

KELLY DE ALMEIDA SILVA

**AVALIAÇÃO ECOLÓGICA DE UMA FLORESTA EM RESTAURAÇÃO APÓS
MINERAÇÃO E DE UM ECOSISTEMA DE REFERÊNCIA, ZONA DA MATA
MINEIRA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S586a
2017

Silva, Kelly de Almeida, 1984-

Avaliação ecológica de uma floresta em restauração após mineração e de um ecossistema de referência, Zona da Mata mineira / Kelly de Almeida Silva. – Viçosa, MG, 2017.

ix, 106f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Sebastião Venâncio Martins.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Recuperação ecológica. 2. Florestas - Reprodução.
3. Reflorestamento. 4. Bauxita. 5. Bancos de sementes.
6. Serapilheira. 7. *Guarea guidonia*. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa de Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDD 22 ed. 577.3

KELLY DE ALMEIDA SILVA


**AVALIAÇÃO ECOLÓGICA DE UMA FLORESTA EM RESTAURAÇÃO APÓS
MINERAÇÃO E DE UM ECOSISTEMA DE REFERÊNCIA, ZONA DA MATA
MINEIRA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 20 de fevereiro de 2017.



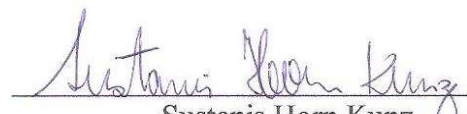
Elias Silva



José Marinaldo Gleriani



Flávio Pereira da Silva



Sustanis Horn Kunz



Sebastião Venâncio Martins
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

À Deus pela vida e por sempre guiar meu caminho me dando forças para sempre seguir em frente.

À minha família, que sempre me apoiou em minhas decisões e foi a minha base em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe, Solange, a pessoa que eu admiro e amo tanto, que sempre esteve ao meu lado me dando forças para sempre seguir em frente, pelo seu carinho e amor incondicional e pela sua compreensão e suporte em todos os momentos da minha vida.

Ao meu pai, José Gomes (*in memoriam*), que fez o possível e o impossível para me proporcionar uma educação de qualidade e para a realização dos meus sonhos. Meu pai que sempre foi uma pessoa íntegra, batalhadora e acima de tudo um ótimo pai.

Ao meu irmão, Rodrigo, que mesmo não nos vendo com frequência, está sempre em meu coração. Obrigada pelo carinho e amor que tem por mim. Te amo muito meu irmão querido.

Ao meu esposo Aurino, pela dedicação, paciência, companheirismo, pela ajuda desde as coletas dos dados em campo até a contribuição na melhoria da tese, e principalmente pelo seu amor incondicional e por estar sempre me incentivando em todos os momentos da minha vida. Você é um presente de Deus em minha vida. Te amo muito.

Ao meu padrasto, Jorge, uma pessoa muito especial que entrou em minha vida. Obrigada por toda sua dedicação, carinho, atenção e palavras de incentivo e força.

Ao meu orientador, Sebastião Venâncio Martins, pela oportunidade, confiança, dedicação e profissionalismo. Principalmente pelos ensinamentos e experiências transmitidos.

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF) e ao Laboratório de Restauração Florestal (LARF), pela oportunidade concedida e pelos conhecimentos e ensinamentos proporcionado por meio dos professores.

Aos membros da banca, por contribuírem na melhoria da tese.

Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pela bolsa de Doutorado concedida.

À Companhia Brasileira de Alumínio (CBA)/Votorantim Metais pelo apoio e fornecimento da estrutura necessária para a realização deste trabalho. Ao engenheiro

florestal Aldo Teixeira Lopes, pelo profissionalismo, apoio ao projeto e pela confiança depositada.

Aos funcionários do DEF, em especial o Alexandre e o Dilson, pelo profissionalismo, ajuda e dedicação.

Ao Marcos e a Camila pela ajuda na identificação das espécies e principalmente pela amizade.

Aos amigos da Pós-graduação, Geanna, Junia, Camila, Lucas e Pedro pela amizade e pelos ensinamentos e experiências compartilhadas.

À todos meus familiares e amigos que direta ou indiretamente contribuíram para mais esta conquista e realização em minha vida.

BIOGRAFIA

Kelly de Almeida Silva, filha de Solange de Almeida Silva e José Gomes da Silva (*in memorian*), nasceu na cidade de Ponte Nova, Minas Gerais, em 5 de dezembro de 1984.

Em 2007, iniciou o curso de Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa, MG, e graduou-se em julho de 2011. Durante sua graduação desenvolveu trabalhos nas áreas de Ecologia e Restauração Florestal, tendo sido bolsista de iniciação científica.

Em agosto de 2011, iniciou o curso de Mestrado em Ciência Florestal, com ênfase em Meio Ambiente e Conservação da Natureza, pela Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, obtendo em julho de 2013 o título de Mestre em Ciência Florestal.

Em agosto de 2013, iniciou o curso de Doutorado em Ciência Florestal, com ênfase em Meio Ambiente e Conservação da Natureza, na Universidade Federal de Viçosa, MG, obtendo então, em fevereiro de 2017 o título de Doutora em Ciência Florestal.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	viii
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. ARTIGO 1 - BANCO DE SEMENTES DE UMA FLORESTA EM RESTAURAÇÃO E DE UM ECOSISTEMA DE REFERÊNCIA, SUDESTE DO BRASIL.....	5
3. ARTIGO 2 - REGENERAÇÃO NATURAL DE UMA FLORESTA EM RESTAURAÇÃO E DE UM ECOSISTEMA DE REFERÊNCIA, SUDESTE DO BRASIL.....	32
4. ARTIGO 3 - ESTOQUE DE SERAPILHEIRA EM UMA FLORESTA EM PROCESSO DE RESTAURAÇÃO APÓS MINERAÇÃO DE BAUXITA.....	62
5. ARTIGO 4 - EFICIÊNCIA DO HIDROGEL E COBERTURA MORTA NA SOBREVIVÊNCIA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE MUDAS DE <i>Guarea</i> <i>guidonia</i>	81
6. CONCLUSÕES GERAIS	102
ANEXO.....	103

RESUMO

SILVA, Kelly de Almeida, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2017. **Avaliação ecológica de uma floresta em restauração após mineração e de um ecossistema de referência, Zona da Mata Mineira.** Orientador: Sebastião Venâncio Martins.

A restauração florestal possui fundamental importância no restabelecimento da biodiversidade e dos processos ecológicos de um ecossistema que foi degradado e está em processo de restauração, sendo primordial a sua avaliação para o alcance dessas premissas. Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar o processo de restauração florestal, através dos indicadores banco de sementes do solo, regeneração natural e serapilheira acumulada, de uma floresta em restauração há cinco anos, após a mineração de bauxita, e compará-la com um ecossistema de referência (Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio de sucessão); além de verificar a influência do uso de hidrogel e cobertura morta na sobrevivência e desenvolvimento de mudas de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer para a restauração de áreas degradadas. Foram alocadas 30 parcelas de 2,0 x 2,0 m em cada uma das duas florestas. Para a análise do banco de sementes do solo, no centro de cada parcela coletou-se uma amostra de solo superficial (0,25 x 0,30 x 0,05 m), e estas foram levadas para a casa de sombra para avaliação, durante seis meses, das plântulas emergidas. Para avaliar a regeneração natural, os arbustos e árvores regenerantes foram identificados e medidos a altura e o diâmetro ao nível do solo. Para análise da serapilheira acumulada, no centro de cada parcela coletou-se todo o material orgânico não decomposto contido em amostras de 0,50 x 0,50 m para posterior obtenção da massa seca. Para avaliação do plantio das mudas de *Guarea guidonia* foi implantado quatro tratamentos (núcleos de quatro mudas), em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Tratamento controle (Tc): apenas plantio das mudas; Tratamento 1 (T1): plantio das mudas com hidrogel; Tratamento 2 (T2): plantio das mudas com deposição de cobertura morta; Tratamento 3 (T3): plantio das mudas com hidrogel junto com a deposição de cobertura morta. No banco de sementes da floresta em processo de restauração (Floresta A1) emergiram 4.872 plântulas (61 espécies). No banco de sementes do ecossistema de referência (Floresta A2) emergiram 764 plântulas (58 espécies). A florística da regeneração natural da Floresta A1 foi representada por 61 indivíduos pertencentes a 16 espécies (5.083 indivíduos ha⁻¹). Na Floresta A2 a florística foi representada por 315 indivíduos pertencentes a 58 espécies (26.250 indivíduos ha⁻¹). A densidade média de indivíduos e riqueza de espécies foram maiores ($p < 0,05$) no ecossistema de referência. A distribuição das categorias sucessionais apresentou

diferença significativa entre a Floresta A1 e a Floresta A2 ($\chi^2 = 241,9$; $p < 0,05$), com predomínio de indivíduos pioneiros na Floresta A1 e predomínio de indivíduos secundários tardios na Floresta A2. A serapilheira média acumulada no piso florestal da Floresta A1 foi de $4.640 \pm 1.812 \text{ kg ha}^{-1}$, e na Floresta A2 foi de $6.339 \pm 1.357 \text{ kg ha}^{-1}$, com diferença entre as duas florestas ($p < 0,05$). Em relação ao desenvolvimento das mudas de *Guarea guidonia*, o tratamento controle (Tc) apresentou maior taxa de mortalidade (55%) ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos (5% cada), porém entre os tratamentos T1, T2 e T3 não houve diferença ($p > 0,05$). Os resultados mostraram que a floresta em restauração apresenta sinais de restabelecimento de processos ecológicos importantes como um banco de sementes com capacidade de cicatrização de clareiras naturais e a presença de indivíduos regenerantes que representam a sua resiliência. O uso do hidrogel com cobertura morta ou apenas o uso do hidrogel propiciou maior sobrevivência e incremento em altura e diâmetro das mudas de *Guarea guidonia*, e, portanto, são recomendados na restauração de áreas degradadas de regiões sujeitas a déficit hídrico.

ABSTRACT

SILVA, Kelly de Almeida, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2017. **Ecological evaluation of a forest in restoration after mining and a reference ecosystem, Zona da Mata Mineira.** Adviser: Sebastião Venâncio Martins.

Forest restoration has a fundamental importance in the re-establishment of biodiversity and ecological processes of an ecosystem that has been degraded and is in the process of restoration, and its evaluation is essential to reach the premises. Forest restoration has a fundamental importance in the restoration of biodiversity and ecological processes of an ecosystem that has been degraded and is in the process of restoration, and its evaluation is essential to reach the premises. Thus, the objective of this study was to evaluate the forest restoration process, through the indicators of soil seed bank, natural regeneration and accumulated litter, of a forest in restoration five years ago, after a bauxite mining, and to compare it with a reference ecosystem (Semidecidual Seasonal Forest of success); In addition, the influence of the use of hydrogel and mulch on the survival and development of *Guarea guidonia* (L.) Sleumer seedlings for a restoration of degraded areas was verified. Thirty plots of 2.0 x 2.0 m were allocated to each of the two forests. For the soil seed bank analysis, a sample of the surface soil (0.25 x 0.30 x 0.05 m) was collected in the center of each plot, and these were taken to a shade house for evaluation, for six months, of seedlings emerged. To assess natural regeneration, regenerating shrubs and trees were identified and height and diameter were measured at ground level. For the accumulated litter analysis, all the non-decomposed organic material contained in samples of 0.50 x 0.50 m was collected in the center of each plot to obtain the dry mass. For the evaluation of the planting of *Guarea guidonia* seedlings, four treatments (groups of four seedlings) were implanted in a completely randomized design with five replications. Control treatment (Tc): only planting of seedlings; Treatment 1 (T1): planting of seedlings with hydrogel; Treatment 2 (T2): planting of seedlings with deposition of mulch; Treatment 3 (T3): planting of seedlings with hydrogel together with the deposition of mulch. In the seed bank of the forest in process of restoration (Forest A1) emerged 4,872 seedlings (61 species). In the seed bank of the reference ecosystem (Forest A2) 764 seedlings emerged (58 species). The floristic of the natural regeneration of Forest A1 was represented by 61 individuals belonging to 16 species (5,083 individuals ha⁻¹). In the A2 Forest floristic was represented by 315 individuals belonging to 58 species (26,250 individuals ha⁻¹). The average density of individuals and species richness were higher ($p < 0.05$) in the reference ecosystem. The distribution of the successional categories presented a significant difference between Forest A1 and Forest A2 ($\chi^2 =$

241.9; $p < 0.05$), with a predominance of pioneer individuals in Forest A1 and predominance of late secondary individuals in Forest A2. The average litter accumulated on the forest floor of Forest A1 was $4.640 \pm 1.812 \text{ kg ha}^{-1}$, and in Forest A2 it was $6,339 \pm 1,357 \text{ kg ha}^{-1}$, with difference between the two forests ($p < 0.05$). In relation to the development of *Guarea guidonia* seedlings, the control treatment (Tc) presented a higher mortality rate (55%) ($p < 0.05$) in relation to the other treatments (5% each), but T1, T2 and T3 there was no difference ($p > 0.05$). The results showed that the forest under restoration shows signs of re-establishment of important ecological processes such as a seed bank with healing capacity of natural glades and the presence of regenerating individuals that represent its resilience. The use of the hydrogel with mulch or only the use of the hydrogel provided greater survival and increase in height and diameter of *Guarea guidonia* seedlings, and are therefore recommended in the restoration of degraded areas of regions subject to water deficit.

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os depósitos de bauxita no território brasileiro correspondem a cerca de 10% das reservas mundiais, com 2,6 bilhões de toneladas, colocando o Brasil no quarto lugar entre os países produtores (USGS, 2015).

Na região da Zona da Mata de Minas Gerais, as jazidas de bauxita possuem uma extensão de 160 Km por 30 Km de largura compreendendo a região entre os municípios de Juiz de Fora e Carangola, incluindo São Sebastião da Vargem Alegre e Miraí. A bauxita nesta região ocorre sob a forma de corpos superficiais com até 2 Km de comprimento, espessura média de 4 m, constituída por blocos envoltos em matriz argilosa, em proporção de 1:1 (LOPES e BRANQUINHO, 1988). O rebaixamento topográfico, resultado do processo de mineração, dificilmente extrapola os 20 metros e com isso, o fechamento das minas de bauxita se dá geralmente em curto espaço temporal (GUIMARÃES et al., 2012).

A mineração de bauxita demanda a supressão da vegetação e a remoção das camadas superficiais de solo (GRANT et al., 2007), gerando ônus ao meio ambiente devido à alteração das propriedades do solo e da paisagem, causando desequilíbrio ao ecossistema (MOREIRA, 2004).

Neste cenário, a restauração florestal tem cada vez mais ganhado importância e destaque, devido a necessidade de recuperação dessas áreas degradadas. Assim, os projetos de restauração buscam restabelecer os processos ecológicos, a biodiversidade e função desses ecossistemas degradados (MARTINS et al., 2012). Além de buscar também se aproximar dos ecossistemas de referência, que são representados pelas áreas naturais remanescentes próximas ao local onde será implantado o projeto de restauração (ARONSON et al., 2011). Essas áreas servirão como modelos desejados para o planejamento e objetivo da restauração (BRANCALION et al., 2015)

Para alcançar o sucesso nos objetivos almejados, é importante avaliar as áreas em processo de restauração (CHAZDON, 2012). Assim, as diferentes técnicas implantadas para a restauração de ecossistemas degradados, com o objetivo de indução da sucessão ecológica, necessitam de avaliações até que condições de autossuficiência com relação ao retorno dos processos ecológicos e recuperação da sua resiliência estejam garantidos (CORREIA et al., 2016). Para avaliar as áreas em processo de restauração, distintos indicadores podem ser aplicados individual ou conjuntamente, como o banco de sementes do solo, a regeneração natural, o acúmulo de serapilheira, a abertura do dossel e o

crescimento e sobrevivência das mudas plantadas (BELLOTTO et al., 2009; BRANCALION et al., 2015; MARTINS, 2016). Esses indicadores são avaliados na floresta em processo de restauração e no ecossistema de referência, com posterior comparação dos resultados entre as áreas.

Portanto, percebe-se que a avaliação é importante para verificar a identificação de perturbações e a conseqüente necessidade de interferência por meio de manejo ou replantios nas áreas em processo de restauração, além de subsidiar futuros estudos de restauração ecológica (IGNÁCIO et al., 2007; RODRIGUES et al., 2009).

Com base no exposto, este estudo teve como objetivos, avaliar o processo de restauração florestal de uma floresta em restauração há cinco anos após a mineração de bauxita, através dos indicadores de avaliação banco de sementes do solo, regeneração natural e serapilheira acumulada e compará-los com um ecossistema de referência; e verificar a influência do uso de hidrogel e cobertura morta na sobrevivência e desenvolvimento de mudas de *Guarea guidonia* (L.) Sleumer para a restauração de áreas degradadas.

A fim de facilitar a sua compreensão, o estudo está organizado em quatro artigos: 1) Banco de sementes de uma floresta em restauração e de um ecossistema de referência, Sudeste do Brasil; 2) Regeneração natural de uma floresta em restauração e de um ecossistema de referência, Sudeste do Brasil; 3) Estoque de serapilheira em uma floresta em processo de restauração após mineração de bauxita; 4) Eficiência do hidrogel e cobertura morta na sobrevivência e desenvolvimento inicial de mudas de *Guarea guidonia*.

1.1 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BELLOTTO, A.; VIANI, R. A. G.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade In: RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: Instituto BioAtlântica, 2009. p. 128-146.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Restauração Florestal**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015. 432p.

CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

CORREIA, G. G. S.; MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; SILVA, K. A. Estoque de serapilheira em floresta em restauração e em Floresta Atlântica de Tabuleiro no Sudeste brasileiro. **Revista Árvore**, v. 40, n. 1, p. 13-20, 2016.

GRANT, C. D., WARD, S. C.; MORLEY, S. C. Return of ecosystem function to restored bauxite mines in western Australia. **Restoration Ecology**, v. 15 (4, Supl), p. S94-S103, 2007.

GUIMARÃES, J. C. C.; CHAGAS, J. M.; CAMPOS, C. C. F.; ALECRIM, E. F.; MACHADO, E. S. Avaliação dos aspectos e impactos ambientais decorrentes da mineração de bauxita no sul de Minas Gerais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 321-333, 2012.

IGNÁCIO, E. D.; ATTANASIO, C. M.; TONIATO, M. T. Z. Monitoramento de plantios de restauração de florestas ciliares: microbacia do Ribeirão São João, Mineiros do Tietê, SP. **Revista Instituto Florestal**, v. 19, n. 2, p. 137-148, 2007.

LOPES, R. F.; BRANQUINHO, J. A. Jazidas de bauxita da Zona da Mata de Minas Gerais. SCHOBENHAUS, C.; COELHO, C. E. S. (Coords.). **Principais depósitos minerais do Brasil**, v.3. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 1988. p. 599-619.

MARTINS, S. V.; MIRANDA NETO, A.; SILVA, K. A.; CORREIA, G. G. S.; CAMPOS, W. H.; CUNHA, J. F. Modelos e técnicas de restauração florestal para adequação ambiental de propriedades rurais. **Informe Agropecuário**, v. 33, n. 271, p. 7-13, 2012.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas**: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 4. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2016. 270p.

MOREIRA, P. R. **Manejo do solo e recomposição da vegetação com vistas a recuperação de áreas degradadas pela extração de bauxita, Poços de Caldas, MG**. 2004. 139p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2004.

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

U.S. GEOLOGICAL SURVEY - USG. **Mineral Commodity Summaries 2015**, Virginia, 2015.

2. ARTIGO 1 - BANCO DE SEMENTES DE UMA FLORESTA EM RESTAURAÇÃO E DE UM ECOSISTEMA DE REFERÊNCIA, SUDESTE DO BRASIL

Banco de sementes de uma floresta em restauração e de um ecossistema de referência, Sudeste do Brasil

Resumo

Este estudo teve como objetivo caracterizar o banco de sementes do solo de uma floresta em restauração e de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual (ecossistema de referência) e compará-los quantitativo e qualitativamente. Foram alocadas 30 parcelas de 2,0 m x 2,0 m em cada uma das florestas estudadas, e coletadas no centro de cada parcela uma amostra de solo superficial de 0,25 x 0,30 m e 5 cm de profundidade. Todas as amostras foram transportadas para casa de sombra do Viveiro de Pesquisas da UFV e colocadas em bandejas plásticas. As plântulas emergidas foram contabilizadas e identificadas durante um período de seis meses. O banco de sementes do solo da floresta em restauração apresentou maior densidade de plântulas emergidas (2.165 plântulas m⁻²) em relação ao ecossistema de referência (340 plântulas m⁻²). Apesar de não haver semelhança florística entre as espécies arbustivo-arbóreas das florestas estudadas, a semelhança da distribuição da síndrome de dispersão e categoria sucessional destas espécies indica que os processos ecológicos tem-se desenvolvido em ambas florestas, e que a floresta em restauração se aproxima do ecossistema de referência em termos de configuração e distribuição das formas de dispersão de propágulos e grupos ecológicos.

Palavras-chave: Bioindicadores, Floresta Atlântica, mineração, similaridade florística

Introdução

O Brasil está entre os maiores produtores mundiais de minério e é detentor das maiores reservas minerais no mundo (Magno 2015). Na produção do minério bauxita, ocupa o quarto lugar, com depósitos correspondentes a cerca de 10% das reservas mundiais (USGS 2015).

Isto revela que o setor de mineração é importante para a economia do país, mas deve ser levado em consideração na avaliação da sua viabilidade, seus reais impactos sociais e ambientais, além dos estudos prévios das operações de mineração no intuito de minimizar os danos causados (Barros et al. 2012).

A mineração de bauxita gera diversos impactos ambientais negativos e positivos. Entre as atividades potenciais de geração de impactos negativos estão a supressão da vegetação, impacto sobre a qualidade da água, perda da função do ecossistema, efeitos

sobre a fauna, emissão de ruídos, particulados e poeira (Koch 2015). Entretanto, outras atividades apresentam interface positiva em relação aos impactos gerados, especialmente os decorrentes das atividades de condicionamento da topografia e revegetação (Guimarães et al. 2012).

Neste cenário, torna-se necessário ações de mitigação dos impactos ambientais negativos a serem gerados, assim como a recomposição da área degradada através de técnicas de restauração florestal. A restauração florestal visa a criação de comunidades de plantas sustentáveis e representativas da composição e da diversidade das formações florestais onde a área degradada está inserida (Jefferson 2004; Courtney et al. 2009). Restaurar um ecossistema é promover e ampliar possibilidades para o restabelecimento dos processos ecológicos e a sucessão natural, sua biodiversidade e estabilidade (Tres et al. 2007; Martins 2016).

Um fator importante para a recuperação e manutenção da resiliência de um ecossistema é o banco de sementes do solo. A avaliação da sua densidade e riqueza de espécies vegetais é de suma importância para subsidiar a tomada de decisão das técnicas de restauração mais adequadas a serem utilizadas em projetos de restauração (Martins 2016). O banco de sementes do solo é caracterizado pelas sementes viáveis existentes no solo (Caldato et al. 1996; Schorn et al. 2013), e é um sistema dinâmico com entradas, por meio dos mecanismos de dispersão atuantes, e saídas através da germinação, por meio da perda de viabilidade, predação ou morte das sementes (Caldato et al. 1996; Gasparino et al. 2006).

Portanto, o estudo do banco de sementes do solo como indicador de avaliação de florestas em processo de restauração visa o conhecimento do potencial de regeneração natural da floresta diante de possíveis distúrbios (Calegari et al. 2013; Martins et al. 2015) e auxilia na tomada de decisão sobre futuras intervenções para a melhoria e o alcance da estabilidade e retorno dos processos ecológicos do ecossistema em restauração (Martins et al. 2015).

O presente estudo teve como objetivo caracterizar o banco de sementes do solo de uma floresta em restauração e de um remanescente de Floresta Estacional Semidecidual (ecossistema de referência) e compará-los quantitativo e qualitativamente.

Material e Métodos

Áreas de estudo

O estudo foi conduzido em duas florestas adjacentes: Floresta A1 – floresta em restauração por meio de plantio de mudas de espécies arbóreas, com 2,18 ha; Floresta A2 - ecossistema de referência, fragmento de floresta secundária preservado em estágio médio de sucessão, com 5,30 ha (ver Anexo, Figs. A à F).

As florestas estão localizadas no município de São Sebastião da Vargem Alegre (21°04'20"S e 42°38'11"W), Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil, com altitude local variando de 792 a 832 m (Fig. 1). No entorno dessas florestas, existem áreas de pastagens, fragmentos florestais preservados, plantios de eucalipto e áreas em processo de mineração.

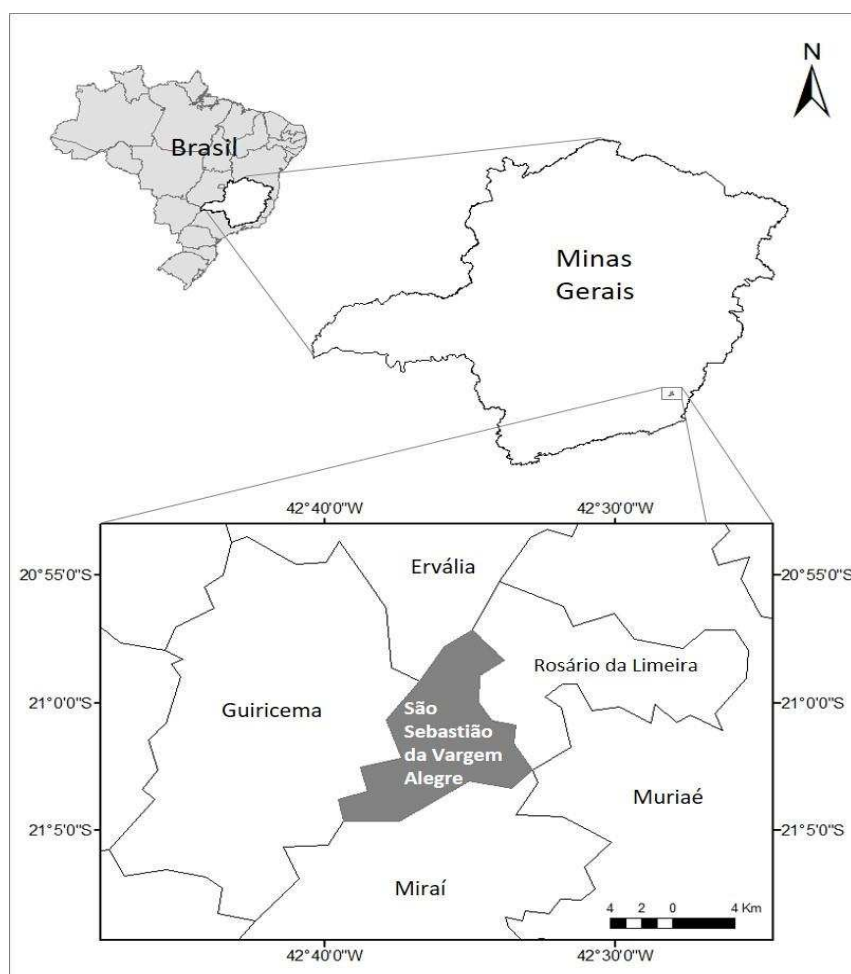


Fig 1 Localização do município de São Sebastião da Vargem Alegre, Minas Gerais, Brasil.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (Sá Júnior et al. 2012). A temperatura média mínima anual é de 18,2°C e média máxima anual de 31°C, com temperatura média anual de 23,5°C e precipitação média anual de 1.564 mm (AGEVAP 2013).

A vegetação característica da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana, inserida no Domínio Floresta Atlântica (IBGE 2012).

Na Floresta A1 foi realizada a extração de bauxita, no ano de 2008, pela empresa Votorantim Metais e, posteriormente, realizou-se o processo de recomposição e implantação da restauração na área, de acordo com as seguintes etapas: recomposição topográfica; deposição da camada fértil de solo (*top soil* de 0,30 m, retirado e armazenado anteriormente à mineração); correção da acidez do solo e adubação fosfatada; adubação de base (no plantio); plantio de espécies arbóreas (Tabela 1), com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m; e adubação de cobertura (60 e 120 dias pós-plantio), no entorno das mudas, finalizando as atividades de implantação da restauração no ano de 2010. O estudo do banco de sementes do solo foi realizado cinco anos após o início do processo de restauração na Floresta A1.

Na Floresta A2, um trecho remanescente de Floresta Estacional Semidecidual secundário preservado que se encontra no estágio médio de sucessão, serviu como um ecossistema de referência, auxiliando na avaliação da Floresta A1.

Tabela 1: Lista de espécies arbóreas utilizadas no plantio da floresta em processo de restauração (Floresta A1), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Família	Espécie	CS	SD
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	P	Zoo
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	SI	Zoo
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	P	Zoo
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	SI	Ane
	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.	SI	Ane
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	P	Zoo
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex. Steud.	SI	Ane
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	P	Zoo
Caricaceae	<i>Jacaratia spinosia</i> (Aubl.) A.DC.	P	Zoo
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P	Zoo
	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	SI	Auto
Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	SI	Ane
	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	SI	Zoo

Continua...

Tabela 1: Cont.

	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	ST	Ane
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	P	Zoo
	<i>Erythrina falcata</i> Benth.	P	Auto
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	ST	Zoo
	<i>Inga edulis</i> Mart.	SI	Zoo
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit *	P	NC
	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	SI	Ane
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	SI	Ane
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	SI	Auto
	<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	P	Ane
	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	SI	Auto
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	SI	Zoo
Lauraceae	<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	ST	Zoo
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	ST	Ane
	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	SI	Ane
Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	P	Zoo
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	ST	Zoo
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	ST	Ane
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	ST	Zoo
	<i>Melia azedarach</i> L. *	P	Zoo
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. *	NC	Zoo
	<i>Morus nigra</i> L. *	NC	Zoo
Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels *	P	Zoo
	<i>Eucalyptus</i> sp. *	P	NC
Rosaceae	<i>Cydonia oblonga</i> Mill. *	NC	NC
	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl. *	ST	Zoo
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	ST	Zoo
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	ST	Auto
Solanaceae	<i>Solanum bullatum</i> Vell.	P	Zoo
	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	P	Zoo
	<i>Solanum paniculatum</i> L.	P	Zoo
Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	ST	Ane

CS: Categoria sucessional (P: Pioneira, SI: Secundária inicial, ST: Secundária tardia, NC: Não caracterizada); SD: Síndrome de dispersão (Zoo: Zoocórica, Ane: Anemocórica, Auto: Autocórica, NC: Não caracterizada); *espécies exóticas no Brasil.

Coleta e análise dos dados

Foram alocadas 30 parcelas de 2,0 m x 2,0 m em cada uma das florestas estudadas, Floresta A1 e Floresta A2, distribuídas em seis linhas de cinco parcelas, com distância de 5 m entre parcelas, na linha, e de 40 m entre linhas (Fig. 2). Para a análise do banco de

sementes do solo, no centro de cada parcela foi lançada uma moldura de 0,25 m x 0,30 m, no qual foi coletada uma amostra de solo superficial até a profundidade de 5,0 cm, desprezando a serapilheira superficial não decomposta, perfazendo um total de 60 amostras (30 amostras na Floresta A1 e 30 amostras na Floresta A2), sendo realizada a coleta das amostras na estação chuvosa (ver Anexo, Fig. G).

