



LUCIANA MARIA DE SOUZA

**A REGENERAÇÃO NATURAL COMO
INDICADOR DE SUSTENTABILIDADE EM
ÁREAS EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO**

LAVRAS - MG

2014

LUCIANA MARIA DE SOUZA

**A REGENERAÇÃO NATURAL COMO INDICADOR DE
SUSTENTABILIDADE EM ÁREAS EM PROCESSO DE
RESTAURAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Restauração de Áreas Degradadas, para a obtenção do título de Doutora.

Orientadora

Dra. Soraya Alvarenga Botelho

LAVRAS – MG

2014

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e
Serviços da Biblioteca Universitária da UFLA**

Souza, Luciana Maria de.

Regeneração natural como indicador de sustentabilidade em áreas
em processo de restauração / Luciana Maria de Souza. – Lavras :
UFLA, 2014.

127 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2014.

Orientador: Soraya Alvarenga Botelho.

Bibliografia.

1. Restauração ecológica. 2. Plantio de mudas. 3. Monitoramento.
4. Diversidade. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 574.52642

LUCIANA MARIA DE SOUZA

**A REGENERAÇÃO NATURAL COMO INDICADOR DE
SUSTENTABILIDADE EM ÁREAS EM PROCESSO DE
RESTAURAÇÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Restauração de Áreas Degradadas, para a obtenção do título de Doutora.

APROVADA em 15 de agosto de 2014.

Dra. Gislene Carvalho de Castro	UFSJ
Dr. Israel Marinho Pereira	UFVJM
Dra. Regiane Aparecida Vilas Boas Faria	UFLA
Dra. Rosângela Alves Tristão Borém	UFLA

Dra. Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora

LAVRAS – MG

2014

A meus pais Francisco e Ambrozina (*in memoriam*), alicerces do que sou,
dedico este trabalho...

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente a DEUS, meu Pai, maestro da minha vida, em quem confio e agradeço toda a minha existência, lutas e vitórias.

Agradeço a meus pais, Francisco e Ambrozina, que me ensinaram as coisas mais preciosas e fundamentais na minha caminhada. De modo especial, agradeço a minha Mãe por seu amor tão especial e pela torcida em todas as situações e por ver em seus olhos o orgulho, mesmo nas pequenas vitórias e a meu Pai pela certeza de sempre estar do meu lado. Certamente não há amor maior.

Agradeço as minhas irmãs, Sandra e Fatinha, por estarem sempre ao meu lado, torcendo, vibrando, rezando, sendo amigas e mães...

Agradeço as minhas sobrinhas Ana Flávia e Jhennifer e meu sobrinho Gabriel, saibam que vocês são a minha maior alegria e orgulho, vocês são os filhos que não nasceram de mim e fazem mais leves os momentos de preocupação... titia ama muito vocês.

Agradeço ao Eraldo, meu companheiro, que me apoia e é meu porto seguro, está sempre ao meu lado para o que der e vier e a sua família que se tornou a minha também.

Agradeço aos meus amigos, tantos amigos/irmãos que passaram pela minha vida (e ficarão para sempre), e de alguma forma, mesmo que indiretamente, participaram desta grande realização. Em especial, quero citar alguns como Elma, Amanda, Alvaro, Marcela, Thaisa, Joyce, Helton, Paulo Henrique, André, Célio, Mariana, Tássia, Poly, Juliana, Nuno, Selma, Nicelle, Helane e outros que, talvez, eu tenha me esquecido de citar, mas que estiveram próximos nesta importante fase e torceram muito por mim e tornaram mais fácil esta trajetória.

Agradeço as pessoas que me ajudaram no campo, lá no Pará, como a equipe de plantio da MRN (Mineração Rio do Norte), a Socorro, ao Lorimar e

ao Sr. Miguel e tantos outros e, em especial, ao Zé Pedro, meu grande parceiro de campo.

Agradeço à Professora Soraya Alvarenga Botelho pela orientação e confiança. Agradeço de modo muito especial à amiga Regiane, minha orientadora não oficial, que tornou este trabalho possível.

Agradeço a todos os professores do Departamento de Ciências Florestais pelos ensinamentos e apoio na construção de minha formação e aos funcionários do DCF, em especial à Chica, por esses anos de ajuda.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras, esta instituição que considero uma segunda casa e que me possibilitou alçar voos tão altos que eu nunca havia sonhado. A Capes pela concessão da bolsa de estudos e a Cemig pela cessão das áreas de estudo.

Em especial agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal por todo o suporte oferecido para a realização do meu doutorado.

Obrigada!

A pecha de tumultuário dada pelos observadores levianos ao interior das florestas vem de que lhes foge justamente a coisa bela por excelência nas matas: o regime ingênito de cada espécie vegetal, o seu modo normal de crescer e engalhar, as modificações a que se submete por contingências da vizinhança. A adaptação daquele jogo de “ânsias de viver” é tão bem realizada que a flora inteira – da árvore gigantesca ao arbusto mesquinho – subsiste íntegra como um todo harmônico, esplendidamente belo, onde cada vida – orquídea, parasita, liana, musgo, ou líquen – tem uma função de nota musical em sinfonia. A floresta é um concerto sinfônico de formas, de cores, de apetites e lutas.

Monteiro Lobato.

RESUMO GERAL

Objetivou-se no presente estudo avaliar a regeneração natural em áreas em processo de restauração, há 22 anos, como indicador da restauração. Buscou-se avaliar a composição e estrutura da regeneração natural nas comunidades regenerantes e correlacioná-las com a paisagem, com diferentes estratos e associá-las a ações de restauração e alterações microclimáticas ocorridas nas áreas. O trabalho foi dividido em três capítulos. No primeiro capítulo, avaliou-se o estoque de regenerantes nas áreas e se estas demonstram capacidade de estabelecer uma comunidade florística sustentável. No segundo capítulo, avaliou-se a influência do plantio de mudas, realizado na fase inicial do processo de restauração, sobre a comunidade em regeneração natural, após 22 anos, e se as espécies plantadas são determinantes da composição florística das áreas e a relação destas com a paisagem. No terceiro capítulo, objetivou-se avaliar atributos da comunidade regenerante, em função de variáveis ambientais como a cobertura proporcionada pelo dossel e a distância da fonte de propágulos nas áreas. Observou-se que, após 22 anos, há um mosaico com áreas em diferentes graus de desenvolvimento sucessional, algumas atendem aos atributos de avaliação e desenvolveram-se se aproximando de condição de equilíbrio, já, outras necessitam de ações de manejo para que retomem ao processo sucessional. Houve uma baixa influência das espécies do plantio sobre a regeneração natural, porém houve importante participação de espécies imigrantes na composição da comunidade regenerante, o que indica que há integração das áreas em restauração com a paisagem por meio do restabelecimento de funções do ecossistema como a dispersão. Nas áreas em restauração, constataram-se diferenças na cobertura do dossel e que a cobertura não influenciou nos atributos, densidade e riqueza da regeneração natural, após 22 anos, mas foi importante na reconstrução da estrutura florestal das áreas. Já, a distância do fragmento influenciou nos atributos avaliados. Observou-se que as ações de restauração foram importantes para o restabelecimento do processo sucessional nas áreas em estudos, porém o ritmo e as trajetórias sucessional foram diferentes e há áreas que diferem bastante do ecossistema de referência, necessitando de ações adicionais para conduzi-las a uma condição de sustentabilidade.

Palavras-chave: Restauração ecológica. Plantio de mudas. Monitoramento. Diversidade.

GENERAL ABSTRACT

The objective in the present study was to evaluate the natural regeneration in areas in process of restoration for 22 years, as indicator of restoration. We sought to evaluate the natural regeneration composition and structure in regenerating communities and correlate them with the landscape, with different layers and associate them to restoration actions and microclimatic changes occurring in the area. The work was divided into three chapters. In the first chapter, the regenerating stock in the areas and whether these demonstrated the capacity for establishing a sustainable forest community was evaluated. In the second chapter, the influence of the plantation of seedlings, performed in the initial phase of the restoration process, over the naturally regenerating community, after 22 years, as well as whether the planted species are determining of the forest composition in the area and the relation of the same with the landscape. In the third chapter, the objective was to evaluate the attributes of the regenerating community in function of environmental variables such as the covering provided by the canopy and the distance of from the source of propagules in the areas. It was observed that, after 22 years, there is a mosaic with areas in different degrees of successional development, some of them meeting the evaluation attributes and approximating to the balancing conditions in its development, while others need management actions in order to resume the successional process. There was low influence of the planted species over natural regeneration, however, there was an important participation of immigrating species in the composition of the regenerating community, which indicates that there is integration of the restoring areas with the landscape by means of reestablishment of ecosystem functions such as dispersion. In the restoration areas, differences in the canopy covering were verified and the covering did not influence the attributes, density and richness of the natural regeneration, after 22 years, but was important in the reconstruction of the forest structures in the areas. The distance of the fragment influenced the evaluated attributes. It was observed that the restoration actions were important for the reestablishment of the successional process in the studied areas, however, the rhythm and successional trajectories were different and there were areas that highly differed from the reference ecosystem, needing additional actions to guide them to a sustainable condition.

Keywords: Ecological restoration. Seedling plantation. Monitoring. Diversity.

LISTA DE FIGURAS

PRIMEIRA PARTE

- Figura 1 Mapa das áreas de estudo localizadas às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, município de Nazareno, MG.....28

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 2

- Figura 1 Diagrama de Venn produzido a partir das espécies plantadas, nativas e exóticas compõem a regeneração natural, estrato arbóreo e o plantio das áreas de estudo na região do reservatório de Camargos, MG92
- Figura 2 Dendrograma da análise de agrupamento das similaridades florísticas (Sorensen) do estrato regenerante entre as seis do estudo (em processo de restauração e área de referência) no entorno da hidrelétrica de Camargos, Itutinga –MG.....95
- Figura 3 Dendrograma da análise de agrupamentos, pelo método de Ward, das similaridades florísticas (Sorensen) da composição florística das áreas em restauração (A1, A2, A3, A4, A4, AR), do plantio (Plan93), do estrato arbóreo (EAA1, EAA2, EAA3, EAA4,EAA5 e EAAR) e das áreas adjacentes (cerrado-CEPO e candeial), no entorno da hidrelétrica de Camargos, Itutinga – MG97

ARTIGO 3

Figura 1	Gráfico do modelo com resposta binomial negativa ajustado aos dados de densidade de plantas para o conjunto das seis áreas (A); Gráfico normal de probabilidade referente ao modelo log-linear binomial negativo ajustado aos dados de densidade de plantas (B).....	117
Figura 2	Gráfico do modelo com resposta binomial negativa ajustado aos dados de densidade de plantas para as áreas A4 e A5.	119
Figura 3	Gráfico do modelo com resposta binomial negativa ajustado aos dados de riqueza de espécies para o conjunto das seis áreas (A); Gráfico normal de probabilidade referente ao modelo log-linear binomial negativo ajustado aos dados de riqueza de espécies (B).....	120
Figura 4	Gráfico do modelo com resposta binomial negativa ajustado aos dados de riqueza de espécies relativos às áreas A4 e A5.....	122

LISTA DE TABELAS

PRIMEIRA PARTE

Tabela 1	Caracterização das áreas de estudo localizadas no Município de Nazareno, MG.....	29
----------	--	----

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1

Tabela 1	Caracterização das áreas de estudo localizadas no Município de Nazareno, MG.....	45
Tabela 2	Relação das espécies amostradas com informações de GE: Grupo ecológico; P: pioneiras; CL: clímax exigente em luz; CS: clímax tolerante à sombra. SD: Síndromes de dispersão: ZOO: zoocórica; ANEM: Anemocórica; AUTO: autocórica. Hábito: Arv: arbóreo; Arb: arbustivo; Arvta: arvoreta; liana; NI: não identificada. E número de indivíduos amostrados em cada avaliação.....	50
Tabela 3	Densidade de Indivíduos (ind.ha^{-1}) e riqueza de espécies amostradas no estrato regenerante em áreas em restauração e na área de referência localizadas no entorno do reservatório de Camargos, sul de Minas Gerais. % AR- Porcentagem de densidade e da riqueza em cada área em relação à área de referência tanto na primeira quanto na segunda avaliação. IM%- Incremento em da primeira para a segunda avaliação. E índices de diversidade (H') e equabilidade (J) calculados para as avaliações comparadas pelo teste t de Hutcheson.....	60

Tabela 4	Porcentagem de espécies amostradas nas áreas em restauração e área de referência classificadas quanto ao Grupo Ecológico (P- pioneiras, CL – Clímax Exigentes em Luz, CS – Clímax Tolerantes a Sombra), Síndromes de Dispersão e Hábito de Crescimento	62
----------	--	----

ARTIGO 2

Tabela 1	Espécies observadas na comunidade regenerante das áreas em restauração em Itutinga-MG (A1, A2, A3, A4, A5) e no fragmento (AR) e provável origem das espécies sendo área de referência ou fragmento (FR), utilizadas no plantio (PL) ou Imigrante (IM)	83
Tabela 2	Valores dos coeficientes de Similaridade de Sorensen calculados a partir dos dados de regeneração excluídas as espécies utilizadas no plantio	94

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE		
1	INTRODUÇÃO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3	OBJETIVOS	26
3.1	Objetivo geral	26
3.2	Objetivos específicos	26
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Localização e caracterização das áreas de estudo	27
5	CONSIDERAÇÕES	33
	REFERÊNCIAS	34
	SEGUNDA PARTE - ARTIGOS	39
	ARTIGO 1 Uso da regeneração natural como indicador da restauração ecológica	39
	ARTIGO 2 Similaridade florística entre estratos de áreas em restauração e sua integração com ecossistemas de referência	73
	ARTIGO 3 Influência do fechamento do dossel e da fonte de propágulos na diversidade e densidade da regeneração natural em áreas em processo de restauração	106

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A restauração ecológica é uma atividade deliberada, que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema com respeito à sua saúde, integridade e sustentabilidade. Com frequência, o ecossistema que requer restauração foi degradado, danificado, transformado ou totalmente destruído como resultado direto ou indireto das atividades humanas, algumas vezes potencializados por causas naturais, até um grau em que o ecossistema não pode restabelecer-se por si próprio, conforme seu estado anterior à alteração ou à sua trajetória histórica de desenvolvimento, assim a restauração visa retornar um ecossistema à sua trajetória histórica (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL -SER, 2004).

Em áreas degradadas (aquelas que perderam sua capacidade de retornar a uma condição de equilíbrio sem intervenção antrópica), em que o plantio de mudas foi utilizado como ferramenta para iniciar os processos de restauração, espera-se que as barreiras ambientais ao processo sucessional sejam superadas; e o plantio exerça um efeito “catalítico” da sucessão secundária, facilitando a regeneração natural da vegetação nativa (ENGEL; PARROTTA, 2008).

A regeneração natural constitui um dos estoques de diversidade da vegetação e representa a futura composição florística de uma área, pois mantém indivíduos para a substituição de outros indivíduos à medida que o ambiente propicia o seu recrutamento para classe de tamanho imediatamente superior. A regeneração natural é responsável pelo processo de sucessão na floresta e ocorre de acordo com as características do ambiente. O estudo qualitativo e quantitativo da regeneração natural permite conhecer este estoque e sua distribuição na comunidade vegetal, fornecendo dados que permitam previsões sobre o

comportamento e o desenvolvimento da floresta no futuro (GARCIA et al., 2011).

A avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração são fundamentais para redefinir trajetórias sucessionais, quando necessário, em áreas em processo de restauração. Para determinar se os objetivos inicialmente propostos, para a restauração, foram ou estão sendo progressivamente atingidos, é que se faz o monitoramento das áreas (BRANCALION et al., 2012), assim a SER (Society for Ecological Restoration International), por meio do documento Princípios da SER International sobre a restauração ecológica (SER, 2004), apresenta uma série de atributos que são base para determinar quando a restauração foi alcançada. Por meio das análises destes atributos, é possível avaliar se as áreas demonstram uma trajetória apropriada de desenvolvimento ecossistêmico orientado às metas ou referência desejadas.

O estudo de atributos da comunidade regenerante é fundamental para compreender os resultados dos diversos impactos antrópicos na comunidade e o rumo de sua trajetória (SOUTO; BOEGER, 2011). Estes autores afirmam que o recrutamento e o desenvolvimento das plântulas são eventos reguladores do crescimento e manutenção das populações vegetais e a sobrevivência afeta não só a abundância e a distribuição de uma população ou espécie, mas toda a composição e estrutura da comunidade e influenciam na disposição dos próximos indivíduos adultos e na dinâmica de toda a comunidade.

Após a implantação de um projeto de restauração, o monitoramento deve ser implementado por ser uma das importantes fases, pois a avaliação periódica, por meio de indicadores, indica se as metas da restauração podem ou não ser alcançadas, permitindo a adoção de medidas corretivas, se necessário (RODRIGUES et al., 2009). Segundo estes autores, ainda, não há uma definição clara dos melhores indicadores que devem ser avaliados para o monitoramento. No entanto, em estudos na Mata Atlântica, geralmente, a estrutura da vegetação,

diversidade de espécies de plantas, composição e biomassa de indivíduos plantados e regeneração, mortalidade de indivíduos plantados, e a proporção de cobertura do dossel e gramíneas exóticas e a regeneração natural são alguns indicadores utilizados.

A dinâmica da floresta tropical é muito mais veloz do que se imaginava, fazendo da sucessão secundária um dos processos mais complexos e férteis para a ciência tropical; entendê-la tem mostrado caminhos importantes nas propostas de restauração, pois a sucessão secundária é a forma dos ambientes tropicais autorregenerar sua alta diversidade e complexidade (KAGEYAMA; GANDARA; OLIVEIRA, 2008).

O efeito catalítico das plantações é em razão de mudanças microclimáticas, favorecendo a germinação e estabelecimento de plântulas, o desenvolvimento de uma camada de serrapilheira e húmus e a melhoria na fertilidade do solo. Esses fatores favorecem o estabelecimento inicial e crescimento futuro dos indivíduos, por meio do aumento da complexidade estrutural do habitat, da atração da fauna, da maior entrada de propágulos, da supressão de invasoras (gramíneas) e da exclusão de fogo, influenciando, positivamente, na rapidez e continuidade da sucessão (ENGEL; PARROTTA, 2008).

A ação de regeneração natural em ambientes florestais é dinâmica, variável no espaço e no tempo e parte integrante do ciclo de desenvolvimento das florestas, assim, conhecer o potencial de regeneração de uma área e dos fatores condicionantes é essencial para o sucesso de projetos de restauração parcial ou total da vegetação em áreas degradadas ou no manejo florestal (VENTUROLI; FELFILI; FAGG, 2011).

Daí a necessidade constante de se repensar a restauração, o que torna o monitoramento umas das etapas essenciais de todo o processo de restauração ecológica, pois além de levar à reflexão, também, permite analisar,

continuamente, a forma como a área está reagindo aos tratamentos que lhe foram impostos (BRANCALION et al., 2010), além de fornecer subsídios para o aperfeiçoamento de ações de restauração em área com condições ambientais semelhantes.

Estudos com monitoramento de áreas em restauração, há mais de vinte anos, como o do presente estudo, podem gerar muitas informações valiosas sobre o sucesso das metodologias adotadas na restauração de ecossistemas no passado, bem como da necessidade de ações reguladoras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Bradshaw (2002) classifica a degradação como um processo concomitante ao desenvolvimento das sociedades humanas e afirma que as demandas humanas atuais têm causado impactos além da capacidade do ambiente restaurar-se. Ressalta, ainda, que, além de demandas como alimentação/agricultura, madeira, transporte, recreação torna-se cada vez maior a necessidade de produção de energia a fim de sustentar o desenvolvimento econômico.

No Brasil as usinas hidrelétricas são à base da matriz energética e muitos são os impactos ambientais gerados por sua construção como a supressão total ou parcial da vegetação ciliar para a formação do reservatório, a formação de grandes áreas de empréstimo, onde são retiradas várias camadas de solo, formação de áreas de depósitos e “bota-fora”, compactação do solo pelo trânsito de máquinas pesadas, entre outros (FERREIRA et al., 2010). Com a formação de reservatórios, há a elevação do nível do rio e sítios onde antes não existia vegetação ciliar ou que apresentassem características bem distintas daquelas existentes nas faixas ciliares. Estas novas áreas passam a necessitar de ações de restauração (DAVIDE et al., 1996; FERREIRA et al., 2009).

