade não deve ser apenas a estrutural. Devem-se adotar técnicas que restabeleçam também, a conectividade funcional, garantindo assim a manutenção do fluxo gênico. Para tanto, as características florísticas e fisionômicas dos corredores ecológicos restabelecidos devem ser as mais próximas possíveis dos *habitats* presentes em suas extremidades (METZGER, 2003; TABARELLI *et al.*, 2010).

No que diz respeito à restauração da diversidade florística e genética, existem algumas iniciativas recentes e bem-sucedidas na Mata Atlântica que podem ser reproduzidas noutros locais. O estabelecimento de viveiros locais e um cuidado com a origem das sementes têm sido estimulados para evitar os impactos negativos relacionados com a introdução de genótipos exóticos (LESICA & ALLENDORF, 1999; MCKAY *et al.*, 2005 *Apud* RODRIGUES *et al.*, 2009). Outra estratégia é tirar proveito da diversidade genética pré-existente, com a condução da regeneração natural e o aproveitamento do banco de sementes do solo. Além disso, a transferência de plântulas ou indivíduos inteiros (no caso de epífitas e ervas) de fragmentos florestais naturais provou ser um sucesso para aumentar a florística e provavelmente a diversidade genética de viveiros. Esta última técnica tem sido muitas vezes aplicada onde a supressão vegetação é inevitável (RODRIGUES *et al.*, 2009), como nos casos de alguns empreendimentos licenciados.

Outra lição importante é que muitas vezes, a melhor estratégia não é a mais "ecológica". Isso pode frustrar os restauradores mais ávidos, mas a inclusão de fatores socio-econômicos e as questões políticas na restauração são determinantes, sendo citada como a nova mudança de paradigma na restauração (TEMPERTON, 2007 *Apud* RODRIGUES *et al.*, 2009).

Neste contexto, cabe uma reflexão sobre a necessidade de mudança de paradigma nas práticas atuais de recuperação de áreas degradadas, que não levam em consideração o restabelecimento de processos ecológicos e formação de comunidades funcionais que se perpetuem no tempo. As atividades agropastoris precisam ser repensadas quanto ao uso indiscriminado do fogo, que por sua vez, resultam em danos significativos aos ecossistemas florestais. Ademais, o conhecimento científico atual sobre restauração ecológica pode

contribuir positivamente para a melhoria das ações de reparação de danos, no âmbito dos PRADs aprovados e acompanhados pelos Órgãos Ambientais.

4.2.1 Diagnóstico Ambiental

A identificação da metodologia mais adequada de restauração de uma dada área depende de um diagnóstico apropriado do próprio local a ser restaurado e do entorno imediato e regional. O diagnóstico deve ser realizado na escala da paisagem, dentro do conceito da microbacia (RODRIGUES & GANDOLFI, 2007) para avaliar a aptidão do solo no que diz respeito ao desenvolvimento das plantas, para avaliar a capacidade de resistência da área degradada (ou seja, presença e estado da regeneração, o banco de sementes do solo e/ou rebrotas), a probabilidade de sua colonização por espécies de fragmentos florestais circundantes e a composição destes fragmentos (RODRIGUES *et al.*, 2009).

Fotografias aéreas e imagens de satélite são utilizadas para identificar as características da paisagem tais como padrões de uso e ocupação do solo, tipos de formações florestais, bem como a conectividade entre os fragmentos, através da chamada fotointerpretação. Após essa análise prévia das imagens, são realizadas visitas de campo para um maior detalhamento das condições ambientais locais (RODRIGUES *et al.*, 2009 e TAMBOSI *et al.*, 2012) e geração de mapas de uso e ocupação da microbacia que inclui a área a ser restaurada.

No caso específico de áreas degradadas por fogo, é importante usar imagens de satélite que identifiquem as cicatrizes das áreas queimadas, visando à elaboração do georeferenciamento das mesmas, assim como, à obtenção dos focos de calor, dentro de uma escala temporal, que possa indicar uma possível recorrência de incêndios numa determinada paisagem. Tais informações são disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, através do sítio <<http://www.dpi.inpe.br/proarco/bdqueimadas/>>.

Durante o diagnóstico de áreas a serem executados trabalhos de restauração ecológica, é fundamental que sejam identificadas as “potencialidades de auto-recuperação de cada situação ambiental” (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b), possibilitando com isso a definição das ações de restauração que possam aproveitar o máximo desse potencial. Nesse sentido, deve ser realizado um levantamento da vegetação ocorrente na região de trabalho, local e regional, além da caracterização do estado de conservação dos fragmentos remanescentes de vegetação

natural, que serão fontes de biodiversidade remanescente e de propágulos para a regeneração de áreas do entorno (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b).

Assim sendo, o aproveitamento da regeneração natural, através do controle de competidores, indução e condução dos regenerantes, pode ser um método efetivo de restauração, diminuindo custos de implantação, em locais cujo diagnóstico apontou a proximidade de remanescentes florestais e o elevado potencial de auto-recuperação. Mesmo assim, não exclui a eventual necessidade de plantios nas falhas entre os regenerantes. Esse potencial ocorre em função do uso histórico da área, que não eliminou os regenerantes naturais e/ou das características do entorno daquela unidade da paisagem, que permitiu a chegada continuada de propágulos de espécies nativas na área a ser restaurada (ISERNHAGEN *et al.*, 2009a).

Já em outras situações, em função do elevado grau de degradação local e/ou regional (uso agrícola intenso, recorrência de queimadas, processos erosivos, desqualificação do substrato, etc.), um dos métodos possíveis de restauração será a introdução de espécies nativas regionais através do plantio (de mudas e/ou sementes), assim como, as técnicas de nucleação (ISERNHAGEN *et al.*, 2009a). No caso específico do agente degradador ser o fogo, segundo Durigan *et al.* (2011) e Laprovitera *et al.* (2008), para o Bioma Cerrado, a capacidade de regeneração natural é considerada alta, nesse caso a técnica de restauração ecológica mais utilizada é a indução e condução da regeneração natural, em função da alta resiliência apresentada por esse Bioma. Já para as formações florestais do Bioma Mata Atlântica não se percebe esse mesmo nível de resiliência em áreas com recorrência de incêndios florestais. Segundo Begon *et al.* (1996), as florestas de terras baixas apresentam menor resiliência em comparação às outras, pois são mais desenvolvidas estruturalmente (biomassa, altura média, área basal) e, portanto, requerem maiores períodos de tempo para se regenerar.

De acordo com Rodrigues & Gandolfi (2007), o processo de restauração visa promover ou acelerar a recuperação de comunidades através de ações diretas ou indiretas, baseadas em três princípios fundamentais: “(i) *reconstruir comunidades funcionais ricas em espécies capazes de evoluir*, (ii) *estimular qualquer possibilidade de auto-recuperação ainda presente na área (resiliência)*, sempre que possível, e (iii) *Planos de ações de restauração em uma perspectiva da paisagem*”.

Neste contexto, algumas características são consideradas extremamente importantes para o sucesso das ações de restauração, tais como:

“Proximidade de fragmentos florestais da mesma unidade fitogeográfica, posição em relação a esses fragmentos, permeabilidade da matriz possibilitando, ou não, a chegada de propágulos naturais e de organismos dispersores, presença de banco de sementes viável de espécies nativas, presença de regeneração natural, ocupação atual com espécies exóticas muito competidoras, como gramíneas africanas, grau de compactação do solo, entre outras” (Holl, 1999; Holl *et al.*, 2003; Suding *et al.*, 2004 *Apud* Tambosi *et al.*, 2012).

4.2.2 Das Ações de Restauração Ecológica

A partir da delimitação e caracterização das situações ambientais identificadas pelo diagnóstico ambiental da área objeto de implantação da restauração ecológica, pode-se melhor definir as ações e metodologias de restauração para cada situação ambiental identificada em campo. O LERF/ESALQ/USP tem contribuído com essa tomada de decisão, inclusive com a elaboração de uma chave decisória, adaptada a cada realidade/projeto. Ver “*Pacto pela Restauração da Mata Atlântica*” (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b).

Vale ressaltar que numa mesma região e até em uma mesma propriedade devem ser usadas diferentes metodologias de restauração, de acordo com as características específicas de cada situação identificada no diagnóstico (RODRIGUES *et al.*, 2009), conforme discutido anteriormente. Além disso, uma mescla de metodologias como forma de manejo adaptativo, pode ser adotada ao longo do tempo, com objetivo de corrigir a trajetória e potencializar o sucesso da restauração ecológica da referida situação, que é o objetivo maior de todas essas iniciativas (TAMBOSI *et al.*, 2012).

Antes da implantação de qualquer ação de restauração florestal, é preciso inicialmente identificar e isolar os fatores que estão causando a degradação dos fragmentos florestais remanescentes e que inclusive poderão contribuir para a degradação das áreas onde serão implantadas as ações de restauração (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b). Entre os fatores a serem isolados estão: **fogo** - eliminação da prática de queimada, construção de aceiros no entorno dos fragmentos florestais remanescentes e das áreas em processo de restauração e

sensibilização das comunidades vizinhas quanto ao uso legal e seguro do fogo; **gado** - instalação de cercas no entorno dos fragmentos florestais ou das áreas em restauração; **cultivos** - suspensão da exploração da área por meio de cultivos agrícolas e florestais; **desmatamento e roçadas de sub-bosque** - paralisação dessas atividades; **erosão do solo** – correção dos processos erosivos; **extração seletiva de madeira e caça** - paralisação dessas atividades e fiscalização do entorno dos fragmentos remanescentes; **espécies exóticas** – eliminação e controle das espécies exóticas invasoras.

