



Regeneração natural da vegetação ciliar após 10 anos de restauração no rio Pandeiros, Norte de Minas Gerais

Natural regeneration of riparian vegetation ten years after restoration efforts in the Pandeiros river, Northern Minas Gerais

João Geraldo Ferreira Santos¹
Islaine Franciely Pinheiro de Azevedo²
João Carlos Gomes Figueiredo³
José Gustavo Santana Neves⁴
Ozorino Caldeira Cruz-Neto⁵
Rúbia Santos Fonseca⁶
Camila Silveira Souza⁷
Cristina Pereira de Jesus Veloso⁸
Yule Roberta Ferreira Nunes⁹

RESUMO

Objetivo: Avaliar o sucesso da restauração de trecho de floresta ciliar do rio Pandeiros (Januária, MG) após 10 anos de implantação. **Método:** Na área, foram implantados diferentes modelos de restauração, utilizando plantio de mudas, com e sem semeadura direta. Avaliou-se

¹Mestre em Biotecnologia. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros-MG-Brasil. joao geraldoferreirasantos@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0009-5510-5428>

²Doutora em Botânica. Universidade Federal de Viçosa (UFV). Docente do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros-MG-Brasil. islaine.azevedo@unimontes.br. <https://orcid.org/0000-0002-8078-6423>.

³Doutor em Biotecnologia. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros-MG-Brasil. jcfigueiredo16@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-6453-8684>.

⁴Mestrando do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros-MG-Brasil. gustsantn@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0008-1924-5397>.

⁵Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros-MG-Brasil. ozorinoneto@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-7875-6874>.

⁶Doutora em Botânica. Universidade Federal de Viçosa (UFV). Docente do Instituto de Ciências Agrárias. Herbário Norte Mineiro, Universidade Federal de Minas Gerais, Campos Regional de Montes Claros. Montes Claros-MG-Brasil. rubiafonseca@hotmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-7257-874X>.

⁷Doutora em Ecologia e Conservação. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). Docente do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada. Laboratório de Ecologia Vegetal, Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros-MG-Brasil souza.camila.bio@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-0856-9392>.

⁸Mestre em Botânica Aplicada. Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros-MG-Brasil. cristinadejesus555@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-3161-9522>.

⁹Doutora em Engenharia Florestal. Universidade Federal de Lavras (UFLA). Docente do Programa de Pós-graduação em Biotecnologia e do Programa de Pós-graduação em Botânica Aplicada. Laboratório de Ecologia Vegetal, Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES). Montes Claros-MG-Brasil. yule.nunes@unimontes.br. <https://orcid.org/0000-0003-3328-7506>.

Recebido em

24-06-2024

Aceito em

21-08-2024

Publicado em

05-10-2024

a regeneração natural em quatro áreas de 1 ha cada com o estabelecimento de parcelas. Nestas parcelas, foram amostrados os indivíduos e espécies lenhosas, categorizados (guildas de regeneração e dispersão) e coletadas amostras de serapilheira e solo (0-5 cm) para avaliação do banco de sementes do solo. **Resultados:** Nas parcelas, foram amostrados 60 indivíduos de sete famílias, 13 gêneros e 17 espécies, e das amostras do banco de sementes emergiram 3.297 plântulas, distribuídas em 29 espécies, 23 gêneros e 18 famílias. Verificou-se para a o estrato regenerante maior riqueza de espécies nas parcelas próximas a mata e para o banco de sementes maior riqueza no estrato solo, além de diferenças na composição de espécies tanto para as zonas, quanto para os estratos do banco de sementes. **Conclusão:** A regeneração está ocorrendo e é influenciada pela proximidade da fonte de colonização, mas o processo de restauração está lento e demonstra grande influência do distúrbio passado e atual na área.

Palavras-chave: Banco de Juvenis; Banco de Sementes; Herbáceas; Mata Ciliar; Restauração Ambiental.

ABSTRACT

Objective: To evaluate the success of the restoration of a riparian forest section of the Pandeiros River (Januária, MG) ten years after implementation. **Methodology:** Different restoration models were implemented in the area, using sapling planting with and without direct seeding. Natural regeneration was evaluated in four 1-hectare areas with the establishment of plots. In these plots, individual woody species were sampled and categorized (regeneration and dispersal guilds), and litter and soil samples (0-5 cm) were collected to evaluate the seed bank. **Results:** In the plots, 60 individuals from seven families, 13 genera and 17 species, and 3,297 seedlings emerged from the seed bank samples, distributed across 29 species, 23 genera and 18 families. Greater species richness was observed in the regeneration stratum in the plots near the forest, and for the seed bank, greater richness was found in the soil stratum. Differences in species composition were noted both between zones and between seed bank strata. **Conclusion:** Regeneration is occurring and is influenced by the proximity to the colonization source, but the restoration process is slow and shows significant influence from past and current disturbances in the area.

Key words: Seedling Bank; Seed Bank; Herbaceous Plants; Riparian Forest; Restoration Ecology.

INTRODUÇÃO

A vegetação ciliar é um ecossistema de fundamental importância para manutenção e qualidade dos recursos hídricos, além de evitar o assoreamento nas margens de rios e atua como fonte de alimento para fauna terrestre e aquática¹. Este ecossistema é considerado uma zona

ecotonal que conduz o fluxo de materiais e energia entre os ambientes². Portanto, o funcionamento dos ambientes ripários está intimamente ligado aos impactos ocorridos nesses ecossistemas, que determinam alterações nos processos ecológicos que moldam a vegetação ciliar^{3,4}.

Apesar da importância crucial da vegetação ciliar, a ocupação antrópica desordenada das margens dos rios resulta em degradação ambiental, incluindo alterações nos parâmetros químicos da água, aumento da temperatura e turbidez, entre outras mudanças⁵. Além disso, o emprego de máquinas agrícolas, defensivos, irrigação e criação de gado está diretamente ligado a essas perturbações, levando, entre outras consequências, à compactação e salinização do solo⁶. Da mesma forma, a introdução de espécies exóticas para formação de pastagem pode dificultar ou impedir o estabelecimento de espécies nativas importantes na cicatrização e sucessão da floresta, devido à alta capacidade de crescimento, reprodução e disseminação dessas espécies^{7,8,9}. As espécies exóticas têm vantagens competitivas sobre as nativas na vegetação, especialmente em relação às condições de luz e água¹⁰.