A prática da restauração ecológica é antiga, pelo menos em suas formas mais aplicadas, como controle de erosão, reflorestamento, melhoria do habitat. No entanto, foi apenas nos últimos anos que a ciência da ecologia da restauração tornou-se um forte campo acadêmico de pesquisa básica e passou a ser publicado. Associados a este crescimento, ocorre o desejo crescente de definir uma identidade científica para a ecologia da restauração e sua relação à restauração ecológica (YOUNG; PETERSEN; CLARY, 2005).

Segundo a SER (2004), um ecossistema é considerado recuperado e restaurado, quando contém recursos bióticos e abióticos suficientes para

continuar seu desenvolvimento sem auxílio ou subsídios adicionais. O objetivo final da restauração é criar um ecossistema autossustentável que é resistente à perturbação sem mais assistência (RUIZ-JAEN; AIDE, 2005). Já, outros autores afirmam que o processo de restauração objetiva reconstituir um novo ecossistema o mais semelhante possível ao original, de modo a criar condições de biodiversidade renovável, em que as espécies tenham condições de ser autossustentáveis e que a reprodução e diversidade genética em suas populações estejam garantidas (ENGEL; PARROTA, 2003; KAGEYAMA; GANDARA, 2004).

Até a década de 80, os plantios de restauração se baseavam em práticas agronômicas ou silviculturais de plantios de espécies perenes, nativas ou exóticas. Objetivavam, basicamente, a reintrodução de espécies arbóreas numa dada área, sem a preocupação com o arranjo das espécies em campo e, geralmente, priorizando espécies mais conhecidas, de crescimento lento e madeiras nobres, muitas vezes, não adaptadas às condições do local do plantio. Nesses casos, o foco era a proteção de algum recurso natural ou a mitigação pontual de impactos anteriormente causados, com uma visão simplificada do processo de restauração florestal, buscando-se apenas a reconstrução de uma fisionomia florestal (BELLOTTO; GANDOLFI; RODRIGUES, 2009).

Os reflorestamentos realizados para a restauração de áreas ciliares, implantados a partir da década de 1980, em razão de sua pouca idade, podem ser, ainda, consideradas áreas testes, e mais estudos sobre a eficácia dos plantios em promover a restauração de ecossistemas ripários são importantes para fornecer subsídios para o planejamento da restauração destes ambientes (MELO; DURIGAN, 2007). O que se observa, nos últimos anos, é que vários estudos sobre os processos envolvidos na dinâmica de formações naturais (tanto conservadas como em diferentes graus de degradação) têm conduzido a uma significativa mudança na orientação dos programas de recuperação. Estes

buscam a reconstrução dos processos ecológicos e, portanto, das complexas interações da comunidade e, respeitando suas características intrínsecas, de forma a garantir a perpetuação da comunidade no espaço e no tempo (RODRIGUES; GANDOLFI, 2004).

A restauração, por meio do plantio de mudas com alta diversidade, é uma tarefa bastante difícil. Atualmente buscam-se novas técnicas, como a adoção do conceito de “framework species” ou espécies estruturantes, ou espécies-chave que trata da utilização de um conjunto pequeno de espécies cujos atributos são, particularmente, favoráveis para determinada condição ambiental e influenciam a estrutura da comunidade em virtude da sua abundância, distribuição espacial, biomassa, porte ou cobertura e que influenciam a ocorrência das demais espécies associadas, podendo acelerar a reestruturação da comunidade vegetal e desencadear os processos ecológicos que asseguram o funcionamento do ecossistema e que é fundamental para a restauração do ambiente (PILON; DURIGAN, 2013; SALOMÃO; SANTANA; BRIENZA JÚNIOR, 2013).

Quando se utiliza a regeneração artificial, na restauração de um ambiente degradado, faz-se necessário considerar aspectos relacionados à situação do sítio e à disponibilidade de recursos. A diversidade local e regional também, deve ser considerada, em decorrência de sua importante função na dinâmica do ecossistema e na sua autopetuação. Aplicadas às metodologias adequadas, que visam iniciar ou facilitar a retomada dos processos ecológicos, espera-se que o ecossistema degradado retome uma trajetória de desenvolvimento, o que poderia ser muito demorado se apenas processos naturais atuassem (ENGEL; PARROTTA, 2008).

A sucessão secundária é o processo de mudanças que se verifica nos ecossistemas após ocorrerem distúrbios na comunidade. Nesse processo, ocorre uma progressiva mudança na composição florística da floresta, iniciada com

base em espécies pioneiras até espécies climácicas (KAGEYAMA; GANDARA, 2004). Por meio da regeneração natural, as florestas apresentam capacidade de se recuperarem de distúrbios naturais ou antrópicos.

Ao longo do processo de sucessão das florestas secundárias, as relações são fortemente influenciadas por fatores ambientais que são responsáveis pela diferenciação da vegetação em vários níveis, variando conforme a flora, a região e a história de uso e ocupação de solo (MÜLLER et al., 2007). A intensidade dos distúrbios sofridos ao longo do tempo determina a velocidade de regeneração (WHITMORE, 1990).

Em geral, as florestas tropicais possuem alta capacidade de regeneração natural, principalmente, se estiverem próximas a uma fonte de propágulos que não se encontre demasiadamente alterada e se as terras abandonadas não tiverem sido submetidas a um uso intenso. Quanto maior a intensidade com que uma área foi utilizada, menor a possibilidade de que uma floresta secundária se regenere considerando processos naturais (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2002).

Em estudos de características estruturais da Mata Atlântica do sudeste do Brasil indica-se que estas, durante o processo sucessional, transformam-se, rapidamente, em direção aos valores observados na floresta madura, principalmente, os valores de riqueza e diversidade de espécies, porcentagem de espécies zoocóricas, espécies de sub-bosque, entre outras. E algumas florestas secundárias, após algumas décadas, já apresentam muitas das características observadas em áreas maduras, sendo independentes do tipo florestal. Florestas secundárias com idades ao redor de 80 anos apresentam riquezas e diversidades de espécies similares às observadas nas florestas maduras, porém são necessários entre 100 e 200 anos para que as mesmas atinjam valores de biomassa similares aos da floresta madura (BAIDER; TABARELLI; MANTOVANI, 1999; MELO; DURIGAN, 2007).

Assim sendo, a sucessão é um processo contínuo, que parte de etapas iniciais nas quais os fatores mais importantes são aqueles que determinam a colonização do local, como tipo de substrato, chuva de sementes, banco de sementes, brotação, até chegar a etapas mais avançadas onde a habilidade competitiva das espécies e sua tolerância às condições ambientais determinam os padrões de substituição de espécies (GUARIGUATA; OSTERTAG, 2002).

Muitas são as etapas e as transformações sofridas por uma área desde o início do processo de restauração até uma condição de equilíbrio ambiental e autossustentabilidade, afinal complexos processos e interações bióticas e abióticas estão envolvidos no desenvolvimento da trajetória de um ecossistema. Avaliar o sucesso dos projetos de restauração ecológica é fundamental para justificar o uso da restauração no manejo de recursos naturais e aperfeiçoar as técnicas empregadas, embora esta não seja uma tarefa simples (WORTLEY; HERO; HOWES, 2013).

O critério mais comumente empregado, para avaliar o sucesso de um projeto de restauração, é verificar se a comunidade reconstruída assemelha-se à original em relação às espécies dominantes, fisionomia, dentre outros. Do ponto de vista ecológico, considera-se que um projeto de reintrodução de espécies teve sucesso quando as sementes da população introduzida foram dispersas e conseguiram estabelecer uma segunda geração, então, o total sucesso de um projeto de reintrodução está relacionado com a capacidade de autopropagação de uma população, ao longo dos anos, sem que para isto necessite da intervenção humana e isto pode levar muitos anos para ser constatado, considerando-se o tempo gasto por sucessivas gerações para crescer e se manter no local (PRIMACK; RODRIGUES, 2001).

Assim, o sucesso de um programa de restauração pode ser avaliado segundo o uso de indicadores de desempenho. Idealmente, os indicadores de desempenho deveriam ser objetivos, facilmente mensuráveis, reprodutíveis e

passíveis de serem obtidos a baixo custo (ALMEIDA; SÁNCHEZ, 2005). Ainda, segundo os autores, há inúmeros parâmetros que podem ser utilizados como indicadores, mas a sua escolha deve considerar os objetivos da restauração ambiental.

A SER (2004) produziu uma cartilha que fornece uma lista de nove atributos do ecossistema como um guia para medir o sucesso da restauração. Eles sugeriram que um ecossistema restaurado deva ter os seguintes atributos: (1) a diversidade e estrutura semelhante à comunidade de referência; (2) presença de espécies nativas; (3) presença de grupos funcionais necessários para estabilidade de longo prazo; (4) capacidade do meio físico para sustentar a reprodução das populações; (5) funcionamento normal; (6) a integração com a paisagem, (7) eliminação de ameaças em potencial; (8) resiliência a perturbações naturais e (9) autossustentabilidade. Não é necessária a expressão total de todos esses atributos para demonstrar restauração. Em vez disso, somente é necessário que esses atributos demonstrem uma trajetória apropriada de desenvolvimento ecossistêmico orientado às metas ou referência desejadas.

A cartilha da SER representa um importante guia para a área de restauração, pois fornece definições e orientações para o estudo e implementação da restauração ecológica (SHACKELFORD et al., 2013).

Apesar de estes atributos poderem fornecer uma avaliação excelente do sucesso da restauração, poucos estudos têm os recursos financeiros para monitorar todos esses atributos. Além disso, as estimativas de muitos atributos, geralmente, exigem detalhados estudos de longo prazo, mas a fase de monitoramento dos projetos de restauração raramente dura mais que cinco anos (KOCH; HOBBS, 2007; RUIZ-JAEN; AIDE, 2005) e, além de avaliar esses atributos nos locais restaurados, é necessário compará-los com valores de locais de referência para estimar o nível de sucesso da restauração. Sítios de referência devem ocorrer na mesma região, perto do projeto de restauração e devem ser

expostos a perturbações naturais similares (SER, 2004), assim o ecossistema de referência ou a referência serve como modelo para planejar um projeto de restauração e, mais tarde, para sua avaliação.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Objetivou-se no presente estudo avaliar a restauração de áreas que sofreram degradação, durante a construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos e que estão em processo de restauração, há 22 anos, utilizando como indicador a regeneração natural por meio da avaliação de diferentes aspectos.

3.2 Objetivos específicos

- a) Avaliar se o estoque de plantas em regeneração natural, nas áreas em processo de restauração, demonstra capacidade de estabelecer uma comunidade futura sustentável.
- b) Avaliar a influência do plantio de mudas, realizado na fase inicial do processo de restauração sobre a comunidade regenerante, após 22 anos e, por meio da composição florística das áreas em restauração, avaliar a sua interação com a paisagem.
- c) Avaliar a influência de variáveis ambientais como a cobertura proporcionada pelo dossel e a distância da fonte de propágulos sobre os atributos densidade de indivíduos e riqueza de espécies da comunidade regenerante, em áreas em processo de restauração, há 22 anos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização e caracterização das áreas de estudo

O presente trabalho foi realizado nas proximidades da barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos, margem direita do Rio Grande, Município de Nazareno, sul de Minas Gerais. O clima da região é do tipo Cwb segundo Köppen, com verões úmidos e invernos secos (ANTUNES, 1986). A temperatura média anual de 19,6°C, com as médias mensais variando de 16°C, em julho, a 21,8°C, em fevereiro. A precipitação anual média é de 1.517 mm, concentrada (93% do total) no período de primavera e verão, e as precipitações médias mensais variam de 19,2 mm (julho) a 293,3 mm (janeiro). A vegetação da área encontra-se em uma região de transição de Floresta Estacional Semidecidual e áreas de cerrado (BERG; OLIVEIRA-FILHO, 2000).

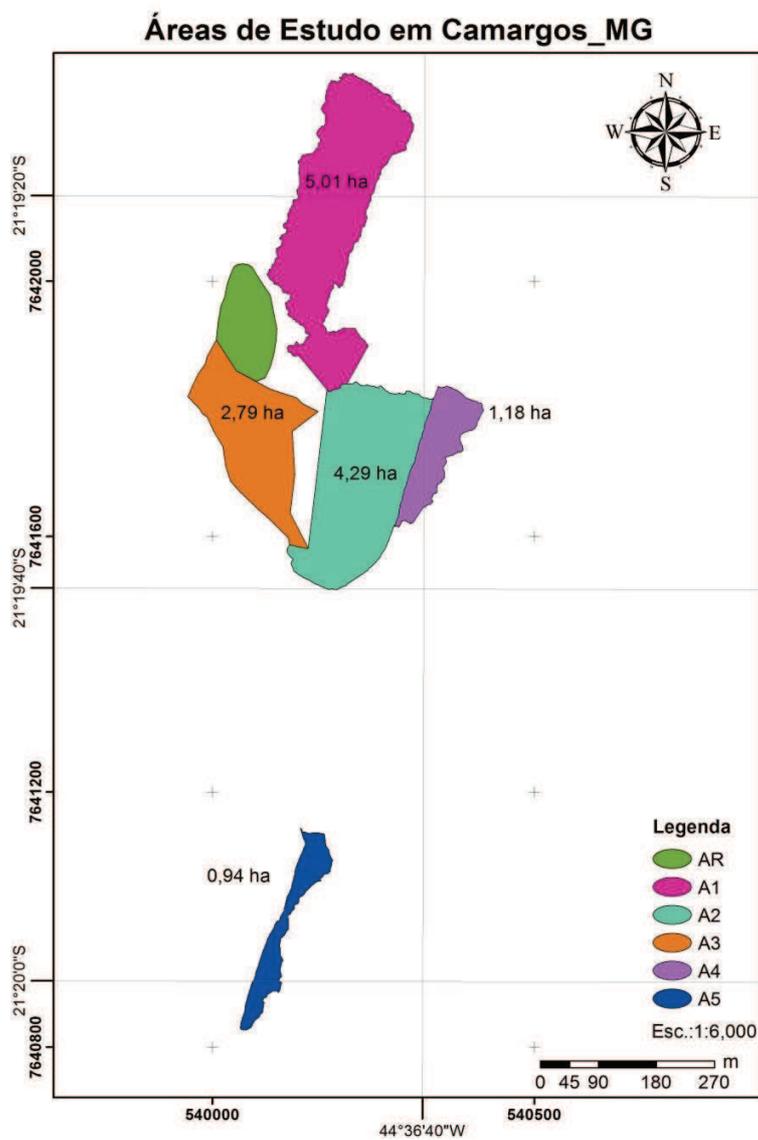


Figura 1 Mapa das áreas de estudo localizadas às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, município de Nazareno, MG

Segundo Faria (2012) e Ferreira et al. (2010), as áreas avaliadas neste estudo, na década de 1950, passaram por intenso processo de degradação (Tabela 1), algumas áreas foram utilizadas como área de empréstimo para a construção da barragem, tendo sofrido desmatamento e remoção de até 5 m de perfil do solo, outras tiveram a cobertura vegetal original removida e outras utilizadas como áreas de depósito e aeroporto. Segundo esses autores, anteriormente à degradação, a área apresentava uma declividade em torno de 15% e cobertura vegetal de porte arbóreo.

Tabela 1 Caracterização das áreas de estudo localizadas no Município de Nazareno, MG

ÁREA	TAMANHO (ha)	INTERVENÇÕES	CARACTERÍSTICAS ATUAIS
A1	5,01	Área utilizada como depósito de material na época de construção da Usina: Remoção da vegetação nativa. Compactação do solo	-Dossel formado, principalmente, na por árvores oriundas do plantio, principalmente, <i>Acacia mangium</i> . -Características de cerrado. -Solo de baixa fertilidade
A2	4,3	Área usada como pista de pouso na época da construção da barragem. Remoção da vegetação. Compactação do solo.	-Dossel formado, principalmente, da por árvores oriundas do plantio -Presença de invasoras como braquiária e capim-gordura. -Áreas com <i>Pteridium aquilinum</i> . -Solos compactados e com baixa fertilidade.
A3	2,8	Área utilizada como área de empréstimo. Retirada da vegetação nativa. Remoção de solo.	-Boa cobertura florestal. -Área próxima ao fragmento e ao curso d'água.

“Tabela 2, conclusão”

ÁREA	TAMANHO (ha)	INTERVENÇÕES	CARACTERÍSTICAS ATUAIS
A4	1,18	Área sem qualquer obra ou trânsito de veículos. Remoção da vegetação nativa.	-Solo não compactado. -Boa cobertura florestal formada por indivíduos oriundos do plantio
A5	0,94	Remoção da vegetação nativa. Compactação do solo. Encrostamento superficial.	- -Dossel formado, principalmente, por árvores oriundas do plantio. -Área mais distante do fragmento. -Solo com encrostamento superficial.
AR	1,2	Redução do tamanho (fragmentação) Efeito borda	Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual localizada em faixa ciliar próxima ao curso d'água. Solos mais úmidos. Fertilidade natural baixa.

Durante mais de 30 anos, nenhuma medida para a recuperação da área foi tomada. A rala cobertura vegetal que se desenvolveu era formada por espécies herbáceas, pouco eficientes na proteção do solo. Em 1991, o local foi novamente utilizado como área de empréstimo, visando à construção de uma enscadeira, estrutura para o desvio do curso d'água, para reparos no piso de concreto abaixo dos vertedouros. Nessa operação, foram retirados cerca de 40.000 m³ de terra, tornando a área, ainda, menos favorável aos processos naturais de estabelecimento de cobertura vegetal, gerando, assim, a necessidade de intervenção antrópica para a sua recuperação.

No mês de março de 1992, foram realizados os procedimentos para a recuperação da área. Foram construídos terraços em nível, e a área foi totalmente subsolada a 30-60 cm de profundidade, em linhas em nível a cada 1,5 m.

Posteriormente, efetuou-se o sulcamento, também, em nível, a cada 1,5 m, intercalado às linhas de subsolagem.

O plantio foi realizado no espaçamento de 1,5 x 3,0 m, em quincôncio, com base nos princípios de sucessão secundária, alternando linhas de espécies pioneiras com linhas de espécies climácicas. A adubação utilizada foi de 250 g/cova de superfosfato simples. Foi efetuada uma única adubação em cobertura, aos dois anos após o plantio, com 150 g/planta de NPK 10:30:10 (DAVIDE; FARIA, 1997).

As áreas sofreram diferentes distúrbios (TABELA 1), segundo Faria (2012), a área A1, denominada “pó de brita,” foi utilizada como área de depósito de materiais na época da construção da barragem. Nesta área foi realizada a retirada da vegetação nativa e houve alteração das características físicas do solo, principalmente, compactação. A área denominada A2 fazia parte da área de uma pista de pouso, houve intensas alterações no uso do solo, processos erosivos acentuados, movimentação de máquinas pesadas. Já, área A3, conhecida como “ensecadeira” por ser de onde foi retirado o solo para os reparos em 1991, também, houve intensas alterações no uso do solo, processos erosivos acentuados, movimentação de máquinas pesadas durante as obras de construção e reparos. A cobertura vegetal foi destruída, houve perda da camada fértil do solo, o horizonte C foi exposto e capacidade de resiliência da área totalmente afetada. A área A4 sofreu a retirada da vegetação natural, porém sem alterações nas propriedades do solo, já, na área A5, houve a remoção da vegetação nativa e por suas atuais características do solo é possível supor que esta, também, fez parte da área do aeroporto por causa da compactação, ainda, observada na área.

A área tomada como referência trata-se de um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, localizado entre área A3 e área A1, possui área de, aproximadamente, 1,2 há. Embora seja um fragmento remanescente, é possível supor que as obras de construção da barragem tenham afetado o seu

funcionamento e estrutura, em virtude da redução de sua área, aumento do efeito borda, afugentamento da fauna durante as obras e muito outros impactos diretos ou indiretos.