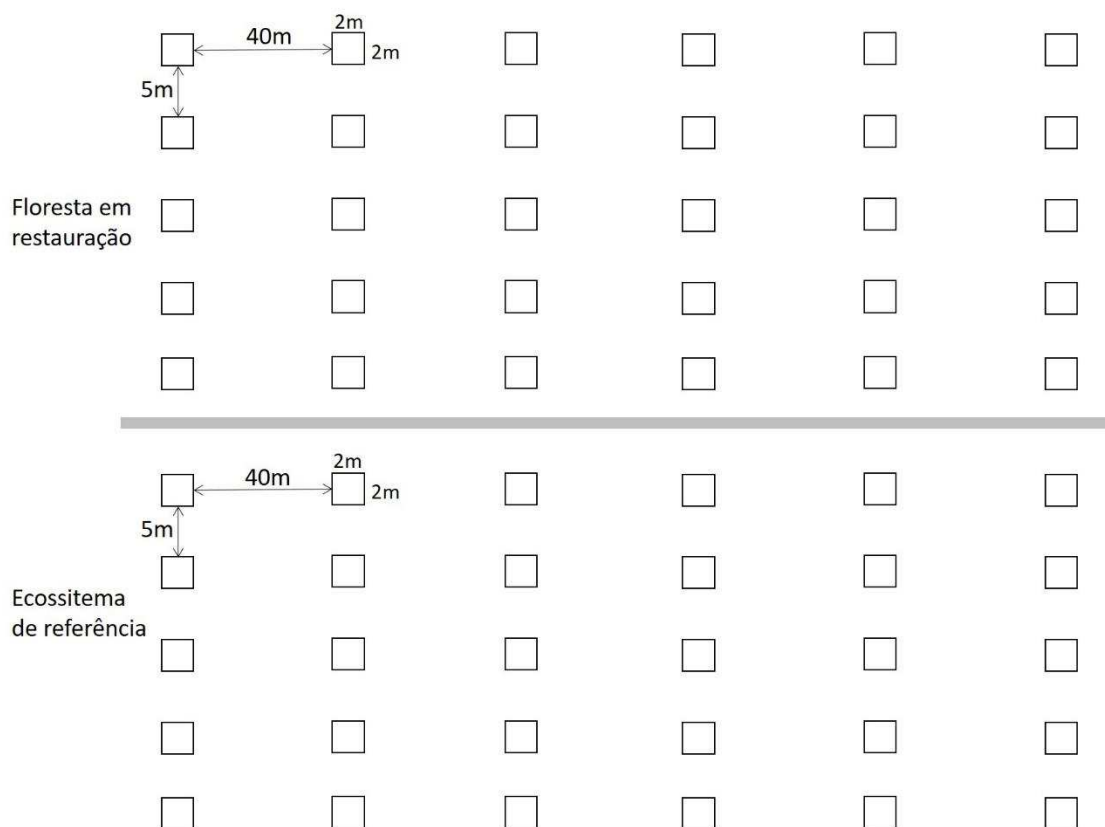


Fig 2 Distribuição das parcelas na floresta em restauração e no ecossistema de referência, São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

As 60 amostras de solo foram colocadas em sacos plásticos transparentes, devidamente identificadas e transportadas para casa de sombra do Viveiro de Pesquisas na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, onde foram transferidas para bandejas plásticas, de dimensões 0,25 x 0,30 x 0,05 m, com furos no fundo para drenagem do excesso de água e dispostas em bancadas à um metro de altura (ver Anexo, Fig. H). As bandejas foram mantidas isoladas de possíveis contaminações externas, por cobertura de tela tipo sombrite com 50% de sombreamento. Nas bancadas, foram dispostas também duas bandejas com areia esterilizada, com a função de controle. As amostras de solo receberam irrigação diária por aspersão programada (quatro irrigações diárias de três minutos de duração cada irrigação) durante 6 meses. Neste período, a

avaliação do banco de sementes foi realizada pelo método indireto de emergência das plântulas (Brown 1992), onde, quinzenalmente, foi efetuada a contabilização das plântulas emergentes e sua identificação, sendo as mesmas retiradas logo após seu registro (ver Anexo, Fig. I).

As espécies foram classificadas em famílias e tiveram os nomes científicos e seus respectivos autores atualizados de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group IV (2016) e pela base de dados da Lista de Espécies da Flora do Brasil (2016). Foram calculados os parâmetros fitossociológicos de densidade e frequência (Mueller-Dombois e Ellenberg 2003), utilizando o programa FITOPAC 2.1 (Shepherd 2010).

As médias dos valores de densidade de indivíduos e riqueza de espécies obtidas na floresta em processo de restauração (Floresta A1) foram comparadas com o ecossistema de referência (Floresta A2) através do teste t de Student para amostras independentes ($p < 0,05$).

As espécies amostradas foram classificadas em categorias sucessionais, de acordo com os critérios propostos por Budowski (1965) e adaptados por Gandolfi et al. (1995) para Florestas Estacionais Semidecíduais brasileiras em pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias. Foram também classificadas quanto às síndromes de dispersão de propágulos em zoocóricas, anemocóricas e autocóricas (van der Pijl 1982).

Verificou-se, apenas para as espécies arbustivo-arbóreas, a similaridade florística, a similaridade da síndrome de dispersão e a similaridade da categoria sucessional, entre o banco de sementes da Floresta A1, o banco de sementes da Floresta A2, as espécies utilizadas no plantio da Floresta A1 e as espécies presentes na Floresta A2. Realizou-se levantamento florístico das espécies de trecho da Floresta A2 por meio de caminhamento na área (Tabela 2).

Para a verificação da similaridade florística empregou-se o coeficiente de Jaccard, a partir de uma matriz de dados qualitativos de presença e ausência de espécies (Mueller-Dombois e Ellenberg 2003). Para as similaridades da síndrome de dispersão e da categoria sucessional empregou-se o coeficiente de Morisita (mod. Horn), a partir de uma matriz de dados quantitativos de densidade de espécies (Kent e Coker 1992).

Para interpretar a similaridade, utilizou-se o método de agrupamento UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean), produzindo um dendrograma em que as amostras semelhantes, de acordo as variáveis escolhidas, foram agrupadas entre si (Moita Neto e Moita 1998).

Tabela 2: Florística das espécies arbustivo-arbóreas de trecho do ecossistema de referência (Floresta A2), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Família	Espécie	CS	SD	Hb
Annonaceae	<i>Annona cacans</i> Warm.	ST	Zoo	A
	<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	ST	Zoo	A
	<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	SI	Zoo	A
Araliaceae	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.	P	Zoo	A
Arecaceae	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	ST	Zoo	P
	<i>Syagrus romanzoffiana</i> (Cham.) Glassman	SI	Zoo	P
Asteraceae	<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	P	Ane	A
	<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H.Rob.	P	Ane	A
Bignoniaceae	<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	SI	Ane	A
Boraginaceae	<i>Cordia sellowiana</i> Cham.	SI	Zoo	A
Clusiaceae	<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	ST	Zoo	A
Cyatheaceae	<i>Cyathea phalerata</i> Mart.	SI	Ane	P
Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum deciduum</i> A.St.-Hil	ST	Zoo	A
	<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil	ST	Zoo	A
Euphorbiaceae	<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	P	Zoo	A
	<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	P	Zoo	A
	<i>Aparisthium cordatum</i> (A. Juss.) Baill.	SI	Auto	A
	<i>Croton urucurana</i> Baill.	P	Auto	A
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	SI	Auto	A
Fabaceae	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F. Macbr.	ST	Ane	A
	<i>Bauhinia forficata</i> Link	P	Auto	A
	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	SI	Ane	A
	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	SI	Ane	A
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	SI	Ane	A
	<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	SI	Auto	A
	<i>Pterogyne nitens</i> Tul.	SI	Ane	A
	<i>Tachigali rugosa</i> (Mart. ex. Benth.) Zarucchi & Pipoly	ST	Ane	A
Hypericaceae	<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	P	Zoo	A
Lacistemataceae	<i>Lacistema pubescens</i> Mart.	SI	Zoo	A
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	P	Zoo	A
Lauraceae	<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	ST	Zoo	A
	<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	SI	Zoo	A
Malvaceae	<i>Pseudobombax grandiflorum</i> (Cav.) A.Robyns	SI	Ane	A
	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	P	Zoo	A
Melastomataceae	<i>Miconia pusilliflora</i> (DC.) Naudin	SI	Zoo	A

Continua...

Tabela 2: Cont.

Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	ST	Zoo	A
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	ST	Ane	A
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	ST	Zoo	A
	<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	ST	Ane	A
	<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	ST	Zoo	A
Moraceae	<i>Sorocea bonplandii</i> (Baill.) W.C.Burger et al.	ST	Zoo	A
Myristicaceae	<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	ST	Zoo	A
Myrtaceae	<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	SI	Zoo	A
Nyctaginaceae	<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	SI	Zoo	A
Primulaceae	<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult	SI	Zoo	A
	<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	SI	Zoo	A
Rosaceae	<i>Prunus myrtifolia</i> (L.) Urb.	ST	Zoo	A
Rubiaceae	<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	ST	Zoo	A
	<i>Bathysa nicholsonii</i> K.Schum	SI	NC	A
	<i>Coffea arabica</i> L.*	NC	NC	B
	<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltldl.	ST	Zoo	A
	<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	ST	Zoo	A
Rutaceae	<i>Hortia brasiliana</i> Vand. ex. DC.	ST	Zoo	A
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	P	Zoo	A
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	SI	Zoo	A
	<i>Casearia sylvestris</i> Sw.	P	Zoo	A
Sapindaceae	<i>Allophylus edulis</i> (A.St.-Hil. et al.) Hieron. ex Niederl.	P	Zoo	A
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	SI	Zoo	A
	<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	ST	Zoo	A
Urticaceae	<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	P	Zoo	A
	<i>Urera baccifera</i> (L.) Gaudich. ex Wedd.	P	Zoo	A
Vochysiaceae	<i>Vochysia</i> sp.	NC	Ane	A

CS: Categoria sucessional (P: Pioneira, SI: Secundária inicial, ST: Secundária tardia, NC: Não caracterizada); SD: Síndrome de dispersão (Zoo: Zoocórica, Ane: Anemocórica, Auto: Autocórica, NC: Não caracterizada); Hb: Hábito (A: Árvore, B: Arbusto, P: Palmeira); *espécie exótica no Brasil.

Resultados

Banco de sementes da floresta em processo de restauração (Floresta A1)

No banco de sementes da floresta em processo de restauração (Floresta A1) emergiram 4.872 plântulas, pertencentes a 61 espécies e 25 famílias botânicas. Dessas espécies, sete foram identificadas apenas ao nível de gênero e uma ficou como

indeterminada, assim como a família a que pertence (Tabela 3). O banco de sementes apresentou densidade de 2.165 propágulos m⁻², distribuídos em 1.497 ervas m⁻², 607 arbustos m⁻², 59 árvores m⁻² e duas não caracterizadas m⁻². Nas bandejas controle, não houve emergência de plântulas. Isso mostra que não houve contaminação do experimento por sementes vindas de fontes externas.

Tabela 3: Florística e fitossociologia das espécies do banco de sementes do solo da floresta em processo de restauração (Floresta A1), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Família/Espécie	NI	DR(%)	FR(%)	CS	SD	Hb
Amaranthaceae						
<i>Amaranthus blitum</i> L.	17	0,35	0,87	NC	NC	E
Asteraceae						
<i>Adenostemma verbesiana</i> (L.) Kuntze	3	0,06	0,65	NC	Ane	E
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	671	13,78	4,77	P	Ane	E
<i>Baccharis dentata</i> (Vell.) G.M.Barroso	3	0,06	0,43	P	Ane	B
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	38	0,78	3,04	P	Ane	B
<i>Baccharis trinervis</i> Pers.	3	0,06	0,43	P	Ane	B
<i>Bidens pilosa</i> L.	8	0,16	0,43	P	Ane	E
<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob	2	0,04	0,43	NC	Ane	B
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	48	0,99	4,77	P	Ane	E
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronquist	21	0,43	3,04	P	Ane	E
<i>Emilia fosbergii</i> Nicolson	19	0,39	2,17	P	Ane	E
<i>Erechtites hieracifolius</i> (L.) Raf. ex DC.	29	0,60	3,04	P	Ane	E
<i>Eupatorium</i> sp.	1	0,02	0,22	NC	Ane	B
<i>Gnaphalium purpureum</i> L.	40	0,82	3,47	SI	Ane	E
<i>Gnaphalium</i> sp.	2	0,04	0,43	NC	Ane	E
<i>Lessingianthus glabratus</i> (Less.) H.Rob.	2	0,04	0,22	P	Ane	B
<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.	9	0,18	1,52	P	Ane	E
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	9	0,18	1,95	NC	Auto	E
<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H.Rob.	877	18,00	6,51	P	Ane	B
<i>Vernonanthura westiniana</i> (Less.) H.Rob.	14	0,29	2,60	P	Ane	B
<i>Vernonia</i> sp.	3	0,06	0,65	P	NC	B
<i>Youngia japonica</i> (L.) DC.	32	0,66	1,30	SI	Ane	E
Boraginaceae						
<i>Varronia curassavica</i> Jacq.	2	0,04	0,43	P	Zoo	B
Brassicaceae						
<i>Raphanus raphanistrum</i> L.	3	0,06	0,43	P	Auto	E
Cannabaceae						
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	96	1,97	3,04	P	Zoo	A
Cyperaceae						
<i>Cyperus esculentus</i> L.	317	6,52	1,95	P	Ane	E

Continua...

Tabela 3: Cont.

<i>Cyperus haspan</i> L.	35	0,72	1,30	P	Ane	E
<i>Cyperus meyenianus</i> Kunth	31	0,64	1,52	P	Ane	E
<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.	33	0,68	1,74	P	NC	E
Euphorbiaceae						
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	6	0,12	0,43	NC	Zoo	E
Fabaceae						
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	5	0,10	0,43	P	NC	A
Indeterminada						
Ideterminada 1	4	0,08	0,87	NC	NC	NC
Lamiaceae						
<i>Marsypianthes chamaedrys</i> (Vahl) Kuntze	1	0,02	0,22	P	Auto	E
<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	386	7,93	4,56	P	Zoo	B
Lauraceae						
<i>Nectandra lanceolata</i> Nees	8	0,16	0,87	ST	Zoo	A
Lythraceae						
<i>Cuphea carthagenensis</i> (Jacq.) J.Macbr.	28	0,57	1,95	NC	Ane	E
Malvaceae						
<i>Sida rhombifolia</i> L.	26	0,53	1,74	P	Ane	E
<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	8	0,16	1,08	P	Zoo	B
Melastomataceae						
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	5	0,10	0,43	P	Zoo	B
<i>Tibouchina</i> sp.	1	0,02	0,22	NC	Zoo	A
Onagraceae						
<i>Ludwigia tomentosa</i> (Cambess.) H.Hara	6	0,12	0,43	P	Ane	B
Oxalidaceae						
<i>Oxalis corniculata</i> L.	83	1,70	4,12	NC	Auto	E
Phyllanthaceae						
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	903	18,54	5,42	SI	Auto	E
Plantaginaceae						
<i>Scoparia dulcis</i> L.	469	9,64	3,04	P	Ane	E
Poaceae						
<i>Andropogon bicornis</i> L.	13	0,27	1,52	P	Ane	E
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	1	0,02	0,22	P	Ane	E
<i>Melinis minutiflora</i> P.Beauv.	9	0,18	1,08	P	Ane	E
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	1	0,02	0,22	P	Ane	E
<i>Paspalum notatum</i> Flügge	1	0,02	0,22	P	Ane	E
<i>Paspalum</i> sp.	281	5,77	4,12	P	Ane	E
<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen	16	0,33	0,87	P	Ane	E
<i>Urochloa decumbens</i> (Stapf) R.D.Webster	137	2,81	4,56	P	Ane	E
<i>Urochloa</i> sp.	4	0,08	0,43	P	Ane	E
Rosaceae						
<i>Rubus</i> sp.	2	0,04	0,22	NC	Zoo	E
Rubiaceae						
<i>Borreria latifolia</i> (Aubl.) K.Schum.	4	0,08	0,43	SI	Auto	E
Scrophulariaceae						
<i>Buddleja stachyoides</i> Cham. & Schldtl.	14	0,29	0,22	P	NC	B

Continua...

Tabela 3: Cont.

Solanaceae						
<i>Physalis angulata</i> L.	1	0,02	0,22	P	Ane	E
<i>Solanum americanum</i> Mill.	56	1,15	3,90	P	Zoo	E
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	23	0,47	2,17	P	Zoo	A
Urticaceae						
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	1	0,02	0,22	P	Zoo	A
Verbenaceae						
<i>Lantana camara</i> L.	1	0,02	0,22	P	Zoo	B
Total	4.872	100,00	100,00			

NI: Número de indivíduos; DR: Densidade relativa; FR: Frequência relativa; CS: Categoria sucessional (P: Pioneira, Si: Secundária inicial, ST: Secundária tardia, NC: Não caracterizada); SD: Síndrome de dispersão (Ane: Anemocórica, Auto: Autocórica, Zoo: Zoocórica, NC: Não caracterizada); Hb: Hábito (A: Árvore, B: Arbusto, E: Erva).

Destacaram-se quanto a abundância, em nível de família botânica, Asteraceae, Phyllanthaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Cyperaceae e Lamiaceae, perfazendo 91,79% dos indivíduos emergidos. A família Asteraceae compõe 37,64% das plântulas emergidas, seguida pela família Phyllanthaceae com 18,53% das plântulas emergidas, representada somente pela espécie *Phyllanthus tenellus* Roxb.

Quanto a categoria sucessional, 72,13% das espécies são pioneiras, 6,56% são secundárias iniciais, 1,64% secundária tardia e 19,67% não caracterizadas. Em nível de indivíduos, 76,50% pertencem à categoria sucessional pioneira, 20,10% pertencem a categoria secundária inicial, 0,16% a categoria secundária tardia e 3,24% não caracterizadas.

Quanto a síndrome de dispersão, 59,01% das espécies possuem dispersão anemocórica, 21,31% zoocórica, 9,84% autocórica e 9,84% não caracterizadas. Em nível de indivíduos, 65,64% possuem dispersão anemocórica, 20,59% autocórica, 12,21% zoocórica e 1,56% não caracterizados.

Banco de sementes do ecossistema de referência (Floresta A2)

No banco de sementes do ecossistema de referência (Floresta A2) emergiram 764 plântulas, pertencentes a 58 espécies e 25 famílias botânicas. Dessas espécies, oito foram identificadas apenas em nível de gênero e três ficaram como indeterminadas, assim como a família a que pertencem (Tabela 4). Foi obtida densidade de 340 propágulos m⁻², distribuídos em 157 árvores m⁻², 104 ervas m⁻², 78 arbustos m⁻² e duas trepadeiras m⁻².

Nas bandejas controle, não houve emergência de plântulas. Isso mostra que não houve contaminação do experimento por sementes vindas de fontes externas.

Destacaram-se quanto a abundância, em nível de família botânica, Solanaceae, Poaceae, Melastomataceae e Asteraceae, com 79,19% das plântulas emergidas. A família Solanaceae compõe 25,92% das plântulas emergidas, com destaque para a espécie *Solanum mauritianum* Scop., seguida pela família Poaceae com 21,34%.

Tabela 4: Florística e fitossociologia das espécies do banco de sementes do solo do ecossistema de referência (Floresta A2), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Família/Espécie	NI	DR	FR	CS	SD	Hb
Asteraceae						
<i>Ageratum conyzoides</i> L.	1	0,13	0,41	P	Ane	E
<i>Baccharis dentata</i> (Vell.) G.M.Barroso	1	0,13	0,41	P	Ane	B
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronquist	4	0,52	1,63	P	Ane	E
<i>Eclipta prostrata</i> (L.) L.	1	0,13	0,41	P	Ane	E
<i>Erechtites hieracifolius</i> (L.) Raf. ex DC.	29	3,80	4,08	P	Ane	E
<i>Eupatorium</i> sp.	8	1,05	2,86	NC	Ane	B
<i>Gnaphalium purpureum</i> L.	8	1,05	2,04	SI	Ane	E
<i>Helichrysum elatum</i> A.Cunn. ex DC.	1	0,13	0,41	SI	Ane	E
<i>Vernonanthura divaricata</i> (Spreng.) H.Rob.	1	0,13	0,41	P	Ane	A
<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H.Rob.	28	3,67	5,71	P	Ane	B
<i>Vernonanthura westiniana</i> (Less.) H.Rob.	26	3,40	6,93	P	Ane	B
Cannabaceae						
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	34	4,46	4,90	P	Zoo	A
Cyperaceae						
<i>Kyllinga brevifolia</i> Rottb.	2	0,26	0,41	P	NC	E
<i>Scleria gaertneri</i> Raddi	5	0,65	0,41	NC	Zoo	E
Euphorbiaceae						
<i>Alchornea glandulosa</i> Poepp. & Endl.	1	0,13	0,41	P	Zoo	A
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	15	1,96	3,67	P	Zoo	A
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	12	1,57	2,86	SI	Auto	A
Fabaceae						
<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (DC.) G.P.Lewis & M.P.Lima	2	0,26	0,82	SI	Ane	A
Hypericaceae						
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	7	0,92	2,86	P	Zoo	A
Indeterminada						
Indeterminada 1	1	0,13	0,41	NC	NC	A
Indeterminada 2	1	0,13	0,41	NC	NC	T
Indeterminada 3	1	0,13	0,41	NC	NC	T
Lamiaceae						
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	3	0,39	1,22	SI	Zoo	A
<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	1	0,13	0,41	P	Zoo	E

Continua...

Tabela 4: Cont.

Malvaceae						
<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	1	0,13	0,41	ST	Ane	A
<i>Sida</i> sp.	1	0,13	0,41	P	Ane	E
Melastomataceae						
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don.	96	12,58	6,11	P	Zoo	B
<i>Leandra niangaeformis</i> Cogn.	4	0,52	1,63	P	Zoo	B
<i>Miconia cinnamomifolia</i> DC. Naudin	4	0,52	1,22	P	Zoo	A
<i>Miconia latecrenata</i> DC. Naudin	2	0,26	0,82	P	Zoo	A
<i>Miconia sellowiana</i> Naudin	10	1,31	1,63	P	Zoo	A
<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	20	2,62	4,49	P	Zoo	A
Meliaceae						
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	1	0,13	0,41	ST	Zoo	A
Myrtaceae						
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	1	0,13	0,41	SI	Zoo	A
Oxalidaceae						
<i>Oxalis corniculata</i> L.	1	0,13	0,41	NC	Auto	E
Phyllanthaceae						
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	3	0,39	1,22	SI	Auto	E
Phytolaccaceae						
<i>Phytolacca americana</i> L.	3	0,39	1,22	P	Zoo	E
Piperaceae						
<i>Piper</i> sp.	2	0,26	0,82	P	Zoo	B
Poaceae						
<i>Andropogon bicornis</i> L.	6	0,79	1,63	P	Ane	E
<i>Panicum sellowii</i> Ness	15	1,96	2,04	P	Ane	E
<i>Paspalum</i> sp.	3	0,39	0,41	P	Ane	E
<i>Urochloa</i> sp.	139	18,20	2,86	P	Ane	E
Primulaceae						
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	3	0,39	0,82	SI	Zoo	A
Rubiaceae						
<i>Coccocypselum aureum</i> (Spreng.) Cham. & Schtdl.	1	0,13	0,41	NC	Zoo	E
<i>Coccocypselum</i> sp.	2	0,26	0,82	NC	Zoo	E
<i>Genipa americana</i> L.	4	0,52	1,22	ST	Zoo	A
<i>Guettarda uruguensis</i> Cham. & Schtdl.	1	0,13	0,41	SI	Zoo	B
<i>Psychotria</i> sp.	4	0,52	1,22	ST	Zoo	B
Rutaceae						
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	2	0,26	0,82	P	Zoo	A
Salicaceae						
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	4	0,52	1,63	SI	Zoo	A
Sapindaceae						
<i>Serjania laruotteana</i> Cambess.	1	0,13	0,41	NC	Auto	T
Solanaceae						
<i>Solanum americanum</i> Mill.	8	1,05	1,63	P	Zoo	E
<i>Solanum cernuum</i> Vell.	18	2,36	3,27	P	Zoo	A
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	167	21,87	6,12	P	Zoo	A

Continua...

Tabela 4: Cont.

<i>Solanum paniculatum</i> L.	5	0,65	1,22	P	Zoo	B
Styracaceae						
<i>Styrax</i> sp.	1	0,13	0,41	NC	Zoo	A
Urticaceae						
<i>Cecropia glaziovii</i> Snethl.	7	0,92	2,04	P	Zoo	A
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	31	4,06	4,90	P	Zoo	A
Total	764	100,00	100,00			

NI: Número de indivíduos; DR: Densidade relativa; FR: Frequência relativa; CS: Categoria sucessional (P: Pioneira, Si: Secundária inicial, ST: Secundária tardia, NC: Não caracterizada); SD: Síndrome de dispersão (Ane: Anemocórica, Auto: Autocórica, Zoo: Zoocórica, NC: Não caracterizada); Hb: Hábito (A: Árvore, B: Arbusto, E: Erva, T: Trepadeira).

Quanto a categoria sucessional, 58,62% das espécies são pioneiras, 17,24% são secundárias iniciais, 6,90% são secundárias tardias e 17,24% não caracterizadas. Em nível de indivíduos, 90,84% pertencem a categoria sucessional das pioneiras, 4,97% das secundárias iniciais, 1,31% pertencem à secundária tardia e 2,88% não caracterizados.

Quanto a síndrome de dispersão, 55,17% das espécies possuem dispersão zoocórica, 31,03% anemocórica, 6,90% autocórica e 6,90% não caracterizadas. Em nível de indivíduos, 61,12% possuem dispersão zoocórica, 36,00% anemocórica, 2,23% autocórica e 0,65% não caracterizados.

Floresta em processo de restauração (Floresta A1) e ecossistema de referência (Floresta A2)

A densidade média de plântulas emergidas, proveniente do banco de sementes do solo, com relação ao número de indivíduos por m², diferiu ($p < 0,05$) entre as duas florestas analisadas, com maior emergência na floresta em restauração (2.165 ± 1.788 plântulas m⁻²) comparada ao ecossistema de referência (340 ± 324 plântulas m⁻²).

A riqueza média de espécies por m² não apresentou diferença ($p > 0,05$) entre as duas florestas, sendo constatada $27,0 \pm 5,6$ espécies m⁻² na floresta em restauração e $25,7 \pm 11,1$ espécies m⁻² no ecossistema de referência.

Não houve similaridade florística entre o banco de sementes da Floresta A1 (BS A1), o banco de sementes da Floresta A2 (BS A2), as espécies utilizadas no plantio de A1 (Plantio A1) e as espécies arbustivo-arbóreas adultas presentes na Floresta A2 (Florística A2) (Fig. 3). No BS A1 foi constatado a emergência de 22 espécies de plântulas arbustivo-arbóreas e 35 no BS A2. As espécies arbustivo-arbóreas comuns no banco de sementes de ambas florestas foram *Baccharis dentata*, *Cecropia hololeuca*, *Clidemia*

hirta, *Eupatorium* sp., *Solanum mauritianum*, *Trema micrantha*, *Vernonanthura phosphorica* e *Vernonanthura westiniana*.

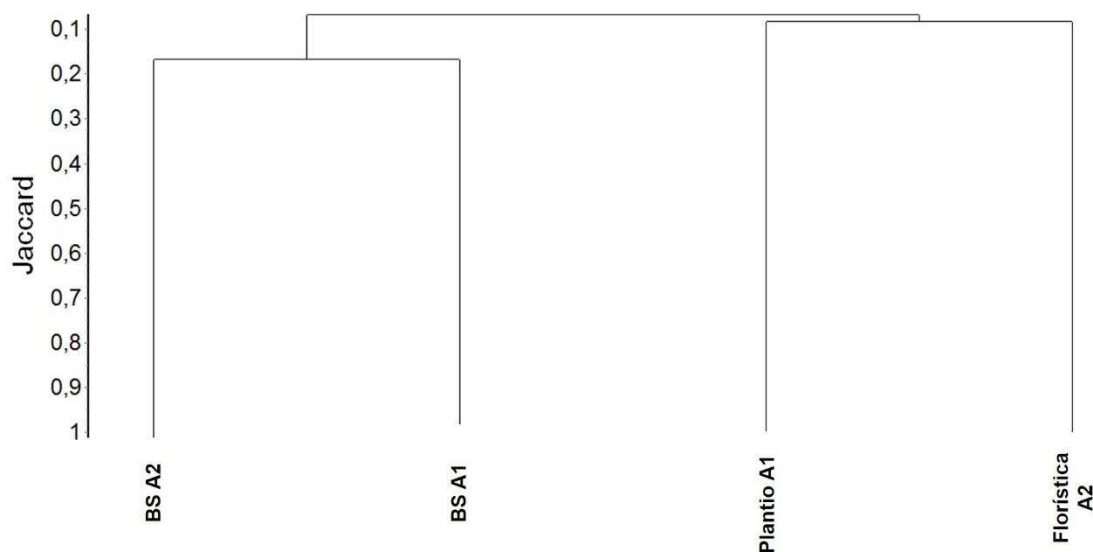


Fig 3 Dendrograma da similaridade florística gerado pelo método da média de grupo (UPGMA), baseado no índice de similaridade de Jaccard, para dados de presença e ausência das espécies arbustivo-arbóreas do banco de sementes da Floresta A1 (BS A1), banco de sementes da Floresta A2 (BS A2), espécies utilizadas no plantio da Floresta A1 (Plantio A1) e espécies presentes na Floresta A2 (Florística A2), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

As duas florestas analisadas apresentaram alta similaridade com relação à síndrome de dispersão, com valores do índice de Morisita (mod. Horn) variando de 0,84 a 0,99, obtendo maior similaridade entre o BS A2 e a Florística A2 (Fig. 4).

As duas florestas analisadas também apresentaram similaridade com relação à categoria sucessional, com valores do índice de Morisita (mod. Horn) variando de 0,65 a 0,95, exceto entre a Florística A2 e BS A1 (0,43). A maior similaridade ocorreu entre as categorias sucessionais das espécies do Plantio A1 e da Florística A2 (Fig. 5).