As vegetações ribeirinhas têm sido objeto de estudos para experimentos de restauração com a finalidade de restabelecer, não somente uma estrutura, mas todos os processos ecológicos envolvidos no ecossistema¹¹. Dos métodos aplicados para a restauração, a regeneração natural é o mais utilizado, por ser menos oneroso, especificamente em áreas com capacidade de rebrota e presença de um banco de sementes, além de remanescentes florestais¹². Por outro lado, técnicas eficientes podem aumentar o potencial de restauração dos ecossistemas degradados, influenciando a trajetória da sucessão natural do local¹³.

Estudos indicam que áreas de restauração com plantio de mudas nativas, adjacentes à mata ciliar, demonstram capacidade de regeneração natural em um curto período (10 anos) após a intervenção¹⁴. Embora os projetos sejam implementados, sua execução não garante automaticamente a restauração dos ambientes e lacunas significativas persistem no monitoramento dos indicadores de restauração ambiental¹⁵. No entanto, a restauração ecológica ainda apresenta desafios substanciais para os países tropicais e megadiversos¹⁶.

A avaliação do sucesso da restauração é crucial para direcionar recursos e mitigar a perda ambiental, onde a restauração desempenha um papel fundamental na transformação das condições ambientais locais, regionais e globais de um estado de degradação contínua para um

estado de melhoria líquida positiva, visando alcançar a máxima recuperação possível^{16,17}. A adoção de princípios e padrões claros e criteriosamente considerados que sustentam a restauração ecológica pode reduzir o risco de danos não intencionais aos ecossistemas e à biodiversidade nativa, além de auxiliar no desenvolvimento de projetos de alta qualidade¹⁷.

Nos projetos de restauração, a avaliação do sucesso deve ser conduzida através do monitoramento de indicadores ambientais, na qual a modelagem das trajetórias dos ecossistemas em restauração, com base em indicadores ecológicos robustos, é essencial para aprimorar a mensuração dos resultados e estimar a probabilidade de sucesso da compensação¹⁸. Essenciais para uma análise precisa do projeto, os indicadores devem avaliar a trajetória da reconstrução dos processos ecológicos¹⁹.

Além disso, o potencial de regeneração da área surge como um excelente indicador, refletindo a dinâmica da vegetação e, conseqüentemente, o restabelecimento de processos ecológicos vitais, como dispersão de sementes, composição do banco de sementes do solo, germinação e recrutamento^{20,21}. Esses elementos são fundamentais para o sucesso da restauração ecológica, pois promovem a recuperação sustentável do ecossistema e a sua resiliência a longo prazo²⁰.

O objetivo deste trabalho foi avaliar parâmetros relacionados à composição (riqueza, abundância e similaridade florística) e funcionamento (grupos sucessionais e guildas de dispersão) da regeneração natural, pela amostragem do estrato regenerante e do banco de sementes do solo de uma área após 10 anos de implantação de um experimento de restauração, na vegetação ciliar do rio Pandeiros, em Januária, MG. A influência da fonte de colonização, determinada pela proximidade da mata ciliar remanescente, e dos distúrbios, referentes a proximidade a área de pastagem, foram analisados em relação à resposta da regeneração natural. Assim, o monitoramento dos indicadores biológicos atuais pode avaliar o sucesso da restauração ou determinar novas abordagens para recuperação da área estudada.

MÉTODOS

Áreas do estudo

A área de estudo localiza-se na Área de Proteção Ambiental do Rio Pandeiros (APA Rio Pandeiros), especificamente dentro do Refúgio de Vida Silvestre do Rio Pandeiros (REVISE

Pandeiros). Esta APA integra toda a bacia hidrográfica do rio Pandeiros e possui uma área de 393.060,407 ha, inserida nos municípios de Cônego Marinho, Bonito de Minas e Januária, no Norte de Minas Gerais²² (Figura 1).

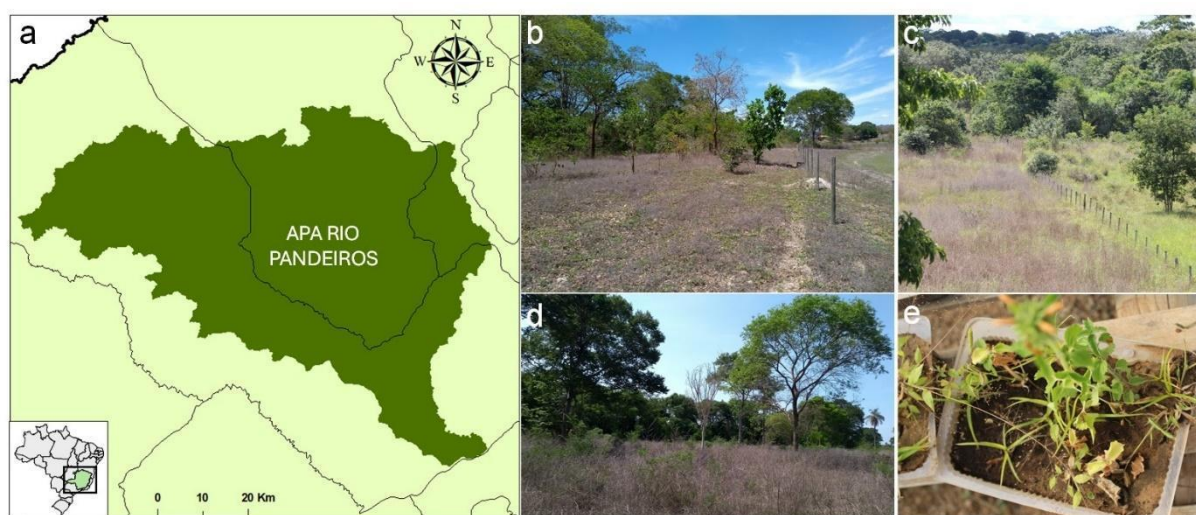


Figura 1. a) Localização da Área de Proteção Ambiental (APA) do rio Pandeiros no norte de Minas Gerais; e letras b até e mostram fotos das áreas de estudo e do experimento do banco de sementes.

Especificamente, este trabalho foi realizado na fazenda Traçadal, margem direita do rio Pandeiros, município de Januária. Na região de estudo, há ocorrência de várias fitofisionomias formando um mosaico de matas secas, cerrados, veredas e áreas úmidas²³. Os solos da região são Neossolos Regolítico Eutrófico, Neossolo Háplico Eutrófico, Latossolo Vermelho e Latossolo Gleissolo Háplico²⁴. O clima é tropical com inverno seco (Aw), de acordo com a classificação de Köppen, com períodos de seca e chuva bem definidos²⁵. A temperatura anual média varia entre 21 °C e 26 °C, e a precipitação anual média de 900 a 1200 mm²⁶.