5 CONSIDERAÇÕES

Após 22 anos de iniciado o processo de restauração, observa-se que houve avanços quanto à restauração das áreas degradadas, e as ações de restauração foram determinantes destes avanços, no entanto, cada área apresentou ritmos e trajetórias sucessionais diferenciadas, e ações complementares serão necessárias para conduzi-las a uma condição de áreas restauradas.

A regeneração natural pode ser considerada um bom indicador do desenvolvimento do processo sucessional e da efetividade das ações de restauração, sendo capaz de fornecer informações quanto à futura composição florística das áreas e à sustentabilidade destes ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. O. P. O.; SÁNCHEZ, L. E. S. Revegetação de áreas de mineração: critérios de monitoramento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n.1, p.47-54, jan./fev. 2005.
- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. O banco de sementes de um trecho de floresta atlântica montana, São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Biologia**, Rio de Janeiro, v. 59, n. 2, p. 319-328, abr./jun. 1999.
- BELLOTTO, A.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Principais iniciativas de restauração florestal na Mata Atlântica, apresentadas sob a ótica da evolução dos conceitos e dos métodos aplicados: fase 1. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. p. 11-13.
- BERG, E. van den; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.23, n.3, p.231-253, set. 2000.
- BRADSHAW, A.D. Introduction and philosophy. In: PERROW, M. P.; DAVY, A. J. (Ed.). **Handbook of ecological restoration**. Cambridge: Cambridge University, 2002. v. 1, p. 4-9.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: MARTINS, S.V. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: UFV, 2012. p. 263-293.

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.

DAVIDE, A. C. et al. Comportamento de espécies florestais de mata ciliar em área de depleção do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, Itutinga, MG. **Cerne**, Lavras, v. 2, n. 1, p. 20-40, jan./jun.1996.

DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R. Revegetação de área de empréstimo da Usina Hidrelétrica de Camargos (CEMIG). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 3., 1997, Ouro Preto. **Anais...** Viçosa, MG: SOBRADE; UFV/DPS/DEF, 1997. p.462-473.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2003. p. 1-23.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 1-16.

FARIA, R. A. V. B. **Estoque de carbono e atributos florísticos e edáficos de ecossistemas florestais em processo de restauração**. 2012. 167 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FERREIRA, W. C. et al. Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2009.

FERREIRA, W.C. et al. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.34, n.4, p. 651-660, 2010.

GARCIA, C. C. et al. Regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta Estacional Semidecidual Montana, no domínio da Mata Atlântica, em Viçosa, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 677-688, out./dez. 2011.

GUARIGUATA, M. R.; OSTERTAG, R. Sucesión secundaria. In: GUARIGUATA, M. R.; KATTAN, G. H. (Ed.). **Ecología y conservación de bosques neotropicales**. Mexico: LUR, 2002. p. 591-618.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004. p. 249-269.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. de. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 27-48.

KOCH, J.; HOBBS, R. Synthesis: is Alcoa successfully restoring a jarrah forest ecosystem after bauxite mining in Western Australia? **Restoration Ecology**, Malden, v. 15, n. 4, p. S137-S144, Dec. 2007.

MELO, A. C. G. de; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 101-111, mar. 2007.

MÜLLER, S. C. et al. Plant functional types of wood species related to fire disturbance in forest-grassland ecotones. **Plant Ecology**, Dordrecht, v. 189, n. 1, p. 1-14, Jan. 2007.

PILON, N. A.L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de Cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.41, n.99, p.389-399, set. 2013.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina: Vida, 2001. 328p.

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

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

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

SALOMÃO, R. P.; SANTANA, A. C.; BRIENZA JÚNIOR, S. Seleção de espécies da floresta ombrófila densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 139-151, jan./mar. 2013.

SHACKELFORD, N. et al. Primed for change: developing ecological restoration for the 21st century. **Restoration Ecology**, Malden, v. 21, n.3, p. 297-304, May 2013.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL.
Princípios da SER International sobre a restauração ecológica. Tucson, 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

SOUTO, M. A. G.; BOEGER, M. R. T. Estrutura e composição do estrato regeneração e vegetação associada de diferentes estádios sucessionais no leste do Paraná. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.21, n.3, p.393-407, jul./set. 2011.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.35, n.3, p. 473-483, 2011.

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

YOUNG, T. P.; PETERSEN, D. A.; CLARY, J. J. The ecology of restoration: historical links, merging issues and unexplored realms. **Ecology Letters**, Oxford, v.8, n.6, p.662-673, 2005.

WHITMORE, T. C. **An introduction to the tropical rain forest**. Oxford: Clarendon, 1990. 226 p.

SEGUNDA PARTE - ARTIGOS

ARTIGO 1 Uso da regeneração natural como indicador da restauração ecológica

Luciana Souza^{*}

Artigo normalizado de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003), conforme exigência do Manual de Normalização e Estrutura de trabalhos acadêmicos da UFLA.

^{*} Engenheira Florestal. Universidade Federal de Lavras. vilasboaslu@yahoo.com.br

Uso da regeneração natural como indicador da restauração ecológica

RESUMO

Objetivou-se neste estudo avaliar o desenvolvimento do processo de restauração, após 22 anos, em áreas com níveis diferenciados de degradação, por meio de atributos do estoque de regenerantes. O estudo foi conduzido em cinco áreas restauradas e uma área de mata nativa, próximas à Usina Hidrelétrica de Camargos, Nazareno, MG. As áreas sofreram diferentes distúrbios, desde a supressão da vegetação nativa até uso como áreas de empréstimo. Após quatro décadas de abandono, iniciou-se a restauração por meio do plantio de mudas em área total. Para o estudo da regeneração natural, foram alocadas 132 parcelas. Fizeram-se 2 avaliações, em 2010 e 2013. Na primeira avaliação foram amostrados, nas seis áreas, 291 indivíduos, 64 espécies e 27 famílias, destacaram-se as famílias Melastomataceae e Fabaceae. Os índices de equabilidade variaram de 0,76 a 1 e os de diversidade de Shannon de 1,38 a 3,08 nats.ind^{-1} . Na segunda avaliação foram amostrados 456 indivíduos de 86 espécies e 36 famílias, destacaram-se as famílias Fabaceae e Myrtaceae. Os índices de equabilidade variaram de 0,78 a 0,93 e os índices de diversidade de 2,14 a 3,34 nats.ind^{-1} , os índices de diversidade apresentaram diferenças estatísticas significativas a 5% de significância com base no teste t de Hutcheson. Observou-se que tanto na primeira quanto na segunda avaliação predominou a síndrome de dispersão zoocórica e o hábito arbóreo. As áreas em restauração apresentaram diferenças significativas com relação aos atributos avaliados, sendo caracterizada a existência de um mosaico composto por áreas em diferentes estágios de desenvolvimento.

Palavras-chave: Plantio de mudas. Monitoramento. Floresta Estacional Semidecidual. Ecossistema de referência. Áreas degradadas.

1 INTRODUÇÃO

A restauração ecológica é uma atividade intencional que inicia ou acelera a recuperação de um ecossistema quanto ao seu estado de conservação, integridade e sustentabilidade, é uma tentativa de retornar o ecossistema à sua trajetória histórica e conduzi-lo a uma condição autossustentável (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL -SER, 2004). O plantio de mudas, como um dos componentes desta atividade, visa à restauração, sendo o papel da regeneração natural garantir o incremento da riqueza de espécies e da densidade de indivíduo, conduzindo áreas degradadas a uma condição de restauradas, capazes de se autosustentar a longo prazo, sem a necessidade de intervenção ou manejo futuro (ENGEL; PARROTTA, 2008).

A ação da regeneração natural em ambientes florestais é dinâmica, variável no espaço e no tempo e parte integrante do ciclo de desenvolvimento das florestas, assim, o conhecimento do potencial da regeneração natural de uma área e de seus fatores condicionantes é essencial para o sucesso de projetos de restauração da vegetação em áreas degradadas (VENTUROLI; FELFILI; FAGG, 2011). Por meio do estudo da regeneração natural, é possível obter a relação e a quantidade de espécies que constitui o seu estoque e realizar previsões sobre a trajetória sucessional da floresta (MARANGON et al., 2008).

A capacidade de regeneração natural de uma floresta está intimamente ligada a fatores ambientais como nível e tempo de perturbação, quantidade e qualidade do aporte de sementes, presentes na camada superficial do solo (GANDOLFI; RODRIGUES; MARTINS,

2007) e na serapilheira, presença de fragmentos florestais no entorno (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013), grau de degradação do solo, presença de condições favoráveis à germinação e desenvolvimento das plantas (MARTINS, 2009) e presença de espécies exóticas invasoras (PILON; DURIGAN, 2013), dentre outros. Todos esses fatores atuam como filtros catalisadores e ou reguladores para a dispersão e estabelecimento das espécies (BAYLÃO JUNIOR; VALCARCEL; NETTESHEIM, 2013).

A dinâmica da floresta tropical é muito mais veloz do que se imaginava, fazendo da sucessão secundária um dos processos mais complexos e fecundos para a ciência tropical. Entendê-la tem mostrado caminhos importantes nas propostas de restauração (KAGEYAMA; GANDARA; OLIVEIRA, 2008), permitindo a predição do comportamento futuro e do desenvolvimento da floresta, uma vez que a regeneração possibilita a compreensão da relação espécies *versus* ambiente, da riqueza específica e da organização espacial no estrato de regenerantes, bem como avaliar se os objetivos da restauração estão sendo alcançados (MIRANDA NETO et al., 2012).

O conjunto de dados, gerados pelas atividades de avaliações e monitoramento, possibilita a tomada de decisões sobre as intervenções silviculturais em direção à promoção da sustentabilidade nos ecossistemas florestais em restauração e fornece informações quanto ao sucesso da metodologia aplicada e a retomada de processos fundamentais à sucessão (MIRANDANETO et al., 2012). A sustentabilidade depende da “saúde” ou funcionamento do ecossistema e, portanto é no conhecimento de sua

estrutura e função que os restauradores deverão nortear seus trabalhos (ENGEL; PARROTTA, 2008).

Uma área é considerada recuperada – e restaurada – quando contar com recursos bióticos suficientes para continuar seu desenvolvimento sem assistência ou subsídio, assim, a recuperação em termos de composição de espécies e estrutura da comunidade, de processos ecológicos e de serviços ecossistêmicos são considerados critérios de sucesso, concebidos em grande medida, baseando-se na compreensão do ecossistema de referência (SER, 2004).

Portanto, objetivou-se no presente estudo avaliar o processo de restauração, após 22 anos, em áreas em processo de restauração que apresentavam níveis diferenciados de perturbação. Especificamente, o trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar se o estoque de plantas em regeneração natural nas áreas em processo de restauração demonstra capacidade de estabelecer uma comunidade futura sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi realizado na região da barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos, margem direita do Rio Grande, Município de Nazareno, sul de Minas Gerais. O clima da região é do tipo Cwb segundo Köppen, com verões úmidos e invernos secos (ANTUNES, 1986). A temperatura média anual de 19,6°C, com as médias mensais variando de 16°C, em julho, a 21,8°C, em fevereiro. A precipitação anual média é de 1.517 mm, concentrada (93% do total) no período de primavera e verão, e as precipitações médias mensais variam de 19,2 mm (julho) a 293,3 mm (janeiro). A vegetação da área encontra-se em uma região de transição de Floresta Estacional Semidecidual e áreas de cerrado (BERG; OLIVEIRA-FILHO, 2000).

O estudo foi realizado em áreas degradadas, durante a construção da barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos, na década de 1950, sendo cinco áreas que se encontram em processo de restauração, sendo elas: A1, A2, A3, A4, A5 e um fragmento de floresta Estacional Semidecidual, utilizada como ecossistema de referência (AR), cujas características são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 Caracterização das áreas de estudo localizadas no Município de Nazareno, MG

ÁREA	TAMANHO (ha)	INTERVENÇÕES	CARACTERÍSTICAS ATUAIS
A1	5,01	Área utilizada como depósito de material na época de construção da Usina: Remoção da vegetação nativa. Compactação do solo	-Dossel formado, principalmente, por árvores oriundas do plantio, principalmente, <i>Acacia mangium</i> . -Características de cerrado. -Solo de baixa fertilidade
A2	4,3	Área usada como pista de pouso na época da construção da barragem. Remoção da vegetação. Compactação do solo.	-Dossel formado, principalmente, por árvores oriundas do plantio -Presença de gramíneas invasoras braquiária e capim-gordura. -Áreas com <i>Pteridium aquilinum</i> . -Solos compactados e com baixa fertilidade.
A3	2,8	Área utilizada como área de empréstimo. Retirada da vegetação nativa. Remoção de solo.	-Boa cobertura florestal. -Área próxima ao fragmento e ao curso d'água.
A4	1,18	Área sem qualquer obra ou trânsito de veículos. Remoção da vegetação nativa.	-Solo não compactado. -Boa cobertura florestal
A5	0,94	Remoção da vegetação nativa. Compactação do solo. Encrostramento superficial.	-Dossel formado, principalmente, por árvores oriundas do plantio. -Área mais distante do fragmento. -Solo com encrostramento superficial.

“Tabela 1, conclusão”

ÁREA	TAMANHO (ha)	INTERVENÇÕES	CARACTERÍSTICAS ATUAIS
AR	1,2	Redução do tamanho (fragmentação) Efeito borda	Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual localizada em faixa ciliar próximo ao curso d’água. Solos mais úmidos. Fertilidade natural baixa.

Em 1991, iniciou-se o processo de restauração ecológica com a implantação de práticas de regeneração artificial, por meio do plantio misto de espécies nativas e exóticas, conforme descrito por Faria (2012) e Ferreira et al. (2010).

De acordo com estudos desenvolvidos por Faria (2012) e Ferreira et al. (2009), os solos da região apresentaram acidez média a elevada com altos teores de alumínio e fertilidade baixa. Esses autores ressaltam que o substrato resultante, após o processo de degradação, apresenta-se muito modificado em relação ao solo original.

Para a análise da comunidade regenerante, foram instaladas 132 parcelas permanentes com 1 m² de dimensão. Os esforços amostrais foram de 20 parcelas nas áreas AR, A1, A4 e A5, 24 parcelas na A3 e 28 na A2, definidas com auxílio do *software* ArcGis 10.1, considerando a representatividade da área.

Foram realizadas duas avaliações, a primeira no mês de outubro de 2010 e a segunda, em julho de 2013. Todos os indivíduos com altura superior a 10 cm e com diâmetro à altura do peito (DAP) máximo de 5 cm foram registrados (SCOLFORO, 2004).

Os dados de densidade e riqueza, entre áreas, foram analisados por meio do Teste de Kruskal-Wallis a 5% de significância (REYS et al., 2013). Calculou-se a Equabilidade de Pielou (J) e os índices de diversidade de Shannon (H') os quais foram comparados entre as duas avaliações considerando o Teste t de Hutcheson (NUNES et al., 2003; OLIVEIRA-FILHO et al., 2004) com o auxílio do programa Excel for Windows 2010.

As espécies amostradas foram classificadas, segundo o seu grupo ecológico, por meio da metodologia descrita por Swaine e Whitmore (1998), modificada por Oliveira-Filho et al. (1994), nas categorias: Pioneiras (P), clímax exigente em luz (CL) e clímax tolerantes à sombra (CS). Com relação às guildas de dispersão, com base em Pijl (1982), as espécies foram classificadas em zoocóricas, anemocóricas e autocóricas. Quanto ao hábito, as espécies foram classificadas, conforme potencial quando adultas em arbóreo, arbustivo, arvoreta e liana como adotado por Nunes et al. (2003).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira avaliação, realizada em 2010, 19 anos após o plantio, foram amostrados nas seis áreas, 291 indivíduos pertencentes a 64 espécies, 43 gêneros e 27 famílias botânicas (TABELA 1). As famílias botânicas mais representativas, quanto ao número de espécies, foram Melastomataceae e Fabaceae, respectivamente, 11% e 8% das espécies.

Myrsine coriacea foi à única espécie comum a todas as áreas. Trata-se de uma característica de formações secundárias, como capoeiras e capoeirões com frutos que são, avidamente, consumidos por várias espécies de pássaros, o que a torna desejável em áreas em processo de restauração. *Nectandra nitidula* e *Tapirira guianensis* que se destacaram pelo grande número de indivíduos. A espécie *N. nitidula* é frequente em matas ciliares ou locais alterados por ação antrópica, como aqueles que caracterizam as capoeiras, dentro do Domínio Cerrado e *T. guianensis* e de ampla ocorrência no território nacional, presente em quase todas as formações vegetais (LORENZI, 1992). Observa-se que a regeneração abundante dessas espécies, nas áreas em restauração, é natural em razão das suas características ecológicas e abundância nas matas da região (PINTO et al., 2005; SOUZA et al., 2012).

Na área A5, *Eremanthus incanus* destacou-se (Tabela 1), esta espécie é comum em áreas de cerrado e outras formações do domínio atlântico, possui grande capacidade de desenvolvimento em substratos formados recentemente ou em solos pouco férteis, com baixa atividade biológica, portanto tem potencial de utilização para reabilitação de áreas degradadas (SCOLFORO et al., 2002).

Na segunda avaliação, foram registrados 456 indivíduos regenerantes, pertencentes a 86 espécies, 68 gêneros e 36 famílias botânicas (TABELA 1). As famílias mais importantes com relação ao número de espécies foram Fabaceae e Myrtaceae, respectivamente 14% e 12% das espécies. As famílias Fabaceae e Myrtaceae são bastante representativas da flora da região, sendo destaque quanto ao número de espécies e indivíduos, em diversos levantamentos da vegetação no domínio atlântico, especialmente, em Floresta Estacional Semidecidual e áreas ciliares (HIGUCHI et al., 2006; MIRANDANETO, 2012; OLIVEIRA-FILHO et al., 2004; PINTO et al., 2005; REYS et al., 2013). A presença de espécies da família Fabaceae, entre as mais importantes nas áreas em restauração, pode contribuir com regeneração natural da vegetação, pois alguns gêneros possuem capacidade de fixação biológica que é decisiva nas primeiras fases da regeneração (COELHO et al., 2011), pois contribui para a melhoria das condições edáficas (ARAÚJO et al., 2006). *Miconia albicans* foi comum a todas as áreas amostradas sendo, particularmente, importante na regeneração nas áreas A1, A2 e A5. Estas são áreas que, por se localizarem nas áreas mais altas do terreno, apresentam características originais de cerrado, o que justifica a presença de *M. albicans* que é considerada uma espécie abundante no cerrado (CARREIRA; ZAIDAN, 2003).

Os atributos densidade e riqueza foram diferentes (Teste de Kruskal-Wallis, $p < 0.05$). Dentre as cinco áreas em restauração, A2 apresentou a menor densidade ($1.428 \text{ ind. ha}^{-1}$) e riqueza (4 espécies), diferindo-se das demais, exceto da área 5 ($10.000 \text{ ind. ha}^{-1}$ e 8 espécies).

Na área de referência, a densidade e a riqueza, conforme esperado, foram mais altos e diferiram das demais áreas em restauração (TABELA 2).