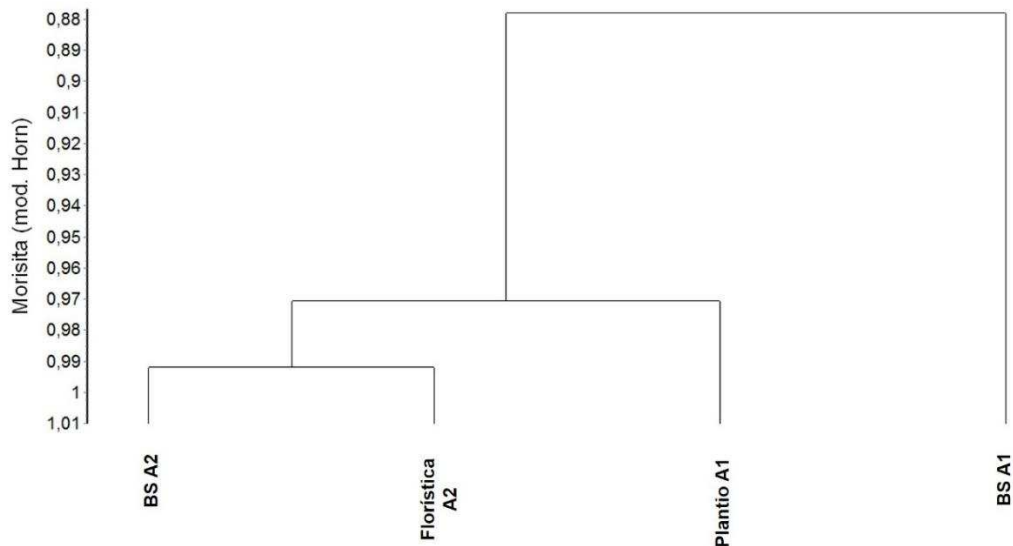


Fig 4 Dendrograma da similaridade de síndrome de dispersão gerado pelo método da média de grupo (UPGMA), empregando o coeficiente de Morisita (mod. Horn), a partir de uma matriz de dados quantitativos de densidade de espécies arbustivo-arbóreas do banco de sementes da Floresta A1 (BS A1), banco de sementes da Floresta A2 (BS A2), espécies utilizadas no plantio da Floresta A1 (Plantio A1) e espécies presentes na Floresta A2 (Florística A2), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

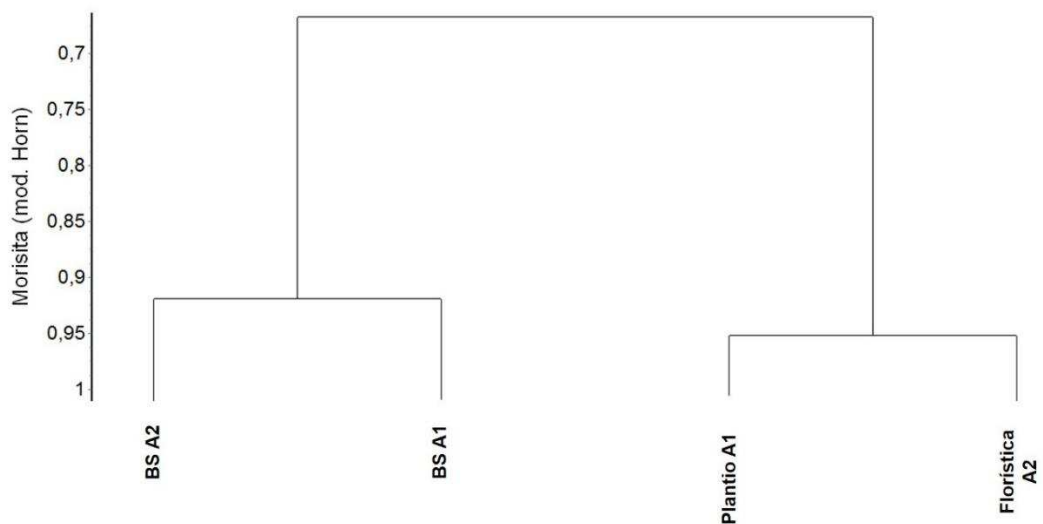


Fig 5 Dendrograma da similaridade da categoria sucessional gerado pelo método da média de grupo (UPGMA), empregando o coeficiente de Morisita (mod. Horn), a partir de uma matriz de dados quantitativos de densidade de espécies arbustivo-arbóreas do banco de sementes da Floresta A1 (BS A1), banco de sementes da Floresta A2 (BS A2), espécies utilizadas no plantio da Floresta A1 (Plantio A1) e espécies presentes na Floresta A2 (Florística A2), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Discussão

O banco de sementes do solo de áreas em início de sucessão tendem a possuir maior número de sementes, e com o avanço sucessional da área ocorre diminuição da quantidade de sementes viáveis, como observado em alguns estudos (Araújo et al. 2001; Baider et al. 2001; Sorreano 2002). No presente estudo, obteve-se elevada densidade de sementes (2.165 propágulos m^{-2}) na floresta em processo de restauração (Floresta A1) e densidade mais baixa (340 propágulos m^{-2}) no ecossistema de referência (Floresta A2), o que corrobora com os dados de que florestas tropicais secundárias em estágio inicial de sucessão apresentam densidade média de 1.650 plântulas m^{-2} e florestas tropicais em estágio avançado esta densidade é em média de 380 plântulas m^{-2} (Garwood 1989).

Estudos sobre banco de sementes do solo em florestas restauradas e em fragmentos florestais, no domínio Floresta Atlântica, mostram diferentes resultados quanto a densidade de plântulas emergidas: 554 plântulas m^{-2} em uma área com seis anos de restauração e 1.056 plântulas m^{-2} em uma área com nove anos de restauração (Sorreano 2002); 857,6 plântulas m^{-2} em floresta secundária em área de mineração de caulim no estado de Minas Gerais, Brasil (Martins et al. 2008); 771 plântulas m^{-2} em uma área restaurada com 40 anos de idade (Miranda Neto et al. 2014); 357 sementes m^{-2} em floresta em processo de restauração há 23 anos (Correia e Martins 2015); e 2.489 plântulas m^{-2} em área restaurada com 10 anos (Miranda Neto et al. 2017).

A variação na densidade de sementes do solo em diferentes áreas está relacionada a vários fatores como o histórico da área, a fonte de propágulos e a presença da fauna dispersora (Franco et al. 2012).

Pode-se observar maior densidade de indivíduos e riqueza de espécies herbáceas no banco de sementes da floresta em restauração (Floresta A1), assim como em outros estudos desenvolvidos em áreas em processo de sucessão secundária em florestas tropicais (Batista Neto et al. 2007; Martins et al. 2008; Calegari et al. 2013, Figueiredo et al. 2014). Estas espécies são fundamentais no processo de sucessão de uma área alterada, atuando no primeiro estágio de colonização destas (Araujo et al. 2004). Espécies herbáceas se adaptam melhor em áreas perturbadas e melhoram as condições do solo, em termos de melhor retenção de água, e assim, evitam processos erosivos e propiciam posteriormente a formação de matéria orgânica no solo. Essa melhora das condições do solo favorece o desenvolvimento de espécies arbustivo-arbóreas pioneiras.

No banco de sementes do ecossistema de referência (Floresta A2) houve maior densidade de indivíduos e riqueza de espécies arbóreas, isto por se tratar de um

remanescente florestal preservado em estágio médio de sucessão. Com o avanço da sucessão há uma tendência em diminuir a densidade de espécies herbáceas no banco de sementes do solo e um aumento na densidade de espécies arbóreas (Baider et al. 2001; Dalling 2002; Calegari et al. 2013).

A família Asteraceae se sobressaiu em número de espécies e indivíduos no banco de sementes da Floresta A1, na sua maioria pertencente ao hábito de vida herbáceo e com síndrome de dispersão anemocórica, o que facilita muito sua disseminação e consequente abundância no banco. Franco et al. (2012) estudando o banco de sementes em um trecho de Floresta Estacional Semidecidual, em Minas Gerais, também encontraram maior número de espécies herbáceas no banco de sementes, destacando-se a família Asteraceae com maior número de espécies. Assim como em outros levantamentos desenvolvidos em Florestas tropicais no domínio Floresta Atlântica (Baider et al. 2001; Scoti et al. 2011; Figueiredo et al. 2014).

Destaca-se a presença das espécies *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*, presentes na Floresta A1, que são gramíneas exóticas invasoras e podem prejudicar o processo de sucessão da floresta. A grande capacidade de crescimento, reprodução e disseminação destas espécies invasoras podem dificultar ou até impedir o estabelecimento de espécies nativas importantes para o processo de cicatrização e sucessão da floresta, evidenciando o perigo da ocupação dessas espécies após a ocorrência de distúrbios (Franco et al. 2012). Portanto, é de suma importância o seu controle em florestas em processo de restauração para que o projeto não seja comprometido.

É importante salientar que o banco de sementes do solo é composto predominantemente por espécies pioneiras, que formam o banco de sementes persistente, mantendo sementes viáveis no solo por um longo período, até que ocorram condições ambientais adequadas à sua germinação (Bazzaz e Pickett 1980; Araújo et al. 2001), como pode-se verificar no presente estudo. São estas espécies pioneiras presentes no banco de sementes as responsáveis pela cicatrização de clareiras nas florestas tropicais (Martins et al. 2012). Portanto, a composição e densidade do banco de sementes do presente estudo fornece o indício de possuir resiliência caso algum distúrbio ocorra na floresta. Contudo, vale ressaltar a importância do monitoramento das espécies exóticas invasoras e seu controle caso necessário.

Quanto à síndrome de dispersão observou-se no presente estudo o predomínio de espécies com dispersão anemocórica no banco de sementes da Floresta A1, devido à maior densidade e riqueza de espécies herbáceas que possuem em sua maioria este tipo de dispersão, facilitando sua disseminação na área. Já no banco de sementes da Floresta

A2 houve predomínio da síndrome de dispersão zoocórica, isto por se tratar de um remanescente florestal preservado em estágio médio de sucessão. A dispersão zoocórica constitui o mais frequente modo de dispersão das florestas tropicais (Howe e Smallwood 1982; Morellato e Leitão-Filho 1992).

Guimarães et al. (2014) estudando o banco de sementes de quatro áreas em processo de restauração na fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual, no domínio Floresta Atlântica, cada uma submetida a diferentes tipos de técnicas de restauração, encontraram predomínio da síndrome de dispersão anemocórica (43,5% das espécies), com destaque para as famílias Asteraceae e Poaceae na contribuição ao maior número de espécies anemocóricas. Assim como Miranda Neto et al. (2017) obtiveram em seu estudo em floresta em processo de restauração após mineração de bauxita o predomínio de espécies com dispersão anemocórica, também representadas em maioria por espécies herbáceas, com ênfase para a família Poaceae.

Com a maioria das espécies arbustivo-arbóreas com síndrome de dispersão zoocórica nos diferentes estratos do ecossistema de referência (Floresta A2), do presente estudo, o enriquecimento tanto do banco de sementes quanto do banco de plântulas da floresta em restauração (Floresta A1) deve acontecer naturalmente ao longo do tempo. Pois já se pode observar a atratividade da fauna dispersora de sementes na Floresta A1, como relatado no levantamento da avifauna realizado na mesma floresta em restauração por Volpato et al. (no prelo). O elevado número de espécies zoocóricas, como verificado na Florística da Floresta A2, contribui para a conservação da fauna associada à fitofisionomia (Coelho et al. 2016) do presente estudo. Além disso, a Floresta A2 abriga espécie chave na restauração de áreas degradadas, *Euterpe edulis*, considerada “Vulnerável” (VU), presente no Livro Vermelho da Flora do Brasil (Martinelli e Moraes 2013). Essa espécie possui grande capacidade de reprodução com produção de frutos muito atrativos à fauna silvestre (Kageyama e Gandara 1993; Silva Matos e Bovi 2002), o que facilita sua regeneração no sub-bosque de florestas e capoeiras e contribui para acelerar o processo de sucessão ecológica através do enriquecimento natural (Martins e Souza 2009).

A dissimilaridade florística entre o BS A1, BS A2, Plantio A1 e Florística A2 pode ser explicada pelo fato de grande porcentagem das espécies arbóreas adultas presentes na Floresta A2 pertencerem ao grupo sucessional das secundárias tardias e secundárias iniciais, que portanto não costumam, em sua maioria, formar banco de sementes, pois apresentam sementes grandes, de difícil mobilidade na serapilheira e conseqüentemente difícil incorporação ao solo (Martins et al. 2015), além de maior exposição a predadores

como pequenos roedores e formigas. A dissimilaridade entre o BS A1 e as espécies do Plantio A1 pode estar relacionada à presença da espécie *Urochloa decumbens*, gramínea exótica invasora que está presente em algumas partes da área (Floresta A1) e que, possivelmente, está causando impedimento físico para a chegada de sementes no solo. Mas, cabe destacar que com o avanço sucessional da Floresta A1, as espécies do plantio proporcionarão sombra no piso florestal, como já é verificado em algumas partes da área, e conseqüentemente essa gramínea entrará em senescência. Portanto, o monitoramento e controle dessa gramínea na Floresta A1 é de suma importância para acelerar o processo de sucessão na floresta em restauração.

Apesar de não haver semelhança florística entre as espécies arbustivo-arbóreas das florestas estudadas, a semelhança da distribuição da síndrome de dispersão e categoria sucessional das espécies arbustivo-arbóreas indica que os processos ecológicos tem-se desenvolvido na Floresta A1 e Floresta A2 e que a floresta em restauração se aproxima do ecossistema de referência em termos de configuração e distribuição das formas de dispersão de propágulos e grupos ecológicos. Processos ecológicos são importantes para informar se uma área em processo de restauração apresenta capacidade de resiliência (Ruiz-Jaen e Aide 2005) e condições necessárias ao desenvolvimento da sucessão florestal (Scheller et al. 2007).

Conclusões

O banco de sementes do solo da floresta em restauração apresenta maior densidade de plântulas emergidas em relação ao ecossistema de referência. Essa maior densidade de plântulas encontrada no banco de sementes do solo da floresta em restauração, atribuída em sua maior parte por espécies herbáceas e arbustivas pioneiras, representa seu potencial de resiliência em casos de ocorrências de distúrbios naturais ou antrópicos.

O enriquecimento na floresta em processo de restauração tende a ocorrer de forma natural devido a proximidade do remanescente florestal preservado em estágio médio de sucessão (ecossistema de referência) e pela similaridade entre as duas florestas na distribuição da síndrome de dispersão e na categoria sucessional das espécies arbustivo-arbóreas (florística do banco de sementes e estrato adulto). Isso contribui para a restauração da diversidade, estrutura e retorno dos processos ecológicos da floresta em restauração, no médio e longo prazo.

Referências

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (2013) Plano municipal de saneamento básico, São Sebastião da Vargem Alegre, MG

Angiosperm Phylogeny Group IV (2016) An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the order and families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* 181:1-20 doi: 10.1111/boj.12385

Araujo MM, Longhi SJ, Barros PLC, Brena DA (2004) Caracterização da chuva de sementes, banco de sementes do solo e banco de plântulas em Floresta Estacional Decidual ripária, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. *Scientia Forestalis* 66:128-141

Araújo MM, Oliveira FA, Vieira ICG, Barros PLC, Lima CAT (2001) Densidade e composição florística do banco de sementes do solo de florestas sucessionais na região do Baixo Rio Guamá, Amazônia Oriental. *Scientia Forestalis* 59:115-130

Baider C, Tabarelli M, Mantovani W (2001) The soil seed bank during Atlantic forest regeneration in Southeast Brazil. *Revista Brasileira de Biologia* 61:35-44 doi: 10.1590/S0034-71082001000100006

Barros DA, Guimarães JCC, Pereira JAA, Borges LAC, Silva RA, Pereira AAS (2012) Characterization of the bauxite mining of the Poços de Caldas alkaline massif and its socio-environmental impacts. *REM: Revista Escola de Minas* 65:127-133 doi: 10.1590/S0370-44672012000100018

Batista Neto JP, Reis MGF, Reis GG, Silva AF, Cacau FV (2007) Banco de sementes do solo de uma Floresta Estacional Semidecidual, em Viçosa, Minas Gerais. *Ciência Florestal* 17:311-320 doi: 10.5902/198050981963

Bazzaz FA, Pickett STA (1980) Physiological ecology of tropical succession: a comparative review. *Annual Review on Ecology and Systematics* 11:287- 310 doi: 10.1146/annurev.es.11.110180.001443

Brown D (1992) Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Canadian Journal of Botany* 70:1603-1612 doi: 10.1139/b92-202

Budowski G (1965) Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. *Turrialba* 15:40-42

Caldato SL, Floss PA, Croce DM, Longhi SJ (1996) Estudo da regeneração natural, banco de sementes e chuva de sementes na Reserva Genética Florestal de Caçador, SC. *Ciência Florestal* 6:27-38

Calegari L, Martins SV, Campos LC, Silva E, Gleriani JM (2013) Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. *Revista Árvore* 37:871-880 doi: 10.1590/S0100-67622013000500009

Coelho S, Cardoso-Leite E, Castello ACD (2016) Composição florística e caracterização sucessional como subsídio para conservação e manejo do PNMCBio, Sorocaba – SP. *Ciência Florestal* 26:331-344 doi: 0.5902/1980509821125

Correia GGS, Martins SV (2015) Banco de sementes do solo de floresta restaurada, Reserva Natural Vale, ES. *Floresta e Ambiente* 22:79-87 doi: 10.1590/2179-8087.096714

Courtney R, Mullen G, Harrington T (2009) An Evaluation of Revegetation Success on Bauxite Residue. *Restoration Ecology* 17:350-358 doi: 10.1111/j.1526-100X.2008.00375.x

Dalling JW (2002) Ecología de semillas. In: Guariguata MR, Kattan GH (eds) *Ecología y conservación de bosques neotropicales*. Libro Universitario Regional, Cartago, pp 345-375.

Figueiredo PHA, Miranda CC, Araujo FM, Valcarcel L (2014) Germinação *ex-situ* do banco de sementes do solo de capoeira em restauração florestal espontânea a partir do manejo do sombreamento. *Scientia Forestalis* 42:69-80

Franco BKS, Martins SV, Faria PCL, Ribeiro GA (2012) Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de Floresta Estacional Semidecidual no Campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. *Revista Árvore* 36: 423-432 doi: 0.1590/S0100-67622012000300004

Gandolfi S, Leitão Filho HF, Bezerra CLF (1995) Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Revista Brasileira de Biologia* 55:753-767

Garwood NC (1989) Tropical soil seed banks: a review. In: Leck MA, Parker VT, Simpson RL (Eds.) *Ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego, pp 149-209.

Gasparino D, Malavasi UC, Malavasi MM, Souza I (2006) Quantificação do banco de sementes sob diferentes usos do solo em área de domínio ciliar. *Revista Árvore* 30:1-9 doi: 0.1590/S0100-67622006000100001

Guimarães JCC, Chagas JM, Campos CCF, Alecrim EF, Machado ES (2012) Avaliação dos aspectos e impactos ambientais decorrentes da mineração de bauxita no sul de Minas Gerais. *Enciclopédia Biosfera* 8:321-333

Guimarães S, Martins SV, Neri AV, Gleriani JM, Silva KA (2014) Banco de sementes de áreas em restauração florestal em Aimorés, MG. *Pesquisa Florestal Brasileira* 34:357-368 doi: 10.4336/2014.pfb.34.80.437

Howe HE, Smallwood J (1982) Ecology of seed dispersal. *Annual Review Ecology and Systematics* 13:201-228 doi: 10.1146/annurev.es.13.110182.001221

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2012) *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2nd ed. *Manuais Técnicos em Geociências*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro

Jefferson LV (2004) Implications of plant density on the resulting community structure of mine site land. *Restoration Ecology* 12:429-438 doi: 10.1111/j.1061-2971.2004.00328.x

Kageyama P, Gandara F B (1993) Dinâmica de populações de espécies arbóreas: implicações para o manejo e a conservação. Publicações da Academia de Ciências do Estado de São Paulo, pp 1-10

Kent M, Coker P (1992) *Vegetation Description and Analysis*. Belhaven Press, London

Koch JM (2015) Mining and ecological restoration in the jarrah forest of Western Australia. In: Tibbett M (ed) *Mining in ecologically sensitive landscapes*. CRC Press, 1st edn. CSIRO Publishing, Australia, pp 111-140

Lista de Espécies da Flora do Brasil (Reflora) (2016). <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Accessed 3 Mar 2016

Magno L (2015) Ordenamento territorial da mineração no Brasil e conflitos ambientais. *Geografias* 11:84-107

Martinelli G, Moraes MA (orgs) (2013) *Livro vermelho da flora do Brasil*, 1st edn. Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1100 p

Martins SV (2016) *Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração*, 4th edn. Aprenda Fácil, Viçosa, MG, 270 p

Martins SV, Almeida DP, Fernandes LV, Ribeiro TM (2008) Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. *Revista Árvore* 32:1081-1088 doi: 10.1590/S0100-67622008000600013

Martins SV, Borges EEL, Silva KA (2015) O banco de sementes do solo e sua utilização como bioindicador de restauração ecológica. In: Martins SV (ed) *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*, 2nd edn. Editora UFV, Viçosa, MG, pp 293-330

Martins SV, Rodrigues RR, Gandolfi S, Calegari L (2012) Sucessão ecológica: fundamentos e aplicações na restauração de ecossistemas florestais. In: Martins SV (ed.) *Ecologia de florestas tropicais*, 2nd edn. Editora UFV, Viçosa, MG, pp 21-52

Martins SV, Souza MN (2009) Cultivo do palmito-juçara (*Euterpe edulis* Mart.): produção de palmito e restauração florestal. *Aprenda Fácil*, Viçosa, MG, 107p

Miranda Neto A, Martins SV, Silva KA, Gleriani JM (2014) Banco de sementes do solo e serapilheira acumulada em floresta restaurada. *Revista Árvore* 38:609-620 doi: 10.1590/S0100-67622014000400004

Miranda Neto A, Martins SV, Silva KA, Lopes AT, Demolinari RA (2017) Banco de sementes em mina de bauxita restaurada no Sudeste do Brasil. *Floresta e Ambiente*. Doi: 10.1590/2179-8087.125414

- Moita Neto JM, Moita GC (1998) Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. *Química Nova* 21:467-469 doi: 10.1590/S0100-40421998000400016
- Morellato LPC, Leitão Filho HF (1992) Padrões de frutificação e dispersão na Serra do Japi. In: Morellato LPC (org) *História natural da Serra do Japi: ecologia e preservação de uma área florestal no Sudeste do Brasil*. UNICAMP/FAPESP, Campinas, pp 112-140
- Mueller-Dombois D, Ellenberg H (2003) *Aims and methods of vegetation ecology*. Lightning Source, La Vergne, USA. 580 p
- Ruiz-Jean MC, Aide TM (2005) Restoration success: How is it being measured? *Restoration Ecology* 13:569–577 doi: 0.1111/j.1526-100X.2005.00072.x
- Sá Júnior A, Carvalho LG, Silva FF, Alves NC (2012) Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 108:1-7 doi: 10.1007/s00704-011-0507-8
- Scoti MSV, Araujo MM, Wendler CF, Longhi SJ (2011) Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Estacional Decidual. *Ciência Florestal* 21:459-472 doi: 10.5902/198050983803
- Scheller RM, Domingo JB, Sturtevant BR, Williams JS, Rud A, Gustafson EJ, Mladenoff DJ (2007) Design, development, and application of LANDIS-II, a spatial landscape simulation model with flexible temporal and spatial resolution. *Ecological Modelling* 201:409-419 doi: 10.1016/j.ecolmodel.2006.10.009
- Schorn LA, Fenilli TAB, Krüger A, Pellens GC, Budag JJ, Nadolny MC (2013) Composição do banco de sementes no solo em áreas de preservação permanente sob diferentes tipos de cobertura. *Floresta* 43:49-58 doi: 10.5380/ufv.v43i1.21493
- Shepherd GJ (2010) *Fitopac (version 2.1)*. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas
- Silva Matos DM, Bovi MLA (2002) Understanding the threats to biological diversity in the South-eastern Brazil. *Biodiversity and Conservation* 11:1747-1758 doi: 10.1023/A:1020344213247
- Sorreano MCM (2002) Avaliação de aspectos da dinâmica de florestas restauradas, com diferentes idades. Dissertação. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba
- Tres DR, Sant’Anna CS, Basso S, Langa R, Ribas JR U, Reis A (2007) Poleiros artificiais e transposição do solo para a restauração nucleadora em áreas ciliares. *Revista Brasileira de Biociências* 5:312-314.
- U.S. Geological Survey (2015) *Mineral Commodity Summaries 2015*. U.S. Geological Survey, Virginia
- van der Pijl L (1982) *Principles of dispersal in higher plants*, 3rd edn. Springer-Verlag, Berlin and New York

Volpato GH, Martins SV, Cosimo LHE (no prelo) Avifauna em florestas em processo de restauração pós mineração de bauxite em Minas Gerais. MGBiota.

**3. ARTIGO 2 - REGENERAÇÃO NATURAL DE UMA FLORESTA EM
RESTAURAÇÃO E DE UM ECOSISTEMA DE REFERÊNCIA,
SUDESTE DO BRASIL**

Regeneração natural de uma floresta em restauração e de um ecossistema de referência, Sudeste do Brasil

RESUMO

No intuito de avaliar uma floresta em processo de restauração cinco anos após sua implantação, foi analisado a composição florística do estrato de regeneração natural de uma mina de bauxita em processo de restauração e de um ecossistema de referência. Além de verificados a influência da abertura do dossel, serapilheira acumulada e atributos do solo no estrato de regeneração em ambas florestas. Foram alocadas 30 parcelas de 2,0 x 2,0 m em cada uma das duas florestas. Todos os arbustos e árvores com altura $\geq 0,30$ m e diâmetro à 1,30 m de altura $\leq 5,0$ cm foram identificados, medidos a altura e o diâmetro ao nível do solo. A composição florística do estrato de regeneração na floresta em restauração e no ecossistema de referência são distintas, devido a diferença no estágio sucessional (inicial e médio, respectivamente) e as diferenças nas características dos atributos ambientais e de solo. O ecossistema de referência favorece a presença de espécies que toleram ambientes com maior sombreamento, maior teor de alumínio e matéria orgânica no solo. A floresta em restauração favorece a presença de espécies adaptadas a solos férteis e que toleram maior luminosidade.

Palavras-chave: Floresta Atlântica, sucessão ecológica, florística, abertura do dossel, análise de solo.

INTRODUÇÃO

As causas da redução e degradação das áreas de florestas no Brasil são as mais diversas, como o desmatamento para a extração de madeira, a expansão das atividades agrícolas e pecuária, a expansão imobiliária e a mineração. Diante desta situação, a restauração florestal tem-se difundido nos últimos tempos (Silva *et al.* 2015), buscando o retorno dos processos ecológicos e da estrutura desses ecossistemas degradados e fragmentados (Deluca *et al.* 2010).

A exploração mineral de bauxita demanda a supressão da vegetação e a remoção dos horizontes superficiais do solo (Grant *et al.* 2007), sendo necessária a adoção de medidas mitigadoras e compensatórias. Nesse cenário, além da compensação ambiental em áreas próximas do local minerado, torna-se necessária a restauração do ecossistema

degradado. Assim, a restauração visa criar comunidades sustentáveis ao longo do avanço sucessional, em termos de processos ecológicos e estrutura, e que represente a diversidade e composição da fitofisionomia do ecossistema de referência, onde se insere a área degradada ou alterada a ser restaurada (Jefferson 2004, Chazdon 2008, Courtney *et al.* 2009, Martins 2014).

Para o sucesso de um projeto de restauração florestal, é de suma importância a avaliação da floresta em restauração por meio de indicadores ou variáveis ambientais (Brancalion *et al.* 2015). Esses indicadores permitem definir se o projeto de restauração necessita de alguma interferência ou ser redirecionado, e permitem determinar o estágio em que a floresta restaurada não necessita mais de interferência de manejo, dando sinais de autossustentabilidade (Martins 2016). Os indicadores de avaliação mais comumente utilizados para a avaliação de uma floresta em processo de restauração florestal são o banco de sementes do solo, chuva de sementes, regeneração natural, abertura do dossel e a produção de serapilheira (Martins 2009, Martins 2016, Brancalion *et al.* 2015).

O estudo sobre a florística e estrutura da regeneração natural é importante para a compreensão da dinâmica da comunidade, para o conhecimento da ecologia das espécies e para fornecer subsídios sobre a direção que o ecossistema está caminhando em relação à sucessão ecológica (Ávila *et al.* 2016). Desta forma, o conhecimento da regeneração natural contribui para melhoria das práticas de restauração (Ávila *et al.* 2016) e para a tomada de decisões, em caso da necessidade de possíveis intervenções, como o enriquecimento da floresta com espécies importantes para a sucessão ecológica e a eliminação de espécies exóticas (Martins e Kunz 2007).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a composição florística arbustivo-arbórea do estrato de regeneração natural de uma floresta em restauração e de um ecossistema de referência e comparar seus resultados; além de caracterizar os atributos do solo e variáveis ambientais (abertura do dossel e serapilheira acumulada) e verificar a influência destes na distribuição da regeneração natural de ambas florestas.

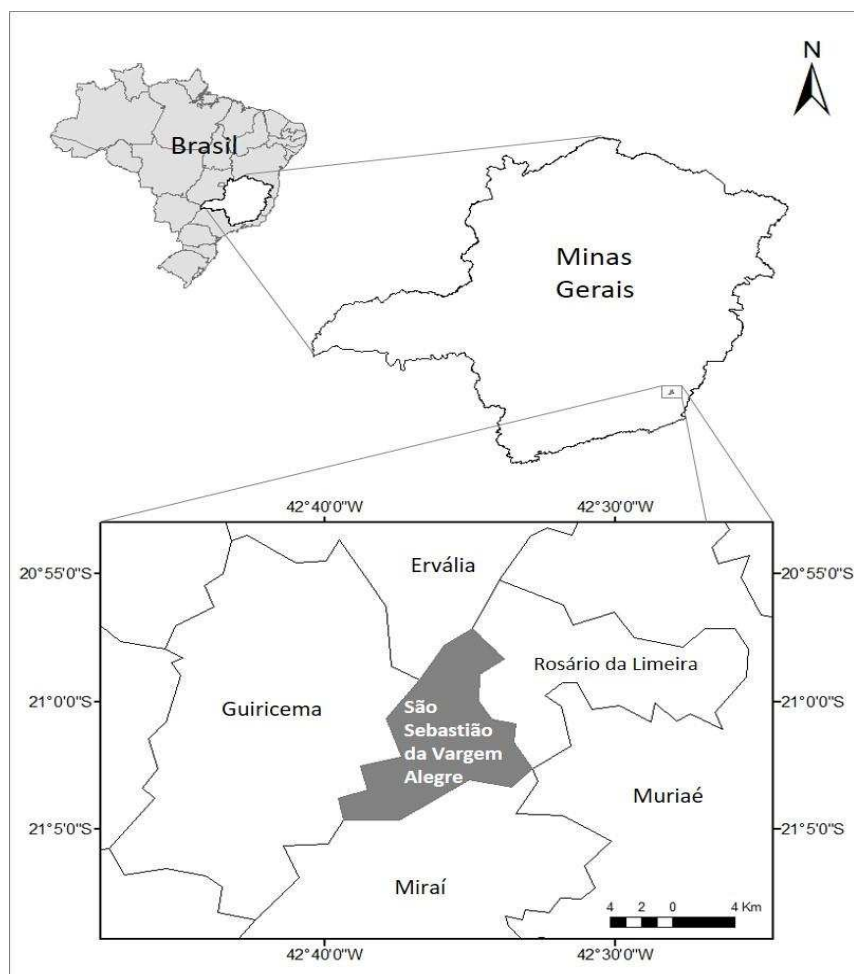
MATERIAL E MÉTODOS

Áreas de estudo

O presente estudo foi realizado em uma floresta em processo de restauração após mineração de bauxita, Floresta A1, e em um remanescente florestal preservado, representado como ecossistema de referência, Floresta A2 (ver Anexo, Figuras A à F).