Os fragmentos florestais com necessidade de restauração, geralmente apresentam menos estratos em relação às formações mais conservadas, baixa estatura dos indivíduos arbóreos, dossel descontínuo, rara presença de epífitas e frequente desequilíbrio de lianas e gramíneas nas bordas e no interior. Essa degradação é resultado do histórico de uso da área, sendo consequência de uma série de eventos, tal como incêndios, retirada seletiva de madeira e acesso do gado ao fragmento (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b).

Para melhor exemplificar o conjunto de ações em restauração ecológica, desde os resultados do diagnóstico ambiental e a definição das ações e metodologias de restauração a serem adotadas, foi montado um quadro resumo (Tabela 1). Nesse quadro apresentam-se algumas situações ambientais, como o tipo de distúrbio, que neste caso de interesse é o fogo e a sua recorrência, combinado com usos alternativos do solo, especificação da existência ou não de potencial de regeneração natural, bem como o grau de isolamento das áreas impactadas, e a serem restauradas, em relação a fragmentos de vegetação nativa da paisagem.

Tabela 1- Quadro resumo de situações ambientais eventualmente identificadas no diagnóstico ambiental de formações florestais degradados por fogo, sua graduação de ocorrência, combinada com outros usos do solo, e suas respectivas ações de restauração florestal recomendadas.

TIPO DE DISTÚRPIO	SITUAÇÃO AMBIENTAL (DIAGNÓSTICO)	AÇÕES PRIORITÁRIAS RECOMENDADAS	AÇÕES COMPLEMENTARES
Eventualidade de fogo	Potencial de regeneração natural com presença de indivíduos regenerantes; Área não isolada na paisagem.	1 – Isolamento e retirada dos fatores de degradação (confecção de aceiros), para expressão da regeneração natural; 2 – Controle de espécies competidoras e invasoras (principalmente gramíneas exóticas e lianas); 3- Condução da regeneração natural.	Enriquecimento florístico e genético com mudas e/ ou com sementes de espécies secundárias e tardias nativas local ou regional.
Recorrência de fogo	Potencial de regeneração natural com presença de indivíduos regenerantes; Área isolada em paisagem fragmentada.	1 – Isolamento e retirada dos fatores de degradação (confecção de aceiros), para expressão da regeneração natural; 2 – Controle de espécies competidoras e invasoras (principalmente gramíneas exóticas e lianas); 3- Condução da regeneração natural; 4 – Adensamento (preenchimento com as mesmas espécies da regeneração natural e de boa cobertura, nos locais onde a mesma não se expressou).	1- Enriquecimento florístico e genético com mudas e/ ou com sementes de espécies secundárias e tardias nativas local ou regional; 2- Introdução de elementos atrativos da fauna, para função de nucleação (poleiros naturais e/ou artificiais, galharia, etc.).
Recorrência de fogo + desmatamento + pastagens e/ou culturas anuais	Potencial de regeneração natural nulo ou muito baixo; baixa expressão do banco de sementes; área muito degradada em paisagem fragmentada.	1 – Isolamento e retirada dos fatores de degradação (confecção de aceiros); 2 – Controle de espécies competidoras e invasoras (principalmente gramíneas exóticas e lianas); 3- Plantio em área total com espécies dos grupos de preenchimento e de diversidade, através de mudas e/ou sementeira direta.	1- Enriquecimento florístico e genético com mudas e/ ou com sementes de espécies secundárias e tardias nativas local ou regional; 2- Introdução de elementos atrativos da fauna, para função de nucleação (poleiros naturais e/ou artificiais, galharia, etc.).

Adaptado de Rodrigues *et al.*, (2007) (2011); Gandolfi e Rodrigues (2007b); Isernhagen *et al.*, (2009b); Durigan *et al.*, (2011);

Como exemplo de remanescentes florestais com necessidade de adoção de ações de restauração, em consequência da degradação por incêndio florestal ocorrido em 2008, podemos citar o fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, localizado às margens da

rodovia BA 142, entorno do PNCD, entre os municípios de Andaraí e Mucugê, Chapada Diamantina, Coordenadas Geográficas: 12° 56' 27,0" S, 41° 15' 51,4" W, em altitude de 853m. Fotografias obtidas em maio/2013, decorridos aproximadamente 05 anos desde o último incêndio (Figuras 03 e 04). Outra área passível de ações de restauração florestal fica no interior do PNCD, entre o Morrão e Morro do Pai Inácio, Coordenadas Geográficas: 12° 28' 48,5" S, 41° 28' 29,3" W, com remanescentes florestais que sofreram recorrência de incêndios nos últimos 20 anos. Fotografias obtidas no ano de 2013 (Figuras 5 e 6).



Fig. 03- Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual queimada em 2008, com necessidade de restauração. Notar predomínio de samambaias (*Pteridium aquilinum*) na borda frontal do fragmento. Foto: Denilson Oliveira



Fig. 04- Notar espécies de dossel remanescentes e as mortas pelo fogo, que podem servir de "poleiros" naturais para atração de fauna alada para a função de nucleação. Foto: Denilson Oliveira



Fig. 05- Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, com recorrência de queimada nos últimos 20 anos, passível de ações de restauração. Notar processo de regeneração natural ao centro, entre mata ciliar e fragmento logo acima. Foto: Bruno Lintomen



Fig. 06- Mata ciliar passível de ações de restauração florestal, visando uma melhoria da conectividade entre os fragmentos presentes na paisagem. Foto: Bruno Lintomen

Para áreas florestais degradadas por incêndios, e a depender da recorrência desses, assim como, levando-se em consideração a capacidade de regeneração natural diagnosticada no local, as seguintes metodologias de restauração ecológica podem ser adotadas:

Indução e Condução da Regeneração Natural

Essa ação é recomendada para as áreas antropizadas que serão objeto de restauração, e que expressaram o potencial de regeneração natural com ocorrência de indivíduos regenerantes após um tempo de isolamento e retirada dos fatores de degradação, geralmente em torno de 6 a 12 meses (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b), onde os processos ecológicos ainda estão atuantes e capazes de manter a condição de auto-recuperação da área (TAMBOSI *et al.*, 2012).

Nas áreas onde é confirmada a presença de regenerantes naturais de espécies nativas em número adequado, cerca de 1.700 indivíduos arbustivos/arbóreos/ha (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b), a condução da regeneração natural é um método efetivo de restauração em virtude do seu baixo custo de implantação e por garantir uma ocupação do local a ser restaurado, com espécies de ocorrência regional e também com patrimônio genético regional (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b). Entretanto, há que se verificar a identidade destas espécies quanto à diversidade, e a capacidade de recuperação da cobertura vegetal.

Dentre as ações de indução e condução da regeneração natural estão o controle de competidores, adubação dos indivíduos regenerantes, coroamento e tutoramento dos indivíduos e o controle de herbívora muito intensa (formigas cortadeiras, lebres exóticas, capivaras etc.) (TAMBOSI *et al.*, 2012).

Nos fragmentos florestais remanescentes uma situação muito comum após perturbações como fogo e extrativismo seletivo é a invasão das bordas e também do interior, por espécies exóticas agressivas, comumente gramíneas ou algumas poucas espécies nativas da própria comunidade, como lianas, bambus e samambaias, que formam populações superabundantes. Pela grande biomassa, essas populações superabundantes acabam por inibir a expressão da regeneração natural e favorecer a recorrência de perturbações, como incêndios, queda de árvores etc. (COCHRANE *et al.*, 2002 *Apud* GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b).

Nesses casos, é recomendado o controle das espécies competidoras, identificadas em populações superabundantes.

Adensamento

O adensamento representa a ocupação dos espaços vazios (não cobertos pela regeneração natural) (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b) por mudas de espécies iniciais de boa cobertura de copa (pioneiras e secundárias iniciais). Esse procedimento é recomendado para suprir eventuais falhas da regeneração natural ou para o plantio em áreas de borda de fragmentos e grandes clareiras em estágio inicial de sucessão, visando controlar a expansão de espécies invasoras e nativas em desequilíbrio e favorecer o desenvolvimento das espécies finais por meio do sombreamento. Nestes casos, pode ser usado o espaçamento 3x2 ou 2x2m (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b).

Geralmente a expressão da regeneração natural ocorre de forma espacialmente irregular e frequentemente com baixa diversidade. A ação de adensamento visa o preenchimento da área como um todo, assim como a construção de um dossel espacialmente contínuo (TAMBOSI *et al.*, 2012).

Na ação de adensamento são introduzidos, nos vazios da regeneração natural, mais indivíduos das espécies que já se expressaram na regeneração natural, ou mesmo outras espécies mais iniciais da sucessão, com característica biológica de boa cobertura de copa, que colaborem para a ocupação total e rápida da área em processo de restauração. A introdução desses indivíduos, de boa cobertura, também pode ser realizada com o plantio de sementes, denominado "semeadura direta de preenchimento" (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b).

Enriquecimento

As áreas em que ocorre alta expressão da regeneração natural são normalmente constituídas de espécies iniciais da sucessão florestal (pioneiras), sendo resultado da expressão do banco de sementes e chuva de sementes anemocóricas. Em função disso, a regeneração é frequentemente constituída de baixa diversidade de espécies arbustivo-arbóreas, sendo necessário seu enriquecimento com diversidade florística e genética para a

sustentabilidade da floresta (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b; RODRIGUES & GANDOLFI, 2007). Um dos fatores que pode contribuir para essa baixa diversidade de espécies é a ocorrência de eventos de perturbações frequentes, que acabam por favorecer algumas espécies e eliminar outras, como recorrência periódica de fogo, pastejo de gado, etc. (TAMBOSI *et al.*, 2012).