Tabela 2 Relação das espécies amostradas com informações de GE: Grupo ecológico; P: pioneiras; CL: clímax exigente em luz; CS: clímax tolerante à sombra. SD: Síndromes de dispersão: ZOO: zoocórica; ANEM: Anemocórica; AUTO: autocórica. Hábito: Arv: arbóreo; Arb: arbustivo; Arvta: arvoreta; liana; NI: não identificada. E número de indivíduos amostrados em cada avaliação

Família/Nome científico	GE	SD	Hábito	2010	2013
Anacardiaceae					
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	P	ZOO	Arv		4
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	P	ZOO	Arv	2	1
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	P	ZOO	Arv	28	30
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D. Mitch.	CL	ZOO	Arv		2
Annonaceae					
<i>Annona crassiflora</i> Mart.	CL	ZOO	Arv	2	
<i>Rollinia emarginata</i> Schlttdl.	CL	ZOO	Arv		1
<i>Rollinia laurifolia</i> Schlttdl.	CL	ZOO	Arv		1
<i>Rollinia sericea</i> (R.E. Fr.) R.E. Fr.	CL	ZOO	Arv		6
Apocynaceae					
Morfoespécie 1	NI	NI	Liana		1
Araliaceae					
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.	P	ZOO	Arv		1
Aquifoliaceae					
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek	P	ZOO	Arv	2	
<i>Ilex cerasifolia</i> Reissek	CS	ZOO	Arv	1	
Bignoniaceae					
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	CS	ANEM	Arv	1	
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	P	ANEM	Arv		1
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose	CL	ANEM	Arv		1

“Tabela 2, continuação”

Família/Nome científico	GE	SD	Hábito	2010	2013
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	CL	ANEM	Arv		2
<i>Pyradacus</i> sp	NI	NI	Liana		1
Boraginaceae					
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	P	ZOO	Arv		1
Burseraceae					
<i>Protium heptaphyllum</i> March.	CL	ZOO	Arv	7	
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	CL	ZOO	Arv		6
Caryocaraceae					
<i>Caryocar brasiliense</i> A.St.-Hil.	P	ZOO	Arv		1
Clethraceae					
<i>Clethra scabra</i> Pers.	P	ANEM	Arv	1	1
Asteraceae					
<i>Baccharis dentata</i> (Vell.) G.M. Barroso	P	ANEM	Arvta		3
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	P	ANEM	Arvta	4	1
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	CL	ANEM	Arv	7	12
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera	P	ANEM	Arv		1
<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H.Rob.	P	ANEM	Arb		2
Erythroxylaceae					
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.	CL	ZOO	Arv	2	2
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil.	CL	ZOO	Arv		1
Euphorbiaceae					
<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P	AUTO	Arv	1	1
<i>Croton urucurana</i> Baill.	P	AUTO	Arv	1	
<i>Gymnanthes concolor</i> Spreng.	CS	AUTO	Arv	1	
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs	CL	AUTO	Arv		1
Lacistemataceae					
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat	CS	ZOO	Arv	8	10
Lauraceae					
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez.	CS	ZOO	Arv	5	5
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F.Macbr.	CL	ZOO	Arv		1
<i>Nectandra nitidula</i> Nees & Mart.	CL	ZOO	Arv	62	30
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.	CS	ZOO	Arv	1	3

“Tabela 2, continuação”

Família/Nome científico	GE	SD	Hábito	2010	2013
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez.	CS	ZOO	Arv		2
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	CS	ZOO	Arv	2	1
Leguminosae					
<i>Acacia mangium</i> Willd.	EX	AUTO	Arv	1	1
<i>Senegalia polyphylla</i> DC.	CL	ANEM	Arv		1
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	P	AUTO	Arv		13
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	P	ANEM	Arv	7	
<i>Bauhinia forficata</i> Link	CL	AUTO	Arv		1
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	P	ANEM	Arv		1
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	CS	ZOO	Arv	16	13
<i>Inga marginata</i> Willd.	P	ZOO	Arv		3
<i>Inga vera</i> Willd.	P	ZOO	Arv	1	
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.)	P	ANEM	Arv	1	1
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Stellf.	P	ANEM	Arv	2	
<i>Machaerium nictitans</i> (Vell.) Benth	CL	ANEM	Arv	2	
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	CL	ANEM	Arv	2	
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms	CS	ZOO	Arv	2	
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	P	AUTO	Arv		8
<i>Platypodium elegans</i> Vogel	CL	ANEM	Arv		2
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	CL	ANEM	Arv	1	
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby	P	AUTO	Arvta		3
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	P	AUTO	Arv		2
Lythraceae					
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	CL	ANEM	Arv	2	5
Malvaceae					
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	P	ANEM	Arv	1	
Melastomataceae					
<i>Bellucia</i> sp	NI	NI	NI		6
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud	P	ZOO	Arvta	1	36
<i>Miconia chartacea</i> Triana	P	ZOO	Arb	24	
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	P	ZOO	Arv	1	5
<i>Miconia</i> sp	NI	NI	NI	2	1

“Tabela 2, continuação”

Família/Nome científico	GE	SD	Hábito	2010	2013
<i>Miconia tristis</i> Spring	CL	ZOO	Arv	1	
<i>Miconia hispida</i> Cogn.	CL	ZOO	Arb	2	
<i>Miconia trianaei</i> Cogn.	CL	ZOO	Arv		1
<i>Miconia pepericarpa</i> Mart. ex DC.	P	ZOO	Arb		3
<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	P	ANEM	Arv	8	
<i>Tibouchina</i> sp	NI	ANEM	NI		14
Meliaceae					
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	CS	ZOO	Arv	9	15
<i>Trichilia</i> sp	NI	NI	NI	1	
Monimiaceae					
<i>Mollinedia triflora</i> (Spreng.) Tul.	CS	ZOO	Arv		5
<i>Mollinedia widgrenii</i> A. DC.	CS	ZOO	Arv	12	
Myrtaceae					
<i>Eugenia acutata</i> Miq.	CS	ZOO	Arv		1
<i>Eugenia florida</i> DC.	CS	ZOO	Arv		19
<i>Eugenia sonderiana</i> O.Berg	CL	ZOO	Arv		1
<i>Myrcia hartwegiana</i> (O.Berg) Kiaersk.	CS	ZOO	Arv	1	
<i>Myrcia venulosa</i> DC.	CL	ZOO	Arv		17
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC	CL	ZOO	Arv	1	1
<i>Myrcia velutina</i> O.Berg	CL	ZOO	Arv	2	1
<i>Psidium guajava</i> L.	NI	ZOO	Arv	1	2
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	CS	ZOO	Arv		1
<i>Siphoneugena widgreniana</i> O.Berg	CS	ZOO	Arv		2
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.	EX	ZOO	Arv		14
Peraceae					
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.	CL	ZOO	Arv	2	1
Phyllanthaceae					
<i>Phyllanthus acuminatus</i> Vahl	CL	AUTO	Arb		4
Piperaceae					
<i>Piper aduncum</i> L.	CL	ZOO	Arvta		5
<i>Piper arboreum</i>	CL	ZOO	Arvta	2	

“Tabela 2, continuação”

Família/Nome científico	GE	SD	Hábito	2010	2013
Primulaceae					
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	CL	ZOO	Arv	3	6
<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	CL	ZOO	Arv	8	33
Rhamnaceae					
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek	CL	ZOO	Arv		1
Rosaceae					
<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl	NI	ZOO	Arv	1	
Rubiaceae					
<i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.	CS	ZOO	Arv		2
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	CS	ZOO	Arv	1	
<i>Coffea arabica</i> L.	NI	ZOO	Arb		2
<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	CL	ZOO	Arv		6
<i>Ixora brevifolia</i> Benth.	CS	ZOO	Arv		1
<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	CS	ZOO	Arvta		1
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	CL	ZOO	Arv		1
<i>Psychotria suterella</i> Muell. Arg	CL	ZOO	Arv	2	
<i>Rudgea jasminoides</i> (Cham.) Müll.Arg.	CS	ZOO	Arv		1
Rutaceae					
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	P	ZOO	Arv		1
Salicaceae					
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	CL	ZOO	Arv		12
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	CL	ZOO	Arv	7	
<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	CL	ZOO	Arv	4	4
Sapindaceae					
<i>Cupania zanthoxyloides</i> Cambess	CL	ZOO	Arb	3	11
<i>Paullinia</i> sp	NI	ZOO	NI		1
Siparunaceae					
<i>Siparuma guianensis</i> Aublet.	CL	ZOO	Arv	2	5
<i>Siparuna brasiliensis</i> (Spreng.) A. DC.	CL	ZOO	Arvta	1	1
Solanaceae					
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.	CL	ZOO	Arv	5	10

“Tabela 2, conclusão”

Família/Nome científico	GE	SD	Hábito	2010	2013
Styracaceae					
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	CL	ZOO	Arv		6
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.	CL	ZOO	Arv	4	
Symplocaceae					
<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth	CL	ZOO	Arv		1
Thymelaeaceae					
<i>Daphnopsis utilis</i> Warm	CL	ZOO	Arv		2
Total				278	454

Destaca-se que em A3, mesmo com a condição de intensa degradação inicial causada pela retirada de solo para a construção e reparos no barramento da UHE, expondo os horizontes A e B, a densidade de regenerantes e riqueza foi semelhante às áreas com níveis de degradação menos intensos (A1 e A4), onde foi retirada a vegetação nativa, porém não houve interferência no solo. Em A3, as técnicas como reafeiçoamento da área e regeneração artificial foram capazes de modificar as condições edáficas e proporcionar bom desempenho quanto aos atributos, densidade e riqueza. Acrescenta-se, ainda, que esta área localiza-se em área ciliar recebendo influências do curso d’água que proporciona melhor desenvolvimento da vegetação nessa região.

Em A2 e A5, observou-se baixa densidade e riqueza, indícios de um processo de regeneração mais lento. Estas áreas sofreram fortes alterações nas propriedades físicas do solo por intensa compactação, que a princípio não foram superadas pelo preparo do solo. A compactação solo atua como uma barreira à infiltração de água no solo e desenvolvimento do sistema radicular das plantas, que, aliado a uma baixa fertilidade,

dificulta a retomada da trajetória sucessional esperada. A compactação do solo determina, de certa maneira, as relações entre ar, água e temperatura que influenciam a germinação, a emergência das plântulas, o crescimento radicular e, praticamente, todas as fases do desenvolvimento das plantas (CAMARGO, 1983).

Nas áreas A1 (20.500 ind.ha⁻¹), A3 (25.416 ind.ha⁻¹) e A4 (11.500 ind.ha⁻¹) as densidades observadas estão acima das médias encontradas por outros autores em estudos realizados, em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, algumas com maiores períodos de restauração. Embora diferenças de densidades, em alguns trabalhos, devam-se, em parte, à época de avaliação, a critérios de inclusão, é importante ressaltar que os valores de densidade observados indicam avanço do processo de restauração ecológica. Venturoli, Felfili e Fagg (2011), em estudo realizado em Floresta Estacional Semidecidual Secundária, onde a densidade é de 6.875 a 14.219 ind.ha⁻¹ avaliaram indivíduos até um metro, em diferentes épocas do ano. Miranda Neto et al. (2012), em estudo da regeneração, realizado em áreas de Floresta Estacional Semidecidual, após 40 anos de restauração, observaram densidade de 24.225 ind.ha⁻¹. Sorreano (2002), avaliando áreas com diferentes idades de restauração (6 a 46 anos), observou densidades entre 6.000 ind.ha⁻¹ e 55.000 ind.ha⁻¹ e as idades de restauração influenciaram estes valores.

Na segunda avaliação, aos 22 anos após o início do processo de restauração, observaram-se mudanças importantes quanto aos atributos densidade e riqueza, nas áreas em restauração, principalmente, quando comparadas à área de referência. Houve um aumento de densidade e

riqueza em todas as áreas em restauração em relação à primeira avaliação (19 anos) (TABELA 3).

Aos 22 anos, áreas A1, A3 e A4 apresentaram densidade e riqueza semelhantes a AR (Teste de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$). Nas áreas A2 e A5, embora tenha ocorrido incremento na densidade e riqueza de 19 para 22 anos, ainda, apresentaram valores menores que as demais.

Na área A2, há densa cobertura de gramíneas exóticas, como braquiária e capim-gordura e a A5 apresenta severas limitações nas características físicas do solo. Nas áreas amostradas, observou-se que muitas parcelas não apresentaram qualquer indivíduo regenerante, em torno de 41,7% na primeira avaliação e 22% na segunda. Em 2013, do total de parcelas que não apresentaram regeneração, 51,7% estavam tomadas por capim gordura *Melinis minutiflora*, 20,7% por *Pteridium aquilinum* e ou outros capins como braquiária (*Urocloa* sp), e em 27,6% das parcelas simplesmente não havia regenerantes e o solo estava exposto. A maioria das parcelas sem regenerantes encontravam-se em A2 (55%) e A5 (27%). A quantidade de gramíneas exóticas, principalmente, em A2, mesmo após 22 anos do plantio das mudas, indica que o fechamento do dossel, ainda, não foi capaz de eliminá-las do ambiente. A principal consequência para o desenvolvimento florestal é que o estrato herbáceo gramíneo pode atrasar ou mesmo inibir o sucesso da regeneração de espécies arbóreas em se estabelecer no sub-bosque (SOUZA; BATISTA, 2004).

Foi observado incremento na densidade e na diversidade da primeira (19 anos), para a segunda avaliação (22 anos), em todas as áreas em processo de restauração (Tabela 3). Na área 1 o incremento percentual

(IM%) foi positivo para todas as áreas em restauração, com destaque para A2 (976%) e A3 (124%) (TABELA 3). Na Tabela 3 são apresentadas as proporções de densidade e riqueza das áreas em restauração em relação à área de referência (% AR). Em A3 em ambas as avaliações é que se observam as maiores proporções. Na segunda avaliação, a área A3 apresentou uma densidade de 102% daquela observada na AR e riqueza de 92%.

A densidade de indivíduos, principalmente aqueles nas menores classes de altura e diâmetro, é bastante suscetível a alterações no ambiente, podendo resultar em alta rotatividade de regenerantes. Salienta-se que na área A2 o elevado incremento foi registrado em razão ao fato de que aos 19 anos somente quatro indivíduos foram amostrados. Pinto e Hay (2005) afirmam que a dinâmica das comunidades vegetais é regulada por flutuações cíclicas, com períodos de alta mortalidade e outros de alto recrutamento de forma alternada e que pequenos intervalos entre avaliações pode fazer com que seja captada apenas uma parte destes possíveis ciclos.

Quanto aos índices de diversidade de Shannon, as áreas foram diferentes (teste t de Hutchenson, a 5% de significância) para os valores calculados em 2010 e 2013 (TABELA 3). A equabilidade de Pielou variou entre 0,76 a 1 em 2010, e de 0,78 a 0,93 em 2013. Os altos valores indicam não haver dominância de uma ou poucas espécies. O registro do valor 1 para equabilidade, na primeira avaliação, deve-se ao fato de que em A2 foram amostrados apenas quatro indivíduos pertencentes a quatro espécies. Os diferentes valores de Equabilidade e Diversidade, observados nas áreas em restauração, indicam estágios sucessionais diferentes.

A biodiversidade de uma área representa uma série de processos ecológicos que atuam para que a sucessão ocorra e que podem ser observados, por meio de atributos mensuráveis, como a densidade e riqueza (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013; SER, 2004).

Ao se analisar regeneração natural nas áreas A1, A3 e A4, observa-se que a densidade e riqueza destas áreas assemelhou-se à área de referência (pelo teste de Kruskal-Wallis), atendendo aos atributos estipulados pela SER para caracterizar um ambiente restaurado ou pelo menos um ambiente que está seguindo a trajetória pretendida. Principalmente a área A3 parece apresentar os atributos de uma área sustentável sob as condições ambientais existentes.

Tabela 3 Densidade de Indivíduos (ind. ha^{-1}) e riqueza de espécies amostradas no estrato regenerante em áreas em restauração e na área de referência localizadas no entorno do reservatório de Camargos, sul de Minas Gerais. % AR- Porcentagem de densidade e da riqueza em cada área em relação à área de referência tanto na primeira quanto na segunda avaliação. IM%- Incremento em da primeira para a segunda avaliação. E índices de diversidade (H') e equabilidade (J) calculados para as avaliações comparadas pelo teste t de Hutcheson

Área	Densidade (ind./ha)				
	1ª	2ª	1ª -%AR	2ª -%AR	IM-%
A1	20.500,0	39.000,0	30.15	70.27	90.24
A2	1.428,6	15.375,1	2.10	27.70	976.24
A3	25.416,7	57.083,3	37.38	102.85	124.59
A4	11.500,0	31.000,0	16.91	55.86	169.57
A5	10.000,0	12.500,0	14.71	22.52	25.00
AR	68.000,0	55.500,0	100	100	-18.38

Área	Riqueza				
	1ª	2ª	1ª -%AR	2ª -%AR	IM-%
A1	13	22	30.23	53.66	69.23
A2	4	14	9.30	34.15	250.00
A3	17	38	39.53	92.68	123.53
A4	16	24	37.21	58.54	50.00
A5	8	14	18.60	34.15	75.00
AR	43	41	100	100	-4.65

Área	Diversidade				
	J	J	H'	H'	T de Hutcheson
A1	0,76	0,78	1,95	2,43	2,20*
A2	1	0,81	1,38	2,14	5,05*
A3	0,77	0,83	2,18	3,03	5,10*
A4	0,94	0,93	2,63	2,97	2,37*
A5	0,88	0,92	1,84	2,44	3,15*
AR	0,82	0,89	3,08	3,34	2,51*

Na avaliação das síndromes de dispersão (TABELA 3), observou-se predomínio de dispersão zoocóricas, particularmente, em AR, A3, A4, A5, onde, aos 22 anos mais, de 80% das espécies são dispersas por animais. Nas A1 e A2, a porcentagem de zoocóricas aumentou entre a

avaliação aos 19 para a avaliação aos 22 anos, porém a dispersão anemocórica, ainda, é relevante. Segundo Pereira et al. (2010), a dispersão anemocórica ocorre, principalmente, entre as espécies do estágio inicial de sucessão. De acordo com esses autores, nas matas ciliares da cabeceira do Rio Grande, MG, as proporções de espécies dispersas por animais variaram de 68% a 75%.

A predominância da dispersão zoocórica indica que existe nessas áreas uma fauna dispersora que vem exercendo a sua função ambiental de maneira eficiente, o que sugere que este processo foi restabelecido, após 22 anos, o que pode ser considerado um indicador de sucesso da restauração (SER, 2004; SUGANUMA et al., 2013). Além disso, há uma relação direta entre o amadurecimento da floresta e a proporção de espécies zoocóricas (NUNES et al., 2003; SOUTO; BOEGER, 2011).

Quanto aos grupos ecológicos, observou-se que no banco de regenerantes na primeira avaliação predominou as espécies pioneiras (TABELA 3), exceto na AR. Ressalta-se que a proporção de 42% de espécies pioneiras na AR, considerando seu reduzido tamanho, pode ser em função do efeito de borda, pois este causa consequências diretas no ambiente como a diminuição da umidade, aumento da luz e temperatura, maiores impactos por ventos, variação na quantidade de nutrientes e matéria orgânica e efeitos indiretos que afetam as interações entre as espécies (REYS et al., 2013). Na segunda avaliação, em todas as áreas avaliadas, observou-se um aumento das espécies não pioneiras, com predomínio das Clímax Exigentes de Luz (CL) (TABELA 3). Observa-se que as áreas em restauração passaram a apresentar proporções mais próximas àquelas observadas na área de referência.

Em ambas as avaliações, houve predominância do hábito arbóreo. Na segunda avaliação, esse hábito predominou em mais de 80% das espécies (TABELA 3). Considerando que as árvores formam o esqueleto estrutural das florestas, que apresentam componentes de várias outras formas de vida, nas áreas em restauração é desejável que outras formas de vida as colonizem (ENGEL; PARROTTA, 2008) visando ao desenvolvimento do processo sucessional.

Tabela 4 Porcentagem de espécies amostradas nas áreas em restauração e área de referência classificadas quanto ao Grupo Ecológico (P-pioneiras, CL – Clímax Exigentes em Luz, CS – Clímax Tolerantes a Sombra), Síndromes de Dispersão e Hábito de Crescimento

	Grupo Ecológico - %											
	A1		A2		A3		A4		A5		AR	
	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013
CL	15	53	0	50	29	52	12.5	50	25	42	33	49
CS	15	5	25	8	17	27	37.5	23	12.5	25	25	34
P	70	42	75	42	54	21	50	27	62.5	33	42	17
	Síndromes de Dispersão - %											
	A1		A2		A3		A4		A5		AR	
	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013
Anemocórica	46	35	50	29	6	5	19	8	25	8	7	5
Autocórica	8	10	0	7	6	11	0	12	12.5	0	9	8
Zoocórica	46	55	50	64	88	84	81	80	62.5	92	84	87
	Hábito de crescimento - %											
	A1		A2		A3		A4		A5		AR	
	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013	2010	2013
Árvore	85	79	75	86	88	87	87.5	87.5	75	100	81	83
Arbusto	15	10.5	25	7	6	8	6.25	8	25	0	8	14
Arvoreta	0	10.5	0	7	6	5	6.25	4	0	0	11	3

O que se observa é que todos os grupos necessários, para o desenvolvimento contínuo e/ou estabilidade do ecossistema restaurado, estão representados nas áreas em restauração, mesmo que em proporções diferentes daquelas observadas na área de referência. Este é um dos atributos considerados pela SER (2004) como base para determinar quando a restauração foi alcançada, pois é essencial em um ecossistema sustentável.