Histórico de intervenções na área

Diferentes modelos de restauração foram implantados na área de estudo, entre dezembro de 2009 e janeiro de 2010. Ao total, foram estabelecidas oito parcelas de 1 ha cada, de 50 m de largura, perpendiculares ao rio, e 200 m de comprimento, paralelas ao rio²⁷. Cada parcela foi

demarcada e o tratamento da área foi feito por meio de gradagem (para controle de *Brachiaria* spp.), com um trator, e aplicado 500 kg de esterco de galinha, manualmente, por área. Estes modelos foram baseados em plantio em linhas, com técnicas de semeadura direta e plantio de mudas, em diferentes espaçamentos. Assim, os tratamentos consistiram em plantio de mudas em duas distâncias entre linhas (2 e 4 m), com presença ou ausência de semeadura direta²⁷.

Amostragem da regeneração natural

Após 10 anos de implantação dos modelos de restauração, quatro parcelas de 1 ha foram selecionadas para este estudo, que incluíram diferentes modelos de restauração. Os modelos não foram tratados neste estudo pela limitação de réplicas. Entretanto, os dados coletados foram testados a priori para verificar a influência dos tratamentos diferentes entre as parcelas, em relação aos indicadores da regeneração natural. Não foram observadas diferenças entre as parcelas, tanto para o estrato regenerante ($p > 0,05$), quanto para o banco de sementes do solo ($p > 0,05$).

Para avaliação do sucesso de restauração, dentro de cada uma das 4 parcelas, foram alocadas 12 parcelas de 2 m × 2 m (4 m²), dispostas em duas linhas paralelas ao curso d'água, sendo seis parcelas a 5 m de distância da borda da mata ciliar remanescente, considerada como parcelas da zona mata; e seis parcelas a 5 m de distância da borda da área de pasto, consideradas como parcelas da zona pasto, totalizando 48 parcelas de 4 m². Todos os indivíduos lenhosos dentro destas parcelas foram amostrados e identificados.

Para avaliar o banco de sementes do solo foram coletadas amostras de solo e serapilheira nas parcelas de 4 m². Com auxílio de um gabarito de madeira, nas dimensões 30 cm × 30 cm, foram coletadas uma amostra de serapilheira superficial (folheto; 0,09 m² cada amostra) e uma amostra de solo na profundidade de 0-5 cm (0,045 m³ cada amostra), em dois pontos centrais de cada uma das parcelas. As amostras de serapilheira e de solo foram acondicionadas separadamente em sacos plásticos, devidamente identificados, e transportados para o Laboratório de Ecologia Vegetal, no campus da Universidade Estadual de Montes Claros, em Montes Claros/MG.

Cada amostra composta de serapilheira e de solos foi alocada em uma bandeja plástica, com dimensões de 22 cm × 12 cm × 8 cm, sendo ainda as amostras de serapilheira dispostas

sobre areia esterilizada em autoclave. As amostras foram distribuídas em casa de vegetação, nas dimensões 11 m × 6 m × 2 m (altura), em condições de luz direta, coberta por tela de polietileno de cor branca, no teto e laterais, e plástico somente no teto. A casa de vegetação teve o piso coberto por brita e tela sombrite para evitar a emergência de plântulas próprias do local de instalação do experimento. O experimento foi acompanhado semanalmente, durante o período de 12 semanas, com duas regas diárias. Para avaliação, utilizou-se o método de germinação de Brown²⁸, contabilizando a emergência de plântulas. Os indivíduos que emergiram foram morfotipados e identificados.

O tratamento do material botânico foi feito segundo as técnicas tradicionais de herborização e depositado no Herbário Montes Claros (MCMG), da Universidade Estadual de Montes Claros, e no Herbário Norte Mineiro (HNM), da Universidade Federal de Minas Gerais. Para a classificação das espécies em famílias foi utilizado o sistema *Angiosperm Phylogeny Group IV*²⁹ e as espécies identificadas foram validadas pela plataforma REFLORA³⁰.

Caracterização do solo da área de estudo

Para verificar a influência do ambiente físico na resposta da regeneração natural, em cada parcela de 1 ha foram obtidas duas amostras simples de solo, sendo uma da zona mata e uma da zona pasto. Foram coletadas amostras de 500 g em solo superficial (0-5,0 cm) e embalado em sacos plásticos, rotulados e encaminhados para o Laboratório de Solos da Universidade Federal de Minas Gerais. Foram feitas análises químicas e texturais padrão, seguindo o protocolo da EMBRAPA³¹.

Indicadores ambientais e análise de dados

Como indicadores do potencial de regeneração natural foram avaliados a riqueza, abundância e composição do estrato regenerante e do banco de sementes do solo. Para o banco de sementes, o estrato serapilheira e solo foram analisados separadamente. Para determinar diferenças entre riqueza e abundância entre as zonas (mata e pasto) os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA), em procedimento GLM (Modelo Linear Generalizado), com teste F³². As análises foram realizadas no software R 3.5.1³³.

Foi avaliada a composição de espécies do estrato regenerante e do banco de sementes, entre as zonas mata e pasto, por meio da ordenação NMDS (Non-Metric Multidimensional Scaling), utilizando-se o índice de similaridade de Sorensen, calculado a partir de matrizes de presença/ausência de espécies, no programa PCORD-Windows, versão 6.0³⁴. Foi feita análise de contribuição das espécies (SIMPER), para determinar quais espécies mais contribuem para a formação de grupos, realizada no software PAST, versão 3.20³⁵.

Como indicadores do funcionamento do ambiente em restauração, as espécies amostradas foram classificadas em categoria sucessionais, em pioneiras e não pioneiras³⁶; e em guildas de dispersão, em anemocóricas, zoocóricas e autocóricas³⁷. A classificação das espécies foi feita através de literatura especializada³⁸ e conhecimento dos autores.

RESULTADOS

Estrato regenerante

Foram identificados 60 indivíduos lenhosos pertencentes a oito famílias botânicas, 13 gêneros, 17 espécies, sendo três espécies identificadas a nível de família. Do total, 61,7% dos indivíduos foram amostrados nas parcelas próximas à mata e 38,3% em parcelas próximas ao pasto.