O enriquecimento representa a introdução de espécies dos estádios finais de sucessão (secundárias tardias), especialmente as espécies de maior interação com a fauna, e/ou das diversas formas vegetais originais de cada formação florestal, tal como lianas, herbáceas e arbustos, podendo também contemplar o resgate da diversidade genética, o que pode ser realizado pela introdução de indivíduos de espécies já presentes na área, mas produzidos a partir de sementes provenientes de outros fragmentos de mesmo tipo florestal (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b). Essa ação complementar pode ser feita com o plantio de mudas das espécies de interesse ou com o plantio de sementes diretamente na área em restauração "semeadura direta de enriquecimento" ou ainda pela introdução de banco de sementes alóctone ou transplante de plântulas (RODRIGUES & GANDOLFI, 2007). O uso de sementes tem se demonstrado muito promissor, já que as sementes preferencialmente de espécies finais da sucessão são colocadas em ambiente já sombreado e, como não apresentam dormência, geralmente possui germinação elevada (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b).

A decisão de adoção do método de enriquecimento é tomada com base nos resultados do monitoramento periódico da área em restauração, quando é constatado que naturalmente não estão sendo introduzidas novas espécies, tendo como base a diversidade de fragmentos florestais pouco degradados da região. Tal fato pode levar ao comprometimento da restauração dos processos ecológicos e conseqüentemente a perpetuação da floresta que se quer restaurar (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b).

Técnicas Nucleadoras de Restauração

A nucleação é um princípio sucessional na colonização natural de áreas em formação (REIS *et al.*, 2003), que objetiva principalmente a promoção de “gatilhos ecológicos” que disparem e acelerem a sucessão natural (BECHARA, 2006), trazendo elementos que sejam capazes de promover a colonização de novas populações (flora e fauna) em um determinado

ambiente através da disponibilização de novos recursos ou criação de novos *habitats*. (REIS *et al.*, 2003).

Para as áreas com uma frequência de roçadas e recorrência de incêndios, seguida de implantação de pastagens utilizadas por longo tempo (DURIGAN *et al.*, 2011; DAMASCENO, 2011), que acabam transformando as formações florestais em ecossistemas abertos, pode-se lançar mão das técnicas de nucleação. Pois seus efeitos podem ser facilmente notados em ecossistemas de vegetação aberta, onde há menor densidade de plantas e maior entrada de luz, a exemplo das fisionomias vegetais do Cerrado (BECHARA, 2006).

As principais “técnicas nucleadoras de restauração” aqui sugeridas como ações complementares, são: a) formação de abrigos artificiais, através do enleiramento de galharia, para alimentação e abrigo de organismos consumidores e decompositores (desencadeamento de cadeias tróficas), além da restituição de solo; b) transposição de chuva de sementes, para introdução de plantas regionais que frutificam ao longo do ano para manter a fauna e demais formas de vida; c) transposição de solo e serapilheira para restituição do banco de sementes e principalmente da biota do solo; d) poleiros artificiais para atração de fauna alada (BECHARA, 2006).

Plantio em Área Total

A ação de plantio total deve ser adotada em áreas cuja recorrência de incêndios e/ou roçagem, caracterizada pelo corte e queima das formações florestais, geralmente seguida da implantação de pastagens e culturas anuais (NEPSTAD *et al.*, 1999). Essas áreas resultam em nenhum ou baixo potencial de auto-recuperação, em virtude do elevado estado de degradação da área e de fragmentação da paisagem regional ou em situações que a expressão desse potencial foi muito baixa, não justificando o seu aproveitamento (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b).

Pode ser realizada por meio da transferência de banco de sementes alóctone (proveniente de outros locais para a área a ser restaurada), da sementeira direta e do plantio de mudas (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b). De acordo com Isernhagen & Rodrigues (2008) este método tem sido bastante empregado nas matas de planalto (Floresta Estacional Semidecidual) do Estado de São Paulo.

A técnica de plantio em área total, adotada pelo LERF/ESALQ/USP, consiste na combinação das espécies em módulos ou grupos de plantio alternados, denominados grupo de preenchimento e de diversidade. O *grupo de preenchimento* é constituído por espécies que possuem rápido crescimento e boa cobertura de copa (pioneiras e secundárias iniciais), proporcionando o rápido fechamento da área plantada. No *grupo de diversidade* incluem-se as espécies que não possuem rápido crescimento e/ou boa cobertura de copa, mas são fundamentais para garantir a perpetuação da área plantada (secundárias tardias e clímax). Incluem-se nesse grupo também, todas as demais espécies regionais não pertencentes ao grupo de preenchimento, inclusive espécies de outras formas vegetais que não as arbóreas, como as arvoretas, os arbustos e herbáceas, tanto epífitas como terrestres (ISERNHAGEN *et al.*, 2009b).

As espécies de preenchimento geralmente são usadas entre 15 e 30 espécies nativas regionais e para espécies de diversidade são usadas entre 60 e 80 espécies nativas regionais (RODRIGUES *et al.*, 2009). Os indivíduos do grupo de diversidade gradualmente vão ocupando o espaço deixado pelos indivíduos do grupo de preenchimento ao longo do processo de senescência natural (TAMBOSI *et al.*, 2012).

A lista das espécies a serem utilizadas nos diferentes métodos de restauração, irá depender da caracterização florística da vegetação remanescente local ou regional (RODRIGUES & GANDOLFI, 2007).

Para maiores detalhes sobre as técnicas acima citadas, consultar os trabalhos desenvolvidos e publicados pelo LERF/ESALQ/USP (GANDOLFI & RODRIGUES, 2007b; ISERNHAGEN *et al.*, 2009b; TAMBOSI *et al.*, 2012) e BECHARA (2006); DURIGAN *et al.* (2011); REIS *et al.* (2003).

4.2.3 Parâmetros e/ou Indicadores de Avaliação e Monitoramento de Áreas em Processo de Restauração.

De acordo com Aronson *et al.* (2011) o “monitoramento na restauração ecológica, consiste na aplicação de indicadores para verificar se os objetivos e metas em cada etapa da restauração estão sendo atingidos”. Uma das grandes dificuldades dessa prática de

monitoramento sistemático refere-se à falta de consenso na literatura científica em relação aos indicadores mais adequados para a avaliação do sucesso da restauração florestal e, conseqüentemente, dos ganhos ambientais (SIQUEIRA, 2002).

Os indicadores de restauração devem avaliar não só a recuperação visual da paisagem, mas também a reconstrução dos processos ecológicos mantenedores da dinâmica vegetal, de forma que áreas restauradas sejam sustentáveis no tempo e cumpram seu papel na conservação da biodiversidade remanescente (RODRIGUES & GANDOLFI, 2004). A avaliação e o monitoramento de áreas em processo de restauração devem considerar, portanto, aspectos mais amplos do que apenas os fisionômicos, normalmente exigidos pelos órgãos fiscalizadores e pelas certificadoras (ATTANASIO, 2008).

Na avaliação e monitoramento de áreas restauradas é importante considerar, além de parâmetros ecológicos, os parâmetros econômicos da restauração, relacionados principalmente com os custos das técnicas empregadas. O custo pode representar uma barreira significativa para a implantação de programas de restauração por parte dos executores e financiadores da atividade, de modo que mesmo métodos muito eficientes podem ser prontamente esquecidos e/ou descartados, caso seus custos sejam excessivamente altos (BELLOTTO *et al.*, 2009).

Antes de iniciar uma discussão dos parâmetros a serem usados na avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração é fundamental o estabelecimento de um delineamento amostral adequado e padronizado, coerente na definição da unidade amostral e no estabelecimento do tamanho ótimo da amostra (suficiência amostral). Essa padronização é necessária para que as diferentes iniciativas e metodologias de restauração possam ser adequadamente avaliadas e comparadas. Para melhor detalhamento sobre o tipo de delineamento amostral adotado para restauração da Mata Atlântica, ver (ATTANASIO, 2008 e BELLOTTO *et al.*, 2009).

Visando contribuir com a tomada de decisão dos técnicos do órgão fiscalizador para efeito de monitoramento de áreas em processo de restauração, após degradação por fogo, apresentamos uma matriz que sintetiza os parâmetros e/ou indicadores de avaliação e monitoramento, seus intervalos de conformidade obtidos no diagnóstico e periodicidade de

avaliações (Tabela 2, Item 5). Levou-se em consideração também, que nos casos de recuperação compulsória (obrigatoriedade de reparação do dano), em virtude de incêndios criminosos, devidamente comprovados e julgados administrativamente, o prazo de monitoramento previsto na Instrução Normativa IBAMA nº 04/2011 (que trata de procedimentos relativos à reparação de danos ambientais) é de 03 (três) anos, prorrogáveis por igual período. No entanto, entendemos que é pouco provável se chegar a bons indicadores de sucesso do processo de restauração neste período proposto pela norma. Como forma de possibilitar a dilatação do período de monitoramento para um intervalo aceitável (10 a 15 anos), pode-se adotar a implantação das ações de restauração em blocos, e não na totalidade, diminuindo os investimentos a cada ano, e tornado mais atrativo a execução do projeto.

As atividades de monitoramento adotadas na literatura avaliam, principalmente, riqueza, composição e biomassa de indivíduos plantados e em regeneração, mortalidade de indivíduos plantados, a proporção de cobertura do solo pelas copas das árvores e a presença de gramíneas exóticas. Espécies animais raramente são monitoradas (RODRIGUES *et al.*, 2009). Muito embora, vale destacar que a presença de polinizadores e dispersores de sementes é requisito para a viabilidade biológica das florestas restauradas e conseqüentemente para sua perpetuação no tempo (BRANCALION *et al.*, 2010).

No presente trabalho foram adotados indicadores de maior relevância e que melhor sinalizem o efetivo cumprimento das metas e objetivos em cada etapa do processo de restauração. Assim como, os que possibilitem uma fácil aplicação e melhor acompanhamento pelos órgãos fiscalizadores. Esses indicadores de avaliação e monitoramento podem ser divididos em três subgrupos ou fases: **Fase de implantação** (1 – 12 meses); **Fase de Pós-implantação** (ocupação) (1 - 3 anos); **Fase de vegetação restaurada** (ocupação e funcionamento) (4 - 10 anos ou mais) (BELLOTTO *et al.*, 2009).