A restauração ecológica pode incluir metas a curto, médio e longo prazo e, em curto prazo, espera-se que os serviços ambientais do ecossistema, principalmente aqueles relacionados ao solo, sejam restabelecidos. Em médio prazo, o enriquecimento e aumento da complexidade estrutural do habitat, aumento da biodiversidade e a regeneração de algumas espécies são os fatores a serem observados, no entanto a sustentabilidade só pode ser alcançada em longo prazo (ENGEL; PARROTTA, 2008). Após 22 anos, observa-se que muitos dos objetivos do processo de restauração realizados nas áreas foram alcançados, como a ocorrência da regeneração, aumento da diversidade, entre outros, mas constatou-se, também, a formação de um mosaico com áreas em diferentes fases de desenvolvimento sucessional. Nas áreas A2 e A5 parece haver barreiras na retomada da trajetória sucessional. Intervenções nestas áreas podem ser importantes para superar as barreiras ambientais existentes e promover a regeneração natural e o restabelecimento do processo sucessional até uma condição de equilíbrio dinâmico.

4 CONCLUSÕES

Pela avaliação das áreas de estudo demonstra-se que há diferenças nas trajetórias sucessionais das áreas, com um mosaico formado por áreas em diferentes níveis de desenvolvimento.

As áreas A1, A3, A4, quando comparadas à área de referência, apresentam atributos como densidade e riqueza, a princípio, capazes de conduzi-las a uma condição de equilíbrio e autossustentabilidade.

Nas áreas A2 e A5, são observadas barreiras ambientais que impedem o desenvolvimento do processo de restauração, assim, novas ações de manejo devem ser aplicadas a fim de auxiliar estas comunidades a alcançarem uma condição de equilíbrio e serem capazes de perpetuar-se no espaço e no tempo.

A regeneração natural pode ser considerada um indicador adequado para a avaliação do desenvolvimento sucessional de áreas em processo de restauração.

AGRADECIMENTOS

À Companhia Energética de Minas Gerais – Cemig, pela cessão das áreas de estudo. A CAPES pela concessão da bolsa de pós-graduação à primeira autora.

Use of the natural regeneration as indicator of ecological restoration

ABSTRACT

The objective in this study was to evaluate the development process of restoration, after 22 years, in areas with different levels of degradation, by means of regenerating stock attributes. The study was conducted in five restored areas in a native forest, near the Camargos Hydroelectric Power Plant, in Nazareno, MG, Brazil. The areas underwent different disturbances since the suppression of the native vegetation until the use as borrowed areas. After four decades of abandonment, the restoration process began by means of the plantation of seedlings in the total area. For the study of natural regeneration, 132 plots were allocated. Two evaluations were performed, in 2010 and 2013. In the first evaluation, in the six areas, 291 individuals, 64 species and 27 families were sampled, highlighting the Melastomataceae and Fabaceae families. The equability indexes ranged from 0.76 to 1 and the Shannon diversity indexes ranged from 1.38 to 3.08 nats.ind^{-1} . In the second evaluation, 456 individuals of 86 species and 36 families were sampled, highlighting the Fabaceae and Myrtaceae families. The equability indexes ranged from 0.78 to 0.93 and the Shannon diversity indexes ranged from 2.14 to 3.34 nats.ind^{-1} . The diversity indexes presented significant statistical differences at 5% of significance, based on the Hutcheson t test. It was observed that, in both evaluations, the zoochorous dispersion syndrome and the arboreal habit were predominant. The restoration areas presented significant differences regarding the evaluated attributes, characterizing the existence of a mosaic comprised of areas in different development stages.

Keywords: Seedling planting. Monitoring. Semideciduous Seasonal Forest. Reference ecosystem. Degraded areas.

REFERÊNCIAS

- ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.
- ARAÚJO, F. S. de et al. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.30, n.1, p.107-116, 2006.
- BAYLÃO JUNIOR, H. F.; VALCARCEL, R.; NETTESHEIM, F. C. Fatores do meio físico associados ao estabelecimento de espécies rústicas em ecossistemas perturbados na mata atlântica, Piraí, RJ, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 3, p. 305-315, jul./set. 2013.
- BERG, E. van den; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 231-253, set. 2000.
- CAMARGO, O. A. de. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44 p.
- CARREIRA, R. C.; ZAIDAN, L. B. P. Estabelecimento e crescimento inicial de *Miconia albicans* (Sw.) Triana e *Schizocentron elegans* Meissn., sob fotoperíodos controlados. **Revista Hoehnea**, São Paulo, v. 30, n.2, p. 155-161, 2003.
- COELHO, G. C. et al. Understory structure in two successional stages of a Semi-deciduous Seasonal Forest remnant of Southern Brazil. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 11, n. 3, p. 63-74, 2011.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G. de; DURIGAN, G. Ecosistema em restauração *versus* ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Revista Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p.485-498, 2013.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 1-16.

FARIA, R. A. V. B. **Estoque de carbono e atributos florísticos e edáficos de ecossistemas florestais em processo de restauração**. 2012. 167 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FERREIRA, W. C. et al. Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 1, p. 69-81, jan./mar. 2009.

FERREIRA, W. C. et al. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 651-660, 2010.

GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V. Theoretical bases of the forest ecological restoration. In: _____. **High diversity forest restoration in degraded areas**. New York: New Science, 2007. p. 27-60.

HIGUCHI, P. et al. Composição florística da regeneração natural de espécies arbóreas ao longo de oito anos em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 893-904, 2006.

KAGEYAMA, P. Y.; GANDARA, F. B.; OLIVEIRA, R. E. de. Biodiversidade e restauração da floresta tropical. In: KAGEYAMA, P. Y. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 27-48.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

MARANGON, L. C. et al. Regeneração natural em um fragmento de floresta estacional Semidecidual em Viçosa, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 32, n. 1, p. 183-191, 2008.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2009. 270 p.

MIRANDA NETO, A. et al. Estrato de regeneração natural de uma floresta restaurada com 40 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 409-420, out./dez. 2012.

NUNES, Y.R. F. et al. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento arbóreo de um fragmento de floresta Estacional em Lavras, MG. **Acta Botanica Brasilica**, Porto Alegre, v.17, n.2, p.213-229, 2003.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Effects of soils and topography on the distribution of tree species in a tropical riverine forest in south-eastern Brazil. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 10, n. 4, p. 483-508, 1994.

OLIVEIRA-FILHO, A. T. et al. Variações estruturais do compartimento arbóreo de uma floresta semidecídua alto-montana na chapada das Perdizes, Carrancas, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.27, n.2, p.291-309, abr./jun. 2004.

PEREIRA, I. M. et al. Caracterização ecológica de espécies arbóreas ocorrentes em ambientes de mata ciliar, como subsídio à recomposição de áreas alteradas nas cabeceiras do Rio Grande, Minas Gerais, Brasil. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.20, n.2, p.235-253, abr./jun. 2010.

PIJL, L. van der. **Principles of dispersal in higher plants**. 3rd ed. New York: Springer Verlag, 1982. 214 p.

PILON, N. A. L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de Cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 99, p. 389-399, set. 2013.

PINTO, J. R. R.; HAY, J. D. V. Mudanças florísticas e estruturais na comunidade arbórea de uma floresta de vale no Parque Nacional da Chapada dos Guimarães, Mato Grosso, Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 523-539, jul. 2005.

PINTO, L. V. A. et al. Estudo da vegetação como subsídio para propostas de recuperação das nascentes da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n.5, p.775-793, 2005.

REYS, P. et al. Estrutura e composição florística de um cerrado *sensu stricto* e sua importância para a proposta de restauração ecológica. **Revista Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n.3, p. 449-464, 2013.

SCOLFORO, J. R. S. **Inventário florestal**. Lavras: UFLA, 2004. 440 p.

SCOLFORO, J. R. S. et al. **Manejo sustentável da candeia *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus***. Lavras: UFLA-FAEPE, 2002. 350 p. Relatório técnico científico.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica**. Tucson, 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org>>. Acesso em: 10 mar. 2014.

SORREANO, M. C. M. **Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas, com diferentes idades**. 2002. 145 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

SOUTO, M. A. G.; BOEGER, M. R. T. Estrutura e composição do estrato regeneração e vegetação associada de diferentes estádios sucessionais no leste do Paraná. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 393-407, jul./set. 2011.

SOUZA, F. M. de; BATISTA, J. L. F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v.191, n. 1/3, p.185-200, Apr. 2004.

SOUZA, L. M. de et al. Potencial da regeneração natural como método de restauração do entorno de nascente perturbada. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 4, p. 565-576, out./dez. 2012.

SUGANUMA, M. S. et al. Ecossistemas de referência para restauração de matas ciliares: existem padrões de biodiversidade, estrutura florestal e atributos funcionais? **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n.5, p. 835-847, set./out. 2013.

SWAINE, M.D.; WHITMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forest. **Vegetation**, Chubut, v.75, n. 2, p. 81-86, 1998.

VENTUROLI, F.; FELFILI, J. M.; FAGG, C. W. Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 473-483, 2011.

ARTIGO 2 Similaridade florística entre estratos de áreas em restauração e sua integração com ecossistemas de referência

Luciana Souza[†]

Artigo normalizado, de acordo com a NBR 6022 (ABNT, 2003), conforme exigência do Manual de Normalização e Estrutura de trabalhos acadêmicos da UFLA.

[†] Engenheira Florestal. Universidade Federal de Lavras. vilasboaslu@yahoo.com.br

**Similaridade florística entre estratos de áreas em restauração e sua
integração com ecossistemas de referência**

RESUMO

Neste estudo objetivou-se avaliar a influência do plantio de mudas, realizado na fase inicial do processo de restauração de áreas degradadas, sobre a regeneração natural aos 22 anos e a similaridades das áreas em restauração com ecossistemas de referência. Foram lançadas 33 parcelas de 20 m x 20 m para a análise do estrato arbóreo e parcelas de 1x1m para o estudo dos indivíduos regenerantes, totalizando 132m². Foram amostradas, nas áreas de estudo, nas duas avaliações, 116 espécies arbóreas e arbustivas em regeneração, sendo 64 espécies em 2010 e 86 em 2013. Observou-se grande ocorrência de espécies representadas por um único indivíduo. Foram amostradas as espécies exóticas *Acacia mangium*, *Eriobotrya japonica*, *Syzygium jambolanum*, *Psidium guajava* e *Coffea arabica* na regeneração das áreas. Na comunidade regenerante, no conjunto das duas avaliações, foram amostradas 87 espécies regenerando e que não foram introduzidas nas áreas por meio do plantio de mudas. Destas, 77% (67 espécies) foram consideradas espécies imigrantes, ou seja, oriundas de outras áreas circunvizinhas que não o fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, considerado a principal fonte de propágulos de espécies na área. Segundo registros do plantio, foram implantadas 82 espécies, das quais, 47 espécies nativas não se estabeleceram, o que corresponde a 67% do total. A similaridade florística entre as áreas, em geral, foi baixa, menores que 50%, com base no coeficiente de Sorensen. O conjunto de espécies do plantio apresentou coeficientes de similaridade muito baixos, quando comparado à comunidade regenerante (de 2% a 14%). A baixa similaridade entre a composição florística do plantio e a composição florística da comunidade de regenerantes indica que processos como a dispersão de propágulos oriundos de outras áreas vêm atuando e que após 22 anos há restrições ambientais à regeneração de várias espécies plantadas sob o dossel.

Palavras-chave: Restauração ecológica. Espécies exóticas. Plantio de mudas. Regeneração natural.

1 INTRODUÇÃO

Quando uma área passa por um processo de degradação intenso e perde sua capacidade de recuperar os seus atributos estruturais e funcionais, é necessário buscar o seu restabelecimento por meio do processo de restauração ecológica. As ações de restauração visam restabelecer as interações bióticas e abióticas e as interações da área com a paisagem buscando retornar o ecossistema à sua trajetória histórica (DURIGAN; ENGEL, 2012; SANSEVERO et al., 2011; SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL - SER, 2004).

A restauração de ecossistemas deve ser abordada com uma perspectiva de paisagem espacialmente explícita, para garantir a adequação dos fluxos, das interações e os intercâmbios com os ecossistemas contíguos, assim a restauração ecológica tem como objetivo a reintegração de ecossistemas e paisagens fragmentadas (SER, 2004).

Visando iniciar ou facilitar a retomada dos processos ecológicos em um ecossistema degradado, a maioria dos projetos de restauração utiliza o plantio de mudas, que exerce um efeito catalítico da sucessão secundária e a retomada da trajetória sucessional (ENGEL; PARROTTA, 2008; SANSEVERO et al., 2011; SER, 2004). Em ações de recuperação mais antigas, o foco era, basicamente, a proteção de algum recurso natural ou a mitigação pontual de impactos anteriormente causados, com uma visão mais simplificada do processo de restauração florestal, buscando-se a reconstrução de uma fisionomia florestal (BELLOTTO; GANDOLFI; RODRIGUES, 2009), não havia uma preocupação com a reintegração do ecossistema degradado com a paisagem.

A paisagem é um mosaico heterogêneo, formado por unidades interativas e, do ponto de vista ecológico, o contexto espacial influencia sobremaneira os processos ecológicos e estas relações são fundamentais para a conservação biológica e, conseqüentemente, para a restauração (METZGER, 2001). Os ecossistemas restaurados são importantes para a conservação de espécies, para a diversificação de habitat florestal rico em espécies, para promover a conectividade estrutural e funcional da paisagem e favorecer processos ecológicos e restabelecer fluxos ecossistêmicos (BRANCALION et al., 2010).

Reflorestamentos realizados, para a restauração de áreas ciliares, implantados a partir da década de 1980, podem ser considerados áreas testes, assim estudar a eficácia destes plantios em promover a restauração de ecossistemas ripários é importante para fornecer subsídios para o planejamento da restauração de áreas com características semelhantes (MELO; DURIGAN, 2007). Além disso, poucos estudos são realizados para investigar a influência das espécies plantadas na comunidade regenerante e a identificação de filtros ambientais que atuam nos ecossistemas limitando o sucesso de projetos de restauração (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013; SOUZA; BATISTA, 2004).

Assim, objetivou-se no presente trabalho avaliar a influência do plantio de mudas, realizado na fase inicial do processo de restauração sobre a comunidade regenerante, após 22 anos e, por meio da composição florística das áreas em restauração, avaliar a sua interação com a paisagem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado na região próxima à barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos, bacia do Rio Grande, município de Nazareno, Minas Gerais. O clima da região é classificado como Cwb segundo Köppen, com verões úmidos e invernos secos (ANTUNES, 1986). A temperatura média anual de 19,61°C e a precipitação média anual é de 1.500 mm, a altitude da região é de, aproximadamente, 916 metros.

As áreas do estudo estão localizadas em uma zona ecotonal, com Floresta Estacional Semidecidual nas áreas mais baixas do terreno que sofrem maior influência do curso d'água e cerradão nas partes mais altas do terreno (BERG; OLIVEIRA-FILHO, 2000).

Avaliou-se a composição florística da regeneração natural de espécies arbóreas em seis áreas, sendo cinco áreas em processo de restauração (A1, A2, A3, A4, A5) e um Fragmento de Floresta Estacional Semidecidual tomado como área de referência (AR). As cinco áreas em restauração tiveram como causa da degradação as obras da construção da barragem da Hidrelétrica de Camargos na década de 1950. Foram realizados plantios heterogêneos de espécies nativas e exóticas na década de 1990 visando à restauração. As áreas apresentam diferentes tipos e intensidades de degradação e em todas as áreas houve a remoção da vegetação nativa. Na área A1, houve intensa compactação do solo ao ser utilizado como área de depósito de materiais, na área A2, houve, também, compactação do solo, em parte de sua área, em virtude da construção de uma pista de pouso; na área A3, inicialmente, houve a retirada da vegetação e, na década de 1990, esta área foi utilizada como área de

empréstimo para a retirada de grande quantidade de solo para reparos na barragem; na área A4, houve somente a retirada da vegetação e, na área A5, houve, também, intenso processo de compactação do solo e encrostramento superficial.

Visando estudar a influência de ecossistemas vizinhos sobre as áreas em restauração, foi avaliada a composição de espécies arbóreas em três áreas adjacentes, sendo um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, que não sofreu alteração na construção da barragem e que foi denominada área de referência (AR), por suas características e por ser o maior fragmento adjacente às áreas, um fragmento remanescente de cerradão (CEPO) e uma área denominada Candeial, onde há ampla ocorrência natural de *Eremanthus incanus*, e na época da construção foi desmatada e regenerou-se naturalmente.

Em estudos prévios, realizados nas áreas em restauração e no fragmento (AR), foram lançadas 33 parcelas de 20 x 20 m, para a análise do estrato arbóreo, em seus vértices delimitaram-se subparcelas de 1 x 1 m para o estudo dos indivíduos regenerantes. Foram realizadas duas avaliações, em setembro de 2010, após 19 anos de início do processo de restauração e, em julho de 2013, aos 22 anos. Na regeneração natural, foram registradas as alturas, os diâmetros, a altura do solo e identificados todos os indivíduos com altura maior ou igual a 10 cm e diâmetro à altura do peito (DAP a 1,3 metros do solo), menor que cinco cm, pois acima deste valor de diâmetro, os indivíduos foram avaliados no estrato arbóreo (SANSEVERO et al., 2011).

Nas áreas de cerradão e candeial não foi avaliada a regeneração natural e, para o estudo da composição florística do estrato arbóreo, foram

realizadas caminhadas aleatórias em julho de 2013. Realizou-se, também, o resgate da lista das espécies utilizadas no plantio de 1991 por meio de consulta a trabalhos anteriormente realizados nas áreas (FARIA, 2012; FERREIRA, 2010).

A similaridade florística entre as áreas foi determinada por meio da análise de agrupamento com uso de uma matriz de presença/ausência da composição de espécies, utilizou-se o coeficiente de Sørensen.

Foram feitas comparações da composição de espécies entre regeneração natural das seis áreas (A1, A2, A3, A4 e A5 e AR) em ambas as avaliações, também, o estrato arbóreo das áreas em restauração, os ecossistemas de referência (fragmento (AR), cerradão e candeial) e a relação de espécies utilizadas no plantio de 1991.

Foi calculado, também, o Coeficiente de similaridade de Sorensen, utilizando os dados do estrato regenerante entre as seis áreas do estudo (A1, A2, A3, A4 e A5 e AR) considerando apenas as espécies amostradas que constaram da relação de espécies plantadas listadas em Faria (2012), visando avaliar a similaridade entre a comunidade regenerante de cada área sem o efeito do plantio.

Foi construído um diagrama de Venn, para ilustrar as situações em que as espécies presentes na regeneração natural foram encontradas e se as espécies plantadas estavam ou não presentes na regeneração natural.

Utilizou-se o coeficiente de Sørensen como medida de similaridade florística entre as áreas e a ligação média não ponderada (UPGMA) como medida de ligação. As análises foram feitas no programa PAST 3.0 (HAMMER, 1999).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram amostradas, na regeneração natural das áreas em estudo, nas duas avaliações, 116 espécies arbóreas e arbustivas e 64 espécies foram amostradas em 2010 e 86 em 2013 (TABELA 1). Vinte e sete espécies amostradas em 2010 não foram registradas em 2013 e 58 espécies observadas em 2013 não foram registradas em 2010. Todas as áreas apresentaram, pelo menos, duas espécies exclusivas com destaque para o fragmento (com 11 espécies exclusivas em 2010 e 15 em 2013).

Em 2010, 44% das espécies foram representadas por um único indivíduo e em 2013 a proporção foi de 48%. Em diversos estudos do estrato arbóreo de áreas em restauração são relatadas porcentagens de espécies raras entre 20% a 39% (GANDARA; KAGEYAMA, 1998; GARCIA et al., 2011; SOUZA et al., 2003), no entanto, estas porcentagens dizem respeito às comunidades arbóreas adultas, para a regeneração natural espera-se que estes valores sejam maiores (GARCIA et al., 2011).