As florestas estão localizadas no município de São Sebastião da Vargem Alegre (21°04'20"S e 42°38'11"W), estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil, com altitude local variando de 792 a 832 m (Figura 1). No entorno dessas florestas, existem áreas de pastagem, remanescentes florestais preservados, plantios de eucalipto e áreas em processo de mineração.

FIGURA 1 *Localização do município de São Sebastião da Vargem Alegre, Minas Gerais, Brasil*



O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (Sá Júnior *et al.* 2012). A temperatura média mínima anual é de 18,2°C e média máxima anual de 31°C, com temperatura média anual de 23,5°C e precipitação média anual de 1.564 mm (AGEVAP 2013). A vegetação característica da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana, inserida no Domínio Floresta Atlântica (IBGE 2012).

Na Floresta A1, com 2,18 ha, foi realizada extração de bauxita, no ano de 2008, pela empresa Votorantim Metais, e posteriormente realizou-se o processo de restauração

na área, seguindo as etapas de recomposição topográfica; deposição da camada fértil de solo (*top soil* de 0,30 m, retirado e armazenado anteriormente à mineração); correção da acidez do solo e adubação fosfatada; adubação de base (no plantio); plantio heterogêneo de espécies arbóreas (Tabela 1), com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m; e adubação de cobertura (60 e 120 dias pós-plantio), no entorno das mudas, finalizando as atividades de implantação da restauração no ano de 2010. O estudo da regeneração natural foi realizado cinco anos após o início do processo de restauração da Floresta A1.

A Floresta A2, com 5,30 ha, é um trecho de floresta secundária preservado pertencente a fitofisionomia Floresta Estacional Semidecidual, inserido no Bioma Floresta Atlântica, que se encontra no estágio médio de sucessão, e serviu como um ecossistema de referência, auxiliando na avaliação da Floresta A1.

TABELA 1 *Lista de espécies arbóreas utilizadas no plantio da Floresta em processo de restauração (Floresta A1), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil*

Família	Espécie	CS	SD
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	P	Zoo
	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	SI	Zoo
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	P	Zoo
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i> Cham.	SI	Ane
	<i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.	SI	Ane
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	P	Zoo
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex. Steud.	SI	Ane
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	P	Zoo
Caricaceae	<i>Jacaratia spinosia</i> (Aubl.) A.DC.	P	Zoo
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng.	P	Zoo
	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	SI	Auto
Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan	SI	Ane
	<i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth.	SI	Zoo
	<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.	ST	Ane
	<i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong	P	Zoo
	<i>Erythrina falcata</i> Benth.	P	Auto
	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	ST	Zoo
	<i>Inga edulis</i> Mart.	SI	Zoo
	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit *	P	NC
	<i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth.	SI	Ane
	<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	SI	Ane
<i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr.	SI	Auto	
<i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake	P	Ane	

Continua...

TABELA 1 Cont.

	<i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby	SI	Auto
Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	SI	Zoo
Lauraceae	<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez	ST	Zoo
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna	ST	Ane
	<i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.	SI	Ane
Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.	P	Zoo
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	ST	Zoo
	<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	ST	Ane
	<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	ST	Zoo
	<i>Melia azedarach</i> L. *	P	Zoo
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. *	NC	Zoo
	<i>Morus nigra</i> L. *	NC	Zoo
Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels *	P	Zoo
	<i>Eucalyptus</i> sp. *	P	NC
Rosaceae	<i>Cydonia oblonga</i> Mill. *	NC	NC
	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl. *	ST	Zoo
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.	ST	Zoo
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.	ST	Auto
Solanaceae	<i>Solanum bullatum</i> Vell.	P	Zoo
	<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	P	Zoo
	<i>Solanum paniculatum</i> L.	P	Zoo
Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.	ST	Ane

CS: Categoria sucessional (P: Pioneira, SI: Secundária inicial, ST: Secundária tardia, NC: Não caracterizada); SD: Síndrome de dispersão (Zoo: Zoocórica, Ane: Anemocórica, Auto: Autocórica, NC: Não caracterizada); * espécies exóticas no Brasil.

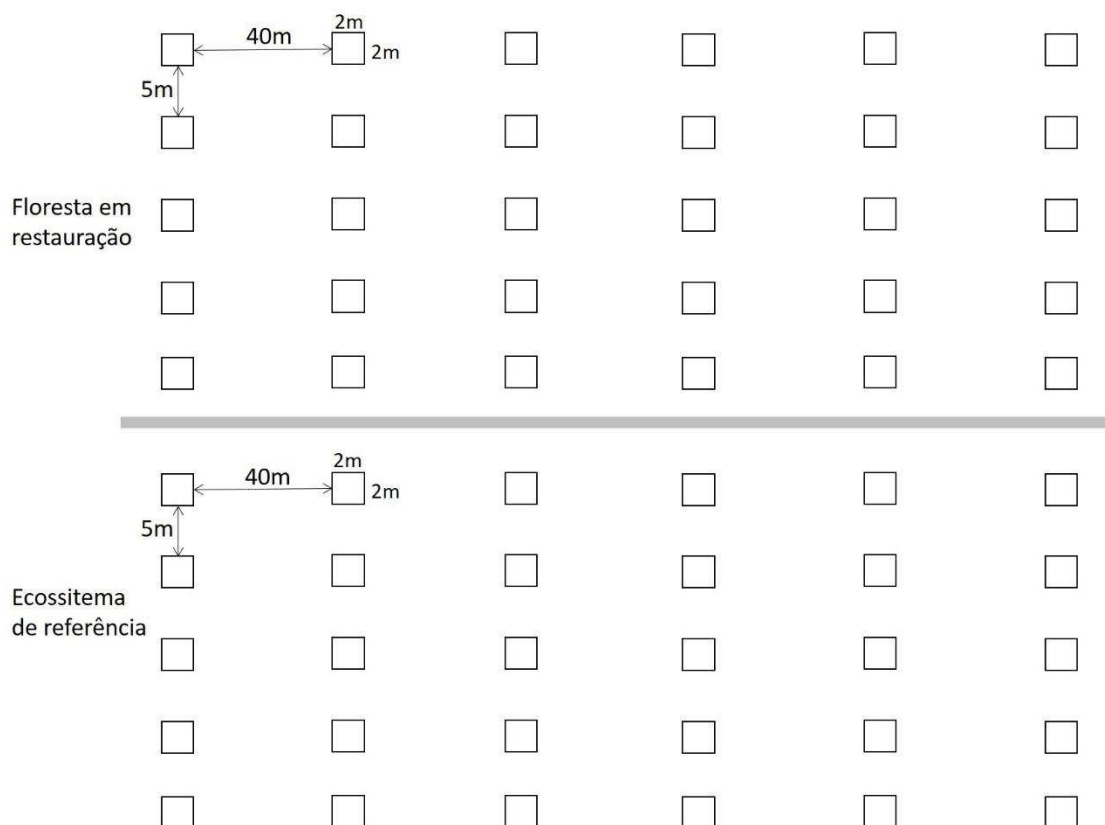
Caracterização da vegetação

Foram alocadas 30 parcelas de 2,0 x 2,0 m em cada uma das florestas estudadas (Floresta A1 e Floresta A2), distribuídas em seis linhas de cinco parcelas, com distância de 5 m entre parcelas, na linha, e de 40 m entre linhas (Figura 2). Para a análise da regeneração natural todos os arbustos e árvores com altura $\geq 0,30$ m e diâmetro à altura do peito (DAP = 1,30 m) $\leq 5,0$ cm foram identificados e medidos a altura e o diâmetro ao nível do solo (DNS).

Para as espécies não identificadas em campo, coletou-se o material botânico para posterior comparação com material depositado no Herbário VIC da Universidade Federal de Viçosa, MG, consulta a especialistas da área e a literatura. As espécies foram classificadas em famílias e tiveram os nomes científicos e seus respectivos autores atualizados de acordo com o sistema do Angiosperm Phylogeny Group IV (2016) e pela base de dados da Lista de Espécies da Flora do Brasil (2016). Os parâmetros fitossociológicos (dominância, densidade e frequência) (Mueller-Dombois e Ellenberg,

2003) para descrever a estrutura da comunidade foram determinados utilizando o programa FITOPAC 2.1 (Shepherd 2010).

FIGURA 2 *Distribuição das parcelas na floresta em restauração e no ecossistema de referência, São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.*



Categoria sucessional e síndrome de dispersão

As espécies amostradas foram classificadas em categorias sucessionais, de acordo com os critérios propostos por Budowski (1965) e adaptados por Gandolfi *et al.* (1995) para florestas estacionais semidecíduais brasileiras, em pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias. Foram também classificadas quanto às síndromes de dispersão de propágulos em zoocóricas, anemocóricas e autocóricas (van der Pijl 1982).

Atributos do solo e variáveis ambientais

Realizou-se análise química do solo (pH, P, K, P-rem, V, m, t, T, Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³, H+Al e SB) e do teor de matéria orgânica. Para essa análise, foi coletada uma amostra simples de solo superficial (0-20 cm de profundidade) em cada uma das 30 parcelas lançadas na floresta em processo de restauração (Floresta A1), que posteriormente foram

misturadas para formar uma amostra composta. O mesmo procedimento foi realizado no ecossistema de referência (Floresta A2). Posteriormente as duas amostras compostas, da Florestas A1 e Floresta A2, foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Os resultados das análises química e de matéria orgânica do solo foram interpretadas de acordo com as referências propostas por Alvarez V. *et al.* (1999).

A abertura do dossel foi determinada na estação chuvosa, através de fotografia digital hemisférica, no centro de cada parcela da Floresta A1 e da Floresta A2, obtida com uma lente de 8 mm, que fornece um campo de visão de 180°, a qual foi acoplada a uma câmera fotográfica digital fixada em um tripé de cabeça móvel regulável e com bolha niveladora para estabilizar a câmera. Em seguida, as fotografias foram processadas no Programa Gap Light Analyzer 2.0 (Frazer *et al.* 1999).

Para análise da serapilheira acumulada, no centro de cada uma das 60 parcelas (30 parcelas na Floresta A1 e 30 parcelas na Floresta A2) foi utilizado um gabarito de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²) para a coleta de todo o material orgânico não decomposto (folhas, ramos, frutos e flores) contido no interior do gabarito, sendo a coleta realizada na estação seca (ver Anexo, Fig. J). Posteriormente, esse material foi embalado em sacos plásticos, devidamente identificados, e levado para o Laboratório de Restauração Florestal (LARF) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, onde foi transferido para sacos de papel, com a identificação de cada parcela pertencentes à Floresta A1 e Floresta A2, e colocados em estufa a 70°C durante 72 h. Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica de precisão para obtenção da massa seca em gramas.

Análise estatística

As médias dos valores de densidade de indivíduos e riqueza de espécies obtidas na floresta em processo de restauração (Floresta A1) foram comparadas com o ecossistema de referência (Floresta A2) através do teste t de Student para amostras independentes ($p < 0,05$).

Calculou-se o somatório e a porcentagem de indivíduos das categorias sucessionais e síndromes de dispersão. Para verificar se existem tendências na distribuição dos indivíduos nas diferentes categorias sucessionais e síndromes de dispersão, e se estas diferiram entre as duas florestas avaliadas (Floresta A1 e Floresta A2), comparando o valor esperado com o valor observado ($p < 0,05$), foi aplicado o teste do qui-quadrado (χ^2). Os testes foram realizados através do pacote estatístico BioEstat 5.3 (Ayres *et al.* 2007).

Análise de Correspondência Canônica (CCA) (ter Braak 1987), para o conjunto das 60 parcelas, foi utilizada para inferir a influência de variáveis ambientais na distribuição das espécies. A análise foi realizada utilizando o software Fitopac 2.1 (Shepherd 2010). Variáveis ambientais (abertura do dossel e serapilheira acumulada), atributos do solo (pH, P, K, Ca, Mg, MO, m e V) e valores de frequência para 70 espécies (número de espécies presentes nas duas florestas) foram utilizados para os cálculos. Posteriormente, foram removidas as espécies sem pontuações significativas em ambos os eixos para a análise mais robusta. Assim, o número de espécies foi reduzido para 25. As correlações entre os eixos das espécies e eixos das variáveis ambientais foram testados utilizando teste de Monte Carlo ($p < 0,05$) para estimar a significância de correlações entre eixos canônicos.

RESULTADOS

Composição florística

A florística da floresta em processo de restauração (Floresta A1) foi representada por 16 espécies pertencentes a 12 famílias e número total de indivíduos igual a 61 (5.083 indivíduos/ha). Desses indivíduos, 54% são arbóreos e 46% arbustos (Tabela 2). No ecossistema de referência (Floresta A2) a florística foi representada por 58 espécies pertencentes a 26 famílias e um total de 315 indivíduos (26.250 indivíduos/ha). Desses indivíduos, 79% são arbóreos, 20% arbustos, 0,7% palmeiras e 0,3% não caracterizados (Tabela 3).

TABELA 2 *Florística e fitossociologia das espécies da regeneração natural da Floresta em processo de restauração (Floresta A1), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil*

Espécie	Família	NI	VI %	CS	SD	HV
<i>Vernonanthura phosphorica</i> (Vell.) H.Rob.	Asteraceae	20	47,87	P	Ane	B
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Fabaceae	13	12,46	P	NC	A
<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	Melastomataceae	5	5,42	P	Zoo	B
<i>Solanum mauritianum</i> Scop.	Solanaceae	5	4,57	P	Zoo	A
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	3	4,26	SI	Zoo	A
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel.) J.F.Macbr	Fabaceae	2	3,88	ST	Ane	A
<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume	Cannabaceae	1	3,65	P	Zoo	A
<i>Cecropia hololeuca</i> Miq.	Urticaceae	2	2,94	P	Zoo	A

Continua...

TABELA 2 Cont.

<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	Primulaceae	2	2,88	SI	Zoo	A
<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.	Apocynaceae	1	2,73	P	Zoo	A
<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.	Solanaceae	2	1,98	P	Zoo	A
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll. Arg.	Euphorbiaceae	1	1,54	P	Zoo	A
<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	1	1,49	P	Zoo	B
<i>Triumfetta rhomboidea</i> Jacq.	Malvaceae	1	1,47	P	NC	B
<i>Vassobia breviflora</i> (Sendtn.) Hunz.	Solanaceae	1	1,45	P	Zoo	A
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Asteraceae	1	1,41	P	Ane	B
Total		61				

NI: Número de indivíduos; VI: Valor de importância; CS: Categoria sucessional (P: Pioneira, SI: Secundária inicial, ST: Secundária tardia); SD: Síndrome de dispersão (Ane: Anemocórica, Zoo: Zoocórica, NC: Não caracterizada); Hb: Hábito (A: Árvore, B: Arbusto).

A densidade média de indivíduos, proveniente da regeneração natural, diferiu ($p < 0,05$) entre as duas florestas analisadas, com maior número de indivíduos/m² no ecossistema de referência ($2,62 \pm 1,10$) em relação à floresta em restauração ($0,51 \pm 0,45$).

A riqueza média de espécies apresentou diferença ($p < 0,05$) entre as duas florestas, sendo constatada $0,32 \pm 0,33$ espécies/m² na floresta em restauração e $1,58 \pm 0,57$ espécies/m² no ecossistema de referência.

As famílias com maior riqueza de espécies na Floresta A1 foram Solanaceae (3), Asteraceae (2), Fabaceae (2), representando 72,13% dos indivíduos amostrados. As demais famílias foram representadas por apenas uma espécie cada (Tabela 2). Na Floresta A2 as famílias mais representativas foram Rubiaceae (12 espécies), Fabaceae, Melastomataceae, Meliaceae e Myrtaceae (cada família com quatro espécies), perfazendo um total de 40,32% dos indivíduos amostrados (Tabela 3).

TABELA 3 Florística e fitossociologia das espécies da regeneração natural do Ecossistema de referência (Floresta A2), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil

Espécie	Família	NI	VI %	CS	SD	FV
<i>Aparisthium cordatum</i> (A.Juss.) Baill.	Euphorbiaceae	49	18,75	SI	Auto	A
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil.	Erythroxylaceae	38	8,47	SI	Zoo	B

Continua...

TABELA 3 Cont.

<i>Nectandra oppositifolia</i> Nees	Lauraceae	25	6,43	ST	Zoo	A
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	25	6,37	SI	Zoo	A
<i>Psychotria carthagenensis</i> Jacq.	Rubiaceae	27	5,07	ST	Zoo	A
<i>Nectandra megapotamica</i> (Spreng.) Mez	Lauraceae	12	4,98	ST	Zoo	A
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Siparunaceae	6	4,30	ST	Zoo	A
<i>Virola gardneri</i> (A.DC.) Warb.	Myristicaceae	9	2,91	ST	Zoo	A
<i>Psychotria rhytidocarpa</i> Müll.Arg.	Rubiaceae	10	2,56	ST	Zoo	B
<i>Tachigali rugosa</i> (Mart. ex Benth.) Zarucchi & Pipoly	Fabaceae	6	2,52	ST	Ane	A
<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	Bignoniaceae	5	2,32	SI	Zoo	A
<i>Amaioua guianensis</i> Aubl.	Rubiaceae	8	2,20	ST	Zoo	A
<i>Bauhinia forficata</i> Link	Fabaceae	5	1,93	P	Auto	A
<i>Rudgea sessilis</i> (Vell.) Müll.Arg	Rubiaceae	6	1,91	ST	Zoo	B
<i>Virola bicuhyba</i> (Schott ex Spreng.) Warb.	Myristicaceae	4	1,78	ST	Zoo	A
<i>Guarea macrophylla</i> Vahl	Meliaceae	5	1,76	ST	Zoo	A
<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	Primulaceae	4	1,74	SI	Zoo	A
<i>Trichilia elegans</i> A.Juss.	Meliaceae	6	1,67	ST	Zoo	A
<i>Myrcia anceps</i> (Spreng.) O.Berg.	Myrtaceae	3	1,20	ST	Zoo	A
<i>Psychotria vellosiana</i> Benth.	Rubiaceae	1	0,99	SI	Zoo	A
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Hypericaceae	5	0,93	P	Zoo	A
<i>Ottonia</i> sp.	Piperaceae	3	0,88	NC	NC	B
<i>Parinari</i> sp.	Chrysobalanaceae	2	0,87	NC	NC	A
<i>Eugenia</i> sp.	Myrtaceae	3	0,82	NC	Zoo	A
<i>Alchornea triplinervia</i> (Spreng.) Müll.Arg.	Euphorbiaceae	2	0,77	P	Zoo	A
<i>Miconia pusilliflora</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	3	0,77	SI	Zoo	A
<i>Guapira opposita</i> (Vell.) Reitz	Nyctaginaceae	2	0,77	SI	Zoo	A
<i>Matayba guianensis</i> Aubl.	Sapindaceae	3	0,74	ST	Zoo	A
<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	Annonaceae	2	0,67	ST	Zoo	A
<i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr	Fabaceae	2	0,65	ST	Ane	A
<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	2	0,65	P	Zoo	A
<i>Annona cacans</i> Warm.	Annonaceae	2	0,64	ST	Zoo	A
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Arecaceae	2	0,64	ST	Zoo	P
Chrysobalanaceae	Chrysobalanaceae	1	0,64	NC	NC	A
<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex. Benth.	Fabaceae	2	0,57	ST	Ane	A

Continua...

TABELA 3 Cont.

<i>Persea willdenovii</i> Kosterm.	Lauraceae	2	0,57	ST	Zoo	A
<i>Psychotria</i> sp.	Rubiaceae	2	0,57	ST	Zoo	B
<i>Miconia budlejoides</i> Triana	Melastomataceae	1	0,55	P	Zoo	A
<i>Sloanea guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Elaeocarpaceae	1	0,52	ST	Zoo	A
<i>Xylopia brasiliensis</i> Spreng.	Annonaceae	1	0,51	ST	Zoo	A
<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart.	Meliaceae	1	0,50	SI	Zoo	A
<i>Campomanesia guaviroba</i> (DC.) Kiaersk.	Myrtaceae	1	0,47	ST	Zoo	A
<i>Casearia gossypiosperma</i> Briq.	Salicaceae	1	0,47	SI	Zoo	A
Indeterminada 1	Indeterminada	1	0,40	NC	NC	NC
<i>Faramea multiflora</i> A.Rich. ex DC.	Rubiaceae	1	0,37	ST	Zoo	B
<i>Palicourea longipedunculata</i> Gardner	Rubiaceae	1	0,37	ST	Zoo	B
<i>Cedrela fissilis</i> Vell.	Meliaceae	1	0,36	ST	Ane	A
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Bignoniaceae	1	0,35	SI	Ane	A
<i>Vassobia breviflora</i> (Sendtn.) Hunz.	Solanaceae	1	0,35	P	Zoo	A
<i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi	Clusiaceae	1	0,34	ST	Zoo	A
<i>Terminalia glabrescens</i> Mart.	Combretaceae	1	0,32	ST	Ane	A
<i>Genipa americana</i> L.	Rubiaceae	1	0,32	ST	Zoo	A
<i>Miconia latecrenata</i> (DC.) Naudin	Melastomataceae	1	0,31	P	Zoo	A
<i>Ixora gardneriana</i> Benth.	Rubiaceae	1	0,31	ST	Zoo	A
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	Salicaceae	1	0,30	SI	Zoo	A
Rubiaceae 1	Rubiaceae	1	0,29	NC	NC	B
Rubiaceae 2	Rubiaceae	1	0,29	NC	NC	B
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Rutaceae	1	0,29	P	Zoo	A
Total		315				

NI: Número de indivíduos; VI: Valor de importância; CS: Categoria sucessional (P: Pioneira, Si: Secundária inicial, ST: Secundária tardia, NC: Não caracterizada); SD: Síndrome de dispersão (Ane: Anemocórica, Auto: Autocórica, Zoo: Zoocórica, NC: Não caracterizada); Hb: Hábito (A: Árvore, B: Arbusto, P: Palmeira; NC: Não caracterizada).

Considerando todos os indivíduos amostrados na Floresta A1, as espécies *Vernonanthura phosphorica*, *Leucaena leucocephala* e *Clidemia hirta* se destacaram em relação aos parâmetros fitossociológicos (Figura 3), com 65,75% do valor de importância. Na Floresta A2, *Aparisthium cordatum*, *Erythroxylum pelleterianum* e *Nectandra oppositifolia* (Figura 4), representaram 33,65% do valor de importância.

FIGURA 3 Valor de importância (VI) para as principais espécies amostradas no estrato de regeneração natural da floresta em restauração (Floresta A1). DR: Densidade Relativa (%); FR: Frequência Relativa (%); DoR: Dominância Relativa (%). $VI = DR+FR+DoR$

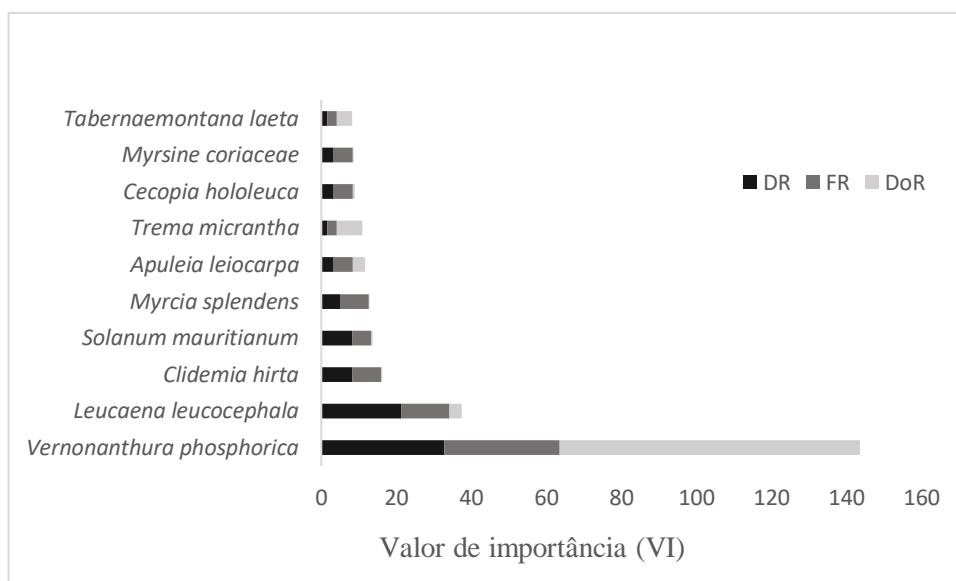
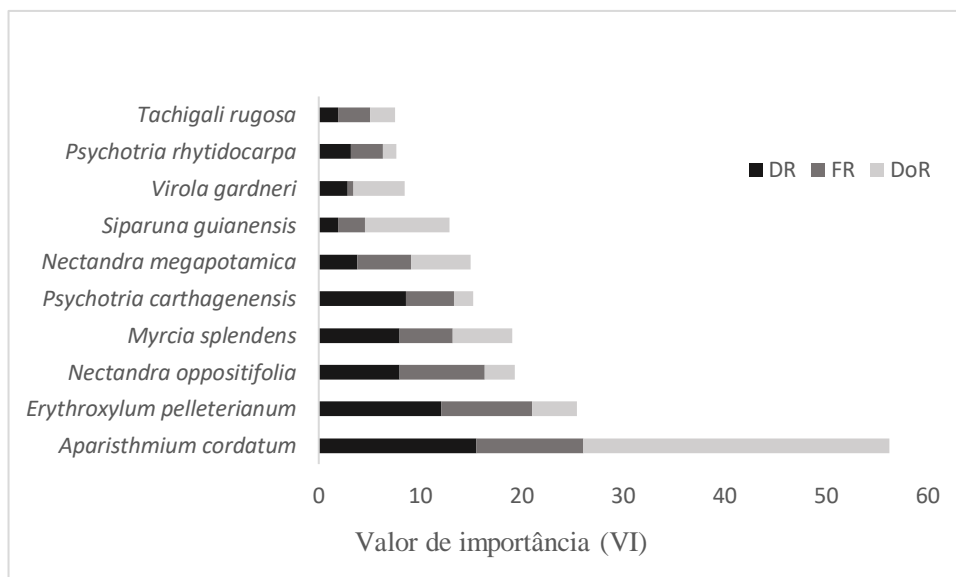


FIGURA 4 Valor de importância (VI) para as principais espécies amostradas no estrato de regeneração natural do ecossistema de referência (Floresta A2). DR: Densidade Relativa (%); FR: Frequência Relativa (%); DoR: Dominância Relativa (%). $VI = DR+FR+DoR$



Categoria sucessional e síndrome de dispersão

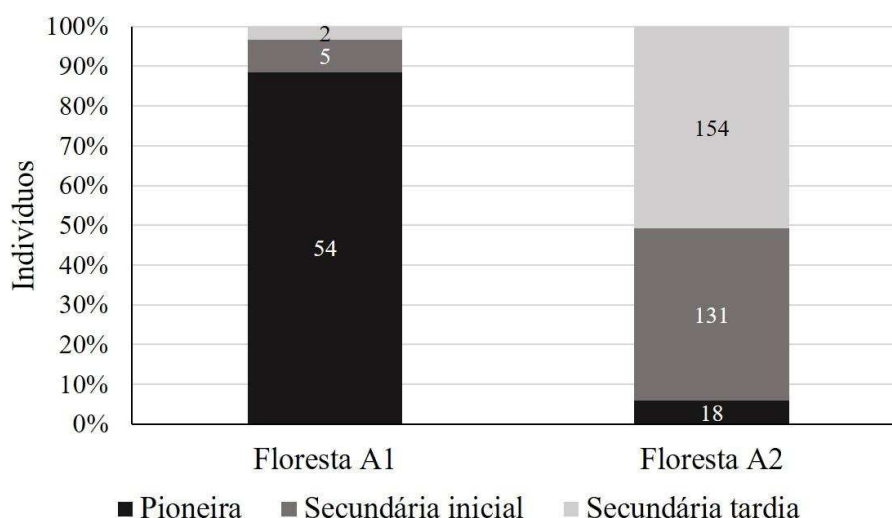
As espécies arbustivas e arbóreas amostradas na floresta em processo de restauração (Floresta A1) estavam distribuídas em 13 espécies pioneiras, duas secundárias iniciais e uma secundária tardia. No ecossistema de referência (Floresta A2)

foram constatadas oito espécies pioneiras, 12 secundárias iniciais, 31 secundárias tardias e sete não caracterizadas. Do total de indivíduos amostrados na Floresta A1, 54 pertenciam à categoria sucessional das pioneiras, cinco à das secundárias iniciais e dois à categoria das secundárias tardias. Na Floresta A2, 18 pertenciam à categoria das pioneiras, 131 secundários iniciais, 154 secundários tardios e 12 indivíduos não foram caracterizados (Tabelas 2 e 3).

Em relação ao número de espécies pertencentes às distintas síndromes de dispersão, obteve-se na Floresta A1 três espécies anemocóricas, 11 zoocóricas e duas não foi possível caracterizar; na Floresta A2 seis espécies possuem dispersão anemocórica, duas autocórica, 44 zoocórica e seis não foram caracterizadas. Do total de indivíduos amostrados na Floresta A1, 23 são anemocóricos, 24 zoocóricos e 14 não foi possível a caracterização. Na Floresta A2, 13 são indivíduos anemocóricos, 54 autocóricos, 239 zoocóricos e nove não foram caracterizados.

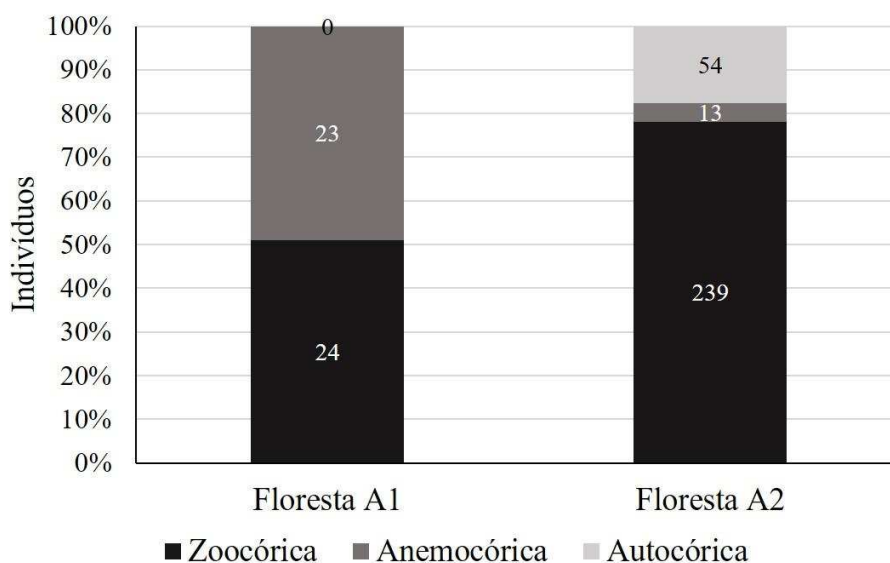
A distribuição das categorias sucessionais apresentou diferença significativa entre a Floresta A1 e a Floresta A2 ($\chi^2 = 241,9$; $p < 0,05$), com predomínio de indivíduos pioneiros na Floresta A1 e predomínio de indivíduos secundários tardios na Floresta A2 (Figura 5).