De acordo com Attanasio (2008) e Durigan (2011) o monitoramento dos locais onde se realizou o plantio em área total, ou aonde se conduziu a regeneração natural, pode ser realizado de forma semelhante. Dentre os indicadores de avaliação e monitoramento nas diferentes fases do processo de restauração ecológica, podemos destacar:

Na **avaliação da cobertura da área por gramíneas exóticas agressivas**, deve ser obtida a porcentagem da área coberta por essas plantas, utilizando-se para isto as sub-parcelas de amostragem. Em cada sub-parcela, o valor de porcentagem de cobertura pode ser estimado visualmente, de preferência sempre pelo mesmo observador. Deve ser feita a avaliação da altura média da cobertura de gramíneas. É também importante a identificação da espécie invasora, de forma a se estabelecer a melhor estratégia de manejo para a mesma (BELLOTTO *et al.*, 2009).

A avaliação específica da cobertura de gramíneas exóticas agressivas fornece uma boa indicação das necessidades de intervenção nas áreas em processo de restauração, bem como orienta práticas de controle e manutenção destas áreas, haja vista que estas interferem demasiadamente no desenvolvimento das mudas plantadas, bem como no recrutamento e no estabelecimento de plântulas de espécies regenerantes (BELLOTTO *et al.*, 2009). Além disso, é muito comum a alta densidade de gramíneas exóticas oriundas das pastagens vizinhas, após a ocorrência de incêndios florestais (MELO & DURIGAN, 2010).

A diversidade da **regeneração natural** dentro das áreas em processos de restauração certamente é um dos descritores mais eficientes da avaliação do sucesso de iniciativas de restauração, além de um excelente indicador das ações de manejo necessárias para garantir a sustentabilidade das áreas restauradas. Isso se deve ao fato da presença de regenerantes na área restaurada refletirem a atuação de uma complexidade enorme de processos inerentes da dinâmica florestal, como a floração e frutificação dos indivíduos restaurados, a dispersão de sementes, a composição do banco de sementes do solo (permanente e temporário), a germinação das sementes do banco, o recrutamento de plântulas e indivíduos jovens, etc. (SILVA, 2003; BARBOSA & PIZO, 2006; JORDANO *et al.*, 2006 *Apud* BELLOTTO *et al.*, 2009).

A presença de espécies colonizadoras (não plantadas) na regeneração natural e a caracterização das síndromes de dispersão dessas espécies são indicadores dos processos ecológicos que estão atuando para garantir a chegada de novas espécies na área restaurada, promovendo assim o resgate da biodiversidade, que é o requisito principal para a sustentabilidade das áreas restauradas (BELLOTTO *et al.*, 2009).

O indicador de **Cobertura de solo pela copa** além de obter valores individuais de cobertura, poderá obter valores de cobertura da comunidade. Estes dados servirão para obtenção das estimativas de cobertura da área pelas copas dos indivíduos plantados, utilizando-se o método de interseção na linha de plantio (BELLOTTO *et al.*, 2009).

As medições de copa deverão ser tomadas com o auxílio de trena, medindo-se a projeção vertical das copas de cada indivíduo na linha de plantio. O valor de cobertura da linha (%) será obtido através da soma das copas de todos os indivíduos da parcela, dividido pela metragem total das linhas dentro da parcela. Para transformação em porcentagem, o valor resultante da divisão acima será multiplicado por 100. Os resultados de cobertura da linha devem ser interpretados separadamente por linhas de plantio com funções distintas na restauração, como linhas de pioneiras versus não pioneiras, ou linhas de preenchimento versus linhas de diversidade (NAVE & RODRIGUES, 2007 *Apud* BELLOTTO *et al.*, 2009).

A **Estratificação** representa aspectos fisionômicos da vegetação restaurada. Deve ser avaliada a presença ou não de estratos da floresta restaurada, os indivíduos de sub-bosque, do sub-dossel, dossel e emergentes. No estrato superior espera-se encontrar as espécies pioneiras e no estrato inferior espera-se encontrar as espécies tardias, que apresentam crescimento mais lento (DURIGAN, 2011).

Nesta fase de avaliação dos aspectos fisionômicos da vegetação restaurada, o enfoque em vez de ser o de cobertura da área propriamente dita, será o de descrever a estratificação da vegetação restaurada. Sendo assim, a avaliação das parcelas permanentes nessa fase enfocará a presença ou não de estratos da floresta restaurada, que nas florestas naturais é um dos descritores da elevada diversidade vegetal (BELLOTTO *et al.*, 2009).

Densidade (número de indivíduos/ha) diz respeito à contagem do número de indivíduos de espécies nativas arbustivo-arbóreas presentes na área. Nos casos de plantio em área total, esse número está diretamente relacionado ao espaçamento utilizado na implantação do projeto (ATTANASIO, 2008). Também devem ser considerados os indivíduos regenerantes. A densidade pode ter valores bem diferentes em florestas em estádios sucessionais diferentes. Inclusive bem alta em início de sucessão e menor em áreas de estágio maduro.

A diversidade ou riqueza de espécies arbustivo-arbóreas regionais presentes na área em restauração é um importante indicador do potencial de regeneração e da resiliência, bem como do sucesso do processo de restauração de maneira geral, principalmente da diversidade de espécies empregada no modelo. No entanto, apresenta dificuldade de mensuração e aplicação, tendo em vista o reduzido número de especialistas disponíveis para a identificação de espécies botânicas em campo (DURIGAN, 2011), principalmente nos órgãos fiscalizadores. Entretanto, por se tratar de um parâmetro relevante para o monitoramento do sucesso da restauração e, pela progressiva perda de biodiversidade com a recorrência de incêndios florestais (ARAGÃO & SHIMABUKURO, 2010), o mesmo foi adotado no presente trabalho.

Uma alternativa para a mensuração da riqueza de espécies nativas é sugerida por Attanasio (2008), onde, para situações de regeneração natural em estágio inicial, a riqueza pode ser avaliada pelo número de “morfoespécies”, comparando as características morfológicas entre os indivíduos regenerantes, já que é mais difícil identificar as espécies na fase juvenil.

A riqueza necessária pode ser variável em função da formação florestal a ser restaurada. Sugere-se que, em áreas de ocorrência das formações de Floresta Estacional Semidecidual e de Savana Florestada (Cerradão), a restauração florestal atinja, no período previsto em projeto, o mínimo de 80 espécies florestais nativas de ocorrência regional (ATTANASIO, 2008 e BELLOTTO *et al.*, 2009). De acordo com estudos sobre as formações florestais da região da Chapada Diamantina a riqueza de espécies arbóreas encontradas fica em torno de 81 espécies em Mata Ciliar do Rio Lençóis (FUNCH, 1997); 88 espécies em Floresta Estacional Semidecidual Submontana (COUTO *et al.*, 2011); 116 espécies em Floresta alto montana (NASCIMENTO *et al.*, 2010). Em outras formações florestais esse número pode ser menor ou maior, como por exemplo, as Florestas de Tabuleiro do Sul da Bahia, que apresentam uma riqueza arbórea bem acima do apontado aqui.

5. PRODUTO

Diretrizes Técnicas para a elaboração de projetos de restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes de Mata Atlântica na região da Chapada Diamantina.

Com base nos argumentos técnicos e científicos já discutidos e levando-se em consideração:

Os efeitos do fogo sobre os ecossistemas florestais tropicais, promovendo significativas alterações negativas na estrutura, composição e diversidade dessas formações florestais;

A degradação histórica da Mata Atlântica e a perda dos serviços ecossistêmicos que eram proporcionados pelas florestas, especialmente as formações florestais da região da Chapada Diamantina, no que se refere à provisão de recursos hídricos;

A importância de se conservar e restaurar essas formações florestais, especialmente as localizadas em áreas protegidas e de relevante interesse ecológico;

A necessidade de fazer cumprir a legislação ambiental, especialmente no que se refere à reparação de danos ambientais e de nortear a elaboração de projetos de restauração de áreas degradadas por fogo;

Sugerem-se as seguintes diretrizes técnicas para a elaboração de projetos de restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes de Mata Atlântica na região da Chapada Diamantina², Bahia. A Proposta é fundamentada em três linhas de ação: 1- Diagnóstico Ambiental, 2- Ações de Restauração Ecológica, 3- Avaliação e Monitoramento (parâmetros e/ou indicadores). (figura 7):

² Muito embora a área de estudo do trabalho seja voltada para os remanescentes florestais da região da Chapada Diamantina, acreditamos que em virtude da literatura científica utilizada, as diretrizes técnicas aqui propostas possam ser aplicadas em outras áreas de Mata Atlântica atingidas por fogo.