Tabela 1. Espécies amostradas no estrato regenerante de uma área após 10 anos de implantação de modelos de restauração da vegetação ciliar do rio Pandeiros, Januária-MG. Número de indivíduos amostrados, zona de amostragem, categoria sucessional (CS) e síndrome de dispersão (SD). ZM = mata; ZP = pasto; PI = pioneira; NP= não pioneira; Ane = anemocórica; Aut = autocórica; Zoo = zoocórica; e IND= indefinido.

FAMILIA/ESPÉCIE	ZM	ZP	CS	SD
Anacardiaceae				
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	1		NP	ANE
<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	1	1	NP	ANE
Bignoniaceae				
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Chamm.) Mattos	1		NP	ANE
<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	1		PI	ANE

<i>Tanaecium dichotomum</i> (Jacq.) Kaehler & L.G.Lohmann	3	9	IND	IND
Cannabaceae				
<i>Celtis iguanaea</i> (Jacq.) Sarg.	1		PI	ZOO
Fabaceae				
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	1	1	NP	ANE
<i>Bauhinia</i> sp.	1		PI	AUT
<i>Chloroleucon tortum</i> (Mart.) Pittier	5	8	PI	AUT
<i>Hymenaea courbaril</i> L.	7	3	NP	ZOO
<i>Hymenaea stignocarpa</i> Mart. Ex Hayne	7		NP	ZOO
<i>Schnella</i> cf. <i>outimouta</i> (Aubl.) Wunderlin	2		PI	AUT
Não identificada	1		IND	IND
Malpighiaceae				
Não identificada	1		IND	IND
Myrtaceae				
Não identificada	1		IND	IND
Rhamnaceae				
<i>Zizyphus joazeiro</i> Mart.	1	2	NP	ZOO
Rubiaceae				
<i>Genipa americana</i> L.	1		NP	ZOO

As famílias com maior abundância e riqueza foram Fabaceae, com 36 indivíduos (60,0%), distribuídos em sete espécies (35,0%), e Bignoniaceae, com 14 indivíduos (23,3%) e três espécies (23,53%). Quanto à categoria sucessional, cinco (29,4%) são pioneiras e oito (47,0%) não pioneiras, com quatro espécies (23,5%) não determinadas. No que se refere à síndrome de dispersão, cinco espécies (29,4%) são anemocóricas, cinco zoocóricas (29,4%) e três autocóricas (17,7%). As demais espécies não foram determinadas quanto à dispersão, representando 23,5% do total amostrado (Tabela 1).

A riqueza de espécies variou entre as zonas ($gl = 1$; $F=8,319$; $p < 0,01$), com ocorrência de 17 espécies na zona mata e cinco espécies na zona pasto (Figura 2a). Por outro lado, não houve diferença de abundância entre as zonas ($p > 0,05$; Figura 2b). A composição de espécies do estrato regenerante não variou entre as zonas ($p > 0,05$).

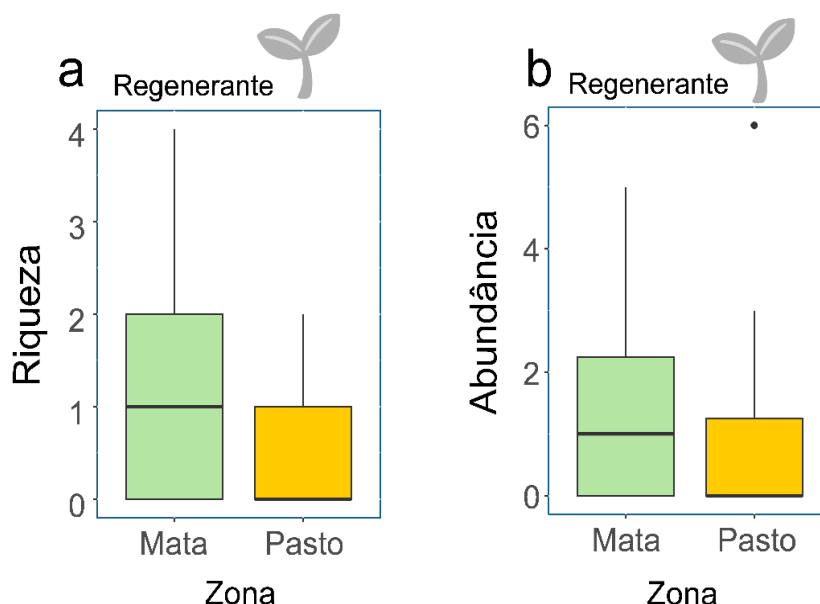


Figura 2. a) Riqueza média e b) abundância amostrada no estrato regenerante em duas zonas (mata e pasto) em uma área de vegetação ciliar do Rio Pandeiros (Januária, MG), após 10 anos de implantação de modelos de restauração.

Banco de sementes do solo

Do total, emergiram 3297 plântulas, distribuídas em 17 espécies, 17 gêneros, 15 famílias e sete morfotipos (Tabela 2). As famílias mais representativas, com maior riqueza, foram Poaceae, com quatro morfotipos e 232 indivíduos, e Asteraceae, com três espécies e 1059 indivíduos.

Tabela 2. Espécies amostradas no banco de sementes do solo de uma área após 10 anos de implantação de modelos de restauração da vegetação ciliar do rio Pandeiros, Januária-MG. Número de indivíduos amostrados nas zonas mata (ZM) e pasto (ZP), nos estratos serapilheira (SE) e solo (SO) e síndromes de dispersão (SD). Ane = anemocórica; Aut = autocórica; Zoo = zoocórica; e IND = indefinido.

FAMILIA/ESPÉCIE	ZM		ZP		SD
	SE	SO	SE	SO	
Amaranthaceae					
<i>Alternanthera tenella</i> Colla	-	-	10	1	AUT
<i>Amaranthus</i> sp.	1	-	-	4	AUT