FIGURA 5 Porcentagem de indivíduos nas diferentes categorias sucessionais (barras) por floresta (Floresta A1 = floresta em processo de restauração; Floresta A2 = ecossistema de referência), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil



A distribuição das síndromes de dispersão apresentou diferença significativa entre a Floresta A1 e a Floresta A2 ($\chi^2 = 92,0$; $p < 0,05$), com equilíbrio de indivíduos zoocóricos e anemocóricos na Floresta A1, e com predomínio de indivíduos zoocóricos na Floresta A2 (Figura 6).

FIGURA 6 Porcentagem de indivíduos nas diferentes síndromes de dispersão (barras) por floresta (Floresta A1 = floresta em processo de restauração; Floresta A2 = ecossistema de referência), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil



Atributos do solo e variáveis ambientais

A análise de solo caracterizou o solo na Floresta A1 com acidez média, teor de fósforo muito baixo, médio teor de potássio disponível, médio teor de matéria orgânica, médio teor de cálcio trocável e magnésio trocável, acidez trocável muito baixa, médios teores de soma de bases, acidez potencial, CTC efetiva (t) e CTC a pH 7 (T), saturação por alumínio muito baixa e média saturação por bases (Alvarez V. *et al.* 1999). Na Floresta A2, foi caracterizado um solo com acidez muito elevada, teor de fósforo muito baixo, baixo teor de potássio disponível, teor de matéria orgânica muito bom, teor de cálcio trocável e magnésio trocável muito baixo, acidez trocável alta, teor de soma de bases muito baixa, acidez potencial muito alta, baixa CTC efetiva (t), CTC a pH 7 (T) boa, saturação por alumínio muito alta e saturação por bases muito baixa (Tabela 4) (Alvarez V. *et al.* 1999).

TABELA 4 *Valores dos atributos do solo na floresta em processo de restauração (Floresta A1) e no ecossistema de referência (Floresta A2)*

Atributos do solo	Floresta A1	Floresta A2
pH em água	5,60	3,90
P (mg/dm ³)	5,00	1,10
K (mg/dm ³)	49,00	23,00
P-Rem (mg/L)	17,00	10,20
V (%)	47,10	2,50
m (%)	0,00	85,20
t (cmol _c /dm ³)	3,20	2,23
T (cmol _c /dm ³)	6,80	13,03
MO (g/Kg)	40,00	78,88
Ca ²⁺ (cmol _c /dm ³)	2,39	0,19
Mg ²⁺ (cmol _c /dm ³)	0,68	0,08
Al ³⁺ (cmol _c /dm ³)	0,00	1,90
H + Al (cmol _c /dm ³)	3,60	12,70
SB (cmol _c /dm ³)	3,20	0,33

P: Fósforo; K: Potássio; P-Rem: Fósforo Remanescente; V: Índice de Saturação por Bases; m: Índice de Saturação por Alumínio; t: Capacidade de Troca Catiônica efetiva; T: Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0; MO: Matéria Orgânica; Ca²⁺: Cálcio trocável; Mg²⁺: Magnésio trocável; Al³⁺: Alumínio trocável; H + Al: Acidez potencial; SB: Soma de Bases Trocáveis.

As espécies e os escores dos eixos 1 e 2 utilizadas na análise de correspondência canônica podem ser verificados na tabela 5. Os autovalores da análise de correspondência canônica para os dois primeiros eixos de ordenação foram 0,888 (eixo 1) e 0,377 (eixo 2). Nesta análise o primeiro eixo canônico explicou 8,8% da variância e o segundo eixo explicou 3,7%, representando em conjunto 12,5% da variância total. O teste de permutação de Monte Carlo mostrou que a distribuição das espécies correlaciona significativamente com as variáveis ambientais ($p < 0,05$).

TABELA 5 *Espécies, nomes abreviados das espécies e escores dos eixos 1 e 2 utilizados na análise de correspondência canônica*

Espécies	Nome abreviado das espécies	Escore	
		Eixo 1	Eixo 2
<i>Amaioua guianensis</i>	Ama gui	0,330	-1,191
<i>Bauhinia forficata</i>	Bau for	0,686	-0,631
<i>Cecropia hololeuca</i>	Cec hol	-1,521	0,712
<i>Clidemia hirta</i>	Cli hir	-1,487	0,244
<i>Eugenia sp.</i>	Eug sp.	0,640	-0,447
<i>Euterpe edulis</i>	Eut edu	0,761	-0,455
<i>Guapira opposita</i>	Gua opp	0,671	3,540
<i>Guarea macrophylla</i>	Gua mac	0,724	-0,343
<i>Guatteria australis</i>	Gua aus	0,800	-0,502
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leu leu	-1,590	0,382
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	Mic cin	0,760	-0,585
<i>Miconia pusilliflora</i>	Mic pus	0,779	0,474
<i>Myrcia anceps</i>	Myr anc	0,673	1,157
<i>Myrcia splendens</i>	Myr spl	0,457	0,882
<i>Myrsine coriaceae</i>	Myr cor	-1,626	-1,230
<i>Myrsine parvula</i>	Myr par	0,736	-0,643
<i>Psychotria carthagenensis</i>	Psy car	0,696	-0,330
<i>Psychotria rhytidocarpa</i>	Psy rhy	0,667	1,382
<i>Psychotria sp.</i>	Psy sp.	0,754	1,216
<i>Rudgea sessilis</i>	Rud ses	0,718	0,507
<i>Solanum mauritianum</i>	Sol mau	-1,627	-1,616
<i>Solanum swartzianum</i>	Sol swa	-1,635	-1,251
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	Ver pho	-1,578	0,201
<i>Virola gardneri</i>	Vir gar	0,783	-2,379
<i>Xylopia brasiliensis</i>	Xyl bra	0,703	-0,429

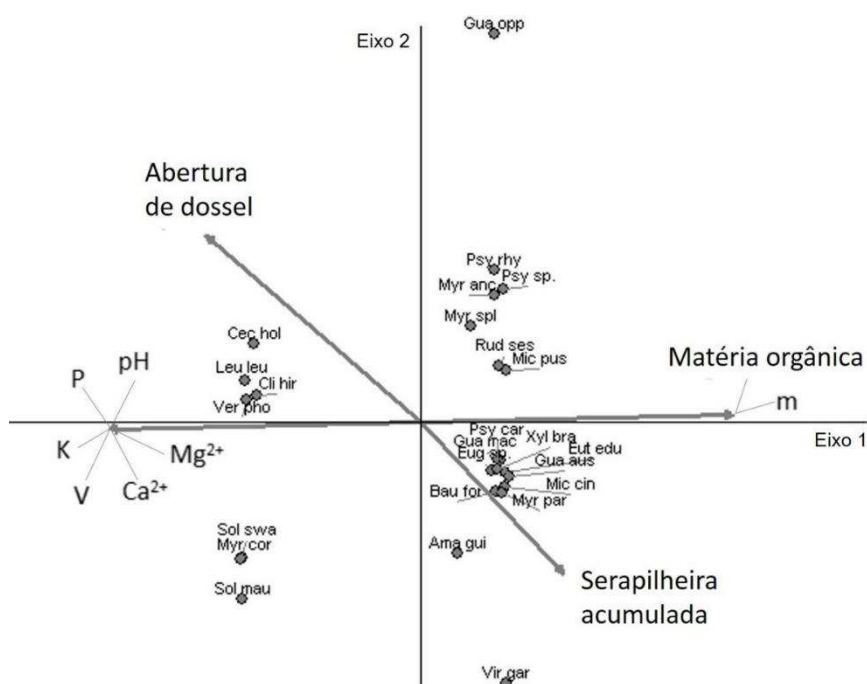
As variáveis mais fortemente correlacionadas com o primeiro eixo foram os atributos do solo, com o segundo eixo a abertura do dossel e com o terceiro eixo foi a serapilheira acumulada. As correlações ponderadas mostraram inter-relações fracas apenas entre a serapilheira acumulada e os atributos do solo e entre a serapilheira acumulada e a abertura do dossel, pois eles apresentam autovalores inferiores a 0,5 (ter Braak, 1995) (Tabela 6).

TABELA 6 Análise de Correspondência Canônica (CCA): correlações internas (intraset) nos três primeiros eixos de ordenação e matriz de correlação das variáveis ambientais ponderadas utilizadas na análise. * Correlações com valores absolutos > 0,5

Variáveis ambientais	Correlações internas			Correlações ponderadas		
	Eixo 01	Eixo 02	Eixo 03	Abertura do dossel	Serapilheira acumulada	Atributos do solo
Abertura do dossel	-0,6841*	0,5970*	0,4190	1,000	-	-
Serapilheira acumulada	0,4556	-0,4835	0,7474*	-0,287	1,000	-
Atributos do solo	-0,9975*	-0,0236	0,0669	0,696*	-0,393	1,000

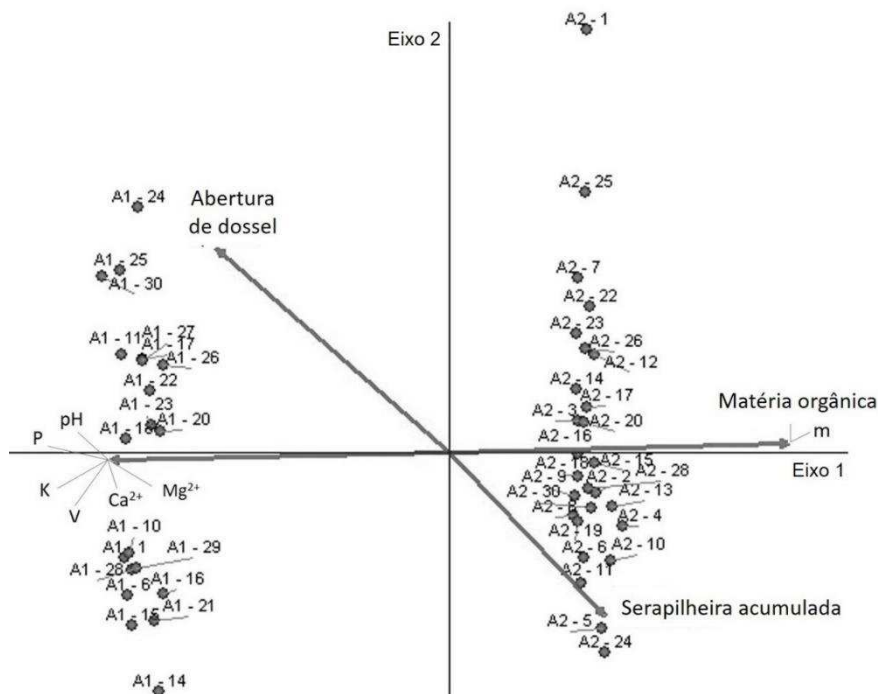
A ordenação da análise de correspondência canônica (Figura 7) indicou a formação de um grupo de espécies associado a locais com maior concentração de serapilheira e solos com alta concentração de matéria orgânica e alumínio, a exemplo das espécies *Psychotria carthagenensis* e *Guarea macrophylla*. E outro grupo de espécies associado a locais com dossel mais aberto e solos mais férteis, como por exemplo as espécies *Cecropia hololeuca* e *Vernonanthura phosphorica*.

FIGURA 7 Ordenação da análise de correspondência canônica que mostra a distribuição de espécies em relação à abertura do dossel, serapilheira acumulada e atributos do solo. Ver Tabela 5 para nomes completos das espécies



Com relação à distribuição das parcelas, a ordenação da análise de correspondência canônica (Figura 8) indicou também a formação de distintos grupos. Um grupo formado por todas as parcelas da Floresta A1 e associado com dossel mais aberto e solos mais férteis e outro grupo composto por todas as parcelas da Floresta A2 e associado a maior concentração de serapilheira e solos com alta concentração de matéria orgânica e alumínio.

FIGURA 8 Ordenação da análise de correspondência canônica que mostra a distribuição das parcelas em relação à abertura do dossel, serapilheira acumulada e atributos do solo. A1 – parcelas da floresta em processo de restauração. A2 – parcelas do ecossistema de referência



DISCUSSÃO

Composição florística

A regeneração natural é um processo importante na restauração de áreas degradadas, e alguns fatores determinam a eficiência da regeneração natural inicial das espécies, como a chuva e banco de sementes, o histórico de uso da área, paisagem fragmentada (disponibilidade, produção e dispersão de sementes e propágulos), presença de dispersores e polinizadores, exposição e relevo, presença de espécies problema (como

exóticas invasoras) (Magnago *et al.* 2015), predação de sementes e tipo e intensidade do distúrbio do ambiente impactado (Martins 2016).

Em uma área que sofreu degradação pela mineração de bauxita e está em processo de restauração há 10 anos, no qual o modelo de restauração implantado foi o plantio de espécies arbóreas em área total, constatou-se na regeneração natural 80 espécies pertencentes a 30 famílias, e um total de 705 indivíduos (19.583 indivíduos/ha) (Miranda Neto *et al.* 2014). Nesse estudo de Miranda Neto *et al.* (2014), o espaçamento utilizado foi mais adensado (1,0 x 1,0 m), o que propiciou a cobertura do solo em menor tempo, favorecendo a regeneração natural de espécies no ambiente, em um período relativamente mais curto, quando comparado com plantios de restauração em espaçamentos mais amplos.

Marcuzzo *et al.* (2014) avaliando duas áreas em processo de restauração há sete anos, em região pertencente ao Bioma Mata Atlântica no Sul do Brasil, encontraram 23.333 indivíduos/ha pertencentes a 21 espécies em uma área (plantio de restauração com 12 espécies, no espaçamento 2 x 2 m, em um remanescente de antigos cultivos sucessivos de fumo), e 11.388 indivíduos/ha pertencentes a 16 espécies na outra área (plantio de restauração com 24 espécies, no espaçamento 4 x 4 m, em local que abrigou anteriormente uma vila de operários). Ambas áreas estão próximas a um fragmento florestal secundário (cerca de 600 m).

Como pode-se observar, no presente estudo e nos outros estudos citados, a densidade de indivíduos e o número de espécies do estrato de regeneração natural em florestas em processo de restauração por meio de plantio variam muito. Essa variação pode estar relacionada a muitos fatores, como a idade da restauração, as espécies utilizadas na restauração, o espaçamento, a fisionomia do entorno das florestas em restauração, a distância de fontes de propágulos (fragmentos florestais), entre outros fatores como os relacionados as condições edafoclimáticas.

As famílias botânicas Fabaceae, Rubiaceae, Meliaceae e Myrtaceae são frequentemente encontradas em levantamentos florísticos da regeneração natural em florestas estacionais semidecíduais (Silva Júnior *et al.* 2004, Miranda Neto *et al.* 2012, Miranda Neto *et al.* 2014, Sartori *et al.* 2015). No entanto, Jesus *et al.* (2016) ressaltam a contribuição e importância das famílias Asteraceae e Melastomataceae na regeneração natural em solos minerados, assim como em outras condições de degradação.

A família Fabaceae tem uma grande representatividade em número de espécies, muitas com capacidade de fixação biológica de nitrogênio atmosférico devido sua associação com bactérias fixadoras de N₂, e possuem importante papel para a recuperação

de solos degradados (Campello 1998, Carvalho 1998), como suprimento e ciclagem de nutrientes, exercendo seu papel na dinâmica dos ecossistemas (Resende e Kondo, 2001).

Rubiaceae é a quarta família em número de espécies entre as Angiospermas, estando em sua frente apenas as famílias Orchidaceae, Melastomataceae e Fabaceae (Delprete e Jardim 2012). A grande diversidade de espécies da família Rubiaceae, com representantes em diversos biomas (Delprete e Jardim 2012) e hábitos de vida (Ferreira Junior e Vieira 2015), em sua maioria árvores de pequeno porte ou arbustos presentes frequentemente no sub-bosque (Taylor *et al.* 2007), revela sua importância em estudos ecológicos e na avaliação do estado de conservação da vegetação nas regiões tropicais (Delprete e Jardim, 2012).

A espécie *Vernonanthura phosphorica*, pertencente a família Asteraceae, apresentou maior valor de importância na floresta em processo de restauração (Floresta A1), principalmente pela sua elevada dominância relativa. Sendo também verificada no estrato de regeneração natural em fragmento florestal secundário (Paiva *et al.* 2015) e em área restaurada (Silva *et al.* 2016). É uma espécie pioneira, comum em áreas em início de sucessão e adaptada a ambientes perturbados (Ferreira *et al.* 2009).

Leucaena leucocephala, espécie registrada no estrato de regeneração da Floresta A1 se destacou entre as mais importantes em função da sua introdução via plantio e seu precoce e eficaz florescimento e reprodução. *L. leucocephala* é uma espécie pioneira e considerada agressiva e inibidora da sucessão (Fonseca e Jacobi 2011). Portanto, é necessário a erradicação dos indivíduos dessa espécie exótica invasora e a substituição por mudas de espécies nativas.

A presença de fragmento florestal bem conservado no entorno da floresta em restauração, avaliada neste estudo, facilitará o enriquecimento natural, como destaca Martins (2014). Assim, espera-se uma tendência de substituição das poucas espécies exóticas plantadas por espécies nativas, como verificado no estudo de Santilli e Durigan (2014), mas de qualquer forma a erradicação de *Leucaena leucocephala* é indicada como medida preventiva.

Aparisthium cordatum, espécie com maior valor de importância no ecossistema de referência (Floresta A2) devido principalmente a sua dominância relativa na área, é uma espécie encontrada em florestas em estágio intermediário de sucessão (Christo *et al.* 2009), portanto, remanescentes florestais bem conservados.

Erythroxylum pelleterianum obteve o segundo maior valor de importância na Floresta A2, devido principalmente a sua alta densidade. Estudos de regeneração natural em fragmentos florestais no Bioma Floresta Atlântica tem registrado a ocorrência desta

espécie (Garcia *et al.* 2011, Franco *et al.* 2014), assim como em florestas em processo de restauração (Miranda Neto *et al.* 2012, Miranda Neto *et al.* 2014).

Foi possível verificar na Floresta A1 o enriquecimento natural do estrato de regeneração, com propágulos advindos de fragmentos florestais do entorno, pois algumas espécies registradas na regeneração não foram encontradas entre as espécies utilizadas no plantio da floresta.

Categoria sucessional e síndrome de dispersão

A porcentagem de espécies e indivíduos por categoria sucessional na floresta em processo de restauração (Floresta A1) mostra o predomínio de pioneiras e evidencia que a floresta ainda está em estágio inicial de sucessão, pois está em processo de restauração a apenas cinco anos. Os resultados encontrados no presente estudo corroboram com aqueles encontrados por Marcuzzo *et al.* (2014) em duas florestas em processo de restauração, ambas com sete anos, em Floresta Estacional Semidecidual, do Domínio Floresta Atlântica.

Diferentemente, Miranda Neto *et al.* (2014) avaliando a regeneração natural de uma floresta em processo de restauração há 10 anos após mineração de bauxita, na mesma região do presente estudo, registraram maior porcentagem de espécies e indivíduos secundários iniciais, mostrando que a área apresenta progresso em sua sucessão e na dinâmica das relações ecológicas. Como ambas florestas, do presente estudo e do estudo de Miranda Neto *et al.* (2014), apresentam as mesmas características de degradação, o mesmo modelo de restauração, mesmas características do entorno (com presença de remanescentes florestais preservados), e mesma característica de clima, espera-se que com o decorrer do tempo o avanço sucessional da floresta em processo de restauração do presente estudo se dará de forma natural. Esse avanço sucessional acontecerá, possivelmente, com o enriquecimento de seu sub-bosque por espécies de sucessão tardia, advindas de remanescentes florestais do entorno, como o ecossistema de referência avaliado neste estudo, que se encontra em estágio médio de sucessão com o predomínio de indivíduos e espécies secundárias tardias zoocóricas.

Com relação à síndrome de dispersão, em ambas florestas (Floresta A1 e Floresta A2) verificou-se o predomínio de espécies zoocóricas. Quanto a porcentagem de indivíduos, constatou-se maior equilíbrio, na Floresta A1, entre indivíduos anemocóricos e zoocóricos enquanto na Floresta A2 houve elevada porcentagem de indivíduos zoocóricos. Desta forma, a Floresta A1 já propicia a chegada de animais, favorecendo as relações ecológicas entre fauna e flora e contribuindo também para o seu enriquecimento

através de propágulos trazidos do fragmento adjacente (Floresta A2) e de outros fragmentos florestais existentes próximo à floresta em restauração. Assim, a elevada presença de espécies que possuem síndrome de dispersão zoocórica é importante no processo de sucessão ecológica de áreas em restauração e fragmentos florestais em sucessão secundária, pois fornecem alimento e abrigo para a fauna dispersora (Franco *et al.* 2012, Franco *et al.* 2014), além de favorecer a dinâmica das relações ecológicas planta-frugívoro e acelerar o processo de sucessão destas áreas (Barbosa *et al.* 2012).

Variáveis ambientais e atributos do solo

Os maiores teores de K, Ca⁺², Mg⁺², soma de bases e índice de saturação por bases na floresta em restauração, ou seja, um solo com maior fertilidade, corrobora com os resultados encontrado por Braga *et al.* (2015) em um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual em estágio inicial de sucessão. Assim como o solo mais ácido e com maior teor de matéria orgânica verificado no ecossistema de referência do presente estudo, também se assemelhou com os resultados constatados por Braga *et al.* (2015) no trecho da floresta em estágio avançado de sucessão, estudado por eles.

O efeito geral das características químicas do solo e da estrutura do dossel refletiu na composição da comunidade vegetal e na distinção dos dois ambientes analisados (floresta em restauração e ecossistema de referência).

A floresta em restauração possui idade relativamente jovem (cinco anos) e, portanto possui um dossel ainda em formação, com maior presença de luz no piso florestal. Além disso, possui solo com melhor fertilidade e menor saturação de alumínio que o ecossistema de referência em função da remoção de uma camada do solo para a extração da bauxita, composta principalmente por óxido de alumínio (Al₂O₃), e das adubações de plantio e de cobertura aplicadas na área como parte da implantação da restauração florestal.

O ecossistema de referência apresenta um dossel mais fechado, possibilitando a presença de espécies típicas de sub-bosque e que necessitam de um ambiente sombreado para o seu desenvolvimento a exemplo das espécies da família Rubiaceae (Gentry e Emmons 1987, Liuth *et al.* 2013) e a *Euterpe edulis* (Conte *et al.* 2000). Além disso, florestas em estágios médio a avançado de sucessão apresentam maior produção de matéria orgânica (Descheemaeker *et al.* 2006). E a eficiência no uso de nutrientes, favorecida pela ciclagem de nutrientes, faz com que a vegetação arbórea consiga se manter em ambientes com solo de baixa fertilidade, permitindo o equilíbrio do

ecossistema (Vital *et al.* 2004, Rocha *et al.* 2015), como é o caso das espécies do ecossistema de referência (Floresta A2).

Entre as espécies associadas ao ambiente com dossel mais fechado e maior presença de alumínio no solo (ecossistema de referência) cabe destaque às espécies do gênero *Psychotria*, que compreendem significativa importância para a diversidade florística tropical, principalmente na composição de sub-bosque de muitas florestas (Kinupp e Magnusson 2005). Essas espécies podem ter desenvolvido adaptações às condições edáficas de alto teor de alumínio e maior quantidade de matéria orgânica (Lima *et al.* 2003).

As espécies associadas ao ambiente com maior abertura do dossel e solo mais fértil, como a *Cecropia hololeuca*, *Vernonanthura phosphorica* e as espécies do gênero *Solanum* fazem parte do grupo de espécies que compreendem a fase inicial da sucessão de uma floresta (categoria sucessional das pioneiras) e que, portanto, necessitam de maior luminosidade para germinação e desenvolvimento (Swaine e Whitmore 1988, Gandolfi *et al.* 1995).

CONCLUSÕES

O estrato de regeneração da floresta em processo de restauração, possui uma composição florística típica de florestas em estágios iniciais de sucessão. Ao longo do tempo, o enriquecimento do sub-bosque tenderá a ocorrer de forma natural devido a presença do remanescente florestal próximo (ecossistema de referência), que se encontra em estágio médio de sucessão.

A composição florística e riqueza das espécies do estrato de regeneração encontradas na floresta em processo de restauração e no ecossistema de referência são distintas, devido a diferença no estágio sucessional em que se encontram e devido as diferenças nos valores apresentados pelos atributos ambientais e de solo para cada floresta. O ecossistema de referência favorece a presença de espécies que toleram ambientes com maior sombreamento, e maior teor de alumínio e matéria orgânica no solo. Enquanto que a floresta em restauração favorece a presença de espécies adaptadas a solos mais férteis e que toleram maior luminosidade.

Há uma tendência dos estratos de regeneração de ambas florestas (floresta em restauração e ecossistema de referência) se tornarem mais similares com o tempo dada a sua proximidade.

REFERÊNCIAS

- AGEVAP - ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. 2013. *Plano municipal de saneamento básico, São Sebastião da Vargem Alegre, MG*. PrintPaper Editora Gráfica. 234 pp.
- ALVAREZ V., V.H.; NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; CANTARUTTI, R.B.; LOPES, A.S. 1999. Interpretação dos resultados das análises de solo. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V. V.H. (Ed.). *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação*. CFSEMG, Viçosa, BR. pp.25-32.
- ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV. 2016. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the order sand families of flowering plants. *Botanical Journal of the Linnean Society* **181**:1-20.
- ÁVILA, M.A.; SOUZA, S.R.; VELOSO, M.D.M.; SANTOS, R.M.; FERNANDES, L.A.; NUNES, Y.R.F. 2016. Structure of natural regeneration in relation to soil properties and disturbance in two swamp forest. *Cerne* **22** (1): 1-10.
- AYRES, M.; AYRES JÚNIOR, M.; AYRES, D.L.; SANTOS, A.A.S. 2007. *Bioestat 5.0: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas*. MCT; IDSM; CNPq, Belém, BR. 364 pp.
- BARBOSA, J.M.; EISENLOHR, P.V.; RODRIGUES, M.A.; BARBOSA, K.C. 2012. Ecologia da dispersão de sementes em florestas tropicais. In: MARTINS, S.V. (ed.). *Ecologia de florestas tropicais do Brasil*. Editora UFV, Viçosa, BR. pp. 85-106.
- BRAGA, A.J.T.; BORGES, E.E.L.; MARTINS, S.V. 2015. Influência dos fatores edáficos na variação florística de floresta estacional semidecidual, em Viçosa, MG. *Revista Árvore* **39** (4):623-633.
- BRANCALION, P.H.S.; VIANI, R.A.G.; RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. 2015. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: MARTINS, S. V. (ed.). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. 2nd edition, Editora UFV, Viçosa, BR. pp. 262-292.
- BUDOWSKI, G. 1965. Distribution of tropical american rain forest species in the light of successional processes. *Turrialba* **15**: 40-42.
- CAMPELLO, E.F.C. 1998. Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: DIAS, L. E.; MELLO, L.W.V. (ed.). *Recuperação de áreas degradadas*. Editora UFV; SOBRAGE, Viçosa, BR. pp. 183-196.

- CARVALHO, M.M. 1998. Recuperação de pastagens degradadas em áreas de relevo acidentado. In: DIAS, L.E.; MELLO, L.W.V. (eds.). *Recuperação de áreas degradadas*. Editora UFV; SOBRAGE, Viçosa, BR. pp. 149-161.
- CHAZDON, R.L. 2008. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science* **320** (5882): 1458-1460.
- CHRISTO, A.G.; GUEDES-BRUNI, R.R.; SOBRINHO, F.A.P.; SILVA, A.G.; PEIXOTO, A.L. 2009. Structure of the shrub-arboreal component of an atlantic forest fragment on a hillock in the central lowland of Rio de Janeiro, Brazil. *Interciencia* **34** (4): 232-239.
- CONTE, R.; REIS, A.; MANTOVANI, A.; MARIOT, A.; FANTINI, A. C.; NODARI, R.O.; REIS, M. S. 2000. Dinâmica da regeneração natural de *Euterpe edulis* Martius (Palmae) na Floresta Ombrófila Densa da Encosta Atlântica. In: REIS, M. S.; REIS, A. (eds.). *Euterpe edulis Martius (palmiteiro): biologia, conservação e manejo*. Herbário Barbosa Rodrigues, Itajaí, BR. pp. 106-130.
- COURTNEY, R.; MULLEN, G.; HARRINGTON, T. 2009. An evaluation of revegetation success on bauxite residue. *Restoration Ecology* **17** (3): 350-358.
- DELPRETE, P.G.; JARDIM, J.G. 2012. Systematics, taxonomy and floristics of Brazilian Rubiaceae: an overview about the current status and future challenges. *Rodriguésia* **63** (1): 101-128.
- DELUCA, T.H.; APLET, G.H.; WILMER, B.; BURCHFIELD, J. 2010. The unknown trajectory of forest restoration: a call for ecosystem monitoring. *Journal of Forestry* **108** (6): 288-295.
- DESCHEEMAEKER, K.; MUYS, B.; NYSSSEN, J.; POESEN, J.; RAES, D.; HAILE, M.; DECKERS, J. 2006. Litter production and organic matter accumulation in exclosures of the Tigray highlands, Ethiopia. *Forest Ecology and Management* **233**: 21-35.
- FERREIRA JUNIOR, M.; VIEIRA, A.O.S. 2015. Espécies arbóreo-arbustivas da família Rubiaceae Juss. na bacia do rio Tibagi, PR, Brasil. *Hoehnea* **42** (2): 289-336.
- FERREIRA, W.C.; BOTELHO, S.A.; DAVIDE, A.C.; FARIA, J.M.R. 2009. Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Ciência Florestal* **19** (1): 69-81.
- FONSECA, N.G.; JACOBI, C.M. 2011. Desempenho germinativo da invasora *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. e comparação com *Caesalpinia ferrea* Mart. ex Tul. e *Caesalpinia pulcherrima* (L.) Sw. (Fabaceae). *Acta Botanica Brasilica* **25** (1): 191-197.

- FRANCO, B.K.S.; MARTINS, S.V.; FARIA, P.C.L.; RIBEIRO, G.A. 2012. Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. *Revista Árvore* **36** (3): 423-432.
- FRANCO, B.K.S.; MARTINS, S.V.; FARIA, P.C.L.; RIBEIRO, G.A.; MIRANDA NETO, A. 2014. Estrato de regeneração natural de um trecho de floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. *Revista Árvore* **38** (1): 31-40.
- FRAZER, G.W.; CANHAM, C.D.; LERTZMAN, K.P. 1999. *Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation*. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, New York.
- GANDOLFI, S.; LEITÃO FILHO, H.F.; BEZERRA, C.L.F. 1995. Levantamento florístico e caráter sucessional das espécies arbustivo-arbóreas de uma floresta semidecídua no município de Guarulhos, SP. *Revista Brasileira de Biologia* **55**: 753-767.
- GARCIA, C.C.; REIS, M.G.F.; REIS, G.G.; PEZZOPANE, J.E.M.; LOPES, H.N.S.; RAMOS, D.C. 2011. Regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta Estacional Semidecidual Montana, no Domínio da Mata Atlântica, em Viçosa, MG. *Ciência Florestal* **21** (4): 677-688.
- GENTRY, A.H.; EMMONS, L.H. 1987. Geographical variation in fertility, phenology, and composition of the understory of neotropical forest. *Biotropica* **19**: 216-227.
- GRANT, C.D.; WARD, S.C.; MORLEY, S.C. 2007. Return of ecosystem function to restored bauxite mines in western Australia. *Restoration Ecology* **15** (4, Supl): S94-S103.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2nd edition, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, BR. 275 pp.
- JEFFERSON, L.V. 2004. Implications of plant density on the resulting community structure of mine site land. *Restoration Ecology* **12** (3): 429-438.
- JESUS, E.N.; SANTOS, T.S.; RIBEIRO, G.T.; ORGE, M.D.R.; AMORIM, V.O.; BATISTA, R.C.R.C. 2016. Regeneração natural de espécies vegetais em jazidas revegetadas. *Floresta e Ambiente* **23** (2): 191-200.