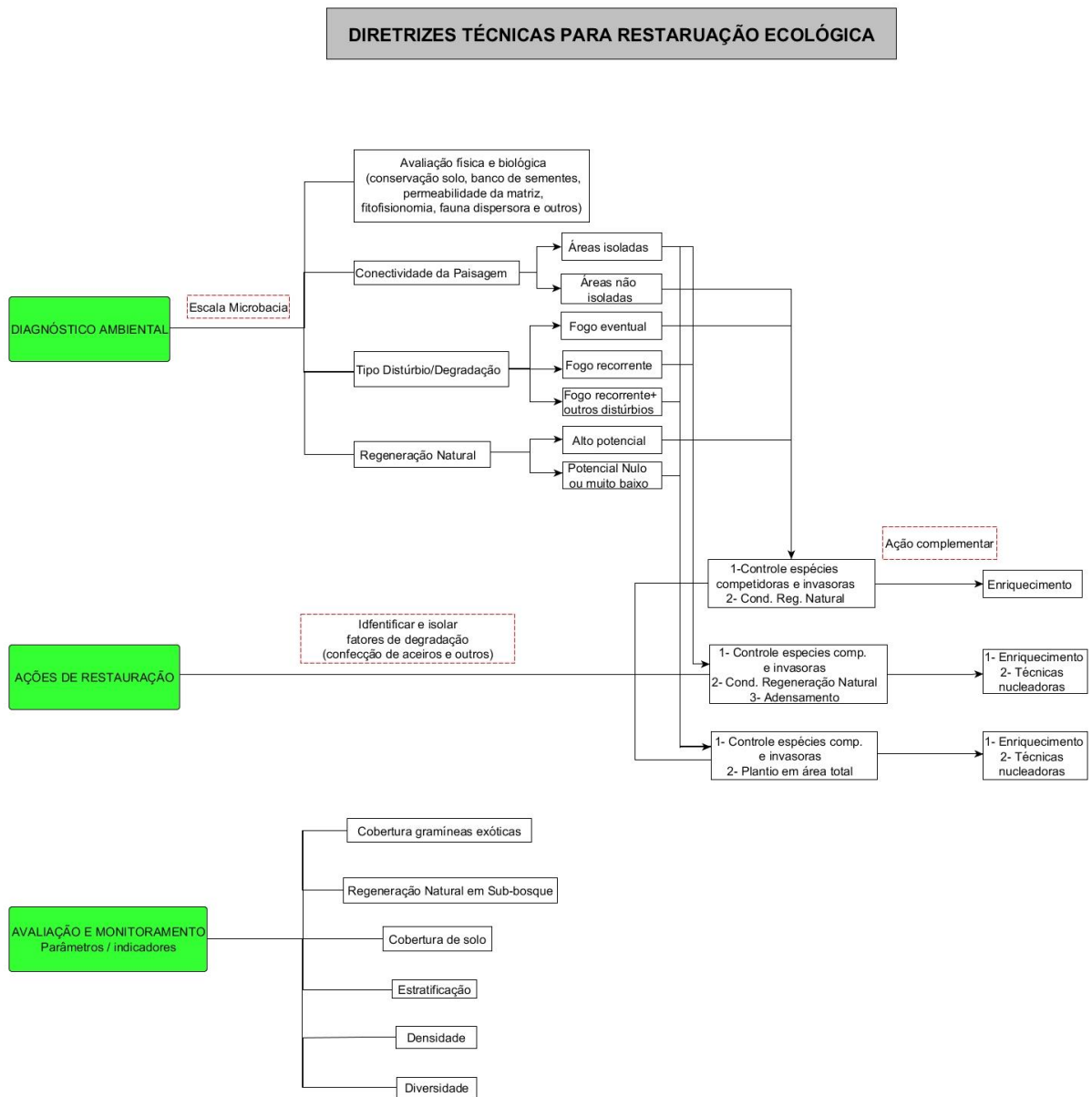


Fig. 7- Diagrama que resume a proposta de diretrizes técnicas para a elaboração de projetos de restauração de áreas degradadas por fogo em remanescentes florestais na região da Chapada Diamantina. Para maiores detalhes ver as tabelas 1 e 2.

Do Diagnóstico Ambiental

I – Diagnóstico da área impactada pelo fogo na escala da microbacia, buscando avaliar: a aptidão e o estado de conservação do solo; presença e estado da regeneração natural, o banco de sementes do solo e/ou rebrotas (potencialidade de auto-recuperação da área); a probabilidade de colonização da área a ser resturada por espécies de fragmentos florestais circundantes (permeabilidade da matriz); presença de espécies exóticas invasoras ou competidoras; a fitofisionomia da vegetação regional da área a ser restaurada e a presença de fauna dispersora de sementes.

II – Identificação das características da paisagem tais como padrões de uso e ocupação do solo, tipos de formações florestais, bem como a conectividade entre os fragmentos, utilizando-se de fotografias aéreas e imagens de satélite.

III – Caracterização de possível recorrência de incêndios florestais na área de interesse, utilizando imagens de satélite e dados de focos de calor, disponibilizados pelo INPE.

Das Ações de Restauração

IV – Identificar e isolar os fatores de degradação da área em processo de restauração e dos fragmentos florestais remanescentes circunvizinhos, tais como: eliminação da prática de queimada, construção de aceiros; instalação de cercas para isolamento de bovinos e outros; correção dos processos erosivos do solo; eliminação e controle das espécies competidoras e exóticas invasoras (principalmente gramíneas, lianas e samambaias).

V – Nas áreas não isoladas na paisagem, com ocorrência eventual de fogo e que expressam o potencial de regeneração natural é recomendado adotar a técnica de condução e indução da regeneração natural, somada a ação complementar de enriquecimento florístico e genético.

VI – Nas áreas isoladas em paisagem fragmentada, com recorrência periódica de fogo e que ainda expressam o potencial de regeneração natural é recomendado adotar as técnicas de condução da regeneração natural e adensamento das áreas onde a regeneração não se expressou, com plantio de mudas de boa cobertura de copa ou semeadura direta de preenchimento, sempre avaliando a identidade e diversidade das espécies regenerantes. Somado a isso, pode-se adotar ações complementares de enriquecimento florístico e genético e técnicas de nucleação (poleiros naturais e/ou artificiais, galharia, etc.).

VII – Nas áreas isoladas em paisagem fragmentada, que sofreram recorrência periódica de fogo, desmatamento e implantação de pastagens e/ou culturas anuais, com baixa expressão do banco de sementes e potencial de regeneração natural muito baixo ou nulo é recomendado adotar a técnica de plantio em área total com espécies dos grupos de preenchimento e de diversidade, através de mudas e/ou semeadura direta. Ações complementares de enriquecimento florístico e genético e técnicas de nucleação, também podem ser adotadas.

VIII – Utilizar espécies vegetais nativas de ocorrência regional, de acordo com a caracterização florística dos remanescentes florestais da paisagem, preferencialmente àquelas com síndrome de dispersão zoocórica.

IX - De acordo com as características específicas de cada situação identificada no diagnóstico, uma mescla de metodologias como forma de manejo adaptativo pode ser adotada ao longo do tempo, com objetivo de corrigir a trajetória e potencializar o sucesso da restauração ecológica da referida situação.

X – Deverão ser adotadas as práticas tradicionais de tratos culturais durante o processo de restauração, tais como: coroamento das mudas, adubação de cobertura, controle de formigas cortadeiras, etc.

Da Avaliação e Monitoramento (Parâmetros e/ou indicadores sugeridos):

XI - As avaliações sugeridas devem levar em consideração os intervalos de tempo e periodicidade de acordo com a fase do projeto, só devendo ser encerradas quando o mesmo

apresentar níveis aceitáveis de aprovação, de acordo com os parâmetros apresentados nos itens a seguir. (Tabela 2)

XII – Cobertura da área por gramíneas exóticas agressivas (%) – considerado aceitável entre 0 a 25%, sendo 03 avaliações mensais, no primeiro trimestre, e mais 03 trimestrais (fase de implantação).

XIII – Regeneração natural no sub-bosque (riqueza/ha) – considerado aceitável acima de 20 espécies/ha. A avaliação pode ser bianual ou única, aos cinco anos de implantação (fase de vegetação restaurada).

XIV – Cobertura do solo pela copa (%) – considerado aceitável de 40 a 60% de cobertura após 01 ano do processo de restauração; 60 a 100% após 02 anos e 100% após 03 anos. Com avaliações semestrais ao longo dos três primeiros anos, que permita recondução ou ajuste do projeto para atingir as metas ideais, necessárias para considerar o projeto de restauração como aprovado e sem necessidade de intervenções por parte do responsável.

XV – Estratificação (nº de estratos) – o aceitável são dois estratos (de espécies pioneiras e de espécies tardias). Uma avaliação única, após 03 anos de implantação do projeto de restauração.

XVI – Densidade (nº de indivíduos/ha) – considerado aceitável entre 1.500 a 1.800 indivíduos arbustivo-arbóreos/ha. Com avaliações semestrais no segundo e terceiro ano do processo de restauração (fase pós-implantação).

XVII – Diversidade (nº de espécies/ha) – para formações de Floresta Estacional Semidecidual é considerado aceitável acima de 80 espécies por hectare. Sendo uma avaliação única após 03 anos de implantação do projeto (fase de vegetação restaurada).

Tabela 2- Matriz de parâmetros e/ou indicadores sugeridos para a avaliação e monitoramento de áreas degradadas por fogo em processo de restauração por plantio de mudas ou condução da regeneração natural.

Parâmetro/Indicador	Intervalos de conformidade – Diagnósticos			Avaliações: Fase / Periodicidade
	Aceitável	Preocupante	Ações imediatas de correção	
Infestação/cobertura por gramíneas exóticas agressivas	0 a 25%	25 a 50%	acima de 50%	Fase de implantação (1 – 12 meses) / 03 mensais, nos primeiros meses e 03 trimestrais
Regeneração natural no sub-bosque (aos 5 anos) riqueza/ha	acima de 20	10 a 20	abaixo de 10	Fase vegetação restaurada (4 – 10 anos) / variável (bianual ou única)
Cobertura de solo pela copa	40 a 60%	20 a 40%	abaixo de 20%	Após 1 ano / semestral
	60 a 100%	40 a 60%	abaixo de 40%	Após 2 anos / semestral
	100%	70 a 100%	abaixo de 70%	Após 3 anos / semestral
Estratificação	2 estratos (pioneiras e tardias)	-	Somente um estrato	Após 3 anos / única
Densidade (n° indiv./ha)	1500 a 1800	1200 – 1500	abaixo de 1200	Fase Pós-implantação (1 – 3 anos) / semestral
Diversidade ou riqueza (n° de espécies/ha)	acima de 80	50 a 80	abaixo de 50	Após 3 anos / única

Adaptado de Attanasio (2008); Bellotto *et al.* (2009); Durigan (2011).