Asteraceae					
<i>Bidens</i> sp.	-	-	1	2	ZOO
<i>Blainvillea acmella</i> (L.) Philipson	287	192	379	19 7	AUT
<i>Senecio brasiliensis</i> (Spreng.) Less	-	-	1		ANE
Cleomaceae					
<i>Tarenaya aculeata</i> (L.) Soares Neto & Roalson	-	5	3	20	AUT
Commelinaceae					
<i>Commelina</i> sp.	6	34	3	20	AUT
Convolvulaceae					
Não identificada 1	8	37	2	13	IND
Não identificada 2	1	1		2	IND
Cyperaceae					
<i>Cyperus</i> sp.	70	414	68	41 1	AUT
Euphorbiaceae					
<i>Croton</i> sp.	-	30	-	-	ZOO
Não identificada	-	-	1	1	IND
Fabaceae					
<i>Arachis</i> sp.	-	3	-	4	AUT
Heliotropiaceae					
<i>Euploca procumbens</i> (Mill.) Dianne & Hilger	50	25	18	56	AUT
Lamiaceae					
<i>Mesosphaerum suaveolens</i> (L.) Kuntze	47	20	174	59	AUT
Molluginaceae					
<i>Mollugo verticillata</i> L.	-	7	4	1	AUT
Oxalidaceae					
<i>Oxalis</i> sp.	21	8	24	23	AUT
Phyllanthaceae					
<i>Phyllanthus niruri</i> L.	3	8	1	4	ZOO
Poaceae					
Não identificada 1	14	38	40	25	IND
Não identificada 2	33	74	21	28	IND
Não identificada 3	-	8	-	-	IND
Não identificada 4	-	1	-	7	IND
Portulacaceae					
<i>Portulaca oleraceae</i> L.	-	4	-	2	AUT
Rubiaceae					
<i>Richardia grandiflora</i> (Cham. & Schtdl.) Steud.	62	24	106	25	ZOO

As espécies mais abundantes do banco foram *Blainvillea acmella*, com 1055 indivíduos, *Cyperus* sp., com 963, *Mesosphaerum suaveolens*, com 300, e *Richardia grandiflora*, com 217 indivíduos. Na zona mata, emergiram 1536 indivíduos de 14 espécies e seis morfotipos,

enquanto na zona pasto, foram 1761 indivíduos de 15 espécies e seis morfotipos. Emergiram 1.838 plântulas distribuídas em 16 espécies e sete morfotipos no estrato solo e 1459 plântulas no estrato serapilheira, distribuídas em 14 espécies e cinco morfoespécies.

Foram observadas diferenças na riqueza ($gl = 1$; $F = 6,316$; $p > 0,05$) de espécies que emergiram entre os estratos solo e serapilheira (Figura 3a). Entretanto, não houve variação para abundância ($gl = 1$; $F = -1,675$; $p > 0,05$) entre os estratos (Fig. 3b). Do mesmo modo, a riqueza ($gl = 1$; $F = 0,8767$; $p > 0,05$) e abundância ($gl = 1$; $F = 0,5839$; $p > 0,05$) do banco de sementes não variaram entre as zonas mata e pasto.

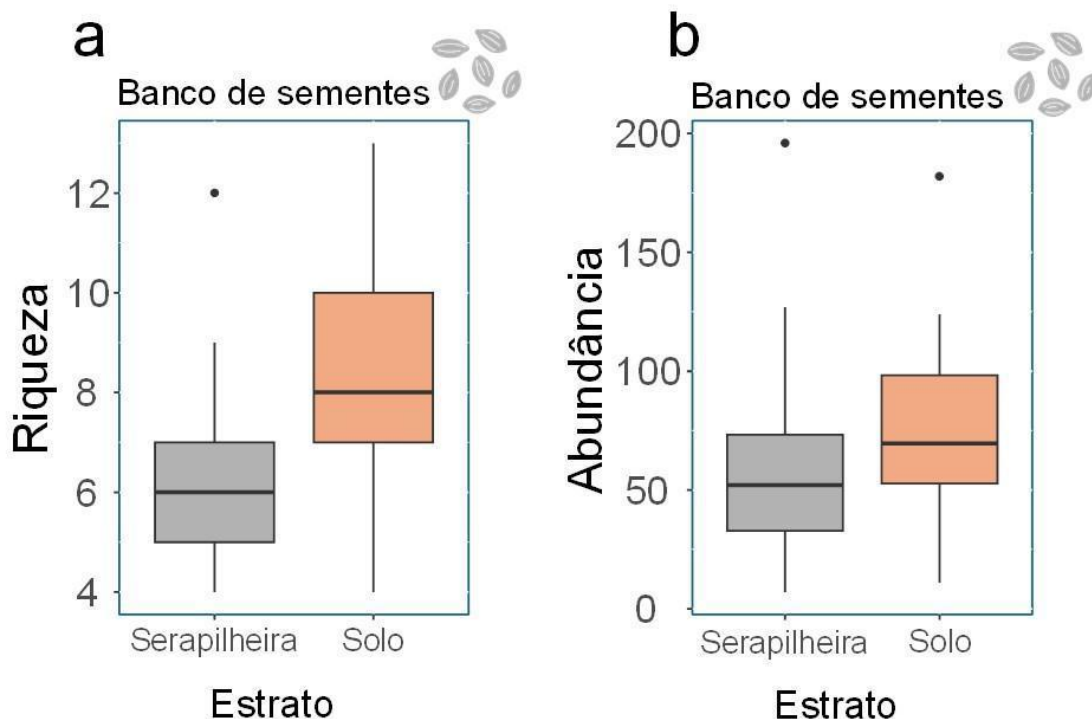


Figura 3. a) Riqueza média e abundância b) de indivíduos que emergiram do banco de sementes do solo em dois estratos (solo e serapilheira), de uma área após 10 anos de implantação de modelos de restauração de vegetação ciliar do rio Pandeiros, Januária-MG.

A composição de espécies também variou entre os estratos e as zonas ($p < 0,01$; Figura 4). As espécies que mais contribuíram para a formação de grupos foram: *Blainvillea acmella* (34,1%), *Cyperus* sp. (15,7%), *Euploca procumbens* (11,0%), *Mesosphaerum suaveolens*

(9,5%) e *Mollugo verticillata* (9,0%). A análise SIMPER demonstrou que as famílias mais representativas foram Boraginaceae (26,6%), Cyperaceae (19,7%) e Asteraceae (19,5%). As espécies que mais contribuíram para a formação de grupos nos diferentes estratos foram: *E. procumbens* (26,6%), *Cyperus* sp., *B. acmella* (18,1%) e *M. suaveolens* (7,3%). As espécies que ocorreram exclusivamente no estrato solo foram *Arachis* sp., *Croton* sp., *Portulaca oleraceae* e as morfoespécies Poaceae sp.3 e Poaceae sp.4. Enquanto, *Senecio brasiliensis* foi a única espécie exclusiva do estrato serapilheira. Todas as espécies que emergiram do banco de sementes são herbáceas.