- KINUPP, V.F.; MAGNUSSON, W.E. 2005. Spatial patterns in the understory shrub genus *Psychotria* in central Amazonia: effects of distance and topography. *Journal of Tropical Ecology* **21**: 363-374.
- LIMA, J.A.S.; MENEGUELLI, N.A.; GAZEL FILHO, A.B.; PÉREZ, D.V. 2003. Agrupamento de espécies arbóreas de uma floresta tropical por características de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* **38**: 109-116.
- LISTA DE ESPÉCIES DA FLORA DO BRASIL. Reflora. 2016. Retrieved 3 July 2016 from <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.
- LIUTH, H.S.; TALORA, D.S.; AMORIM, A.M. 2013. Phenological synchrony and seasonality of understory Rubiaceae in the Atlantic Forest, Bahia, Brazil. *Acta Botanica Brasilica* **27** (1): 195-204.
- MAGNAGO, L.F.S.; MARTINS, S.V.; VENZKE, T.S.; IVANAUSKAS, N.M. 2015. Os processos e estágios sucessionais da Mata Atlântica como referência para a restauração florestal. In: MARTINS, S.V. (ed.). *Restauração ecológica de ecossistemas degradados*. 2nd edition, Editora UFV, Viçosa, BR. pp. 70-101.
- MARCUZZO, S.B.; ARAÚJO, M.M.; RORATO, D.G.; MACHADO, J. 2014. Comparação entre áreas em restauração e área de referência no Rio Grande do Sul, Brasil. *Revista Árvore* **38** (6): 961-972.
- MARTINS, S.V. 2009. Soil seed bank as indicator of forest regeneration potential in canopygaps of a semideciduous forest in Southeastern Brazil. In: FOURNIER, M.V (ed.) *Forest regeneration: ecology, management and economics*. Nova Science Publishers, New York, USA. pp. 113-128.
- MARTINS, S.V. 2014. *Recuperação de matas ciliares*. 3rd edition, Aprenda Fácil, Viçosa, BR. 220 pp.
- MARTINS, S.V. 2016. *Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração*. 4th edition, Aprenda Fácil, Viçosa, BR. 270 pp.
- MARTINS, S.V.; KUNZ, S.H. 2007. Use of evaluation and monitoring indicators in a riparian forest restoration project in Viçosa, southeastern Brazil. In: RODRIGUES, R.R.; MARTINS, S.V.; GANDOLFI, S. (eds.). *High diversity forest restoration in degraded areas*. Nova Science Publishers, New York, USA. pp. 261-273.
- MIRANDA NETO, A.; MARTINS, S.V.; SILVA, K.A.; GLERIANI, J.M. 2012. Estrato de regeneração natural de uma floresta restaurada com 40 anos. *Pesquisa Florestal Brasileira* **32** (72): 409-420.

- MIRANDA NETO, A.; MARTINS, S.V.; SILVA, K.A.; LOPES, A.T.; DEMOLINARI, R.A. 2014. Natural regeneration in a restored bauxite mine in southeast Brazil. *Bosque* **35** (3): 373-385.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. 2003. *Aims and methods of vegetation ecology*. Lightning Source, La Vergne, USA. 580 pp.
- PAIVA, R.V.E.; RIBEIRO, J.H.C.; CARVALHO, F.A. 2015. Estrutura, diversidade e heterogeneidade do estrato regenerante em um fragment florestal urbano após 10 anos de sucessão florestal. *Floresta* **45** (3): 535-544.
- RESENDE, A.V.; KONDO, M.K. 2001. Leguminosas e recuperação de áreas degradadas. *Informe Agropecuário* **22** (210): 46-56.
- ROCHA, J.H.T.; SANTOS, A.J.M.; DIOGO, F.A.; BACKES, C.; MELO, A.G.C.; BORELLI, K.; GODINHO, T.O. 2015. Reflorestamento e recuperação de atributos químicos e físicos do solo. *Floresta e Ambiente* **22** (3): 299-306.
- SÁ JÚNIOR, A.; CARVALHO, L.G.; SILVA, F.F.; ALVES, N.C. 2012. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* **108**: 1-7.
- SANTILLI, C.; DURIGAN, G. 2014. Do alien species dominate plant communities undergoing restoration? A case study in the Brazilian savanna. *Scientia Forestalis* **42** (103): 371-382.
- SARTORI, R.A.; CARVALHO, D.A.; van den BERG, E.; MARQUES, J.J.G.S.M.; SANTOS, R.M. 2015. Variações florísticas e estruturais do component arbóreo de uma floresta estacional semidecidual Montana em Socorro, SP. *Rodriguésia* **66** (1): 33-49.
- SHEPHERD, G.J. 2010. *Fitopac (version 2.1)*. Departamento de Botânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SILVA JÚNIOR, W.M.; MARTINS, S.V.; SILVA, A.F.; MARCO JÚNIOR, P. 2004. Regeneração natural de espécies arbustivo-arbóreas em dois trechos de uma Floresta Estacional Semidecidual, Viçosa, MG. *Scientia Forestalis* (66): 169-179.
- SILVA, K.A.; MARTINS, S.V.; MIRANDA NETO, A.; CAMPOS, W.H. 2015. Semeadura direta com transposição de serapilheira como metodologia de restauração ecológica. *Revista Árvore* **39** (5): 811-820.
- SILVA, R.G.; FARIA, R.A.V.B.; MOREIRA, L.G.; PEREIRA, T.L.; SILVA, C.H.; BOTELHO, S.A. 2016. Avaliação do processo de restauração de área de preservação permanente degradada no sul de Minas Gerais. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente* **9** (1): 147-162

- SWAINE, M. D.; WHITMORE, T. C. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetation* **75** (1-2): 81- 86.
- TAYLOR, C.M.; CAMPOS, M.T.V.A.; ZAPPI, D. 2007. Flora da Reserva Ducke, Amazonas, Brasil. *Rodriguésia* **58** (3): 549-616.
- ter BRAAK, C.J.F. 1987. The analysis of vegetation environment relationships by canonical correspondence analysis. *Vegetatio* **69**: 69-77.
- ter BRAAK, C.J.F. 1995. Ordination. In: JONGMAN, R.H.G., ter Braak, C.J.F. and van TONGEREN, O.F.R. (eds.) *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. pp. 91-173.
- van der PIJL, L. 1982. *Principles of dispersal in higher plants*. 3rd edition, Springer-Verlag, Berlin and New York. 218 pp.
- VITAL, A.R.T.; GUERRINI, I.A.; FRANKEN, W.K.; FONSECA, R.C.B. 2004. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore* **28** (6): 793-800.

**4. ARTIGO 3 - ESTOQUE DE SERAPILHEIRA EM UMA FLORESTA EM
PROCESSO DE RESTAURAÇÃO APÓS MINERAÇÃO DE
BAUXITA**

Estoque de serapilheira em uma floresta em processo de restauração após mineração de bauxita

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar a serapilheira acumulada em dois ambientes, uma floresta em processo de restauração, após a mineração de bauxita, e um ecossistema de referência (remanescente de floresta secundária em estágio médio de sucessão), e verificar a influência de variáveis ambientais no acúmulo de serapilheira em ambas florestas. Foram alocadas 30 parcelas de 2,0 x 2,0 m em cada uma das duas florestas. No centro de cada parcela coletou-se todo o material orgânico não decomposto contido em amostras de 0,50 x 0,50 m para posterior obtenção da massa seca. A floresta em restauração apresentou menor acúmulo de serapilheira que o ecossistema de referência. O maior acúmulo de serapilheira, em ambas florestas, acontece em locais com maior quantidade de indivíduos do estrato de regeneração natural e em locais que apresentam solos menos compactados.

Palavras-chave: abertura do dossel, compactação do solo, ecossistema de referência, regeneração natural.

Abstract

The present study aimed to evaluate the accumulated litter of two environments, a forest in the process of restoration after bauxite mining and a reference ecosystem (forest remnants in middle stage of succession), and to verify the influence of environmental variables on the accumulation of litter in both forests. Thirty plots of 2.0 x 2.0 m were allocated to each of the two forests. In the center of each plot collected is all organic material not decomposed contained in samples of 0.50 x 0.50 m to later obtain the dry mass. The forest in restoration presents less accumulation of litter than the reference ecosystem. The largest accumulation of litter in both forests occurs in sites with a greater

number of individuals in the natural regeneration layer and in sites with less compacted soils.

Key words: canopy openness, soil compaction, reference ecosystem, natural regeneration.

Introdução

A restauração de ambientes alterados pela atividade de mineração requer o retorno da diversidade de espécies e dos processos ecológicos encontrados anteriormente à mineração, além do retorno da resiliência do ecossistema (Norman *et al.* 2006; Chia *et al.* 2016). Um dos processos ecológicos que merecem destaque em áreas alteradas em processo de restauração é a produção e acúmulo de serapilheira no piso florestal, que fornece matéria orgânica para o solo e regula a ciclagem de nutrientes nos ecossistemas florestais (Weltzin *et al.* 2005; Pandey *et al.* 2007).

A serapilheira é constituída em maior escala por material de origem vegetal e em menor escala por material de origem animal (Martins 2016). Ela apresenta entradas e saídas, ou seja, recebe o material (folhas, ramos, frutos, sementes, cascas e flores) por meio da vegetação e o decompõe para suprimento de nutrientes e matéria orgânica para o solo e raízes (Martins 2016).

O estoque de serapilheira no piso florestal é um dos indicadores utilizados para avaliar florestas em processo de restauração (Sperandio *et al.* 2012; Miranda Neto *et al.* 2014; Correia *et al.* 2016; Martins 2016). E, juntamente com o levantamento do estrato de regeneração natural, banco de sementes do solo, abertura do dossel, chuva de sementes, entre outros, formam os indicadores vegetativos de avaliação de florestas restauradas ou em processo de restauração (Brancalion *et al.* 2015; Martins 2016). Os indicadores a

serem utilizados na avaliação de ecossistemas em restauração devem ser simples e de fácil mensuração (Burton 2014) e os indicadores vegetativos atendem a essa premissa.

A avaliação de áreas em restauração é necessária para melhorar as técnicas de restauração e verificar o cumprimento dos objetivos traçados no projeto (Stanturf *et al.* 2014). Além disso, é importante a avaliação de áreas remanescentes de florestas no entorno da floresta em restauração, que servirão como referência para comparação dos dados coletados entre ambas áreas (Keddy & Drummond 1996; Jaunatre *et al.* 2013).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a serapilheira acumulada de duas florestas, uma em processo de restauração florestal após mineração de bauxita, e um remanescente florestal secundário em estágio médio de sucessão (ecossistema de referência); além de analisar variáveis ambientais (abertura do dossel, resistência do solo a penetração e estrato de regeneração) e investigar se há influência destas no acúmulo de serapilheira em ambas florestas.

Material e Métodos

O presente estudo foi realizado em uma floresta em processo de restauração após mineração de bauxita, via plantio de mudas de espécies arbóreas, Floresta A1, e em um remanescente de floresta secundária preservada em estágio médio de sucessão, representado como ecossistema de referência, Floresta A2 (ver Anexo, Figs. A à F).

As florestas estão localizadas no município de São Sebastião da Vargem Alegre (21°04'20"S e 42°38'11"W), Estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil, com altitude local variando de 792 a 832 m (Fig. 1). No entorno dessas florestas, existem áreas de pastagem, fragmentos florestais preservados, plantios de eucalipto e áreas em processo de mineração.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (Sá Júnior *et al.* 2012). A temperatura

média mínima anual é de 18,2°C e média máxima anual de 31°C, com temperatura média anual de 23,5°C e precipitação média anual de 1.564 mm (AGEVAP 2013). A vegetação característica da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana, inserida no Domínio Floresta Atlântica (IBGE 2012).

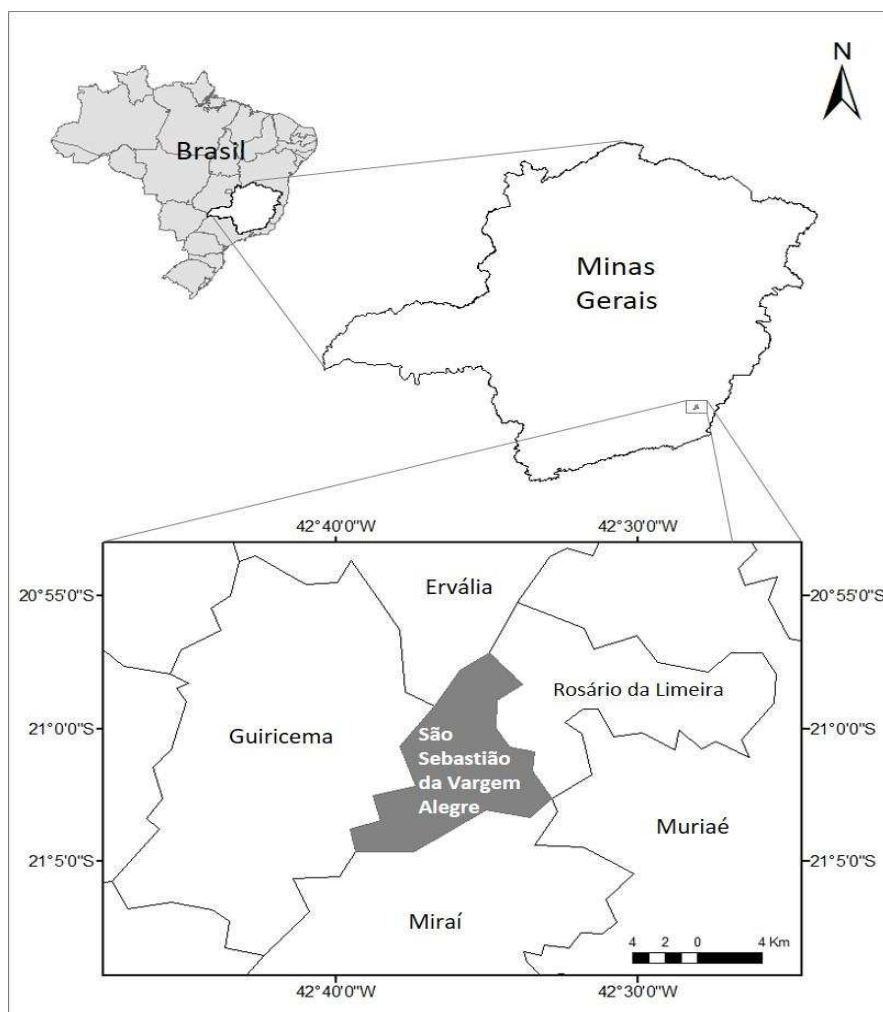


Figura 1 – Localização do município de São Sebastião da Vargem Alegre, Minas Gerais, Brasil.

Figure 1 – Municipality location of São Sebastião da Vargem Alegre, Minas Gerais, Brazil.

A Floresta A1 possui área total de 2,18 ha, nesta foi realizada a extração de bauxita, no ano de 2008, pela empresa Votorantim Metais, e posteriormente realizou-se o processo de restauração na área, seguindo as etapas de recomposição topográfica;

deposição da camada fértil de solo (*top soil* de 0,30 m, retirado e armazenado anteriormente à mineração); correção da acidez do solo e adubação fosfatada; adubação de base (no plantio); plantio heterogêneo de espécies arbóreas (Tab. 1), com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m; e adubação de cobertura (60 e 120 dias pós-plantio), no entorno das mudas, finalizando as atividades de implantação da restauração no ano de 2010. A análise da serapilheira acumulada foi realizada cinco anos após o início do processo de restauração da Floresta A1.

Tabela 1 - Lista de espécies arbóreas utilizadas no plantio da floresta em processo de restauração (Floresta A1), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Table 1 – List of tree species used in planting forest in restoration process (Forest A1), São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brazil.

Família	Espécie
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.
Apocynaceae	<i>Tabernaemontana laeta</i> Mart.
Bignoniaceae	<i>Jacaranda puberula</i> Cham. <i>Sparattosperma leucanthum</i> (Vell.) K.Schum.
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.
Boraginaceae	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex. Steud.
Cannabaceae	<i>Trema micrantha</i> (L.) Blume
Caricaceae	<i>Jacaratia spinosia</i> (Aubl.) A.DC.
Euphorbiaceae	<i>Croton floribundus</i> Spreng. <i>Joannesia princeps</i> Vell.
Fabaceae	<i>Anadenanthera macrocarpa</i> (Benth.) Brenan <i>Andira anthelmia</i> (Vell.) Benth. <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr. <i>Enterolobium contortisiliquum</i> (Vell.) Morong <i>Erythrina falcata</i> Benth. <i>Hymenaea courbaril</i> L. <i>Inga edulis</i> Mart. <i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit * <i>Machaerium nyctitans</i> (Vell.) Benth. <i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub. <i>Piptadenia gonoacantha</i> (Mart.) J.F.Macbr. <i>Schizolobium parahyba</i> (Vell.) Blake <i>Senna multijuga</i> (Rich.) H.S.Irwin & Barneby

Continua...

Tabela 1 – Cont.

Lamiaceae	<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke
Lauraceae	<i>Aniba firmula</i> (Nees & Mart.) Mez
Malvaceae	<i>Ceiba speciosa</i> (A.St.-Hil.) Ravenna <i>Luehea divaricata</i> Mart. & Zucc.
Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i> (Desr.) Cogn.
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i> (Vell.) Mart. <i>Cedrela fissilis</i> Vell. <i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer <i>Melia azedarach</i> L. *
Moraceae	<i>Artocarpus heterophyllus</i> Lam. * <i>Morus nigra</i> L. *
Myrtaceae	<i>Syzygium cumini</i> (L.) Skeels * <i>Eucalyptus</i> sp. *
Rosaceae	<i>Cydonia oblonga</i> Mill. * <i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.) Lindl. *
Rubiaceae	<i>Genipa americana</i> L.
Sapindaceae	<i>Sapindus saponaria</i> L.
Solanaceae	<i>Solanum bullatum</i> Vell. <i>Solanum mauritianum</i> Scop. <i>Solanum paniculatum</i> L.
Vochysiaceae	<i>Callisthene fasciculata</i> Mart.

*Espécies exóticas no Brasil.

A Floresta A2, com 5,30 ha, constitui um trecho remanescente de Floresta Estacional Semidecidual secundário preservado, inserido no Bioma Floresta Atlântica, adjacente a Floresta A1, que se encontra no estágio médio de sucessão, e serviu como ecossistema de referência, auxiliando na avaliação da Floresta A1.

Foram alocadas 30 parcelas de 2,0 m x 2,0 m em cada uma das florestas estudadas, Floresta A1 e Floresta A2, distribuídas em seis linhas de cinco parcelas, com distância de 5 m entre parcelas, na linha, e de 40 m entre linhas (Fig. 2).

Para análise da serapilheira acumulada, no centro de cada uma das 60 parcelas (30 parcelas na Floresta A1 e 30 parcelas na Floresta A2) foi utilizado um gabarito de 0,50 x 0,50 m (0,25 m²) para a coleta de todo o material orgânico não decomposto (folhas, ramos, frutos e flores) contido no interior do gabarito, sendo a coleta realizada na estação seca (ver Anexo, Fig. J). Posteriormente, esse material foi embalado em sacos plásticos,

devidamente identificados, e levado para o Laboratório de Restauração Florestal (LARF) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG, onde foi transferido para sacos de papel, com a identificação de cada parcela pertencentes à Florestas A1 e Floresta A2, e colocados em estufa a 70°C durante 72 h. Após a secagem, o material foi pesado em balança analítica de precisão para obtenção da massa seca em gramas.

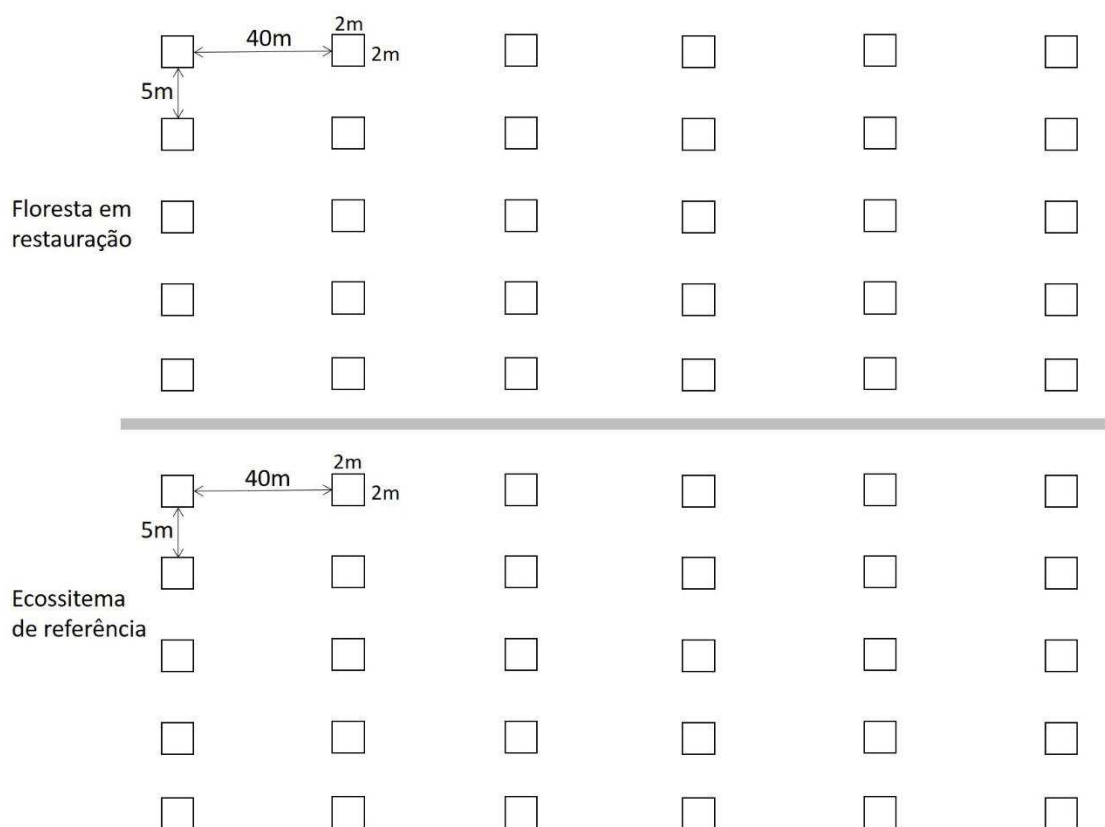


Figura 2 – Distribuição das parcelas na floresta em restauração e no ecossistema de referência, São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Figure 2 – Distribution of plots in restoration forest and reference ecosystem, São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brazil.

A quantidade de serapilheira acumulada, encontrada nas duas florestas (Floresta A1 e Floresta A2), foi estimada para kg ha^{-1} e as médias obtidas foram comparadas entre ambas através do teste t de Student para amostras independentes com o auxílio do software Statistica 10 (Statsoft 2011). Da mesma forma, foram obtidas as médias de indivíduos presentes na regeneração natural (indivíduos m^{-2}), abertura do dossel (%) e

compactação do solo (kg cm^{-2}) para comparação entre as duas florestas através do teste t de Student para amostras independentes com o auxílio do software Statistica 10 (Statsoft 2011).

Calculou-se a matriz de correlação de Pearson entre os valores de serapilheira acumulada, indivíduos presentes no estrato de regeneração natural, resistência do solo a penetração e abertura do dossel. Esta análise foi realizada com o intuito de avaliar a relação da serapilheira com as variáveis ambientais.

Para a análise da regeneração natural, todos os indivíduos arbustivo-arbóreos com altura $\geq 0,30$ m e diâmetro à altura do peito (DAP = 1,30 m) $\leq 5,0$ cm, presentes nas parcelas demarcadas, foram contabilizados.

A abertura do dossel foi determinada por fotografia digital hemisférica, no centro de cada parcela da Floresta A1 e Floresta A2, obtida com uma lente de 8 mm, que fornece um campo de visão de 180° , a qual foi acoplada a uma câmera fotográfica digital fixada em um tripé de cabeça móvel regulável e com bolha niveladora para estabilizar a câmera. Posteriormente, as fotografias foram processadas no Programa Gap Light Analyzer 2.0 (Frazer *et al.* 1999).

Para a determinação da compactação do solo foi utilizado um penetrômetro digital de impacto modelo Penetrolog PLG1020 Falker®. A mensuração foi feita coletando-se dois pontos em cada parcela (60 parcelas), até a profundidade de 40 cm, sendo utilizado a média dos dois valores mais elevados da pressão atingida, em cada parcela, na profundidade de 0 a 40 cm.

Resultados

A serapilheira média acumulada no piso florestal da floresta em processo de restauração há cinco anos (Floresta A1) foi de $4.640 \pm 1.812 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto no ecossistema de referência (Floresta A2) este valor foi de $6.339 \pm 1.357 \text{ kg ha}^{-1}$, evidenciando diferença significativa entre as duas florestas ($p < 0,05$). Para os demais

atributos avaliados também houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as duas florestas avaliadas (Floresta A1 e Floresta A2), como pode-se constatar: número de indivíduos presentes na regeneração natural da Floresta A1 foi de $0,51 \pm 0,45$ indivíduos m^{-2} e na Floresta A2 foi de $2,62 \pm 1,10$ indivíduos m^{-2} ; para a resistência do solo a penetração o valor médio foi de $37,98 \pm 6,10$ kg cm^{-2} na Floresta A1 e $17,01 \pm 3,56$ kg cm^{-2} na Floresta A2; e verificou-se o valor médio de $28,59 \pm 7,41\%$ de abertura do dossel na Floresta A1 e $19,07 \pm 5,76\%$ na Floresta A2.

As análises de correlação de Pearson mostraram que a serapilheira acumulada apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) positiva com o número de indivíduos arbustivo-arbóreos presentes na regeneração e negativa com a resistência do solo a penetração. Constatou-se também correlação significativa ($p < 0,05$) negativa entre o número de indivíduos arbustivo-arbóreos e a resistência do solo a penetração, bem como entre o número de indivíduos arbustivo-arbóreos e a abertura do dossel. Em relação à abertura do dossel e resistência do solo a penetração, houve diferença significativa positiva ($p < 0,05$) (Tab. 2 e Fig. 3).

Tabela 2 – Correlação de Pearson entre serapilheira acumulada e variáveis ambientais, para o total das 60 parcelas na floresta em processo de restauração e ecossistema de referência, São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil. Valores com asterisco indicam correlação.

Table 2 - Pearson correlation between accumulated litter and environmental variables, to total 60 plots in forest restoration process and reference ecosystem, São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brazil. Values with an asterisk indicate correlation.

	Serapilheira	Número de indivíduos	Resistência do solo a penetração	Abertura do dossel
Serapilheira	1,0000	-	-	-
Número de indivíduos	0,4911*	1,0000	-	-
Resistência do solo a penetração	- 0,3106*	- 0,7252*	1,0000	-
Abertura do dossel	- 0,1614	- 0,4388*	0,5759*	1,0000

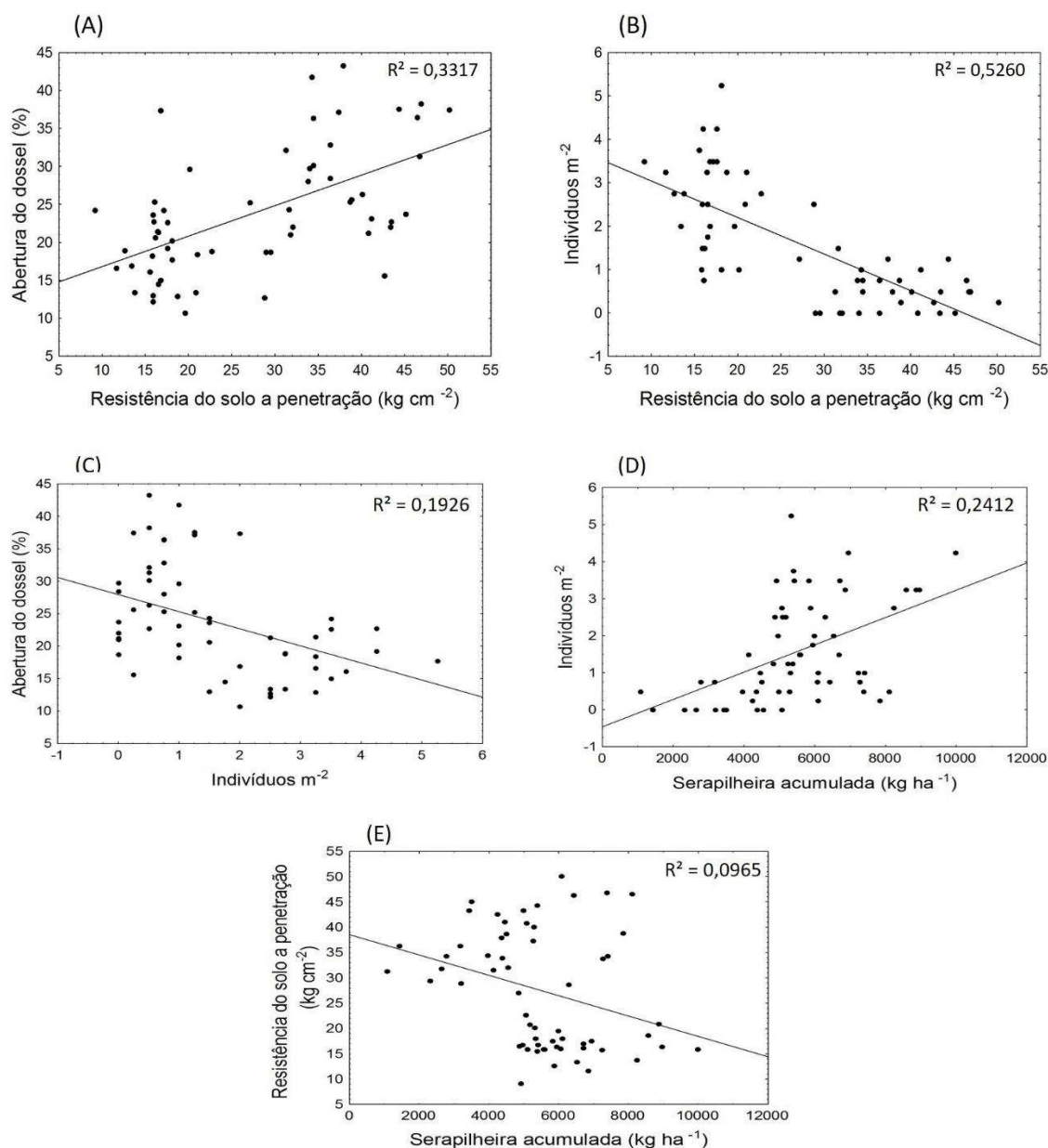


Figura 3 – Correlação entre abertura do dossel (%) e resistência do solo à penetração (kg cm⁻²) (A), número de indivíduos presentes na regeneração natural (ind. m⁻²) e resistência do solo à penetração (kg cm⁻²) (B), abertura do dossel (%) e número de indivíduos presentes na regeneração natural (ind. m⁻²) (C), número de indivíduos presentes na regeneração natural (ind. m⁻²) e serapilheira acumulada (kg ha⁻¹) (D), resistência do solo à penetração (kg cm⁻²) e serapilheira acumulada (kg ha⁻¹) (E), para o total das 60 parcelas na floresta em processo de restauração e no ecossistema de referência, São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Figure 3 - Correlation between canopy openness (%) and soil resistance to penetration (kg cm⁻²) (A), number of individuals present in the natural regeneration (ind. m⁻²) and soil resistance to penetration (kg cm⁻²) (B), canopy openness (%) and number of individuals

present in the natural regeneration (ind. m⁻²) (C), number of individuals present in the natural regeneration (ind. m⁻²) and accumulated litter (kg ha⁻¹) (D), soil resistance to penetration (kg cm⁻²) and accumulated litter (kg ha⁻¹) (E), for the total of 60 plots in forest restoration process and ecosystem reference, São Sebastião da Vargem Alegre, MG, Brasil.