Para maior entendimento sobre a definição e medida dos parâmetros e/ou indicadores sugeridos, consultar o item 4.2.3.

A elaboração dos Projetos de Restauração com as diretrizes técnicas aqui propostas será de competência do autuado (responsável pela degradação), os quais serão submetidos à avaliação e aprovação do Órgão Ambiental, que por sua vez, poderá pautar sua decisão nestas diretrizes.

As diretrizes técnicas aqui sugeridas buscam qualificar os Projetos de Restauração de Áreas Degradadas por fogo, a serem apresentados e avaliados pelo Órgão Ambiental, em cumprimento dos instrumentos legais IN MMA n° 05/2009 e IN IBAMA n° 04/2011.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAGÃO, L. E. O. C.; SHIMABUKURO, Y. E.. The Incidence of Fire in Amazonian Forests with Implications for REDD. **Science**, vol. 328, p. 1275-1278, 2010. Disponível em: <<http://www.sciencemag.org>>. Acesso em: 13/05/2013.

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

ATTANASIO, C. M.. Manual Técnico: Restauração e Monitoramento da Mata Ciliar e da Reserva Legal para a Certificação Agrícola - **Conservação da Biodiversidade na Cafeicultura**. Piracicaba, SP: Imaflora, 2008. 60 p.

BATISTA, A. C.. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Floresta** n. 30, p. 45-54, 2000.

BECHARA, F. C.. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras**: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. 2006. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-22082006-145733/>>. Acesso em: 27/11/2012.

BEGON, M., HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R.. **Ecology**: individuals, populations and communities. Blackwell, Oxford, 1996.

BELLOTTO, A. *et al.*. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: RODRIGUES, R.R; BRANCALION, P. H. S; ISERNHAGEN, I. (Org.) **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de Restauração Ecológica**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009. p. 128-146.

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

BRASIL (1989). Decreto nº 2.661, de 8 de julho de 1989. Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771/1965. Normas de precaução ao emprego do fogo.

BRASIL (2013). Planalto - Legislação. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/legislacao>>. Acesso em: 10/06/2013.

CAMARGOS, V. L. *et al.*. Influência do fogo no banco de sementes do solo em Floresta Estacional Semidecidual. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 19-28, jan.-mar., 2013.

CASTELLANI, T.T. & STUBBLEBINE, W. H.. Sucessão secundária inicial em uma mata tropical mesófila, após perturbação por fogo. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 16, p.181-203, 1993.

COCHRANE, M. A.. Fire science for rainforests. **Nature**, v. 421. p. 913-919, 2003. Disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v421/n6926/full/nature01437.html>>. Acesso em: 12/07/2013.

COCHRANE, M. A.; SCHULZE, M. D.. Fire as a recurrent event in tropical forests of the eastern Amazon: effects on forest structure, biomass, and species composition. **Biotropica**. 31: 2-16, 1999.

CONCEIÇÃO, A.A.; PIVELLO, V.R.. Biomassa combustível em Campo Sujo no entrono do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Biodiversidade Brasileira**. ICMBIO, 2011. Ano 1, nº 2. p. 146-160. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/revistaelectronica/index.php/BioBR/article/view/112/117>>. Acesso em: 07/01/2013.

COUTINHO, L. M.. As queimadas e seu papel ecológico. **Brasil Florestal**, v. 10, p. 7-23, 1980.

COUTINHO, L.M.. Fire in the ecology of the Brazilian Cerrado. In: GOLDAMMER, J.G. (ed.). **Fire in the tropical biota - Ecosystem process and global challenge**. (Ecological Studies, v. 84). Berlim, Springer-Verlag, 1990. p. 82-105.

COUTO, A. P. L.; FUNCH, L. S.; CONCEIÇÃO, A. A.. Composição florística e fisionomia de floresta estacional semidecídua submontana na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Rodriguésia**. v. 62(2), p. 391-405. 2011.

DAMASCENO, A. C. F. **Manual sobre restauração de matas ciliares**. 2011. IICA – Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura. Salvador, BA. Disponível em: <<http://www.iica.int/Esp/regiones/sur/brasil/Lists/DocumentosTecnicosAbertos/Attachments/365/PRODUTO%203-%20Andr%C3%A9ia%20Damasceno%5B1%5D.pdf>> Acesso em: 25/10/2012.

DURIGAN, G.; LEITÃO-FILHO, H. F.; RODRIGUES, R. R.. Phytosociology and structure of a frequent burnt Cerrado vegetation in SE-Brazil. **Flora**. v. 189, p. 153-160, 1994.

DURIGAN, G. O uso de indicadores para monitoramento de áreas em recuperação. In: UEHARA, T.H. K.; GANDARA, F. B. (Org.). **Monitoramento de áreas em recuperação: subsídios à seleção de indicadores para avaliar o sucesso da restauração ecológica**. São Paulo: SMA, 2011. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/mataciliar/>>. Acesso em: 09/03/2012.

DURIGAN, G; *et al.*. **Manual para recuperação da vegetação de cerrado**. 3ª ed. rev. e atual. São Paulo : SMA, 2011. 19 p. Disponível em: <http://www.sigam.ambiente.sp.gov.br/sigam2/Repositorio/222/Documentos/Manual_recuperacao_cerrado.pdf> . Acessado em: 25/10/2012

FIEDLER, N. C. *et al.*. Efeito de Incêndios Florestais na Estrutura e Composição Florística de uma Área de Cerrado *Sensu Stricto* na Fazenda Água Limpa-DF. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.28, p. 129-138, 2004.

FUNCH, L. S.. **Composição florística e fenologia de mata ciliar e mata de encosta adjacentes ao rio Lençóis, Lençóis, Bahia**. Tese de Doutorado. UNICAMP, Campinas, 1997, 298p.

FUNCH, L.S.; FUNCH, R.R.; BARROSO, G.M. Phenology of gallery and montane forest in the Chapada Diamantina, Bahia, Brazil. **Biotropica** 34: 40-50, 2002.

FUNCH, L.S. *et al.* Florestas Estacionais Semidecíduais. In: JUNCÁ, F.A.; FUNCH, L.; ROCHA, W. (ed.). **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. 2005. p. 181-193.

FUNCH, R. R.. **Avaliação dos limites do Parque Nacional da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil, através de análise da vegetação**. Tese (Doutorado em Botânica). Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS. Feira de Santana, BA, 2006. 292p.

FUNCH, R.R.; HARLEY, R.M.; FUNCH, L.S. Mapping and evaluation of the state of conservation of the vegetation in and surrounding the Chapada Diamantina National Park, NE Brazil. **Biota Neotrop.** Vol.9 n. 2, 2009. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v9n2/en/abstract?article+bn00209022009>>. Acesso em: 11/07/2013.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Restauração de Matas Ciliares – “Alguns aspectos ecológicos importantes que devem ser considerados na Restauração de Matas Ciliares” In: BARBOSA, L.M.; SANTOS JUNIOR, N. A. (Org.). **A botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais**. São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, 2007a. p. 638-644.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.. Metodologias de Restauração Florestal. In: **Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. Fundação Cargill/OPA, 2007b. p. 109-143.

GONÇALVES, C. N. *et al.*. Recorrência dos Incêndios e Fitossociologia da Vegetação em Áreas com Diferentes Regimes de Queima no Parque Nacional da Chapada Diamantina. **Biodiversidade Brasileira**. ICMBIO. 2011. Ano 1, nº 2. p. 228-246. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/issue/view/15>>. Acesso em : 07/01/2013.

Harley, R.M.. Introduction. Pp. 1-42. In: Stannard, B.L. (ed.). **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil**. Royal Botanic Gardens, Kew, 1995.

IBAMA (2012). **Brigadas do Prevfogo em Municípios Críticos**. Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais – PREVFOGO. Brasília, DF, Março de 2012.

IBAMA (2013). Sistema de Cadastro, Arrecadação e Fiscalização – SICAFI: Relatório de Autos de Infração lavrados por código de infração (Bahia). Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/servicos/sicafi>>. Acesso em: 14/05/2013.

IBGE (1999). Folha SD.24 Salvador: potencial dos recursos hídricos/IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro. 236 p. - (Levantamento de recursos naturais; v.24, supl.). Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao>>

/monografias/GEBIS%20%20RJ/Projeto%20RADAMBRASIL/Projeto%20RADAMBRASIL%20v24%20%28Suplemento%29.pdf>. Acesso em: 23/01/2014.

ICMBIO, 2007. **Plano de Manejo do Parque Nacional da Chapada Diamantina**. Brasília, 2007. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/>>. Acesso em: 07/01/2013.

ISERNHAGEN, I.; RODRIGUES, R. R. **Recuperação de Áreas Degradadas**: Uma proposta para o Cerrado da Bacia Hidrográfica do Rio São Lourenço – Mato Grosso – Iniciativa: Famato, Sema e TNC. Brasília, 2008. 30p. Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/>>.

ISERNHAGEN, I. *et al.*. Abandono da cópia de um modelo de floresta madura e foco na restauração dos processos ecológicos responsáveis pela reconstrução de uma floresta (fase atual) In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P. H. S; ISERNHAGEN, I. (Org.) **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de Restauração Ecológica**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009a. p. 31-37.

ISERNHAGEN, I. *et al.*. Diagnóstico ambiental das áreas a serem restauradas visando a definição de metodologias de restauração florestal. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P. H. S; ISERNHAGEN, I. (Org.) **Pacto pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de Restauração Ecológica**. São Paulo: LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009b. p. 87-126.

IVANAUSKAS, N.M.; MONTEIRO, R.; RODRIGUES, R.R.. Alterations following a fire in a Forest community of Alto Rio Xingu. **Forest Ecology and Management**. v.184, p. 239-250, 2003.