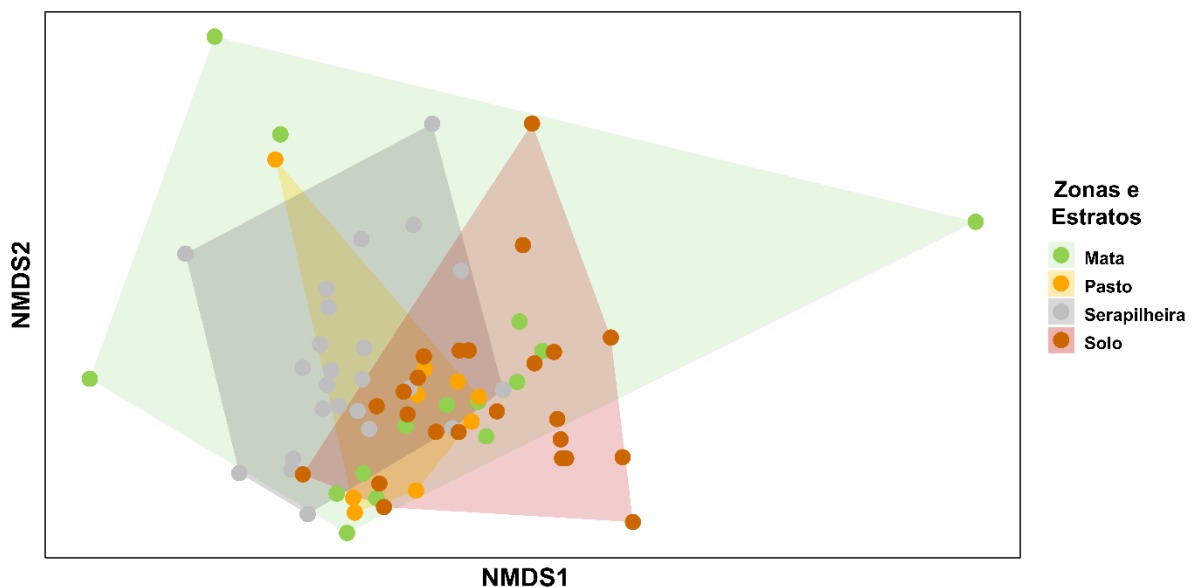


Figura 4: Diagrama de escala multidimensional não paramétrica (NMDS) da abundância das espécies do banco de sementes entre zonas e estratos de uma área após 10 anos de implantação de modelos de restauração de vegetação ciliar do rio Pandeiros, Januária-MG.

Atributos do solo entre as zonas

As variáveis de solo mostram diferenças numéricas expressivas para P Mehlich (mg dm^{-3}) e K (mg dm^{-3}), sendo a zona pasto com maiores valores. A maioria das variáveis mostra números bem similares entre os transectos, com percentuais um pouco maiores na zona pasto em relação à mata. Os valores de Al (cmolc dm^{-3}) e H + Al (cmolc dm^{-3}) não foram detectados pela análise, por serem muito baixos (Tabela 3).

Tabela 3. Comparação das propriedades do solo entre dois transectos mata e pasto de um trecho da vegetação ciliar do Rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. pH = pH em água; K = teores de potássio; P = fósforo; Ca = cálcio; Mg = magnésio; Al = alumínio; H+Al = hidrogênio + alumínio; SB = soma de bases; V = saturação por bases; t = capacidade de troca catiônica efetiva; m = saturação por alumínio; e T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0.

Atributos do solo	Mata	Pasto
pH em água	6,2	6,3
P Mehlich (mg dm ⁻³)	8,7	31,2
K (mg dm ⁻³)	38,0	69,8
Ca (cmolc dm ⁻³)	3,9	4,7
Mg (cmolc dm ⁻³)	1,6	2,0
Al (cmolc dm ⁻³)	-	-
H + Al (cmolc dm ⁻³)	1,6	1,5
SB (cmolc dm ⁻³)	4,9	6,8
t (cmolc dm ⁻³)	5,6	6,8
m (%)	-	-
T (cmolc dm ⁻³)	7,2	8,3
V (%)	78,0	82,0
Matéria Orgânica (dag Kg ⁻¹)	3,0	3,5
Carbono Orgânico (dag kg ⁻¹)	1,8	2,0
Areia grossa (dag kg ⁻¹)	17,4	14,3
Areia fina (dag kg ⁻¹)	68,5	70,2
Silte (dag kg ⁻¹)	4,5	3,5
Argila (dag-1)	10,0	10,0

DISCUSSÃO

Os indicadores ecológicos desempenham um papel fundamental no monitoramento, avaliação e gestão, sendo o recrutamento de plântulas um dos indicadores empregados para avaliar o êxito da restauração ecológica³⁹. Os resultados do presente estudo indicam que a regeneração natural está ocorrendo, mas o número de indivíduos (3.125 indivíduos ha⁻¹) e riqueza de espécies (17 espécies) é baixo para uma área que passou por intervenção com plantio de mudas e semeadura direta há 10 anos. Estudo realizado em uma área próxima, no Balneário do rio Pandeiros, observou densidade de indivíduos lenhosos no estrato regenerante de 5.120 indivíduos ha⁻¹ e riqueza de 108 espécies⁴⁰. Do mesmo modo, foram amostradas 230 espécies

no estrato regenerante em sete áreas de amostragem da vegetação ciliar do rio Pandeiros⁴¹. Assim, na vegetação remanescente natural, a densidade do estrato regenerante e sua riqueza foi superior ao observado no presente estudo. Áreas em processo sucessional tendem a apresentar alta densidade de regenerantes, sobretudo por estarem geralmente expostas à luz; além disso, a riqueza é um indicador de sucesso de restauração⁴², mostrando o baixo sucesso da regeneração na área estudada.

A riqueza de espécies no estrato regenerante foi maior nas parcelas próximas ao remanescente de vegetação ciliar. A fonte de propágulos desempenha um papel crucial no potencial de restauração das áreas, pois o sucesso da restauração depende do estabelecimento, sobrevivência e reprodução desses propágulos, além de sua contribuição para o funcionamento do ecossistema e persistência a longo prazo⁴³. No entanto, a presença de gado e o manejo do pasto representam pressões que podem comprometer o sucesso desses esforços de restauração^{44,45}. Em ambos os transectos a gramínea *Brachiaria* sp. exerceu uma influência significativa, o qual pode ser o principal empecilho à regeneração natural, impedindo o desenvolvimento das espécies plantadas e semeadas na área durante a implantação dos modelos de restauração. A intensa competitividade das gramíneas tem um efeito adverso sobre o crescimento das mudas, resultando em uma redução geral na sobrevivência das plântulas^{46,47} neste projeto. Em um trabalho de restauração realizado na área de empréstimo do reservatório de água em Juramento, norte de Minas Gerais, Nunes *et al.*⁴⁸ verificaram padrão não satisfatório no desenvolvimento de mudas plantadas consorciadas com o capim *Brachiaria* sp., indicando baixa sobrevivência e crescimento das mudas na presença do capim.