A riqueza de espécies encontrada nas áreas pode ser considerada alta quando comparada a outros trabalhos, Garcia et al. (2011), em estudo da regeneração natural em um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG, após 48 anos de abandono, amostraram 140 espécies. Miranda Neto et al. (2012), em uma área restaurada por meio do plantio de mudas há 40 anos, também, em Viçosa (MG), amostraram 102 espécies. Enquanto Paula et al. (2002) amostraram 94 espécies no estrato arbóreo de uma área em regeneração desde 1926 (88 anos) em áreas de Floresta Estacional Semidecidual.

Nas avaliações do estrato regenerante foram amostradas pelo menos 87 espécies que não foram introduzidas nas áreas por meio do plantio (FIGURA 1). Dessas 77% (67 espécies) não foram amostradas no fragmento que é a principal fonte de propágulos da região (TABELA 1). O fato de as plantas que formarão o futuro dossel serem, predominantemente, de espécies nativas, oriundas de outras localidades, indica que as áreas em restauração mantêm relação com a paisagem, garantindo seu enriquecimento gradual (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013). Segundo a SER (2004), um ambiente restaurado interagirá com ecossistemas contíguos em termos de fluxos bióticos e abióticos, logo a dispersão de propágulos que levou ao enriquecimento natural das áreas demonstra esta interação.

No plantio realizado em 1991, foram utilizadas 82 espécies arbóreas (FARIA, 2012) e, deste total, 12 eram exóticas. Somente quatro espécies exóticas plantadas foram encontradas no estrato regenerante: *Acacia mangium*, *Eriobotrya japonica*, *Syzygium jambolanum* e *Psidium guajava*. Embora não tenha sido plantada na área, observou-se a ocorrência da espécie exótica *Coffea arabica*, comumente dispersa por aves (Figura 1).

A espécie *Acacia mangium* foi amostrada na regeneração das áreas A1, na primeira avaliação e em A2, na segunda. Durante o levantamento florístico realizado no cerrado adjacente (CEPO), foram observados indivíduos regenerantes e jovens desta espécie. Deve ser dada atenção ao desenvolvimento das espécies exóticas nas áreas em restauração, pois essas espécies representam certo risco, pois podem ter capacidade de competir e até substituir espécies nativas (ASSIS et al.,

2013). Segundo a SER (2004), um ecossistema restaurado consiste de espécies nativas até o máximo grau possível, no entanto em ecossistemas que sofreram a influência conjunta dos processos naturais e da organização imposta pelo ser humano, depois de restaurados, permite-se a ocorrência de espécies exóticas domesticadas e de espécies ruderais não invasoras.

Tabela 1 Espécies observadas na comunidade regenerante das áreas em restauração em Itutinga- MG (A1, A2, A3, A4, A5) e no fragmento (AR) e provável origem das espécies sendo área de referência ou fragmento (FR), utilizadas no plantio (PL) ou Imigrante (IM)

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE
	1ª	2ª											
Anacardiaceae													
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.					2		2						FR; PL
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi			2										FR; PL
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	1		1	18	21	1	2		2	5	4		PL;
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.						1						1	FR
Annonaceae													
<i>Annona crassiflora</i> Mart.			1				1						IM
<i>Rollinia emarginata</i> Schlttdl.												1	IM
<i>Rollinia laurifolia</i> Schlttdl.						1							IM
<i>Rollinia sericea</i> (R.E. Fr.) R.E. Fr.			1		3		2						IM
Apocynaceae													
Morfoespécie 1												1	IM
Araliaceae													
<i>Dendropanax cuneatus</i> (DC.) Decne. & Planch.												1	FR; PL
Aquifoliaceae													
<i>Ilex theezans</i> Mart. ex Reissek												2	IM
<i>Ilex cerasifolia</i> Reissek												1	IM

“Tabela 1, continuação”

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE
	1ª	2ª											
Bigoniaceae													
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos						1							PL
<i>Handroanthus chrysoirichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	1												PL
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.O.Grose							1						PL
<i>Jacaranda puberula</i> Cham.						2							IM
<i>Pryadacus</i> sp												1	IM
Boraginaceae													
<i>Cordia sellowiana</i> Cham.							1						FR
Burseraceae													
<i>Protium heptaphyllum</i> March.											4		FR
<i>Protium spruceanum</i> (Benth.) Engl.	1						1					4	IM
Caryocaraceae													
<i>Caryocar brasiliense</i> A.St.-Hil.											1		IM
Clethraceae													
<i>Clethra scabra</i> Pers.												1	IM
Asteraceae													
<i>Baccharis dentata</i> (Vell.) G.M. Barroso											3		IM
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.												1	IM

“Tabela 1, continuação”

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE
	1ª	2ª											
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.		6				2					4		IM
<i>Gochnatia polymorpha</i> (Less.) Cabrera				1									FR
<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H. Rob.				2									FR
Erythroxylaceae													
<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil.						2						1	IM
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil.												1	IM
Euphorbiaceae													
<i>Croton floribundus</i> Spreng.									1				FR; PL
<i>Croton urucurana</i> Baill.												1	PL
<i>Gynnanthes concolor</i> Spreng.													IM
<i>Sebastiania commersoniana</i> (Baill.) L.B.Sm. & Downs		1											IM
Lacistemataceae													
<i>Lacistema hasslerianum</i> Chodat						1						7	IM
Lauraceae													
<i>Cryptocarya aschersoniana</i> Mez.						2		1				2	FR
<i>Endlicheria paniculata</i> (Spreng.) J.F. Macbr.													IM
<i>Nectandra nitidula</i> Nees & Mart.						13	24		2			34	FR; PL

“Tabela 1, continuação”

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE
	1ª	2ª											
<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees & Mart.			1				1	2					FR
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez.					1			1					IM
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez			1		1							1	FR
Fabaceae													
<i>Acacia mangium</i> Willd.	1		1										PL
<i>Acacia polyphylla</i> DC.					1								IM
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan			4			3							PL
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.			10			3							FR; PL
<i>Bauhinia forficata</i> Link	1												FR; PL
<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	1												IM
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.			1	1	3	1	1	1	12	8			FR; PL
<i>Inga marginata</i> Willd.									1				FR; PL
<i>Inga vera</i> Willd.					3								PL
<i>Lonchocarpus sericeus</i> (Poir.)									1	1			IM
<i>Machaerium hirtum</i> (Vell.) Steiff.									1				IM
<i>Machaerium nictitans</i> (Vell.) Benth									1				PL
<i>Machaerium villosum</i> Vogel													PL
<i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms									1				PL
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.			1	7		1							PL;

“Tabela 1, continuação”

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE	
	1ª	2ª												
<i>Platypodium elegans</i> Vogel								2					PL	
<i>Pterodon emarginatus</i> Vogel	1												IM	
<i>Senna splendida</i> (Vogel) H.S.Irwin & Barneby						2						1	IM	
<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby					2								PL	
Lythraceae														
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	2	3			2								IM	
Malvaceae														
<i>Luehea grandiflora</i> Mart. & Zucc.	1												PL	
Melastomataceae														
<i>Bellucia</i> sp		4								1		1	IM	
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Steud	17								5		2		IM	
<i>Miconia chartacea</i> Triana	1	3										2	IM	
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin										1	2		IM	
<i>Miconia</i> sp											1		IM	
<i>Miconia tristis</i> Spring									1				IM	
<i>Miconia hispida</i> Cogn.		25		5		3					2	2	1	IM
<i>Miconia trianaei</i> Cogn.												2		IM
<i>Miconia pepericarpa</i> Mart. ex DC.													3	IM

“Tabela 1, continuação”

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE
	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	1ª	2ª	
<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	8												IM
<i>Tibouchina</i> sp	13												1 IM
Meliaceae													
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer					1 2						7 13		FR
<i>Trichilia</i> sp											1		IM
Monimiaceae													
<i>Mollinedia triflora</i> (Spreng.) Tul.											11		IM
<i>Mollinedia widgrenii</i> A. DC.											5		IM
Myrtaceae													
<i>Eugenia acutata</i> Miq.													1 IM
<i>Eugenia florida</i> DC.	1				1		7		4				6 IM
<i>Eugenia sonderiana</i> O.Berg	1												IM
<i>Myrcia hartwegiana</i> (O.Berg) Kiaersk.	1				1		1						IM
<i>Myrcia venulosa</i> DC.							1						FR
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC											2		PL
<i>Myrcia velutina</i> O.Berg					9		9 2		5 4		6 3		IM
<i>Psidium guajava</i> L.											1		FR; PL
<i>Siphoneugena densiflora</i> O.Berg	1												IM

“Tabela 1, continuação”

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE
	1ª	2ª											
<i>Siphoneugena widgreniana</i> O.Berg				1									IM
<i>Syzygium jambolanum</i> (Lam.) DC.						1							PL
Peraceae													
<i>Pera glabrata</i> (Schott) Poepp. ex Baill.		1									1		FR
Phyllanthaceae												4	IM
<i>Phyllanthus acuminatus</i> Vahl												4	IM
Piperaceae													
<i>Piper aduncum</i> L.			1	3							2	2	IM
<i>Piper arboreum</i>											2		IM
Primulaceae													IM
<i>Myrsine coriaceae</i> (Sw.) Roem. & Schult					2		1		1			2	IM
<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	4			11			3		4				PL
Rhamnaceae													
<i>Rhamnidium elaeocarpum</i> Reissek							1						IM
Rosaceae													
<i>Eriobotrya japonica</i> Lindl									1				PL
Rubiaceae													
<i>Amatoua guianensis</i> Aubl.											1	2	FR
<i>Coffea arabica</i> L.								1				1	PL

“Tabela 1, continuação”

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE	
	1ª	2ª												
<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze		1			1		1		3				1	IM
<i>Ixora brevifolia</i> Benth.													1	IM
<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.				1										IM
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.											2			IM
<i>Psychotria suterella</i> Muell. Arg.												1		IM
<i>Rudgea jasminoidea</i> (Cham.) Müll.Arg.												1		IM
Rutaceae														
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.										1				FR
Salicaceae (Flacourteaceae)														
<i>Casearia decandra</i> Jacq.					2				7					FR
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler						1		4				2		FR
<i>Casearia syhvestris</i> Sw.									1			2		FR
Sapindaceae														
<i>Cupania zanthoxyloides</i> Cambess						1		3					8	FR
<i>Paulinea</i> sp													1	IM
Siparunaceae														
<i>Siparuma guianensis</i> Aublet.												2	5	FR
<i>Siparuna brasiliensis</i> (Spreng.) A. DC.												1		IM

“Tabela 1, conclusão”

FAMÍLIA/ESPÉCIES	A1		A2		A3		A4		A5		AR		FONTE
	1ª	2ª											
Solanaceae													
<i>Solanum pseudoquina</i> A. St.-Hil.			4	4	1	6							IM
Styracaceae													
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.		2		2		2							IM
<i>Styrax leprosus</i> Hook. & Arn.			1		2						1		IM
Symplocaceae													
<i>Symplocos pubescens</i> Klotzsch ex Benth										1			IM
Thymelaeaceae													
<i>Daphnopsis utilis</i> Warm										1		1	IM

Do total de espécies nativas introduzidas pelo plantio de mudas, 67% (47 espécies) não foram observadas no estrato regenerante (FIGURA 1). Na restauração de áreas degradadas, há preocupação com o uso de alta diversidade de espécies, esperando-se que, com a introdução de um número grande de espécies no sistema, consiga-se transpor as barreiras ambientais da sucessão, todavia, isto é alcançado quando o ecossistema apresentar estabilidade, o que nem sempre é obtido somente com alta diversidade de espécies no plantio, pois muitas espécies não se adaptaram às condições das áreas (DURIGAN et al., 2010). A seleção adequada de espécies é um dos principais fatores que determinam o sucesso de um programa de restauração, e a adaptabilidade das espécies para cada condição ambiental deve ser considerada (RODRIGUES; GANDOLFI, 2000; SALOMÃO; SANTANA; BRIENZA JÚNIOR, 2013; SANSEVERO et al., 2011).

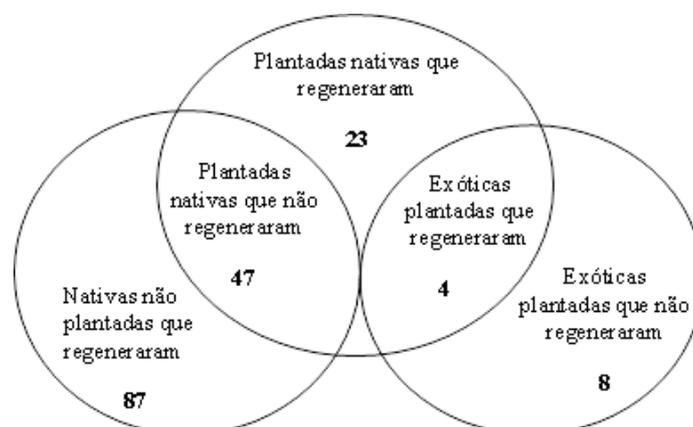


Figura 1 Diagrama de Venn produzido considerando as espécies plantadas, nativas e exóticas que compõem a regeneração natural, estrato arbóreo e o plantio das áreas de estudo na região do reservatório de Camargos, MG

Em áreas onde há fragmentos remanescentes, como nas adjacências das áreas de estudo, é possível realizar plantios em que a alta diversidade não seja o foco principal. Pode-se priorizar a introdução de espécies nucleadoras e estruturantes que irão facilitar o processo de atração da fauna dispersora, da melhoria da qualidade do solo e de alterações no microclima, assim, a principal função do plantio é criar condições para que haja um enriquecimento de forma natural (AVENDAÑO-YÁÑEZ et al., 2014; DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013; MARTINS; MIRANDA NETO; RIBEIRO, 2012).

Com relação à similaridade, o que se observou foi um baixo número de espécies compartilhadas. A similaridade florística entre as áreas em sua maioria foi menor que 0,5 ou 50% (TABELA 2), valor baseado no qual se considera que as áreas são similares, com base no coeficiente de Sorensen (DURIGAN, 2012). O estrato regenerante apresentou baixa similaridade entre as áreas (TABELA 2). Apenas em 2010 observou-se similaridade entre as áreas em restauração, em A3 e A4 (57%). Ao considerar apenas a regeneração natural, excluídas as espécies do plantio, observou-se que A3, A4 e o fragmento nas duas avaliações, embora tenham apresentado baixa similaridade, apresentaram uma tendência em se agruparem.

Tabela 2 Valores dos coeficientes de Similaridade de Sorensen calculados considerando os dados de regeneração excluídas as espécies utilizadas no plantio

2010	A1	A2	A3	A4	A5	FR
A1	1	0.33	0.10	0.30	0.50	0.10
A2	-	1	0.15	0.33	0.50	0.00
A3	-	-	1	0.57	0.24	0.37
A4	-	-	-	1	0.38	0.19
A5	-	-	-	-	1	0.11
FR	-	-	-	-	-	1
2013	A1	A2	A3	A4	A5	FR
A1	1	0.14	0.29	0.23	0.33	0.30
A2	-	1	0.20	0.31	0.19	0.04
A3	-	-	1	0.48	0.20	0.40
A4	-	-	-	1	0.15	0.31
A5	-	-	-	-	1	0.17
FR	-	-	-	-	-	1

Na Figura 2, onde é apresentado o dendrograma da análise de agrupamento das similaridades florísticas da regeneração natural, sem as espécies utilizadas no plantio, é possível observar que houve uma a formação de dois grupos; o primeiro formado pelas áreas em restauração na primeira avaliação (2010) e o segundo formado pelas áreas em restauração da avaliação de 2013 e a AR nas duas avaliações. Este comportamento indica que as áreas em restauração tenderam a assemelhar-se à área de referência, no que diz respeito à composição de espécies, no entanto é importante considerar que restrições bióticas e ou abióticas podem dificultar ou impedir o estabelecimento de espécies algumas nativas em áreas pós-distúrbio (SHACKELFORD et al., 2013).

Quanto ao estrato regenerante e estrato arbóreo, não houve similaridade (FIGURA 3). Essa dissimilaridade pode ser em razão do fato de que as áreas A2, A3, A4 possuem características de vegetação ciliar que, naturalmente, apresenta baixa similaridade com a vegetação do cerrado (OLIVEIRA; FELFILI, 2005).

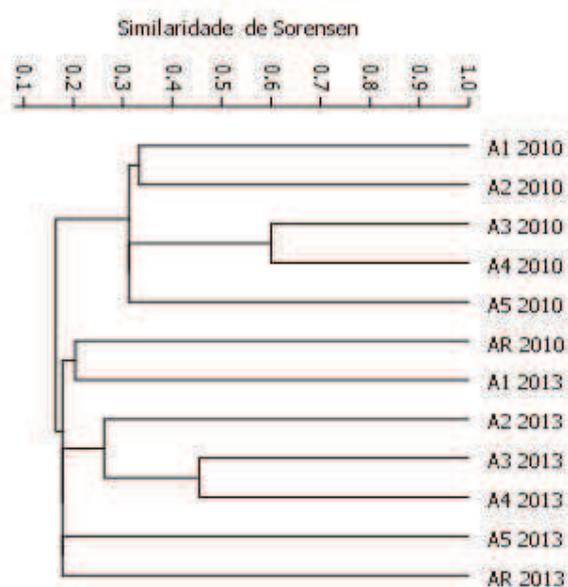


Figura 2 Dendrograma da análise de agrupamento das similaridades florísticas (Sorensen) do estrato regenerante entre as seis do estudo (em processo de restauração e área de referência) no entorno da hidrelétrica de Camargos, Itutinga –MG

As espécies introduzidas nas áreas, por meio de regeneração artificial, influenciaram pouco a composição de espécies do estrato regenerante (FIGURA 3). Os valores de similaridade foram muito baixos, variaram de 2% a 14%. Esses resultados demonstram que a baixa capacidade das espécies plantadas formarem um banco de plântulas e que

a composição futura do dossel das áreas em processo de restauração está sob influência de processos de dispersão, oriundas de fontes de propágulos de áreas mais distantes, dada a grande proporção de espécies vindas de outras fontes.

O conjunto de espécies usado no plantio não foi similar às do estrato arbóreo das áreas em processo de restauração. Indica a baixa adaptação das espécies utilizadas no plantio das áreas com níveis diferenciados de perturbação além da alta mortalidade das mudas. Outro fator a ser considerado é o fato de que os indivíduos de muitas das espécies plantadas, possivelmente, ainda não atingiram o estágio reprodutivo, dada à idade do plantio.

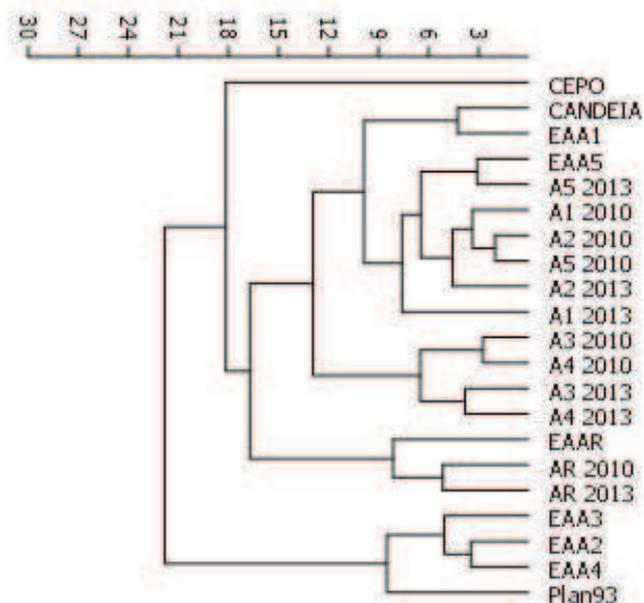


Figura 3 Dendrograma da análise de agrupamentos, pelo método de Ward, das similaridades florísticas (Sorensen) da composição florística das áreas em restauração (A1, A2, A3, A4, A4, AR), do plantio (Plan93), do estrato arbóreo (EAA1, EAA2, EAA3, EAA4, EAA5 e EAAR) e das áreas adjacentes (cerrado-CEPO e candeial), no entorno da hidrelétrica de Camargos, Itutinga – MG

O estrato arbóreo da área quatro (A4) foi similar ao estrato arbóreo das áreas A2 e A3 com valores de similaridade de 0,65 e 0,68, respectivamente. O estrato arbóreo de A2 e A3, também, foi similar, com coeficiente de 0,63.