LAPROVITERA, R. O. *et al.*. Condução da regeneração natural como estratégia para a recuperação de áreas degradadas. In: BARBOSA, L. M. (org.) **II Simpósio de Atualização em Recuperação de Áreas Degradadas**. 2008. Instituto de Botânica, 28 a 31/10/2008, Mogi-Guaçu, São Paulo. Disponível em: <<http://sma.visie.com.br/municipioverdeazul/files/2011/11/oficinarestambitecnicasnucleacaoais.pdf>>. Acessado em 25/10/2012.

MARTINS, S. V. *et al.*. Regeneração pós-fogo em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 2002. v. 12, n. 1, p. 11-19.

MASCARENHAS, A. S. A recomposição do dano ambiental como forma de concretização do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado. In: **Revista da Procuradoria do Instituto Federal Baiano**. Ano 3, nº 3. Salvador, 2012. P. 7-49.

MEDEIROS, M. B.; MIRANDA, H. S.. Post-fire resprouting and mortality in cerrado woody plant species over a three-year period. **Edinburgh Journal of Botany**. v.65 (1) p. 53–68, 2008.

MEDEIROS, M. B.; FIEDLER, N. C.. Heterogeneidade de Ecossistemas, Modelos de Desequilíbrio e Distúrbios. **Biodiversidade Brasileira**. ICMBIO. 2011. Ano 1, nº 2. p. 4-11. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/issue/view/15>>. Acesso em : 07/01/2013.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G.; GORENSTEIN, M. R.. Efeito do fogo sobre o banco de sementes em faixa de borda de Floresta Estacional Semidecidual, SP, Brasil. **Acta bot. bras.** v. 21(4), p. 927-934, 2007.

MELO, A. C. G. **Incêndio em Floresta Estacional Semidecidual: avaliação de impacto e estudo dos processos de regeneração.** Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007. 110 p.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G.. Impacto do fogo e dinâmica da regeneração da comunidade vegetal em borda de Floresta Estacional Semidecidual (Gália, SP, Brasil). **Revista Brasil. Bot.**, V.33, n.1, p.37-50, jan.-mar. 2010.

MÉLO, A. S. *et al.*. Suscetibilidade do ambiente a ocorrências de queimadas sob condições climáticas atuais e de futuro aquecimento global. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Viçosa, MG. v. 26, n.3, 401 - 418, 2011.

MESQUITA, F. W. *et al.*. Histórico dos Incêndios na Vegetação do Parque Nacional da Chapada Diamantina, entre 1973 e abril de 2010, com base em Imagens Landsat. **Biodiversidade Brasileira**. ICMBIO. 2011. Ano 1, nº 2. p. 228-246. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/revistaeletronica/index.php/BioBR/issue/view/15>>. Acesso em : 07/01/2013.

METZGER, J. P. Como restaurar a conectividade de paisagens fragmentadas? In: KAGEYAMA, P. Y. *et al.* (Orgs.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p.51-76.

METZGER, J. P. Conservation issues in the Brazilian Atlantic forest. **Biological Conservation**, v.142, n.6, p.1138-1140, 2009.

MILARÉ, E.; SETZER, J.; CASTANHO, R., 2013. **O compromisso de Ajustamento de Conduta e o Fundo de Defesa de Direitos Difusos: relação entre os instrumentos alternativos de defesa ambiental da Lei 7.347/1985.** Disponível em: <http://www.milare.adv.br/artigos/tac_fundo_rda.htm>. Acesso em: 17/06/2013.

MIRANDA, H. S.; BUSTAMANTE, M. M. C.; MIRANDA, A. C.. The Fire Factor. In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (eds). **The Cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**. Nova York. Columbia University Press. 2002. p. 51-68.

MIRANDA, H. S.; SATO, M. N.. Efeitos do fogo na vegetação lenhosa do Cerrado. In: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M.(Ed.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: MMA, 2005. p. 93-105.

MIRANDA, H.S.; NETO, W.N.; NEVES, B.M.C.. Caracterização das queimadas de cerrado. In: MIRANDA, H.S. (Org.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado**: Projeto Fogo. Brasília: Ibama, 2010. p. 23-33.

MIRANDA, H.S. (Org.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado**: Projeto Fogo. Brasília: Ibama, 2010. 144p.

MORTON, D. C. *et al.*. Understorey fire frequency and the fate of burned forests in southern Amazonia. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. June 2013 vol. 368, nº 20120163. Disponível em: <<http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/368/1619/20120163.full.pdf+html>> Acesso em: 09/08/2013.

NASCIMENTO, F. H. F.; GIULIETTI, A. M.; QUEIROZ, L. P.. Diversidade arbórea das florestas alto montanas no Sul da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Acta bot. bras.** v. 24(3), p. 674-685. 2010.

NEPSTAD, D. C.; MOREIRA, A. G.; ALENCAR, A. A.. **A Floresta em Chamas: Origens, Impactos e Prevenção do Fogo na Amazônia**. Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil, Brasília, Brasil, 1999. 202p.

NERY, E. R. A. *et al.*. O conceito de restauração na literatura científica e na legislação brasileira. **Revista Caititu**, Salvador, v. 1, n. 1, p. 43-56, set. 2013.

NEVES, S. P. S.; CONCEIÇÃO, A. A.. Campo rupestre recém-queimado na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: plantas de rebrota e sementes, com espécies endêmicas na rocha. **Acta bot. bras.** v. 24(3): p. 697-707, 2010.

PINTO, E. P. P. *et al.*. **A Região da Transamazônica rumo à economia de baixo carbono: estratégias integradas para o desenvolvimento sustentável**. Brasília-DF. IPAM/FVPP, 2011. 90p.

RADAMBRASIL (1981). **Levantamento de recursos naturais**. Folha SD.24 – Salvador. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Ministério das Minas e Energia, Rio de Janeiro. 624p.

REIS, A. *et al.*. **Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para os processos sucessionais**. Natureza & Conservação 1. Fundação O Boticário de Proteção à Natureza. 2003. Disponível em: <<http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/recomendados/artigos/reis2003.pdf>> Acessado em 25/10/2012.

RODRIGUES, R.R. *et al.*. Trees species resprouting from root buds in a semideciduous forest affected by fires. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Vol.47, n. 1 : p. 127-133, March 2004.

RODRIGUES, R. R. *et al.*. Atividades de adequação ambiental e restauração florestal do LERF/ESALQ/USP. **Pesq. Flor. bras., Colombo**, n.55, p. 7-21, jul./dez. 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, p. 1242–1251, 2009.

RODRIGUES, R. R. *et al.*. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 261, p. 1605–1613, 2011.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO-FILHO, H. de F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 235-247.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.. As teorias e os Processos Ecológicos Envolvidos nas Diversas Etapas da Restauração Florestal. In: BARBOSA, L.M.; SANTOS JUNIOR, N. A. (Org.). **A botânica no Brasil: pesquisa, ensino e políticas públicas ambientais**. São Paulo, Sociedade Botânica do Brasil, 2007. p. 649-654.

RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; MATTHES, L.A.F. Post-fire regeneration in a semideciduous mesophytic forest, south-eastern Brazil. In: **New research on forest ecosystems** (A. R. Burk, ed.). Nova Science Publishers, New York, 2005. v.1. p.1-19.

SANTOS, M. B.. **Enriquecimento de uma floresta em restauração através da transferência de plântulas da regeneração natural e da introdução de plântulas e mudas**. Tese de Doutorado. ESALQ, Piracicaba, 2011. 115 p.

SATO, M.N.; MIRANDA, H. S.; MAIA, J. M. F.. O fogo e o estrato arbóreo do Cerrado: efeitos imediatos e de longo prazo. In: MIRANDA, H.S. (Org.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado: Projeto Fogo**. Brasília: Ibama, 2010. p. 77-91.

SILVA, *et al.*. Impacto do fogo no componente arbóreo de uma floresta estacional semidecídua no município de Ibituruna, MG, Brasil. **Acta bot. bras.** v.19(4), p. 701-716, 2005.

SIQUEIRA, L.P.. **Monitoramento de áreas restauradas no estado de São Paulo, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002, 128p.

SOS MATA ATLÂNTICA (2013). Divulgados novos dados sobre a situação da Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.sosma.org.br/14622/divulgados-novos-dados-sobre-a-situacao-da-mata-atlantica/>>. Acesso em: 10/06/2013.

TABARELLI, M. *et al.*. Challenges and opportunities for biodiversity conservation in the Brazilian Atlantic Forest. **Conservation Biology**, v.19, n.3, p.695-700, 2005.

TABARELLI, M. *et al.*. Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes. **Biological Conservation**, v. 143, p. 2328-2340, 2010.

TAMBOSI, L. R.; SILVA, M. M.; RODRIGUES, R. R.. Adequação ambiental de propriedades rurais e priorização da restauração florestal visando otimizar o ganho de conectividade da paisagem. **Capítulo Brasileiro da Society for Conservation GIS**. São Paulo, 2012 (no prelo).

TATAGIBA, M. M. A. **Estudo da Dinâmica Espacial e Temporal dos Incêndios Florestais no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros**. Dissertação de Mestrado em Engenharia

Florestal, Publicação PPGEFL.DM-147/2010, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2010.76p.

WALTER, B. M. T.; RIBEIRO, J. F.. Diversidade fitofisionômica e o papel do fogo no Bioma Cerrado. In: MIRANDA, H.S. (Org.). **Efeitos do regime de fogo sobre a estrutura de comunidades de Cerrado**: Projeto Fogo. Brasília: Ibama, 2010. p. 59-76.

UHL, C.; CLARK, K.; MURPHY, P. Early plant succession after cutting and burning in the upper Rio Negro region of the Amazonian basin. **Journal of Ecology**. v. 69, n. 2, p. 631-649. 1981.