Discussão

A menor quantidade de serapilheira acumulada na Floresta A1 (4.640 kg ha⁻¹) quando comparada com a Floresta A2 (6.339 kg ha⁻¹) pode ser explicada pelo fato da Floresta A2 tratar-se de um remanescente florestal bem conservado em estágio médio de sucessão enquanto que a Floresta A1 encontra-se em processo de restauração há apenas cinco anos. Entretanto, a Floresta A1 apresentou um estoque de serapilheira superior ao encontrado em estudos em florestas em restauração com maiores idades: 3.177 kg ha⁻¹ em floresta em processo de restauração há 23 anos, em domínio de Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas (Correia *et al.* 2016); e 3.432 kg ha⁻¹ em floresta restaurada com idade de 40 anos, em Floresta Estacional Semidecidual (Miranda Neto *et al.* 2014). Contudo, o valor encontrado no presente estudo mostrou-se inferior ao encontrado por Sperandio *et al.* (2012) que constataram 5.670 kg ha⁻¹, para uma floresta restaurada com espécies tropicais diversas com idade de 18 anos, em região de Floresta Estacional Semidecidual.

Os dados mostraram que apesar da floresta em restauração ainda ser nova (cinco anos), já apresenta um bom aporte de serapilheira acumulada, possivelmente influenciada pelo desenvolvimento dos indivíduos plantados na área e pelo ecossistema de referência, que se encontra adjacente à floresta em restauração, contribuindo com a dispersão de propágulos vegetativos e reprodutivos.

A maior compactação do solo, maior abertura do dossel e menor quantidade de indivíduos na regeneração natural na Floresta A1, quando comparado com a Floresta A2,

é devido a Floresta A1 ser um ambiente ainda jovem, em formação, e, portanto, não sendo possível ainda apresentar um maior fechamento do dossel. Assim como o estrato de regeneração natural, que também se encontra em fase de construção e ainda necessita de propágulos oriundos de fontes externas e de algumas das árvores introduzidas que ainda não atingiram o período reprodutivo e de frutificação para poderem abastecer e ajudar na formação do estrato de regeneração. Além disso, como a Floresta A1 é uma área que sofreu alteração na conformidade e estrutura do terreno em virtude da atividade de mineração, já é esperado que apresente um solo com maior grau de compactação em relação a Floresta A2.

Em solos mais compactados, neste caso, em função da mineração de bauxita, sementes de muitas espécies encontram dificuldade em germinar, se desenvolver e propagar, e isso pode refletir na composição e quantidade de indivíduos estabelecidos nesses ambientes (Chia *et al.* 2016).

O conhecimento do nível de abertura do dossel permite inferir sobre as condições de luz no interior da floresta (Trichon *et al.* 1998; Martins & Rodrigues 2002) e, conseqüentemente, na presença de espécies mais ou menos tolerantes ao sombreamento proporcionado pelo dossel (Pinto *et al.* 2008) bem como sobre o estágio sucessional em que um ecossistema se encontra. É o caso das florestas estudadas, em que a Floresta A1, que possui um dossel mais aberto, permite maior entrada de luz, o desenvolvimento principalmente de espécies pioneiras e secundárias iniciais e se encontra, portanto, em estágio inicial de sucessão. Enquanto que a Floresta A2, que possui dossel mais fechado, permite menor entrada de luz, o desenvolvimento principalmente de espécies tardias e se encontra, portanto, em estágio médio de sucessão.

As análises de correlação entre a serapilheira acumulada e as variáveis ambientais mostraram que locais com maior número de indivíduos da regeneração natural e menor compactação do solo apresentam maior acúmulo de serapilheira. Assim como a abertura

do dossel é maior em locais com solo mais compactado e que, portanto, se verifica menor presença de indivíduos regenerantes. Já em locais com dossel mais fechado há maior presença de regeneração natural.

O aumento do estoque de serapilheira pode elevar o acúmulo de matéria orgânica fresca na superfície do solo (Norby *et al.* 2001; Sayer *et al.* 2006) e promover a proliferação de raízes nas camadas superficiais do piso florestal, a depender da disponibilidade de nutrientes na serapilheira (Sayer *et al.* 2006). Esse aumento de raízes pode promover um solo menos compactado.

A densidade de indivíduos vegetais e sua composição, além do comportamento variado de deciduidade das espécies florestais, podem influenciar diretamente a quantidade de serapilheira depositada no piso da floresta (Vogt *et al.* 1986; Machado *et al.* 2008). Normalmente, espera-se obter maior quantidade de serapilheira, quanto maior for o número de indivíduos.

Estudo realizado em uma área em restauração junto com outra área adjacente de Floresta Ombrófila Densa primária, no Norte do Espírito Santo, também foi constatado menor compactação do solo em ambientes com dossel mais fechado (Correia *et al.* 2016). Essa relação acontece, porque, a maior cobertura do dossel pode minimizar o impacto das gotas de chuva, reduzir a temperatura no solo em função da redução do nível de luminosidade, aumentar a ciclagem de nutrientes (Sperandio *et al.* 2012), e aumentar a umidade no solo e no sub-bosque (Correia *et al.* 2016).

A abertura do dossel pode influenciar a maior ou menor presença de espécies florestais e animais no estrato de regeneração natural, sendo que ambientes com maior cobertura do dossel pode proporcionar proteção às plântulas e habitats mais adequados para animais dispersores (Tewksbury & Lloyd 2001; Dias *et al.* 2005).

Conclusões

A floresta em processo de restauração apresentou menor acúmulo de serapilheira que o ecossistema de referência (remanescente florestal adjacente).

O maior acúmulo de serapilheira em ambas florestas aconteceu em locais com maior quantidade de indivíduos do estrato de regeneração natural e em locais que apresentaram solos menos compactados.

A restauração florestal através do reflorestamento heterogêneo na área minerada cumpriu um importante papel em criar um ambiente favorável ao retorno dos processos ecológicos do ecossistema.

Referências

AGEVAP - Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. 2013. Plano municipal de saneamento básico, São Sebastião da Vargem Alegre, MG.

Brancalion, P.H.S.; Gandolfi, S. & Rodrigues, R.R. 2015. Restauração Florestal. Oficina de Textos, São Paulo. 432p.

Burton, P.J. 2014. Considerations for monitoring and evaluating forest restoration. *Journal of Sustainable Forestry* 33 (Suppl. 1): S149–S160.

Chia, K.A.; Koch, J.M.; Sadler, R. & Turner, S.R. 2016. Re-establishing the mid-storey tree *Persoonia longifolia* (Proteaceae) in restored forest following bauxite mining in southern Western Australia. *Ecological Research* 31: 627-638.

Correia, G.G.S.; Martins, S.V.M.; Miranda Neto, A. & Silva, K.A. 2016. Estoque de serapilheira em floresta em restauração e em Floresta Atlântica de Tabuleiro no Sudeste brasileiro. *Revista Árvore* 40: 13-20.

Dias, A.T.C.; Zaluar, H.L.T.; Ganade, G. & Scarano, F.R. 2005. Canopy composition influencing patch dynamics in a Brazilian sandy coastal plain. *Journal of Tropical Ecology* 21: 343-347.

Frazer, G.W.; Canham, C.D. & Lertzman, K.P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA): Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies, New York.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2ª ed. Manuais Técnicos em Geociências. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro. 275p.

Jaunatre, R.; Buisson, E.; Muller, I.; Morlon, H.; Mesleard, F. & Dutoit, T. 2013. New synthetic indicators to assess community resilience and restoration success. *Ecological Indicators* 29: 468–477.

Keddy, P.A. & Drummond, C.G. 1996. Ecological properties for the evaluation, management, and restoration of temperate deciduous forest ecosystems. *Ecological Applications* 6: 748–762.

Machado, M.R.; Piña-Rodrigues, F.C.M. & Pereira, M.G. 2008. Produção de serapilheira como bioindicador de recuperação em plantio adensado de revegetação. *Revista Árvore* 32: 143-151.

Martins, S.V. & Rodrigues, R.R. 2002. Gap-phase regeneration in a semideciduous mesophytic forest, southeastern Brazil. *Plant Ecology* 163: 51-62.

Martins, S.V. 2016. Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. 4ª ed. Aprenda Fácil, Viçosa. 270 p.

Miranda Neto, A.; Martins, S.V.; Silva, K.A. & Gleriani, J.M. 2014. Banco de sementes do solo e serapilheira acumulada em floresta restaurada. *Revista Árvore* 38: 609-620.

Norby, R.J.; Cotrufo, M.F.; Ineson, P.; O'Neill, E.G. & Canadell, J.G. 2001. Elevated CO₂, litter chemistry and decomposition: a synthesis. *Oecologia* 127: 153-165.

Norman, M.A.; Koch, J.M.; Grant, C.D.; Morald, T.K. & Ward, S.C. 2006. Vegetation succession after bauxite mining in western Australia. *Restoration Ecology* 14: 278-288.

Pandey, R.R.; Sharma, G.; Tripathi, S.K. & Singh, A.K. 2007. Litterfall, litter decomposition and nutrient dynamics in a subtropical natural oak forest and managed plantation in northeastern India. *Forest Ecology and Management* 240: 96-104.

Pinto, S.I.C.; Martins, S.V.; Barros, N.F.; Dias, H.C.T. & Kunz, S.H. 2008. Influence of environmental variables on the shrub and tree species distribution in two Semideciduous Forest sites in Viçosa, Minas Gerais, Brazil. *Revista de Biología Tropical* 56: 1557-1569.

Sá Júnior, A.; Carvalho, L.G.; Silva, F.F. & Alves, N.C. 2012. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 108: 1-7.

Sayer, E.J.; Tanner, E.V.J. & Cheesman, A.W. 2006. Increased litterfall changes fine root distribution in a moist tropical forest. *Plant and Soil* 281: 5-13.

Sperandio, H.V.; Cecílio, R.A.; Silva, V.H.; Leal, G.F.; Brinate, I.B. & Caldeira, M.V.W. 2012. Emprego da serapilheira acumulada na avaliação de sistemas de restauração florestal em Alegre-ES. *Floresta e Ambiente* 19: 460-467.

Stanturf, J.A.; Palik, B.J. & Dumroese, R.K. 2014. Contemporary forest restoration: A review emphasizing function. *Forest Ecology and Management* 331: 292-323.

Statsoft. Statistica Data analysis software system. Version 10. Tulsa, 2011.

Tewksbury, J.J. & Lloyd, J.D. 2001. Positive interactions under nurse-plants: spatial scale, stress gradients and benefactor size. *Oecologia* 127: 425-434.

Trichon, V.; Walter, J.M.N. & Laumonier, Y. 1998. Identifying spatial patterns in the tropical rain forest structure using hemispherical photographs. *Plant Ecology* 137: 227-244.

Vogt, K.A.; Grier, C.C. & Vogt, D.J. 1986. Production, turnover, and nutrient dynamics of above- and belowground detritus of world forests. *Advances in Ecological Research* 15: 303-377.

Weltzin, J.F.; Keller, J.K.; Bridgham, S.D.; Paster, J.; Allen, B.P. & Chen, J. 2005. Litter controls plant community composition in a northern fen. *Oikos* 110: 537–546.

**5. ARTIGO 4 - EFICIÊNCIA DO HIDROGEL E COBERTURA MORTA NA
SOBREVIVÊNCIA E DESENVOLVIMENTO INICIAL DE
MUDAS DE *Guarea guidonia***

**Eficiência do hidrogel e cobertura morta na sobrevivência e desenvolvimento
inicial de mudas de *Guarea guidonia***

Resumo – Este estudo avaliou o potencial de utilização de hidrogel e cobertura morta na sobrevivência, crescimento em altura e diâmetro de mudas da espécie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, como metodologia de restauração florestal de áreas degradadas. Foram testados, em uma área aberta com solo exposto, quatro tratamentos. Tratamento controle: apenas o plantio das mudas. Tratamento 1: plantio das mudas com hidrogel na cova. Tratamento 2: plantio das mudas com deposição de cobertura morta ao redor das mudas. Tratamento 3: plantio das mudas com hidrogel junto com a deposição de cobertura morta. A utilização de hidrogel na cova de plantio com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas e apenas a utilização do hidrogel mostraram ser métodos de potencialização da restauração florestal em regiões sujeitas a veranicos e déficit hídrico, possibilitando maior taxa de sobrevivência e incremento em diâmetro e altura das mudas de *Guarea guidonia*.

Palavras-chave: Condicionador de solo; espécie nativa; plantio de enriquecimento; restauração florestal.

Efficiency of hydrogel and mulch in the survival and initial development of *Guarea guidonia* seedlings

Abstract – This study evaluated the potential use of hydrogel and mulch on the survival, growth in height and diameter of seedlings of the species *Guarea guidonia* (L.) Sleumer as forest restoration methodology of degraded areas. They were tested in an open area with exposed soil, four treatments. Control treatment: only the planting of seedlings. Treatment 1: planting of seedlings with hydrogel in the pit. Treatment 2: planting of seedlings with mulch around the seedlings. Treatment 3: planting of seedlings with

hydrogel together with deposition of mulch. The use of hydrogel in the planting pit and, or the deposition of mulch around the seedlings are potentiation methods of forest restoration in areas subject to dry spells and drought, allowing a higher survival rate and increase in diameter and height of the *Guarea guidonia* seedlings.

Keywords: Soil conditioner; native species; enrichment planting; forest restoration.

1.INTRODUÇÃO

A restauração florestal é de suma importância nas situações em que o ecossistema degradado perdeu seu poder de resiliência e necessita, portanto, da intervenção antrópica para o seu restabelecimento. Esta medida visa o retorno dos processos ecológicos e da biodiversidade regional da floresta anteriormente existente (Martins, 2016), para que assim ela possa se perpetuar no tempo sem a intervenção periódica do homem (Brancalion et al., 2010).

Projetos de restauração de áreas degradadas que envolve técnicas de plantio de mudas devem ter critérios claros e objetivos na escolha das espécies a serem utilizadas, para que se alcance os objetivos definidos na elaboração do projeto e para que o ecossistema restaurado possa se tornar autossustentável, dispensando futuras intervenções (Brancalion et al., 2015). O plantio de mudas é uma técnica bastante utilizada, por apresentar rápidos resultados no recobrimento da área e no processo de sucessão. Mas, é importante o conhecimento da vegetação e das variações ecológicas ocorrentes no local a ser restaurado para a escolha correta das espécies a serem utilizadas no plantio (Martins, 2016).

A restauração florestal através do plantio de mudas, visa pular as etapas iniciais da sucessão natural. Essas etapas iniciais compreendem a colonização da área primeiramente por ervas, que irão melhorar as características do solo com o aporte de

matéria orgânica, para posteriormente permitir a colonização das espécies arbustivo-arbóreas (Pereira & Rodrigues, 2012).

Dentre as espécies que apresentam potencial em projetos de restauração florestal de Áreas de Preservação Permanente (APP), Reserva Legal (RL) e em plantios de enriquecimento, destaca-se a *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, conhecida popularmente como Marinheiro ou Cura-madre, pertencente à família Meliaceae (Martins, 2014; 2016; Oliveira Neto et al., 2015). A espécie *G. guidonia* possui hábito arbóreo, é nativa, com ampla distribuição geográfica no Brasil, presente nos domínios fitogeográficos Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica (JBRJ, 2016). É classificada por alguns autores como secundária inicial (Ivanauskas et al., 2002; Carvalho et al., 2009) e por outros como secundária tardia (Silva et al., 2003; Martins, 2014; 2016; Côrrea et al., 2014), porém, Oliveira et al. (2013) a destacam como uma espécie de crescimento rápido, porém longeva, podendo alcançar os 150 anos. A espécie possui dispersão zoocórica, conforme classificação de van der Pijl (1982), sendo um fator muito importante para a atratividade da fauna silvestre.

A busca por outras alternativas, além da simples adubação, para a obtenção de melhores taxas de sobrevivência e desenvolvimento de mudas utilizadas nos plantios de restauração florestal, é importante para redução de custos com replantios e para o alcance do sucesso nesses projetos. Assim, destaca-se como materiais ecotecnológicos para auxiliar na restauração de ambientes degradados, o uso de hidrogel e de cobertura morta (Piñeiro et al., 2013). O hidrogel (um condicionador de umidade do solo) auxilia na retenção e disponibilidade de água para as mudas durante seu desenvolvimento inicial (Chirino et al., 2011; Venturoli & Venturoli, 2011), proporcionando disponibilidade de água por mais tempo próximo a muda, beneficiando-as e mantendo-as hidratadas, mesmo quando ocorrem períodos de estiagem maiores (Brancaion et al., 2015). Por outro lado, a cobertura morta proporciona o aumento da retenção da água da chuva (Piñeiro et al.,

2013) e a diminuição da amplitude da temperatura do solo quando comparado a solos expostos (Gonzalez-Sousa et al., 2001).

É sabido que o uso de hidrogel com espécies do gênero *Eucalyptus* é bem estudado e muito utilizado (Buzetto et al., 2002; Saad et al., 2009; Felipe et al., 2016), porém estudos tratando-se da utilização do hidrogel em plantios de mudas de espécies nativas para restauração de áreas degradadas ainda são escassos (Venturoli & Venturoli, 2011).

Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de utilização de hidrogel e cobertura morta na sobrevivência, crescimento em altura e diâmetro de mudas da espécie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, como metodologia de restauração florestal de áreas degradadas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi realizado no município de Mirai (21°03'38"S e 42°33'26"W), estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil (Figura 1), com altitude local de 660 m, no viveiro de mudas pertencente à Empresa Votorantim Metais, em uma área aberta com solo exposto e compactado simulando uma área degradada.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, clima temperado úmido com inverno seco e verão quente (Sá Júnior et al., 2012). A temperatura média no inverno é de 19,6°C, no verão 25,5°C e a temperatura média anual de 22,7°C, com precipitação média anual de 1.237 mm (Oliveira-Filho et al., 2005). A vegetação característica da região é classificada como Floresta Estacional Semidecidual Montana, inserida no Domínio Floresta Atlântica (IBGE, 2012).

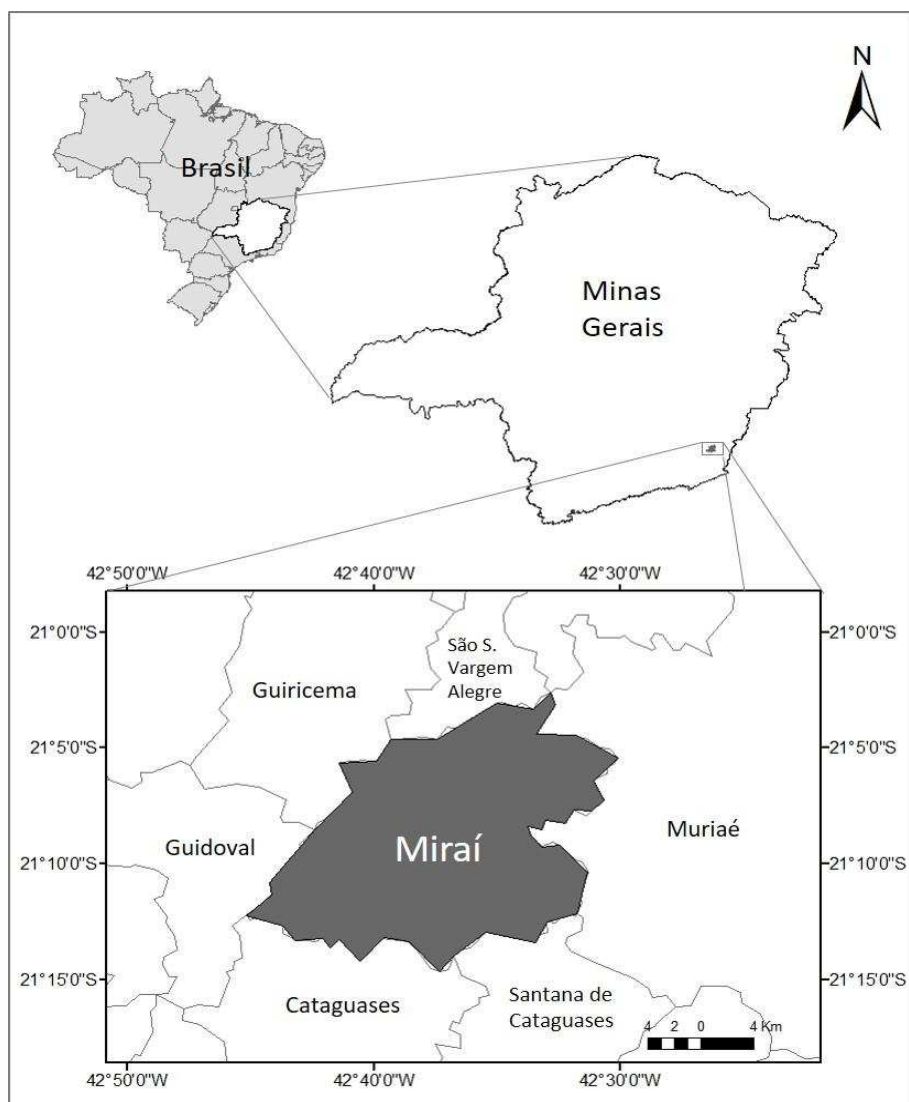


Figura 1. Localização do município de Mirai, Minas Gerais, Brasil.

Figure 1. Municipality location of Mirai, Minas Gerais, Brazil.

Na área aberta com solo exposto e degradado, no viveiro de mudas da empresa, adotando o delineamento inteiramente casualizado (DIC), foi implantado quatro tratamentos, um representando o tratamento controle, com cinco repetições cada tratamento, totalizando 20 parcelas. Cada parcela foi composta de um núcleo de quatro mudas da espécie *Guarea guidonia* (L.) Sleumer, com espaçamento de um metro entre mudas dentro de cada parcela, e espaçamento de 3 x 2 m entre parcelas. O tratamento controle (Tc) foi apenas o plantio das mudas, o tratamento 1 (T1) foi representado pelo

plantio das mudas com o uso de hidrogel (polímero absorvente) na cova, o tratamento 2 (T2) pelo plantio das mudas com deposição de cobertura morta (restos vegetais) ao redor das mudas, e o tratamento 3 (T3) pelo plantio das mudas com uso de hidrogel na cova junto com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas (ver Anexo, Figuras K à N). Foram abertas covas de 0,40 x 0,40 x 0,40 m, para o plantio das mudas, e realizada adubação na cova com 125 gramas de NPK 10-30-10 em todos os tratamentos.

Nos tratamentos com o uso do hidrogel foi utilizado o polímero absorvente hidratado (1,5 gramas do pó para 1 litro de água) sendo aplicado 1 litro da solução por planta.

Antes da implantação dos tratamentos na área, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 e 20-40 cm e encaminhadas para análise química no Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, cujo resultado pode ser verificado na Tabela 1 e comprovado o estado de degradação da área.

Tabela 1. Valores dos atributos do solo da área do plantio das mudas de *Guarea guidonia*.

Table 1. Soil attributes values of the plantation area of *Guarea guidonia* seedlings.

Pfd. cm	pH	P mg dm ⁻³	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB	t	T	V	m	P-rem mg l ⁻¹	MO g kg ⁻¹
0-20	5,23	8,7	61	1,18	0,59	0,3	1,93	2,23	6,23	31,0	13,5	23,0	17,9
20-40	4,73	3,1	65	0,43	0,19	0,8	0,79	1,59	4,59	17,2	50,3	20,3	9,0

Pfd: Profundidade; pH em água; P: Fósforo; K: Potássio; Ca²⁺: Cálcio trocável; Mg²⁺: Magnésio trocável; Al³⁺: Alumínio trocável; SB: Soma de bases trocáveis; t: Capacidade de troca catiônica efetiva; T: Capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: Índice de saturação por bases; m: Índice de saturação por alumínio; P-Rem: Fósforo remanescente; MO: Matéria orgânica.

Pfd: depth; pH in water: Active acidity; P: Phosphorus; K: Potassium; Ca²⁺: Exchangeable calcium; Mg²⁺: Exchangeable magnesium; Al³⁺: Exchangeable aluminum; SB: Sum of exchangeable bases; T: Effective cation exchange capacity; T: Cation exchange capacity for pH 7.0; V: Basal saturation index; m: Aluminum saturation index; P-Rem: remaining phosphorus; MO: Organic matter.

Os dados sobre precipitação, desde a implantação do projeto, fevereiro de 2014, até a última medição dos dados de crescimento em altura e diâmetro e taxa de sobrevivência, janeiro de 2016, pode ser observado na figura 2.

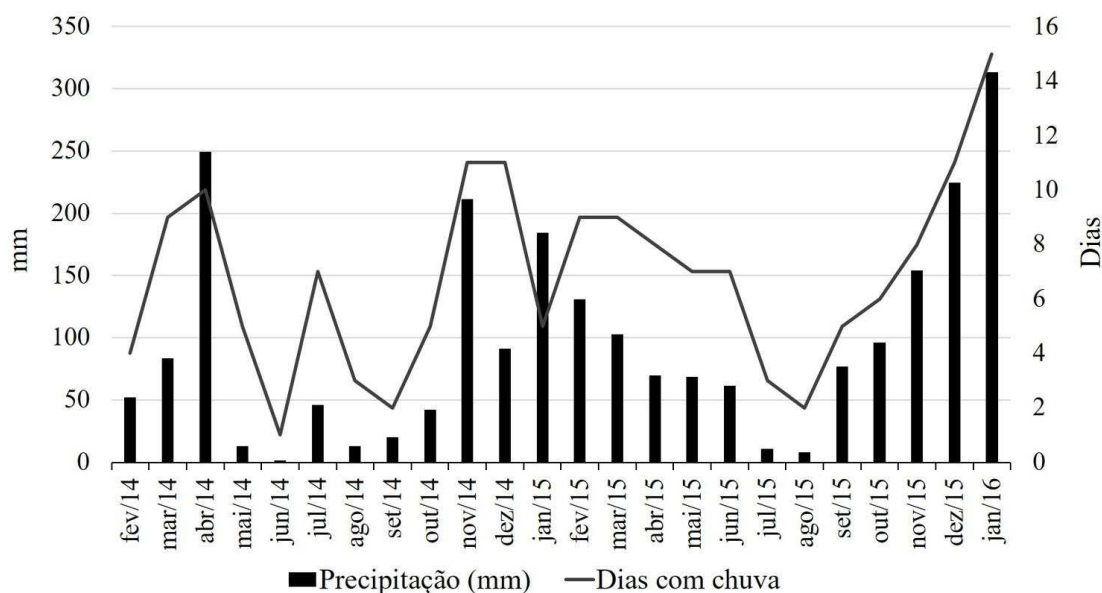


Figura 2. Precipitação pluviométrica e quantidade de dias com chuva em cada mês, durante o período de avaliação do projeto, Miraf, MG. Fonte dos dados: Votorantim Metais.

Figure 2. Rainfall and number of rainy days in each month, during the evaluation period of the project, Miraf, MG. Data source: Votorantim Metais.

O experimento foi avaliado a cada seis meses durante dois anos. Os parâmetros avaliados foram a taxa de mortalidade, a altura total e diâmetro ao nível do solo de todas as mudas de *G. guidonia*, nos diferentes tratamentos. Com as avaliações das medidas da altura e diâmetro no momento do plantio e também após os dois anos de plantio, determinamos o incremento (I) e a taxa de crescimento relativo (CR), com as equações 1 e 2 (Carneiro, 1995):

$$I = \text{Medida 2 anos após o plantio} - \text{Medida no plantio} \quad (1)$$

$$\text{CR (\%)} = \frac{\text{Medida 2 anos após o plantio} - \text{Medida no plantio}}{\text{Medida no plantio}} \times 100 \quad (2)$$

Posteriormente, foram realizadas análises estatísticas através da análise de variância (ANOVA), seguida de teste Duncan (5% de significância), para verificar se houve diferença entre os tratamentos, com relação à taxa de mortalidade, incremento em altura e diâmetro, e a taxa de crescimento relativo. Como os parâmetros altura inicial e crescimento relativo em altura não atenderam a predisposição de homocedasticidade e normalidade, estes foram analisados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis.

Realizou-se também ajustes de regressões para verificar a relação entre o tempo (meses) e as características avaliadas (mortalidade, altura e diâmetro ao nível do solo) para cada tratamento, com o programa STATISTICA 10 (Statsoft, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento controle (Tc – apenas o plantio das mudas) apresentou maior taxa de mortalidade (55%) ($p < 0,05$) em relação aos demais tratamentos (5% cada) (T1 - plantio das mudas com o uso de hidrogel na cova, T2 - plantio das mudas com deposição de cobertura morta ao redor das mudas, T3 - plantio das mudas com uso de hidrogel na cova junto com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas), porém entre os tratamentos T1, T2 e T3 não houve diferença significativa ($p > 0,05$) (Figura 3).

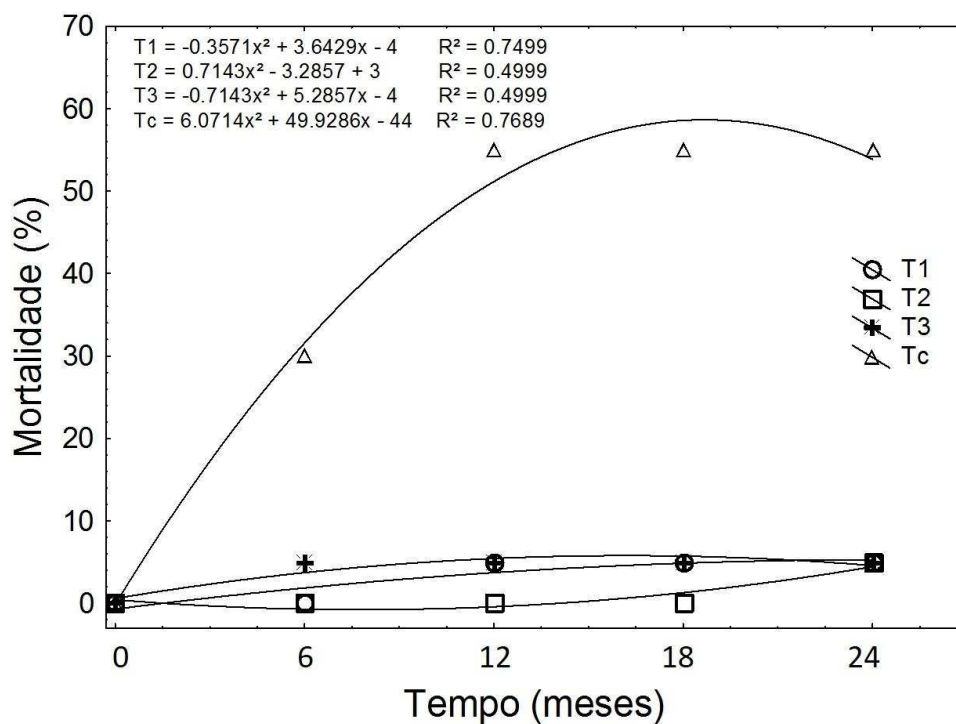


Figura 3. Taxa de mortalidade das mudas de *Guarea guidonia* nos diferentes tratamentos, durante dois anos de avaliação. T1: plantio das mudas com o uso de hidrogel na cova; T2: plantio das mudas com deposição de cobertura morta ao redor das mudas; T3: plantio das mudas com uso de hidrogel na cova junto com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas; Tc: apenas o plantio das mudas.