A baixa similaridade entre os estratos da mesma área e entre áreas, certamente, é reflexo dos eventos ambientais passados, tais como os distúrbios sofridos e as ações de restauração; a regeneração natural é reflexo das condições ambientais recentes que associada a fatores bióticos locais definem as estruturas populacionais (GONZAGA et al., 2013).

Estudos têm mostrado que um dos principais fatores atuando na composição florística e estrutura das florestas é a heterogeneidade ambiental, resultante da diversidade de fatores que interagem nas comunidades, e a resposta das espécies a esses fatores que faz com que cada local tenha características próprias e características que são comuns a outros locais (BROWN et al., 2013; RODRIGUES; MARTINS; BARROS, 2004). Assim, no planejamento de modelos de restauração, deve-se considerar a diversidade natural do tipo de ecossistema que se pretende restaurar bem como outros aspectos como matriz predominante na paisagem, disposição, forma, estado de conservação e conectividade dos fragmentos florestais remanescentes (MARTINS; MIRANDA NETO; RIBEIRO, 2012; SANSEVERO et al., 2011) de forma a acelerar o processo sucessional por meio da regeneração natural das espécies. Assim, a interação das áreas em restauração com a paisagem é um importante atributo para a restauração, pois áreas conectadas à paisagem permitem a maior colonização do ecossistema por espécies nativas adaptadas (SHACKELFORD et al., 2013).

4 CONCLUSÃO

A baixa similaridade entre a composição florística do plantio e a composição florística da comunidade de regenerantes indica que tem havido um processo de enriquecimento natural das áreas, no entanto a baixa similaridade entre as diferentes áreas demonstra que este processo apresenta ritmo e trajetórias diferentes.

A riqueza de espécies imigrantes na composição da comunidade regenerante que indica há integração das áreas em restauração com a paisagem por meio do restabelecimento de funções do ecossistema como a dispersão de sementes.

Forest similarities between stratus of restoring areas and its integration with reference ecosystems

ABSTRACT

In this study, objective of evaluating the influence of planting seedlings on the initial phase of the restoration process of degraded areas over the natural regeneration of the 22 years and the similarities of the restoration areas with the reference ecosystem. Thirty-three plots of 20 m x 20 m were used for the arboreal extract and 1 m x 1 m plots for studying the regenerating individuals, totalizing 132 m². In both evaluations, 116 arboreal and shrubby species in regeneration were sampled, with 64 species in 2010 and 86 in 2013. A large occurrence of species represented by a single individual were verified. The exotic species *Acacia mangium*, *Eriobotrya japonica*, *Syzygium jambolanum*, *Psidium guajava* and *Coffea arabica* were sampled in the regenerating areas. In the regenerating community, in both evaluations, 87 regenerating species and that were not introduced in the areas by means of seedling planting. Of these, 77% (67 species) were considered immigrating species, that is, originated from other neighboring areas that are not the Semideciduous Seasonal Forest, considering the main source of species propagules in the area. According to registers of the plantation, 82 species were implanted, of which 47 native species have not established, which corresponds to 67% of the total. The forest similarities between the areas in general were low, less than 50%, based on the Sorensen coefficient. The set of species from the plantation presented very low similarity coefficients when compared to the regenerating community (from 2% to 14%). The low similarity between the forest composition of the plantation and the forest composition of the regenerating community indicates that processes such as propagule dispersion originated from other areas has been occurring and that, after 22 years, there are environmental restrictions to the regeneration of many species planted under the canopy.

Keywords: Ecological restoration. Exotic species. Seedling planting. Natural regeneration.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.

ASSIS, G. B. de et al. Uso de espécies nativas e exóticas na restauração de matas ciliares no estado de São Paulo: 1957-2008. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 37, n. 4, p. 599-609, 2013.

AVENDAÑO-YÁÑEZ, M. de la L. et al. Is facilitation a promising strategy for cloud forest restoration? **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 329, n. 1, p. 328-333, Oct. 2014.

BELLOTTO, A.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Principais iniciativas de restauração florestal na Mata Atlântica, apresentadas sob a ótica da evolução dos conceitos e dos métodos aplicados: fase 1. In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. (Ed.). **Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos de restauração florestal**. São Paulo: LERF/ESALQ; Instituto BioAtlântica, 2009. p. 11-13.

BERG, E. van der; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Composição florística e estrutura fitossociológica de uma floresta ripária em Itutinga, MG, e comparação com outras áreas. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 23, n. 3, p. 231-253, 2000.

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.

BROWN, C. et al. Multispecies coexistence of trees in tropical forests: spatial signals of topographic niche differentiation increase with environmental heterogeneity. **Proceedings of the Royal Society**, London, v. 280, n. 1764, p. 1-8, June 2013.

DARONCO, C.; MELO, A. C. G. de; DURIGAN, G. Ecosistema em restauração *versus* ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Revista Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 485-498, 2013.

DURIGAN, G. Estrutura e diversidade de ecossistemas florestais. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2012. p. 294-319.

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

DURIGAN, G.; ENGEL, V. L. Restauração de ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir? In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: UFV, 2012. p. 41-68.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, R. E. et al. (Org.). **Restauração ecológica de ecossistemas naturais**. Botucatu: FEPAF, 2008. p. 1-26.

FARIA, R. A. V. B. **Estoque de carbono e atributos florísticos e edáficos de ecossistemas florestais em processo de restauração**. 2012. 167 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

FERREIRA, W. C. et al. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da usina hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 651-660, 2010.

GARCIA, C. C. et al. Regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta Estacional Semidecidual Montana, no domínio da mata atlântica, em Viçosa, MG. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 4, p. 677-688, out./dez. 2011.

GANDARA, F. B.; KAGEYAMA, P. Y. Indicadores de sustentabilidade de florestas naturais. **IPEF**, Piracicaba, v. 12, n. 31, p. 79-84, abr. 1998.

GONZAGA, A. P. D. et al. Similaridade florística entre estratos da vegetação em quatro Florestas Estacionais Deciduais na bacia do Rio São Francisco. **Revista Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 1, p. 11-19, 2013.

HAMMER, Ø. **Natural history museum University of Oslo: past-paleontological statistics**. Version 2.16. Oslo, 1999.

MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; RIBEIRO, T. M. Uma abordagem sobre diversidade e técnicas de restauração ecológica. In: MARTINS, S. V. (Ed.). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Viçosa, MG: UFV, 2012. p. 17-40.

MELO, A. C. G. de; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 73, p. 101-111, mar. 2007.

METZGER, J. P. O que é ecologia de paisagem? **Biota Neotropica**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2001.

MIRANDA NETO, A. et al. Estrato de regeneração natural de uma floresta restaurada com 40 anos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 72, p. 409-420, out./dez. 2012.

OLIVEIRA, E. C. L. de; FELFILI, J. M. Estrutura e dinâmica da regeneração natural de uma mata de galeria no Distrito Federal, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, São Paulo, v. 19, n. 4, p. 801-811, out./dez. 2005.

PAULA, A. de et al. Alterações florísticas ocorridas num período de quatorze anos na vegetação arbórea de uma Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 743-749, 2002.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2000. p. 249-259.

RODRIGUES, R. R.; MARTINS, S. V.; BARROS, L. C. de. Tropical Rain Forest regeneration in an area degraded by mining in Mato Grosso State, Brazil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 190, n. 2/3, p. 323-333, Mar. 2004.

SALOMÃO, R. P.; SANTANA, A. C.; BRIENZA JÚNIOR, S. Seleção de espécies da floresta ombrófila densa e indicação da densidade de plantio na restauração florestal de áreas degradadas na Amazônia. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 1, p. 139-151, jan./mar. 2013.

SANSEVERO, J. B. B. et al. Natural regeneration in plantations of native trees in lowland brazilian Atlantic Forest: community structure, diversity, and dispersal syndromes. **Restoration Ecology**, Malden, v. 19, n. 3, p. 379-389, May 2011.

SHACKELFORD, N. et al. Primed for change: developing ecological restoration for the 21st century. **Restoration Ecology**, Malden, v. 21, n. 3, p. 297-304, May 2013.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION INTERNATIONAL.
Princípios da SER International sobre a restauração ecológica.
Tucson, 2004. Disponível em: <<http://www.ser.org>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

SOUZA, F. M. de; BATISTA, J. L. F. Restoration of seasonal semideciduous forests in Brazil: influence of age and restoration design on forest structure. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 191, n. 1/3, p. 185-200, Apr. 2004.

SOUZA, J. S. et al. Análise das variações florísticas e estruturais da comunidade arbórea de um fragmento de Floresta Semidecídua às margens do Rio Capivari, Lavras, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 185-206, mar./abr. 2003.

**ARTIGO 3 Influência do fechamento do dossel e da fonte de propágulos
na diversidade e densidade da regeneração natural em áreas
em processo de restauração**

**Artigo formatado de acordo com as normas para submissão da Revista
Cerne - DCF/UFLA.**

Influência do fechamento do dossel e da fonte de propágulos na diversidade e densidade da regeneração natural em áreas em processo de restauração

RESUMO

Objetivou-se avaliar atributos da comunidade regenerante em função de variáveis ambientais como cobertura do dossel e distância da fonte de propágulos em áreas em restauração há 22 anos. O estudo foi conduzido no entorno da Usina Hidrelétrica de Camargos, município de Nazareno, MG. Selecionaram-se cinco ecossistemas em restauração e um fragmento de vegetação nativa. Foram alocadas 132 parcelas de 1m² para amostragem da regeneração. Registraram-se as alturas e diâmetro de todos os indivíduos com altura maior que 10 cm e DAP menor que 5 cm. Para a análise da porcentagem de cobertura do dossel foram feitas fotos com câmera digital, que foram processadas no software Adobe Photoshop CS4 e Sidelook 1.1.1. Calculou-se o Índice de Fechamento do Dossel (IFD). Para o estudo da densidade e riqueza da regeneração em relação ao IFD e distância do fragmento utilizou-se os modelos de Poisson e Binomial Negativo. As médias de IFD foram 47% na área A1, 62% em A2, 85% em A3, 81% em A4, 51% em A5 e 89% no fragmento (AR). Não houve relação significativa entre o IFD e a densidade e riqueza. A distância do fragmento influenciou a densidade e riqueza, a relação foi inversamente proporcional, exceto para áreas A4 e A5. A cobertura do dossel não influenciou nos atributos da regeneração natural, mas foi importante na reconstrução da estrutura florestal das áreas. Nas áreas mais distantes do fragmento ações são necessárias para promover a regeneração natural e a restauração destes ambientes e conduzi-los a uma condição de equilíbrio ecológico.

Palavras-chave: Cobertura do dossel. Distância do fragmento. Ecossistema de referência. Fonte de propágulos.

Influence of canopy closure and propagule source in diversity and density of natural regeneration in areas under restoration process

ABSTRACT

Our objective was to evaluate the attributes of the regenerating plant community as function of environmental variables such as the canopy cover and the distance from the source of propagules in areas 22 years after the start of restoration process. Five ecosystems being restored and a fragment of native vegetation were selected. For vegetation sampling, 132 1 m² plots were allocated. Height and diameter of all individuals larger than 10 cm of height and less than 5 cm of dbh were recorded. To analyze the percentage of canopy cover, pictures of the canopy were taken with a digital camera, which were processed using the softwares Adobe Photoshop CS4 and Sidelook 1.1.1 for calculation of the canopy closure index (CCI). To study the plant density and species richness in relation to the CCI and the distance of the fragment, Poisson and Negative Binomial models were considered. The average of the CCI in the restoration areas were 47% in area A1, 62% in A2, 85% in A3, 81% in A4, and 51% in A5 and 89% in the fragment (RA). There was no significant relationship between the CCI and the plant density and diversity. The distance from the fragment influenced plant density and species richness in an inversely proportional relationship, except for the areas A4 and A5. Canopy cover did not influence the attributes of natural regeneration, but it was important for the reconstruction of forest structures. At the most distant areas from the fragment, actions are needed to promote natural regeneration, the restoration of these environments and to conduct them to a condition of ecological equilibrium.

Keywords: Canopy cover. Distance from the fragment. Luminosity.

INTRODUÇÃO

O plantio de mudas visando à restauração ecológica de uma área que passou por um processo de degradação é importante para promover uma série de mudanças no ambiente (VIANI et al., 2010). A reconstrução do dossel é essencial para o restabelecimento de serviços e processos ambientais fundamentais. As alterações causadas na cobertura de uma área influenciam diretamente nos mecanismos da sucessão, pois promovem a proteção dos recursos hídricos e edáficos e a dinâmica da luz e das variáveis a ela associadas, como umidade e temperatura (VAN DEN BERG; SANTOS, 2003; GÊNOVA et al., 2007).

As mudanças microclimáticas propiciadas pela formação da cobertura florestal favorecem a germinação e o estabelecimento de plântulas e seu crescimento posterior, desenvolvimento de uma camada de serrapilheira e húmus, aumento da complexidade estrutural do habitat, a atração da fauna e, por conseguinte maior entrada de propágulos, e a supressão de gramíneas invasoras, todos esses fatores influenciando positivamente na evolução do processo sucessional (ENGEL; PARROTTA, 2008).

Em florestas semidecíduas, os processos ecológicos são marcados pela sazonalidade climática que determina as alterações dinâmicas da vegetação em cada estação, influenciando a abertura do dossel (ROPPA, 2012). Para que a sucessão ocorra é imprescindível a presença de sementes viáveis em quantidade suficiente e as condições edafo-climáticas à altura das exigências da germinação e do desenvolvimento das espécies, sendo que neste processo a luz condiciona direta ou

indiretamente grande parte dos mecanismos de crescimento das plantas (ENGEL & POGGIANI, 1990; LAMPRECHT, 1990). As fases de germinação e estabelecimento de plântulas são etapas críticas no desenvolvimento da regeneração, principalmente para espécies arbóreas, por serem mais sensíveis às variações ambientais (ROPPA et al., 2012).

Informações sobre a luminosidade no sub-bosque são essenciais em estudos de florestas tropicais, pois influencia na temperatura e umidade relativa do ar e do solo e esses parâmetros podem explicar as diferentes formações no sub-bosque de uma floresta e determinar a dinâmica na regeneração e recrutamento de novas espécies, sendo um importante parâmetro para análise da evolução das comunidades em restauração (DUPUY & CHAZDON, 2008; SUGANUMA et al., 2008), e também da intensidade e qualidade das inter-relações flora-fauna nas áreas em restauração e a conectividade da paisagem (MELO; DURINGAN, 2007).

A fragmentação de habitats, além de alterar o microclima, ocasiona também a alteração da matriz e a conectividade dos ecossistemas. Quanto mais próxima uma área em restauração estiver de um fragmento de vegetação nativa, mais rápida e intensa deverá ser a chegada de propágulos (SILVA, 2008). Cubiña e Aide (2001) observaram uma forte relação entre distância de fragmentos e a chuva de sementes, confirmando que remanescentes florestais presentes em paisagens fragmentadas desempenham um importante papel como fonte de propágulos para a colonização de áreas em estágios sucessionais iniciais promovendo a manutenção da regeneração natural na dinâmica florestal (MUÑIZ-CASTRO et al., 2006; LIEBSCH; ACRA, 2007).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a influência de variáveis ambientais como a cobertura proporcionada pelo dossel e a distância da fonte de propágulos sobre os atributos densidade de indivíduos e riqueza de espécies da comunidade regenerante em áreas em processo de restauração há 22 anos.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em áreas adjacentes a barragem da Usina Hidrelétrica de Camargos, município de Nazareno, Minas Gerais. As áreas estudadas passaram por um processo de degradação no período de construção da barragem na década de 1950. Na década de 1990 iniciou-se a recuperação das áreas através do plantio de mudas. O clima da região é do tipo Cwb segundo Köppen, com verões úmidos e invernos secos (ANTUNES, 1986). A temperatura média anual de 19,61°C, com as médias mensais variando de 16,03°C, em julho, a 21,82°C, em fevereiro. A precipitação anual média é de 1.517 mm, concentrada (93% do total) no período de primavera e verão.

Foram selecionados cinco áreas em processo de restauração e um fragmento de vegetação nativa (A1, A2, A3, A4, A5 e FR), onde foram alocadas 132 parcelas de 1m x 1m de dimensão. Avaliou-se no mês de julho de 2013 todos os indivíduos oriundos da regeneração natural maiores que 10 cm e com DAP (Diâmetro a Altura do Peito) menor que 5 centímetros. Foram registradas as alturas e DAS (diâmetro a altura do solo) dos regenerantes. As parcelas tiveram suas coordenadas geográficas

registradas com o auxílio do GPS Garmim V, e as distâncias do fragmento obtidas através do *software* ArcGis 10.1.

Para a análise da porcentagem de cobertura do dossel foram feitas fotografias com câmera digital, marca Sony DSC-HX1, posicionada com a lente paralela ao dossel a 1 metro do solo com o auxílio de um tripé nivelado. A resolução das imagens foi de 3.648 x 2.736 *pixels*, obtidas sempre no modo automático. As fotos foram feitas em dias de céu limpo, sob luz difusa evitando horários de elevada incidência de radiação solar, capturadas no centro de cada parcela demarcada para a avaliação da regeneração natural.

No processamento das imagens utilizou-se inicialmente o *software* Adobe Photoshop CS4, onde foram feitos ajustes nos atributos “shaddow/highlights” para 0% e 100%, respectivamente e “brightness/contrast” para -100 e +100, ajustando-se quando necessário para evitar distorções mantendo a imagem com a máxima verossimilhança. Foram feitas correções de pequenos reflexos em galhos, troncos e folhas, que assumiram a coloração branca e que seriam considerados como parte do dossel aberto.

Após estes tratamentos as imagens foram convertidas de RGB para escalas de cinza segundo Suganuma et al. (2008) e Soares (2012). Após corrigidas as imagens, utilizando o *software* Sidelook 1.1.1 (NOBIS, 2005), fez-se o referenciamento da imagem (30 cm = 1000 *pixels*) e conversão para preto e branco através da ferramenta “Threshol”, na qual foi escolhido o canal Gray e feita a conversão pelo máximo “Edge value”. Após foi realizada a análise, na qual se obteve a contagem dos *pixels* pretos (vegetação) e dos *pixels* totais. O Índice de fechamento do

dossel (IFD) é a razão entre a quantidade de *pixels* que representavam a cobertura vegetal (*pixels* pretos) e o total de *pixels* da imagem. As médias de IFD entre as áreas foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Para o estudo da densidade e riqueza em relação ao IFD (Índice de fechamento do dossel) e distância do fragmento foram utilizados os modelos lineares generalizados propostos inicialmente por Nelder e Wedderburn (1972). Foi utilizado o modelo de regressão Poisson e o modelo de regressão com resposta Binomial Negativa. O modelo que relaciona a densidade ou riqueza média com a distância do fragmento em metros é dado pela equação: $\mu_i = e^{\beta_0 + \beta_1 x_i}$, em que X_1 representa a variável independente distância do fragmento e β_0 e β_1 os parâmetros do modelo.

Os parâmetros dos modelos foram estimados pelo método da máxima verossimilhança, descrito em McCulloch e Searle (2001). A adequabilidade do ajuste dos modelos foi analisada considerando a *Deviance* e o envelope simulado para os resíduos. O critério de informação de Akaike (AIC) foi utilizado para selecionar os modelos, e foi indicado aquele que forneceu os menores valores desse critério (EMILIANO et al., 2014). Todos os resultados das análises estatísticas foram obtidos com o auxílio do *software* estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da cobertura das áreas mostrou que as médias de IFD foram de 47% na área A1, 62% em A2, 85% em A3, 81% em A4, 51% em A5 e 89% no fragmento (FR). Houve diferença entre todas as áreas em termos de médias de fechamento do dossel (Scott-Knott, 5% de significância). Como esperado, o fragmento apresentou a maior porcentagem de fechamento do dossel. As áreas em recuperação com maiores porcentagens de cobertura (A3 e A4) refletem maior desenvolvimento da vegetação devido, possivelmente, a suas condições de solo e umidade, pois estas são áreas mais influenciadas pelos corpos d'água.