7. APÊNDICE 1 – Instrumentos Legais Analisados

Lista de instrumentos legais federais (em sequência hierárquica) analisados neste trabalho, que tratam dos termos restauração, recuperação, regeneração, fogo e incêndios florestais; tendo em vista o embasamento legal para restauração de áreas degradadas por fogo.

Instrumento legal analisado	Termo/Contexto abordado	Direcionamento/orientação para restauração de áreas degradadas por fogo
Constituição Federal de 1988	<p>Restauração (dos processos ecológicos essenciais).</p> <p>Recuperação (do meio ambiente degradado. Específico para exploração de recursos minerais).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p> <p>Remete para obrigação de reparação dos danos causados ao meio ambiente.</p>
Lei Federal nº 6.938/1981 (Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente)	<p>Restauração (dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente).</p> <p>Recuperação (da qualidade ambiental propícia à vida; dos recursos ambientais; de áreas contaminadas ou degradadas).</p> <p>Fogo (estabelecimento de taxas para a autorização de queima controlada).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p> <p>Prevê a obrigação do poluidor indenizar ou reparar os danos causados ao meio ambiente e a terceiros.</p>
Lei Federal nº 9.605/1998 (Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente)	<p>Recuperação (de áreas degradadas, como forma de prestação de serviços à comunidade; do meio ambiente – infração administrativa por omissão; da qualidade do meio ambiente – conversão de multa em serviços).</p> <p>Regeneração (estágios sucessivos do Bioma Mata Atlântica; natural de florestas e demais formas de vegetação – destruir, danificar, impedir ou dificultar configuram crime ambiental).</p> <p>Incêndios Florestais (provocar incêndio em mata ou floresta configura crime ambiental).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p>
Lei Federal nº 12.651/2012	<p>Restauração (da vegetação nativa e de suas funções ecológicas e sociais nas</p>	<p>Não é tratado de forma</p>

Instrumento legal analisado	Termo/Contexto abordado	Direcionamento/orientação para restauração de áreas degradadas por fogo
(Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Institui o novo Código Florestal)	<p>áreas urbanas e rurais).</p> <p>Recuperação (das florestas e demais formas de vegetação nativa; da capacidade de uso ou da estrutura física do solo; do meio ambiente; das Áreas de Preservação Permanente e de Reserva Legal; de áreas degradadas; da qualidade do meio ambiente; de bacias hidrográficas excessivamente desmatadas; de ecossistemas ou espécies ameaçadas).</p> <p>Regeneração (da Reserva Legal; natural de espécies, da vegetação nativa e das florestas; do meio ambiente; estágios de regeneração do Bioma Mata Atlântica).</p> <p>Fogo (proibição do uso na vegetação, com exceções em práticas agropastoris ou florestais; emprego da queima controlada e manejo em Unidades de Conservação; na apuração de responsabilidade por infração, necessidade de comprovar o nexo de causalidade; alternativas ao uso do fogo no meio rural).</p> <p>Incêndios Florestais (necessidade de planejamento e controle; elaboração e implantação de planos de contingência das práticas de combate; planos estratégicos de prevenção; impactos sobre mudanças climáticas e mudanças no uso da terra, conservação de ecossistemas, saúde pública e fauna).</p>	específica nesta norma.
<p>Lei Federal nº 11.428/2006</p> <p>(Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica)</p>	<p>Restauração (instituição do Fundo de Restauração do Bioma Mata Atlântica destinado ao financiamento de projetos de restauração ambiental e de pesquisa científica).</p> <p>Recuperação (da Mata Atlântica; das Áreas de Preservação Permanente; Reservas Legais; Reservas Particulares do Patrimônio Natural; entorno de</p>	Não contemplado nesta norma.

Instrumento legal analisado	Termo/Contexto abordado	Direcionamento/orientação para restauração de áreas degradadas por fogo
<p>Lei Federal 9.985/2000</p> <p>(Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC)</p>	<p>Unidades de Conservação; da fertilidade – prática de pousio; da diversidade biológica em áreas de vegetação nativa – prática de enriquecimento ecológico; da biodiversidade; de ecossistemas).</p> <p>Regeneração (estágios de regeneração do Bioma Mata Atlântica).</p> <p>Fogo (controle do fogo como prática preservacionista; atividades de prevenção, combate e controle do fogo definidas como de interesse social, imprescindíveis à proteção da vegetação nativa).</p> <p>Incêndios Florestais (A vegetação primária ou secundária em qualquer estágio de regeneração do Bioma Mata Atlântica não perderão esta classificação nos casos de incêndio ou desmatamento não autorizados).</p>	
	<p>Restauração (do ambiente natural; da diversidade de ecossistemas naturais; de ecossistemas modificados; traz significado ao termo).</p> <p>Recuperação (do ambiente natural; de populações viáveis de espécies em seus meios naturais; de ecossistemas alterados; traz significado ao termo).</p> <p>Regeneração (Proibição de práticas que impeçam a regeneração natural dos ecossistemas).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p>
<p>Decreto Federal nº 6.514/2008</p> <p>(Dispõe sobre as infrações e sanções administrativas ao meio ambiente)</p>	<p>Recuperação (do meio ambiente; da floresta para os casos de exploração irregular; de áreas degradadas – objetivo do embargo; da qualidade do meio ambiente – para efeitos de conversão de multa; dos danos ambientais).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p>

Instrumento legal analisado	Termo/Contexto abordado	Direcionamento/orientação para restauração de áreas degradadas por fogo
<p>Decreto Federal nº 6.660/2008 (Regulamenta dispositivos da Lei nº 11.428/2006)</p>	<p>Regeneração (impedir ou dificultar a regeneração natural de florestas – infração ambiental; estágios de regeneração do Bioma Mata Atlântica; do meio ambiente – função do embargo; regeneração natural como forma de recuperação de áreas degradadas).</p> <p>Fogo (uso do fogo em áreas agropastoris sem autorização – definido como infração ambiental).</p> <p>Incêndios florestais (relacionado com balões que possam provocar incêndios florestais – definido como infração ambiental).</p>	
<p>Decreto Federal nº 2.661/1998 (Regulamenta o parágrafo único do art. 27 da Lei nº 4.771/1965. Normas de precaução ao emprego do fogo)</p>	<p>Recuperação (da vegetação nativa da Mata Atlântica; da fertilidade – prática de pousio).</p> <p>Regeneração (estágios de regeneração do Bioma Mata Atlântica).</p> <p>Incêndios Florestais (implantação de aceiros para prevenção e combate).</p> <p>Fogo (trata das proibições e permissões do emprego do fogo em práticas agropastoris e florestais, mediante queima controlada).</p> <p>Incêndios Florestais (cria, no âmbito do IBAMA, o Sistema Nacional de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais PREVFOGO; uso da queima controlada para manejo do ecossistema e prevenção de incêndios; define o termo).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p> <p>Não contemplado nesta norma.</p>
<p>Decreto Federal nº 97.632/1989 (Dispõe sobre a regulamentação do artigo 2º, inciso VIII, da lei nº 6.938,</p>	<p>Recuperação (de área degradada objetivando o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p>

Instrumento legal analisado	Termo/Contexto abordado	Direcionamento/orientação para restauração de áreas degradadas por fogo
de 31/08/1981)	Específico para a exploração de recursos minerais.	
<p>Resolução CONAMA nº 429/2011 (Dispõe sobre a metodologia de recuperação das Áreas de Preservação Permanente – APPs)</p>	<p>Restauração (uso de espécies exóticas como pioneiras indutoras da restauração do ecossistema).</p> <p>Recuperação (indicação de métodos generalistas de recuperação das APPs; compatibilidade com a fitofisionomia local; da cobertura vegetal).</p> <p>Regeneração(condução da regeneração natural das espécies nativas; indução da regeneração natural considera o incremento de novas plantas a partir da rebrota).</p> <p>Fogo (adoção de medidas de prevenção, combate e controle do fogo).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p>
<p>Resolução CONAMA nº 11/1988 (Dispõe sobre as queimadas de manejo nas Unidades de Conservação)</p>	<p>Recuperação (natural de Unidades de Conservação, atingidas por fogo, através dos processos de sucessão ecológica).</p> <p>Fogo (utilização como manejo ecológico em cerrados e savanas).</p> <p>Incêndios Florestais (ações de prevenção e combate no interior de Unidades de Conservação).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p>
<p>Instrução Normativa MMA nº 05/2009 (Dispõe sobre os procedimentos metodológicos para restauração e recuperação das Áreas de Preservação Permanentes- APPs e da Reserva Legal - RL)</p>	<p>Restauração (de APPs e RL).</p> <p>Recuperação (estabelecimentos de metodologias generalistas de recuperação de APPs e RL; de áreas degradadas).</p> <p>Regeneração (condução da regeneração natural das espécies nativas; indução da regeneração natural considera o incremento de novas</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p>

Instrumento legal analisado	Termo/Contexto abordado	Direcionamento/orientação para restauração de áreas degradadas por fogo
<p>Instrução Normativa IBAMA nº 04/2011</p> <p>(Estabelece procedimentos para elaboração de Projeto de Recuperação de Área Degradada – PRAD)</p>	<p>plantas a partir da rebrota).</p> <p>Fogo (adoção de medidas de prevenção, combate e controle do fogo).</p> <p>Recuperação (de áreas degradadas; ecossistêmica; das APPs; das funções e formas ecossistêmicas; ambiental; das nascentes, dos cursos e dos corpos d'água; das funções hidrogeoambientais). De forma generalizada para qualquer ambiente e forma de degradação.</p> <p>Regeneração (biótica ou natural da vegetação nativa; natural induzida).</p> <p>Fogo (medidas de prevenção ao fogo).</p>	<p>Não contemplado nesta norma.</p> <p>O Termo de Referência (Anexo I) solicita a identificação da causa da degradação ou alteração (Exs: pecuária, agricultura, mineração, obras civis, exploração de madeira, queimadas, etc). Generalista.</p>