Figure 3. Mortality rate of *Guarea guidonia* seedlings in the different treatments during two years of evaluation. T1: planting of seedlings with hydrogel in the pit; T2: planting of seedlings with mulch around the seedlings; T3: planting of seedlings with hydrogel together with deposition of mulch; Tc: only planting of seedlings.

O uso do hidrogel na cova e a deposição da cobertura morta provavelmente proporcionaram maior retenção da umidade no solo e sua liberação gradual para as mudas, como pode ser observado nos tratamentos T1, T2 e T3. Isso fez com que as mudas de *Guarea guidonia* resistissem aos períodos de déficit hídrico ocorrido na região, nos primeiros meses de implantação do projeto (Figura 2). Nos dois primeiros meses após o plantio das mudas houve uma baixa precipitação pluviométrica, assim como nos seis

meses consecutivos após abril de 2014 (maio a outubro de 2014). Este déficit hídrico foi suficiente para causar a elevada mortalidade das mudas do tratamento Tc (Figura 4).

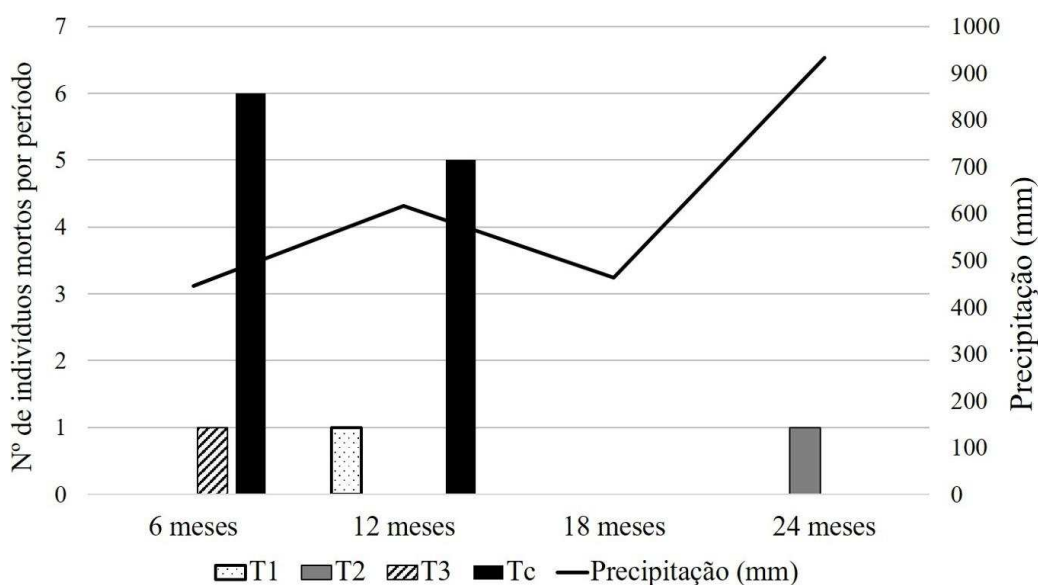


Figura 4. Número de indivíduos mortos de *Guarea guidonia*, por tratamento, em intervalos de seis meses, com respectiva precipitação pluviométrica acumulada. T1: plantio das mudas com o uso de hidrogel na cova; T2: plantio das mudas com deposição de cobertura morta ao redor das mudas; T3: plantio das mudas com uso de hidrogel na cova junto com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas; Tc: apenas o plantio das mudas.

Figure 4. Number of dead individuals *Guarea guidonia* by treatment at intervals of six months, with their accumulated rainfall. T1: planting of seedlings with hydrogel in the pit; T2: planting of seedlings with mulch around the seedlings; T3: planting of seedlings with hydrogel together with deposition of mulch; Tc: only planting of seedlings.

A eficácia do uso de hidrogel foi constatada no estudo de Venturoli & Venturoli (2011), onde foi registrado apenas 11% de mortalidade em plantio de espécies arbóreas para restauração de área degradada no Bioma Cerrado. Segundo estes autores, a mortalidade inicial das espécies arbóreas em plantios sem a utilização do hidrogel na

mesma região do estudo são, em geral, em torno de 20%. Outra constatação da eficácia do hidrogel foi comprovada em plantios de eucaliptos sob condições subótimas na África do Sul, onde a utilização do hidrogel aumentou de forma substancial a sobrevivência e crescimento inicial das mudas (Viero & Little, 2006). O hidrogel contribui também para a redução do processo de lixiviação dos nutrientes no solo (Saad et al., 2009).

A deposição de cobertura morta ao redor das mudas do plantio também é uma técnica viável e eficaz na retenção de umidade e proteção contra a incidência direta do sol, do vento e das gotas de chuva no solo (Haywood et al., 1997; Chalker-Scott, 2007), além de aumentar a capacidade de troca catiônica e nutrientes do solo e aumento da matéria orgânica (Athy et al., 2006). Silva & Corrêa (2008) obtiveram melhores resultados de sobrevivência de mudas arbóreas, em área minerada, no tratamento utilizando cobertura morta sobre as covas de plantio.

O período de maior pluviosidade proporcionou incremento em altura e diâmetro das mudas de *Guarea guidonia* em todos os tratamentos, destacando-se os tratamentos com o uso do hidrogel (T1 e T3) (Figura 5).

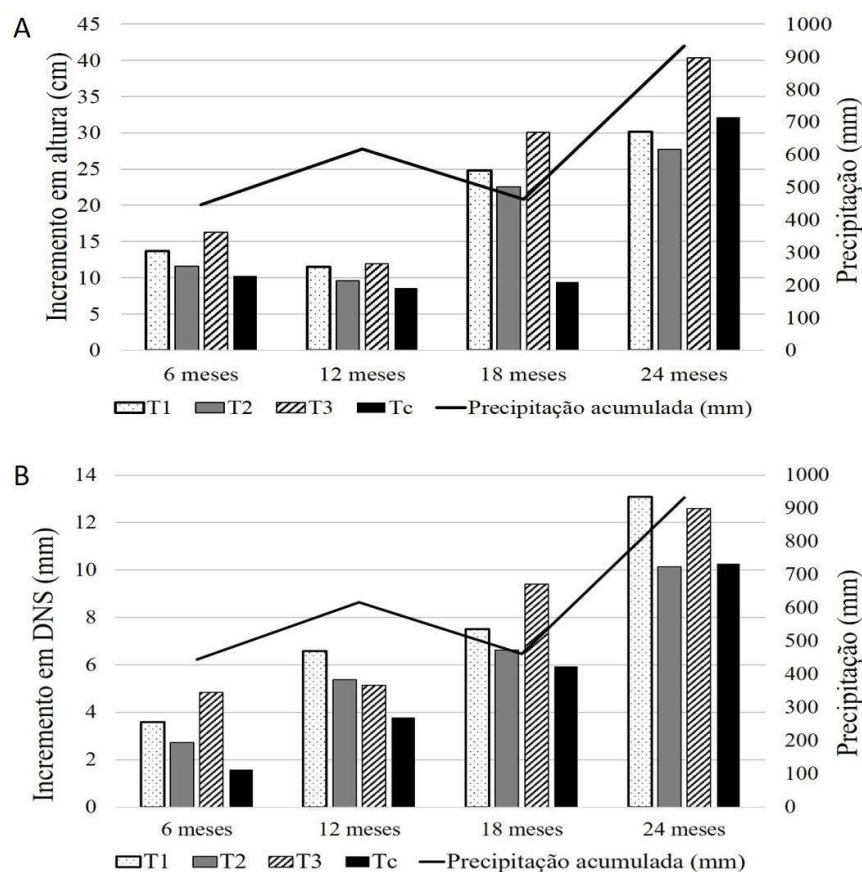


Figura 5. Incremento médio em altura (A) e diâmetro ao nível do solo (DNS) (B), ao longo dos 24 meses de avaliação, dos indivíduos de *Guarea guidonia* nos diferentes tratamentos (T1: plantio das mudas com o uso de hidrogel na cova; T2: plantio das mudas com deposição de cobertura morta ao redor das mudas; T3: plantio das mudas com uso de hidrogel na cova junto com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas; Tc: apenas o plantio das mudas), com a precipitação acumulada, a cada seis meses.

Figure 5. Average increase in height (A) and diameter at ground level (DNS) (B), during 24 months of evaluation, of *Guarea guidonia* individuals, in the different treatments (T1: planting of seedlings with hydrogel in the pit; T2: planting of seedlings with mulch around the seedlings; T3: planting of seedlings with hydrogel together with deposition of mulch; Tc: only planting of seedlings), with accumulated rainfall every six months.

A disponibilidade de água para planta é primordial para todo o seu processo metabólico e fisiológico, principalmente no início do seu crescimento e desenvolvimento (Navroski et al., 2016). Scalon et al. (2011) avaliaram diferentes regimes hídricos no crescimento inicial de mudas de *Guazuma ulmifolia* Lam. e verificaram menor sobrevivência das mudas, menor crescimento em altura e diâmetro e menor taxa de crescimento relativo no tratamento com menor disponibilidade de água (12,5% da capacidade de campo), obtendo os melhores valores para estes parâmetros com disponibilidade de 50% e 100% da capacidade de campo. Neste sentido, podemos perceber a importância de uma boa disponibilidade hídrica para o crescimento e desenvolvimento inicial de mudas em projetos de restauração florestal. Boas taxas de sobrevivência e crescimento inicial das mudas, com consequente redução dos custos com replantio e satisfatória cobertura do solo em menor espaço de tempo, é o que se deseja nos projetos de restauração de áreas degradadas. A utilização do hidrogel em plantios de espécies florestais visa a potencialização da taxa de sobrevivência das mudas, diminuindo custos com replantios e irrigações.

No presente estudo constatou-se que houve crescimento tanto em altura como em diâmetro ao nível do solo, em todos os tratamentos no decorrer do tempo de avaliação do experimento, com acréscimos crescentes, principalmente nos tratamentos com o uso de hidrogel (T1 e T3) que obtiveram maiores valores nesses parâmetros em relação aos tratamentos sem o uso do hidrogel (T2 e Tc) (Figura 6, ver Anexo Figuras O e P).

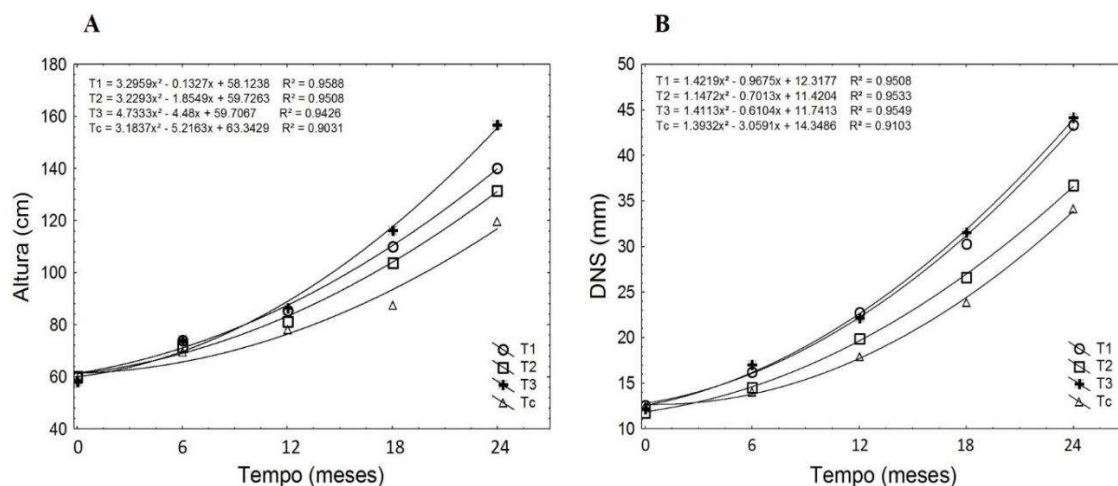


Figura 6. Médias do crescimento em altura (A) e diâmetro ao nível do solo (DNS) (B) das mudas de *Guarea guidonia*, ao longo dos 24 meses de avaliação, nos diferentes tratamentos. T1: plantio das mudas com o uso de hidrogel na cova; T2: plantio das mudas com deposição de cobertura morta ao redor das mudas; T3: plantio das mudas com uso de hidrogel na cova junto com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas; Tc: apenas o plantio das mudas.

Figure 6. Average growth in height (H) and diameter at ground level (DNS) (B) of *Guarea guidonia* seedlings, during the 24 months of evaluation, in different treatments evaluated. T1: planting of seedlings with hydrogel in the pit; T2: planting of seedlings with mulch around the seedlings; T3: planting of seedlings with hydrogel together with deposition of mulch; Tc: only planting of seedlings.

Como pode-se constatar na Tabela 2, o incremento em altura apresentou melhores resultados ($p < 0,05$) para os tratamentos com hidrogel, já com relação ao crescimento relativo em altura não houve diferença significativa ($p > 0,05$). Com relação ao incremento e taxa de crescimento relativo em diâmetro pôde-se verificar diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), obtendo maiores valores no tratamento com o uso de hidrogel na cova de plantio (Tabela 3).

Tabela 2. Altura inicial (Hi) e altura final (Hf) dos indivíduos de *Guarea guidonia*, e seus respectivos incrementos e crescimento relativo em altura (CRH), nos diferentes tratamentos.

Table 2. Initial height (Hi) and final height (Hf) of *Guarea guidonia* individuals, and their respective increases and relative height growth (CRH), in the different treatments.

	Hi (cm)	Hf (cm)	Incremento	CRH (%)
T1	60,1 ± 7,7 a	147,7 ± 35,1 a	87,6 ± 33,6 a	148,2 ± 61,9 a
T2	59,9 ± 6,3 a	121,7 ± 59,1 ab	75,2 ± 53,7 ab	130,9 ± 102,6 a
T3	58,5 ± 7,8 a	143,2 ± 59,4 a	88,1 ± 53,7 a	157,4 ± 101,6 a
Tc	59,5 ± 7,7 a	101,0 ± 50,9 b	48,7 ± 34,5 b	81,3 ± 52,1 a

Hf e incremento: médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan, a 5% de significância. Hi e CRH: médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Kruskal-Wallis, a 5% de significância. Hi: altura média inicial (no plantio); Hf: altura final (após dois anos do plantio); T1: plantio das mudas com o uso de hidrogel na cova; T2: plantio das mudas com deposição de cobertura morta ao redor das mudas; T3: plantio das mudas com uso de hidrogel na cova junto com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas; Tc: apenas o plantio das mudas.

Hf and increase: averages followed by the same letter in the column do not differ by Duncan test at 5% significance. Hi and CRH: averages followed by the same letter in the column do not differ by Kruskal-Wallis test at 5% significance. Hi: initial average height (in planting); Hf: final average height (after two years of planting); T1: planting of seedlings with hydrogel in the pit; T2: planting of seedlings with mulch around the seedlings; T3: planting of seedlings with hydrogel together with deposition of mulch; TC: only planting of seedlings.

Buzetto et al. (2002), testando o uso de hidrogel em mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio, não observaram diferenças em relação à altura das mudas nos tratamentos sem o uso de hidrogel e com o uso de diferentes quantidades do hidrogel na cova de plantio, porém obtiveram resultado significativo e positivo com relação à diminuição da mortalidade das mudas. Os mesmos autores verificaram 24,3% de mortalidade no tratamento sem uso de hidrogel contra 2,7% no tratamento com aplicação de 0,8 litros da solução do polímero pré-hidratado (4 g de hidrogel dissolvidos em 5 L de água), com esta aplicação apresentando-se como melhor alternativa para a maior sobrevivência das mudas de *E. urophylla* no campo.

Tabela 3. Diâmetro ao nível do solo inicial (DNSi) e final (DNSf) dos indivíduos de *Guarea guidonia*, e seus respectivos incrementos e crescimento relativo em diâmetro (CRD), nos diferentes tratamentos.

Table 3. Initial diameter at the ground level (DNSi) and final (DNSf) of *Guarea guidonia* individuals, and their respective increases and relative diameter growth (CRD), in the different treatments.

	DNSi (cm)	DNSf (cm)	Incremento	CRD (%)
T1	12,7 ± 7,7 a	45,6 ± 35,1 a	32,9 ± 33,6 a	265,9 ± 61,9 a
T2	12,1 ± 6,3 a	36,1 ± 59,1 bc	24,9 ± 53,7 ab	217,7 ± 102,5 ab
T3	12,1 ± 7,8 a	41,7 ± 59,4 ab	29,6 ± 53,7 a	252,5 ± 101,6 a
Tc	12,3 ± 7,8 a	31,4 ± 50,9 c	19,1 ± 34,5 b	153,4 ± 52,1 b

Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste Duncan a 5% de significância. DNSi: diâmetro ao nível do solo inicial (no plantio); DNSf: diâmetro ao nível do solo final (após dois anos do plantio); T1: plantio das mudas com o uso de hidrogel na cova; T2: plantio das mudas com deposição de cobertura morta ao redor das mudas T3: plantio das mudas com uso de hidrogel na cova junto com a deposição de cobertura morta ao redor das mudas; e Tc: apenas o plantio das mudas.

Averages followed by the same letter in the column do not differ by Duncan test at 5% significance. DNSi: initial diameter at ground level (at planting); DNSf: final diameter at ground level (after two years of planting); T1: planting of seedlings with hydrogel in the pit; T2: planting of seedlings with mulch around the seedlings; T3: planting of seedlings with hydrogel together with deposition of mulch; TC: only planting of seedlings.

Mudas de *Pinus sylvestris* com um ano após plantio em campo, na Eslováquia, visando a restauração da área, apresentaram maior incremento em diâmetro quando o plantio foi realizado com aplicação de hidrogel (diâmetro 40% maior em relação ao plantio sem hidrogel) e maior taxa de sobrevivência (68% com hidrogel e 20% sem hidrogel) (Sarvaš et al., 2007).

Portanto, o uso de hidrogel no plantio de mudas florestais, principalmente em áreas sob déficit hídrico, como as áreas degradadas, pode possibilitar o aumento da sobrevivência e da biomassa de espécies florestais (Orikiriza et al., 2013), além de poder proporcionar maior incremento em diâmetro e maior crescimento em altura (Akhter et al., 2004; Wenjie et al., 2004). É importante salientar que as respostas de incremento em diâmetro e de crescimento em altura em função da utilização do hidrogel na operação de

plantio pode apresentar variações para cada tipo de espécie florestal. Assim, são necessárias mais pesquisas com outras espécies florestais e diferentes dosagens de hidrogel.

4. CONCLUSÃO

A utilização de hidrogel na cova de plantio com deposição de cobertura morta ao redor das mudas ou apenas a utilização do hidrogel, são métodos de potencialização da restauração florestal em regiões sujeitas a veranicos e déficit hídrico, como constatado neste estudo, que resultaram em maior taxa de sobrevivência e incremento em diâmetro e altura das mudas de *Guarea guidonia*.

REFERÊNCIAS

Akhter J, Mahmood K, Malik KA, Mardan A, Ahmad M, Iqbal MM. Effects of hydrogel amendment on water storage of sandy loam and loam soils and seedling growth of barley, wheat and chickpea. *Plant, Soil and Environment* 2004; 50(10): 463-469.

Athy ER, Keiffer CH, Stevens MH. Effects of Mulch on Seedlings and Soil on a Closed Landfill. *Restoration Ecology* 2006; 14(2): 233-241.

Brancalion PHS, Gandolfi, S, Rodrigues, RR. *Restauração Florestal*. São Paulo: Oficina de Textos; 2015.

Brancalion PHS, Rodrigues RR, Gandolfi S, Kageyama PY, Nave AG, Gandara, FB, Barbosa LM, Tabarelli M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore* 2010; 34(3): 455-470.

Buzetto FA, Bizon JMC, Seixas F. Avaliação de polímero adsorvente à base de acrilamida no fornecimento de água para mudas de *Eucalyptus urophylla* em pós-plantio. *Circular técnica IPEF*, n. 195, 2002.

Carneiro JGA. *Produção e controle de qualidade de mudas florestais*. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/FUPEF; Campos: Universidade Federal do Norte Fluminense; 1995.

Carvalho FA, Braga JMA, Nascimento MT. Estrutura da comunidade arbórea de fragmentos de Floresta Atlântica Ombrófila Submontana na região de Imbaú, município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia* 2009; 60(3): 695-710.

Chalker-Scott L. Impact of mulches on landscape plants and the environment - a review. *Journal of Environmental Horticulture* 2007; 25(4): 239-249.

Chirino E, Vilagrosa A, Vallejo VR. Using hydrogel and clay to improve the water status of seedlings for dryland restoration. *Plant Soil* 2011; 344:99-110.

Corrêa LS, Cardoso-Leite E, Castello ACD, Coelho S, Kortz AR, Villela FNJ et al. Estrutura, composição florística e caracterização sucessional em remanescente de Floresta Estacional Semidecidual no Sudeste do Brasil. *Revista Árvore* 2014; 38(5): 799-809.

Felippe D, Navroski MC, Sampietro JA, Frigotto T, Albuquerque JA, Mota CS et al. Efeito do hidrogel no crescimento de mudas de *Eucalyptus benthamii* submetidas a diferentes frequências de irrigação. *Floresta* 2016; 46(2): 215-225.

Gonzalez-Sousa E, Braud I, Thony JL, Vauclin M, Calvet JC. Heat and water exchanges of fallow land covered with a plan tresidue mulch layer: a modeling study using the three year MUREX data set. *Journal of Hydrology* 2001; 244:119-136.

Haywood JD, Tiarks AE, Sword MA. Fertilization, weed control, and pine litter influence loblolly pine stem productivity and root development. *New Forests* 1997; 14: 233-249.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Manual Técnico da Vegetação Brasileira*. 2nd ed. Manuais Técnicos em Geociências. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística; 2012.

Ivanauskas NM, Rodrigues RR, Nave AG. Fitossociologia de um remanescente de floresta estacional semidecidual em Itatinga-SP, para fins de restauração de áreas degradadas. *Revista Árvore* 2002; 26(1): 43-57.

Jardim Botânico do Rio de Janeiro – JBRJ. Re flora. *Lista de Espécies da Flora do Brasil*. Rio de Janeiro; 2016 [cited 2016 nov. 17]. Available from: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>

Martins SV. *Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração*. 4th ed. Viçosa: Aprenda Fácil; 2016.

Martins SV. *Recuperação de matas ciliares*. 3rd ed. Viçosa: Aprenda Fácil; 2014.

Navroski MC, Araújo MM, Pereira MO, Fior CS. Influência do polímero hidrorretentor nas características do substrato comercial para produção de mudas florestais. *Interciência* 2016; 41(5): 357-361.

Oliveira RR, Solórzano A, Sales GPS, Beauclair M, Scheel-Ybert R. Ecologia histórica de populações da carrapeta (*Guarea guidonia* (L.) Sleumer) em florestas de encosta do Rio de Janeiro. *Pesquisas, Botânica* 2013, (64):323-339.

Oliveira-Filho AT, Tameirão-Neto E, Carvalho WAC, Werneck M, Brina AE, Vidal CV et al. Análise florística do compartimento arbóreo de áreas de Floresta Atlântica *sensu lato* na região das Bacias do Leste (Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro). *Rodriguésia* 2005; 56(67): 185-235.

Oliveira-Neto SN, Martins SV, Leles PSS. Plantio de enriquecimento como estratégia de restauração de áreas alteradas. In: Leles PSS, Oliveira-Neto SN, organizadores. *Restauração florestal e a Bacia do Rio Guandu*. Seropédica, RJ: Editora da UFRRJ; 2015.

Orikiriza LJB, Agaba H, Eilu G, Kabasa JD, Worbes M, Hüttermann A. Effects of Hydrogels on Tree Seedling Performance in Temperate Soils before and after Water Stress. *Journal of Environmental Protection* 2013; 4: 713-721.

Pereira JS, Rodrigues SC. Crescimento de espécies arbóreas utilizadas na recuperação de área degradada. *Caminhos de Geografia* 2012; 13(41): 102-110.

Piñeiro J, Maestre FT, Bartolomé L, Valdecantos A. Ecotechnology as a tool for restoring degraded drylands: A meta-analysis of field experiments. *Ecological Engineering* 2013; 61: 133-144.

Sá Júnior A, Carvalho LG, Silva FF, Alves NC. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 2012; 108(1): 1-7.

Saad JCC, Lopes JLW, Santos TA. Manejo hídrico em viveiro e uso de hidrogel na sobrevivência pós-plantio de *Eucalyptus urograndis* em dois solos diferentes. *Engenharia Agrícola* 2009; 29(3): 404-411.

Sarvaš M, Pavlenda P, Takáčová E. Effect of hydrogel application on survival and growth of pine seedlings in reclamations. *Journal of Forest Science* 2007; 53(5): 204-209.

Scalon SPQ, Mussury RM, Euzébio VLM, Kodama FM, Kissmann C. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.). *Ciência Florestal* 2011; 21(4): 655-662.

Silva AF, Oliveira RV, Santos NRL, Paula A. Composição florística e grupos ecológicos das espécies de um trecho de Floresta semidecídua Submontana da Fazenda São Geraldo, Viçosa-MG. *Revista Árvore* 2003; 27(3): 311-319.

Silva LCR, Corrêa RS. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no Cerrado. *Revista Árvore* 2008; 32(4): 731-740.

Statsoft. *Statistica - Data analysis software system*. Version 10. Tulsa: Statsoft Inc.; 2011.

van der Pijl L. *Principles of dispersal in higher plants*. 3rd ed. Berlin and New York: Springer-Verlag; 1982.

Venturoli F, Venturoli S. Recuperação florestal em uma área degradada pela exploração de areia no Distrito Federal. *Ateliê Geográfico* 2011; 5(1): 183-195.

Viero PWM, Little KM. A comparison of different planting methods, including hydrogels, and their effect on eucalypt survival and initial growth in South Africa. *The Southern African Forestry Journal* 2006; 208(1): 5-13.

Wenjie L, Huancheng M, Jiao Z, Zhibin Z, Yunhao G. Effects of hydrogel on the growth of seedlings and their physiological properties under drought stress. *Arid Zone Research* 2004; 21(4): 353-357.

6. CONCLUSÕES GERAIS

A floresta em processo de restauração há cinco anos já apresenta sinais de restabelecimento de processos ecológicos importantes, como a formação de banco de sementes e a presença de indivíduos regenerantes que mostram a recuperação de sua resiliência.

A presença de um fragmento florestal preservado em estágio médio de sucessão, ao lado da área minerada em processo de restauração, tende a favorecer o seu enriquecimento natural com espécies arbustivo-arbóreas e de outras formas de vida, com aumento progressivo da interação entre ambas florestas.

O uso do hidrogel isoladamente ou em conjunto com cobertura morta (restos vegetais), favoreceu o crescimento das mudas de *Guarea guidonia*, podendo ser indicado para garantir maior sobrevivência em áreas degradadas de regiões em que ocorre déficit hídrico ou que estão sujeitas a veranicos.

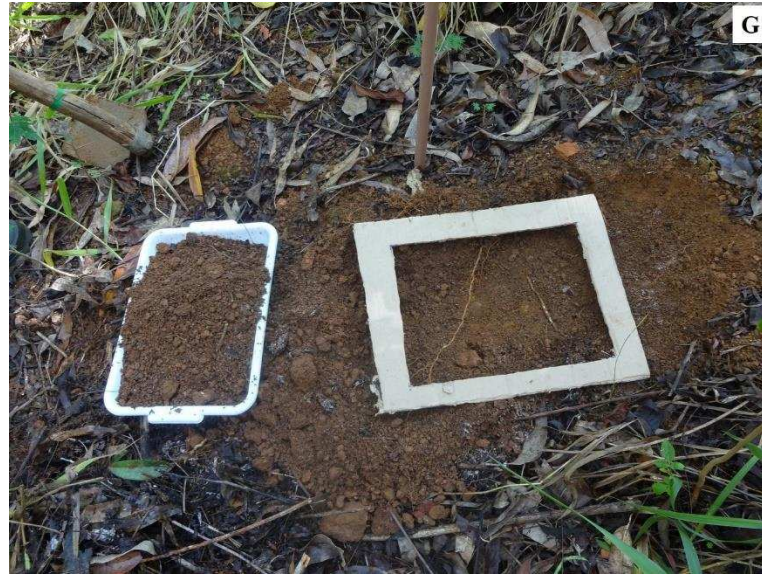
O monitoramento contínuo, através da aplicação de bioindicadores, desta e de outras áreas em processo de restauração pós-mineração de bauxita, é fundamental para garantir a sustentabilidade destas áreas. Através deste monitoramento é possível indicar ações de manejo ecológico como o plantio de enriquecimento e o controle de espécies exóticas invasoras, quando necessário.

As ações de restauração florestal adotadas têm possibilitado o retorno de processos ecológicos e de diversidade de espécies arbustivo-arbóreas nas áreas mineradas.

ANEXO



A e B – Imagem de satélite com destaque das áreas de estudo (Fonte: Google Earth, 2016);
C e D – Vista parcial da Floresta em processo de restauração (Floresta A1). Foto C:
Sebastião Venâncio Martins. Foto D: Kelly de Almeida Silva.



E e F – Vista parcial do interior do Ecossistema de referência (Floresta A2); G – Coleta do banco de sementes do solo; H e I – Banco de sementes das áreas de estudo (Floresta em processo de restauração – Floresta A1 e Ecossistema de referência – Floresta A2), em casa de sombra no viveiro do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, para avaliação das plântulas emergidas. Fotos: Kelly de Almeida Silva.



J – Coleta da serapilheira acumulada. K e L - Experimento com mudas da espécie *Guarea guidonia*, avaliando o uso de hidrogel (Figura K) e o uso de cobertura morta (Figura L); M e N – detalhe da área com o plantio das mudas de *Guarea guidonia*, momento logo após o plantio (Figura M) e dois anos após o plantio (Figura N). Fotos: Kelly de Almeida Silva.



O – Destaque da parcela com o uso do hidrogel (Tratamento 1); P – destaque da parcela sem o uso do hidrogel (Testemunha – Tc). Foto O: Sebastião Venâncio Martins. Foto P: Kelly de Almeida Silva.