Das espécies identificadas no estrato regenerante, oito não se encontram na lista de espécies plantadas ou semeadas na área⁴⁹. Estes dados mostram que a regeneração está ocorrendo, com a chegada de espécies naturalmente. Por outro lado, muitas espécies (33 no total) que foram implantadas no experimento⁴⁹, não foram amostradas neste estudo. As espécies amostradas após 10 anos do projeto de restauração, representam as características ecotonal da região, com ocorrência de espécies típicas das formações de mata seca, como *Astronium fraxinifolium*, *A. urundeuva*, *Handroanthus ochraceus* e *Zizyphus joazeiro*, de cerrado, como *Hymenaea stignocarpa* e *Zeyheria tuberculosa*, e de mata ciliar, como *H. courbaril* e *Genipa americana*⁵⁰. A característica ecotonal da vegetação ciliar do rio Pandeiros foi evidenciada em

vários estudos^{24,27,40,41,49} que determinam a grande diversidade da flora local. Entretanto, das 10 espécies mais abundantes no Balneário do Rio Pandeiros, distante aproximadamente 5 km da área de estudo, somente *Astronium fraxinifolium* foi amostrada, o que demonstra alguma interferência para o estabelecimento de propágulos da fonte colonizadora.

Apesar da baixa riqueza encontrada no estrato regenerante, a maioria das espécies pertence à família Fabaceae. Essa família é a família mais representativa e diversa na região, comprovado em vários estudos da flora^{24,27,40,41,49} e em vegetações ciliares próximas^{51,52}. Das espécies de Fabaceae regenerantes, destacam-se *Hymenaea courbaril* e *H. stignocarpa*, que possuem dispersão zoocórica. Do mesmo modo, *Celtis iguanaea*, *Genipa americana* e *Zizyphus joazeiro*, representaram esta guilda de dispersão no estrato regenerante. Esses achados corroboram com a observação de uma alta proporção de espécies zoocóricas em matas ciliares⁵³ evidenciando a importância dessas espécies na restauração ambiental e nos processos ecológicos da vegetação ciliar, como observado também nas espécies mais representativas da vegetação ciliar do rio Pandeiros⁵⁴. Assim, a relevância dessa guilda para a restauração do ambiente é extrema, pois facilita o aumento das interações ecológicas, atraindo a fauna responsável pelo incremento na chuva de sementes, e as funções ecológicas proporcionadas pelos animais, como a dispersão de sementes, são cruciais para a regeneração florestal e a resiliência das espécies^{53,55}. Entretanto, do grupo de espécies regenerantes, houve certa equidade na proporção de espécies das diferentes guildas. Essa variedade é importante, pois as espécies anemocóricas têm sua frutificação no período seco, enquanto as zoocóricas e autocóricas frutificam no período seco e no chuvoso⁵⁴. Isto é importante nos processos de regeneração natural, pois é de se esperar a dispersão de sementes durante todo o ano, promovendo maior eficácia na sucessão.

O número de espécies identificadas no estrato regenerante foi representado, em sua maioria, por espécies não pioneiras. Nas florestas tropicais, a riqueza de espécies pioneiras é menor que as outras categorias sucessionais⁵⁶, mas respondem com grande número de indivíduos após uma perturbação⁵⁷. Entretanto, o número de indivíduos foi baixo para ambas as categorias sucessionais. Outro fator importante é a presença de espécies de liana, como *Tanaecium dichotomum* e *Schnella* cf. *outimouta*, que participam do estrato regenerante. A presença de diferentes formas de vida é um indicador do processo de restauração⁵⁸.

A riqueza total do banco de sementes encontrada neste estudo (17 espécies e sete morfotipos) está dentro do intervalo citado⁵⁹, que relata valores entre oito e 67 espécies, para áreas de florestas tropicais que sofreram perturbações antrópicas. Porém, Nóbrega *et al.*⁶⁰ encontraram 37 espécies em uma área de várzea do rio Mogi, no sudeste brasileiro, mas Pereira *et al.*⁶¹ amostraram somente 10 espécies no geral, em área ciliar de nascente na bacia do rio Capivari, em Minas Gerais. Este estudo, ao revelar a predominância das famílias Poaceae e Asteraceae no banco de sementes do solo, apresenta resultados semelhantes aos de Santos *et al.*⁶², indicando uma tendência comum na composição desses bancos e destacando a adaptabilidade e resiliência dessas famílias botânicas em diversos ambientes. Apesar da maior riqueza das Poaceae, as Asteraceae apresentaram grande número de indivíduos recrutados, do mesmo modo que as Cyperaceae. As espécies *Blainvillea acmella* e *Cyperus* sp. representaram a maioria dos indivíduos recrutados do banco de sementes nas duas zonas. Além disso, a maioria das espécies emergiu das amostras de ambas as zonas e ocorreram simultaneamente nos estratos solo e serapilheira. Este fato evidencia que os propágulos, da maioria das espécies amostradas, compõem o banco de sementes do solo da área, tanto em relação às zonas, como os estratos. Entretanto, no presente estudo, as diferenças observadas da abundância das diferentes espécies determinaram agrupamentos, mas não excludentes entre eles.

A ausência de espécies lenhosas no banco de sementes do solo indica um baixo potencial de regeneração na área, em relação à formação florestal típica da vegetação ciliar local. Aliado a este fato, o manejo de pastagem e gado, promovendo, dentre outras perturbações, a compactação do solo, impedindo a instalação de propágulos e sementes no solo, pode ser um importante motivo à lenta regeneração na área de estudo. Apesar do banco de sementes ser composto na maioria de espécies herbáceas e pioneiras, muitas espécies arbustivas-arbóreas pioneiras formam banco de sementes, como *Baccharis pingraea* DC.⁶³, *Vernonanthura polyanthes* (Sprengel) Vega & Dematteis⁶⁴ e *Cecropia pachystachya* Trécul⁶³, entre outras, ocorrem na vegetação ciliar do rio Pandeiros⁶⁵, mas não foram amostradas neste estudo.