Não houve correlação significativa entre a cobertura do dossel representado pelo IFD e os atributos densidade de indivíduos e riqueza de espécies, ou seja, nas áreas de estudo a cobertura formada pela vegetação arbórea não influenciou diretamente os atributos da comunidade regenerante. Em outros trabalhos onde foram utilizadas imagens de dossel como o de Garcia et al. (2007) também não foi encontrada relação entre o fechamento do dossel e a densidade de lenhosas e herbáceas. Meira-Neto et al. (2005), estudando um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em Viçosa-MG, observaram um fechamento de dossel médio de 73,15% em janeiro e 71,14% em agosto e não constataram diferença significativa entre a cobertura do dossel nos meses secos e chuvosos. Estes autores destacaram que a cobertura do dossel não explicou a ocorrência da regeneração em área onde a faixa de vegetação é estreita por causa do efeito borda, que permite a ação da luz lateral.

Após 22 anos de iniciado o processo de restauração constata-se que o desenvolvimento do dossel foi diferenciado entre as áreas em estudo. Nas áreas A3 e A4, com cobertura média de 85% e 81% respectivamente, o IFD pode ser considerado satisfatório quando comparado as outras áreas, indicando que estas áreas apresentam condições de luminosidade que favorecem o estabelecimento de espécies de estágios sucessionais mais avançados. Garcia et al. (2007) observaram fechamento de dossel médio de 83,3% em mata ciliar natural no Alto Rio São Francisco e van den Berg; Santos (2003), em uma cobertura média de 90,1%, em Floresta de Galeria, no Alto Rio Grande, também no município de Nazareno, MG. Estes mesmos autores observaram que nas áreas mais centrais da floresta e nas áreas mais próximas ao curso d'água, por serem mais úmidas, houve redução na deciduidade de espécies, o que afeta a variação da cobertura do dossel.

Nas áreas A1, A2 e A5 os índices de fechamento de 47%, 62% e 51% respectivamente, são considerados relativamente baixos, o que indica a existência de barreiras para que o processo de restauração ocorra conforme os objetivos traçados no início do processo de restauração. Estas são áreas mais afastadas do curso d'água e talvez tendam a assemelhar-se às áreas de cerrado, visto que essa é a vegetação predominante nas áreas mais altas em terrenos adjacentes. Também é importante considerar que em A2 e A5 há um menor número de árvores oriundas do plantio, provavelmente pela mortalidade das mudas, e é observado um baixo recrutamento dos regenerantes, fatos que contribuem para menor cobertura de dossel. Meira-Neto et al. (2005), afirmam que muitas espécies não tem preferência significativa a um determinado

regime de cobertura, podendo o seu estabelecimento ser mais influenciado pelo acaso do que em função da adaptabilidade às condições de luz. Porém nas áreas em questão, devido ao seu histórico de degradação, observa-se que há barreiras ambientais que prejudicam o estabelecimento da regeneração natural e favorecem o ingresso de espécies herbáceas como gramíneas exóticas invasoras e samambaias (*Pteridium* sp).

Com relação à reconstrução do dossel, é importante considerar que a cobertura formada nas áreas em restauração adjacentes ao fragmento, principalmente nas áreas A1, A2 e A3, embora diferentes da referência, desempenham o papel de proteção desse fragmento, reduzindo o efeito borda e permitindo que características microclimáticas em seu interior sejam restabelecidas, conservando uma importante fonte de sementes, ao mesmo tempo geneticamente diversas e localmente adaptadas, por serem parte da vegetação características da região, fundamental na restauração das áreas degradadas (DURIGAN; ENGEL, 2012).

Quanto à distância do fragmento, observou-se que esta influenciou a densidade de plantas e a riqueza de espécies presentes na regeneração natural. Houve uma relação inversamente proporcional com a diminuição destes atributos à medida que aumenta a distância em relação à fonte de propágulos.

Com base no modelo construído com os dados de todas as áreas (FIGURA 1 A) observa-se que a variação de 1 metro na distância do fragmento representa uma variação de 0,2% na densidade e de 0,19% na riqueza de plantas, assim, nota-se que o fragmento exerce influência até 500 metros de distância de sua borda para densidade e 526 metros para

riqueza. Certamente, outros fatores ambientais irão atuar em relação ao efetivo estabelecimento da regeneração natural em áreas em restauração, porém a influência dos fragmentos remanescentes é determinante no processo.

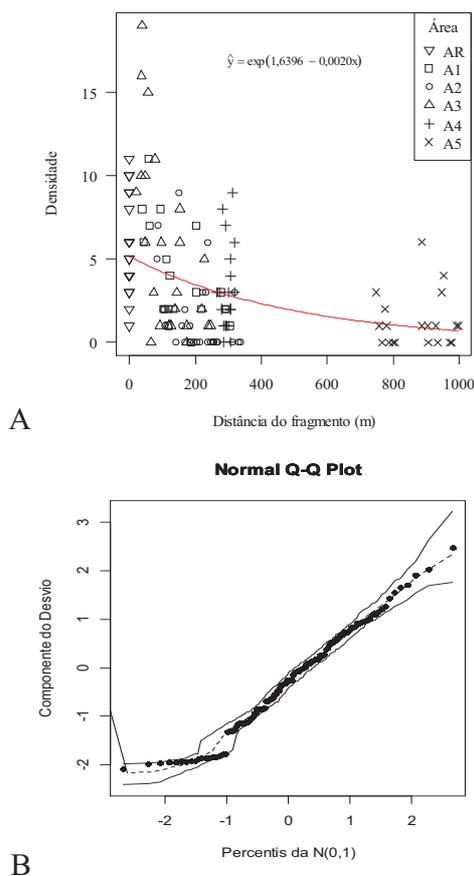
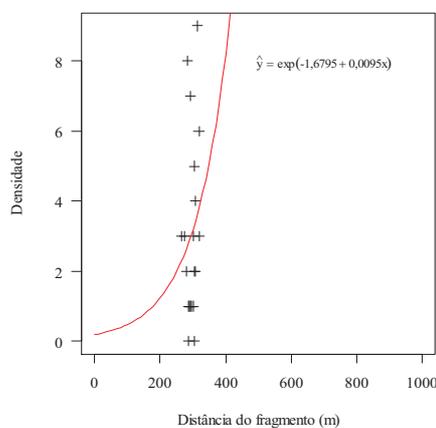


Figura 1 Gráfico do modelo com resposta binomial negativa ajustado aos dados de densidade de plantas para o conjunto das seis áreas (A); Gráfico normal de probabilidade referente ao modelo log-linear binomial negativo ajustado aos dados de densidade de plantas (B).

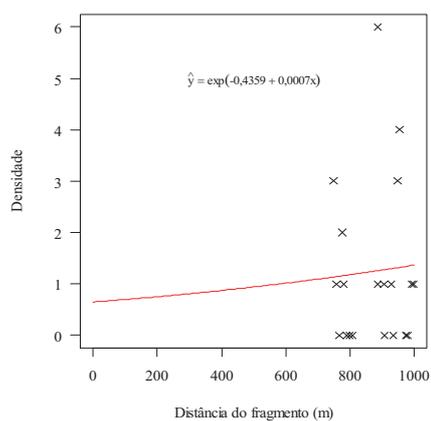
Figure 1. Graph of the negative binomial response model fitted to the data of plant density for the six áreas together (a); Normal probability plot for the log-linear negative model fitted the data of plant density (B).

Na Figura 1B é apresentado o gráfico de envelope simulado que mostra que a distribuição adotada foi adequada já que os pontos estão dentro dos envelopes gerados, e também indica que o modelo do ajuste foi satisfatório, pois os resíduos do modelo (pontos pretos) estão todos contidos nas bandas de confiança simuladas e isso quer dizer que o modelo proposto modela bem as variáveis densidade e riqueza, e os resíduos (fatores não controláveis) podem ser considerados como obras do acaso.

Quando analisadas as áreas individualmente observa-se que as áreas A1, A2 e A3 apresentaram comportamento semelhante ao apresentado nos gráficos do modelo ajustados para o conjunto das áreas amostradas com relação à densidade (FIGURA 1) e a riqueza (FIGURA 4). No entanto as áreas A4 e A5 apresentaram comportamento distinto, onde a densidade e a riqueza não diminuíram com o aumento da distância do fragmento. Como observado na figura 2 (densidade) e na figura 4 (riqueza).



A4



A5

Figura 2 Gráfico do modelo com resposta binomial negativa ajustado aos dados de densidade de plantas para as áreas A4 e A5.

Figure 2 Plots of the negative binomial response model fitted to the data of plant density.

Na área A4, localizada a uma distância média de 300 metros do fragmento, ressalta-se que não houve a mesma tendência de influência da distância da borda do fragmento sobre densidade e riqueza da regeneração natural. Nesta área há uma cobertura formada pelo dossel, principalmente

com indivíduos oriundos do plantio, não há gramíneas invasoras e o solo não apresenta limitações tão severas quanto às suas características físicas, apresentando estrutura adequada para que haja a regeneração natural. A diminuição da influência do fragmento como fonte de propágulos para esta área pode estar relacionada a distância ou a posição no relevo, visto que encontra-se na porção mais alta do terreno com continuidade para a vertente oposta ao fragmento.

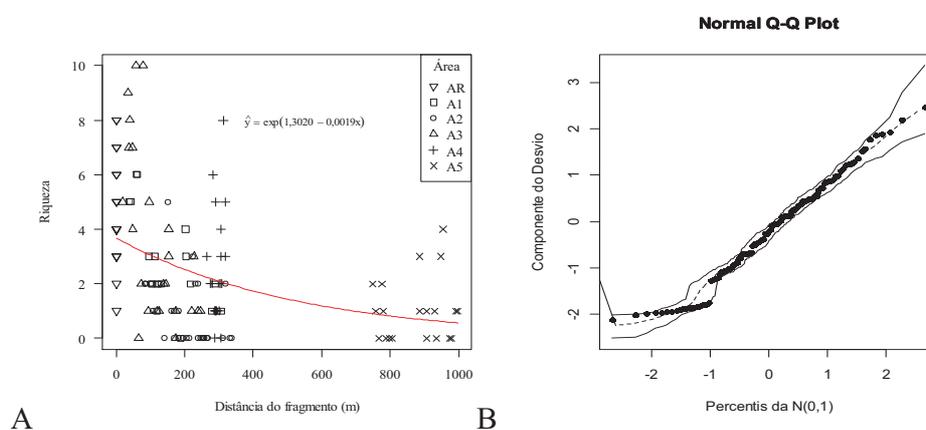


Figura 3 Gráfico do modelo com resposta binomial negativa ajustado aos dados de riqueza de espécies para o conjunto das seis áreas (A); Gráfico normal de probabilidade referente ao modelo log-linear binomial negativo ajustado aos dados de riqueza de espécies (B).

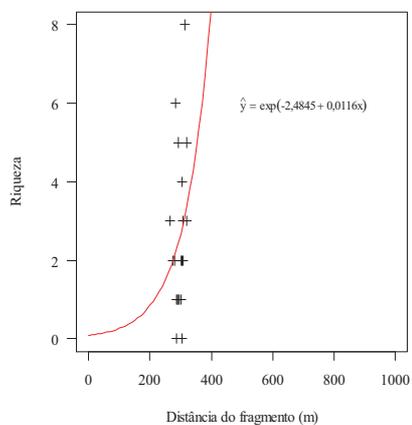
Figure 3. Graph of the negative binomial response model fitted to the data of plant richness for the six areas together (a); Normal probability plot for the log-linear negative model fitted the data of plant richness (B).

Em A5 o modelo indica pouca influência do fragmento na regeneração. Esta é a área que se encontra em média há 850 metros do principal fragmento da região de estudo. Este isolamento limita a regeneração natural de espécies arbóreas típicas da Floresta Estacional

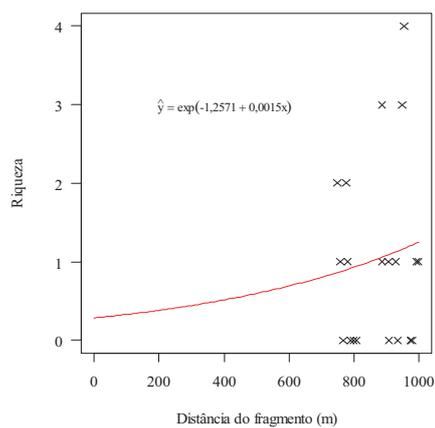
Semidecidual e talvez, a menor luminosidade nesta área em relação às áreas de seu entorno limite o desenvolvimento de espécies vindas destas áreas adjacentes que apresentam características de cerrado e candeial (*Eremanthus incanus*).

O isolamento é um dos principais fatores que influenciam a composição e a abundância de espécies, pois diferentes são as estratégias de dispersão utilizadas pelas espécies e o isolamento pode ser visto como um mecanismo de filtro influenciando no sucesso da dispersão, principalmente sobre a dispersão zoocórica (HILL & CURRAN, 2003).

As características de solo parecem influenciar mais o estabelecimento da regeneração do que fatores como a luminosidade e o isolamento. Meira-Neto et al. (2005) estudando a influência da cobertura do solo na composição florística em uma Floresta Estacional Semidecidual, observou que as variáveis pedológicas foram mais relevantes.



A4



A5

Figura 4 Gráfico do modelo com resposta binomial negativa ajustado aos dados de riqueza de espécies relativos às áreas A4 e A5.

Figure 4 Plots of the negative binomial response model fitted to the data of species richness.

Ações adicionais de restauração podem ser necessárias para promover um adequado funcionamento do ecossistema, principalmente com relação à regeneração natural. Principalmente na área A5, atuações

visando a melhoria das características físicas e químicas do solo e o plantio de enriquecimento são importantes ações que acelerariam e incrementariam a sucessão secundária. O plantio de um conjunto pequeno de espécies adaptadas a condições locais, como espécies típicas de cerrado, comporia um conjunto de espécies estruturantes capazes de acelerar a reestruturação da área (PILON; DURIGAN, 2013) e promover o efeito esperado quando foi realizado o plantio de restauração na área na década de 1990.

CONCLUSÃO

A cobertura proporcionada pelo dossel não influenciou nos atributos, densidade e riqueza, da regeneração natural das áreas em processo de restauração após 22 anos, mas foi importante na reconstrução da estrutura florestal das áreas.

A distância do fragmento apresentou influência nos atributos avaliados, assim, nas áreas mais distantes do fragmento ações podem ser necessárias para promover a regeneração natural e, conseqüentemente, a restauração destes ambientes a uma condição de equilíbrio ecológico.

BIBLIOGRAFIA

ANTUNES, F. Z. Caracterização climática do Estado de Minas Gerais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 12, n. 138, p. 9-13, jun. 1986.

CUBINA, A.; AIDE, T. M. The effect of distance from forest edge on seed rain and soil seed bank in a tropical pasture. **Biotropica**, Washington, v. 33, n. 2, p. 260-266, June 2001.

DUPUY, J. M; CHAZDON, R. L. Interacting effects of canopy gap, understory vegetation and leaf litter on tree seedling recruitment and composition in tropical secondary forests. **Forest Ecology and Management**, n. 255, p.3716–3725, 2008.

EMILIANO, P. C.; VIVANCO, M. J. F.; MENEZES, F. S. Information criteria: How do they behave in different models? **Computational Statistics & Data Analysis**, v. 69, p. 141-153, 2014.

ENGEL, V. L.; POGGIANI, F. Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de algumas essências nativas e suas implicações ecológicas e silviculturais. **IPEF**, n.43/44, p.1-10, jan./dez.1990.

ENGEL, V. L.; PARROTTA, J. A. Definindo a restauração ecológica: tendências e perspectivas mundiais. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Organizadores). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF. Botucatu, SP. 1ª ed. 340p. 2008

DURIGAN, G.;ENGEL, V.L. Restauração de ecossistemas no Brasil: onde estamos e para onde podemos ir? IN: MARTINS, S.V (Editor). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados**. Ed. UFV. Viçosa-MG, 239p. 2012.

GARCIA, L. C. et al. Heterogeneidade do dossel e quantidade de luz no recrutamento do sub-bosque de uma mata ciliar no Alto São Francisco, Minas Gerais: análise através de fotos hemisféricas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 99-101, 2007.

GÊNOVA, K. B.; HONDA, E. A.; DURIGAN, G. Processos hidrológicos em diferentes modelos de plantio de restauração de mata ciliar em região de cerrado. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 189-200, 2007.

HILL, J.L.; CURRAN, P.J. Area, shape and isolation of tropical forest fragments: effects on tree species diversity and implications for conservation. **Journal of Biogeography** v.30, n. 2, p. 1391-1403. Aug.2003.

LAMPRECHT, H. Silvicultura nos trópicos: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas - possibilidades e métodos de aproveitamento sustentado. Eschborn: GTZ, 1990. 343 p.

LIEBSCH, D.; ACRA, L. A. Síndromes de dispersão de diásporos de um fragmento de floresta ombrófila mista em tijuucas do sul, PR. *Revista Acadêmica*, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 167-175, abr./jun. 2007.

MEIRA-NETO, J.A. A.; MARTINS, F. R.; SOUZA, A.L. de. Influência da cobertura e do solo na composição florística do sub-bosque em uma floresta estacional semidecidual em Viçosa, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, vol.19, n.3, pp. 473-486. 2005.

MCCULLOCH, C. E.; SEARLE, S. R. (2001). **Linear and Generalized Linear Mixed Models**. Wiley, New York.

MELO, A. C. G. de; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. **Revista Scientia Forestalis**, n. 73, p. 101-111, março 2007.

MUÑIZ-CASTRO, M. A.; WILLIAMS-LINERA, G; BENAYAS, J. M. R.; Distance effect from cloud forest fragments on plant community structure in abandoned pastures in Veracruz, Mexico. **Journal of Tropical Ecology**. V. 22, p.431-440. Jan. 2006

NELDER, J. A.; WEDDERBURN, R. W. M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society, Series A**, v. 135, n. 3, p. 370-384. 1972.

NOBIS, M. Side Look 1.1: imaging software for the analysis of vegetation structure with true-colour photographs. Zurich: Swiss Federal Institute of Technology, 2005. Disponível em: <<http://www.appleco.ch>>. Acesso em: 11 out. 2011.

PILON, N. A.L.; DURIGAN, G. Critérios para indicação de espécies prioritárias para a restauração da vegetação de Cerrado. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v.41, n.99, p.389-399, set. 2013.

ROPPA, C.; VALCARCEL, R.; BAYLÃO JUNIOR, H. F.; Avaliação da regeneração em ecossistemas perturbados como indicador da restauração em ambientes com marcada estacionalidade, Nova Iguaçu (RJ). **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 2, p. 257-268, abr-jun. 2012.

SILVA, W. R. A importância das interações planta-animal nos processos de restauração. In: KAGEYAMA, P. Y.; OLIVEIRA, R. E. de; MORAES, L. F. de; ENGEL, V. L.; GANDARA, F. B. (Organizadores). Restauração ecológica de ecossistemas naturais. FEPAF. Botucatu, SP. 1ª ed. 340p. 2008

SOARES, A. A. V. **Modelos de implantação de matas ciliares em margem de reservatório**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2012.

SUGANUMA, M. S; TOREZAN, J. M. D.; CAVALHEIRO, A. L.; VANZELA, A. L. L.; BENATO, T. Comparando metodologias para avaliar a cobertura do dossel e a luminosidade no sub-bosque de um reflorestamento e uma floresta madura. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.32, n.2, p.377-385, 2008.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2014). **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 10 mai. 2014.

ROPPA, C.; VALCARCEL, R.; BAYLÃO JUNIOR, H. F. Avaliação da regeneração em ecossistemas perturbados como indicador da restauração em ambientes com marcada estacionalidade, Nova Iguaçu (RJ). **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v.42, n.2, p.257-268, abr-jun. 2012.

VAN DEN BERG; E. SANTOS, F. A. M. dos; Aspectos da variação ambiental em uma floresta de galeria em Itutinga, MG, Brasil. **Ciência Floresta**, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 83-98. 2003

VIANI, R. A. G.; DURIGAN, G.; MELO, A. C. G de; A regeneração natural sob plantações florestais: desertos verdes ou redutos de biodiversidade? **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 533-552 jul.-set., 2010.

(VERSÃO PRELIMINAR)