Recuperar as condições ambientais anteriores à perturbação e impedir o crescimento das gramíneas são os dois fatores mais limitantes para a restauração de áreas abandonadas, sobretudo aquelas que foram pastos; no recrutamento de plântulas, a competição por recursos com gramíneas de pastagens ocupa uma posição central na retomada da regeneração natural⁶⁶.

A infestação do capim invasor, um fator limitante para a regeneração das espécies arbóreas, mostra que existe um processo de estagnação sucessional, uma vez que as gramíneas em geral, consideradas entre os organismos invasores mais eficientes, possuem grande capacidade de colonizar áreas abertas e competir com espécies locais⁶⁷.

Entre os fatores que exercem influência sobre a vegetação, o solo destaca-se como um dos principais contribuintes para a distribuição e diversidade da flora, onde ele desempenha papéis cruciais na composição das espécies que compõem as comunidades de plantas na vegetação^{68,69}. A análise dos teores dos componentes do solo entre as zonas indica similaridade nos valores da maioria dos indicadores, mas os números são ligeiramente maiores na zona pasto para quase todos os parâmetros.

Do mesmo modo, a zona pasto apresentou valores bem elevados de fósforo e potássio, de duas a três vezes maiores que a zona mata. Além disso, comparando os dados deste estudo, com os dados de Veloso et al.²⁴, dos atributos de solo da vegetação ciliar no Balneário do rio Pandeiros (próximo à área de estudo), a maioria dos valores foram maiores na área de estudo. Alguns parâmetros, como a textura do solo e sua profundidade, estão diretamente relacionados à vegetação, pois o solo desempenha um papel fundamental na formação e heterogeneidade dos habitats. Esses aspectos podem influenciar as características estruturais da vegetação e a diversidade de plantas⁷⁰.

Assim, a influência do distúrbio passado e presente na área, com manejo da área para formação de pasto, que inclui a correção do solo e incorporação de químicos⁷¹, provavelmente mudam as propriedades naturais do solo. Sendo assim fertilidade do solo e suas características físicas desempenham um papel importante como filtro ambiental e podem ser fatores limitantes para a riqueza de espécies⁶⁹.

Os nutrientes presentes no solo influenciam diretamente a composição nas comunidades vegetais, o que é crucial para o crescimento e reprodução das plantas^{72,73}. Estudos anteriores observaram que a composição das espécies é muito afetada pelos nutrientes do solo, tendo em vista que a disponibilidade de nutrientes afeta a competição entre as plantas e pode determinar quais espécies serão capazes de prosperar em determinado ambiente⁷².

Contudo, a influência dos nutrientes do solo na distribuição das espécies em cada comunidade requer análises mais aprofundadas considerando os mecanismos que influenciam

as mudanças na composição e diversidade de espécies em comunidades de plantas⁶⁹. Pouco se sabe sobre as respostas das espécies nativas as variações das características e propriedades do solo, mas os dados obtidos podem indicar limitações ao estabelecimento das espécies nativas e promoverem a manutenção das gramíneas exóticas plantadas.

CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho evidenciam que a regeneração natural está ocorrendo, sobretudo pela fonte de colonização dos remanescentes existentes. Entretanto, a baixa densidade e riqueza do estrato regenerante e a presença exclusiva de espécies herbáceas no banco de sementes do solo, mostram baixo potencial de regeneração natural na área após 10 anos de implantação de modelos de restauração, com plantio de mudas e semeadura direta. Este fato, atrelado a alta cobertura de *Brachiaria* sp. na área e diferenças observadas nos atributos do solo, sugere que a competição com as gramíneas exóticas tem impedido a regeneração natural.

As plantas exóticas que se tornaram invasoras do cerrado são justamente algumas espécies de gramíneas de origem africana - especialmente *Melinis minutiflora* (capim gordura), *Hyparrhenia rufa* (capim jaraguá), *Panicum maximum* (capim colônia) e *Brachiaria* spp. (braquiárias), introduzidas principalmente como forrageiras para a criação de gado bovino⁷⁴. Essas espécies competem por recursos com as espécies nativas, que muitas vezes não conseguem se estabelecer nas comunidades afetando o equilíbrio e a biodiversidade local.

Por fim, como opções e recomendações para restauração mais efetiva na área de estudo, destaca-se o enriquecimento do solo e algumas técnicas de manejo, como controle de plantas competidoras e adensamento ou enriquecimento da vegetação, para que de fato ocorra um maior sucesso no estabelecimento e recuperação efetiva da vegetação.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro; ao

Instituto Estadual de Florestas (IEF) e à Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), pelo apoio logístico; e aos estagiários do Laboratório de Ecologia Vegetal da Unimontes, pelo auxílio na coleta de dados no campo. Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado do primeiro autor, vinculado ao Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da Unimontes.

REFERÊNCIAS

1. CARMO, Elaine Carmo; BONETTO, Nelson Cesar Fernando. Implantação de matas ciliares para recuperação e reabilitação de recursos hídricos. *Revista Acadêmica Oswaldo Cruz*, São Paulo, v. 3, n. 9, 2016.
2. DUFOUR, Simon; RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, Patricia Maria; LASLIER, Marianne. Tracing the scientific trajectory of riparian vegetation studies: Main topics, approaches and needs in a globally changing world. *Science of The Total Environment*, v. 653, p. 1168–1185, 2019.
3. MACFARLANE, William Wallace; *et al.* Riparian vegetation as an indicator of riparian condition: Detecting departures from historic condition across the North American West. *Journal of Environmental Management*, v. 202, p. 447–460, 2017.
4. YIRIGUI, Yirigui; *et al.* Relationships between riparian forest fragmentation and biological indicators of streams. *Sustainability*, v. 11, n. 10, p. 2870, 2019.
5. MARMONTEL, Caio Vinicius Ferreira; RODRIGUES, Valdemir Antonio. Parâmetros indicativos para qualidade da água em nascentes com diferentes coberturas de terra e conservação da vegetação ciliar. *Floresta e Ambiente*, v. 22, n. 2, p. 171–181, 2015.
6. CAMPOS, Sara Augusta Carvalho; *et al.* Degradação ambiental agropecuária no bioma Caatinga. *Revista Econômica do Nordeste*, v. 46, n. 3, p. 155-170, 2015.
7. GAO, Lei; *et al.* General laws of biological invasion based on the sampling of invasive plants in China and the United States. *Global Ecology and Conservation*, v. 16, p. e00448, 2018.

8. PERINI, Monique; SOUZA, Matheus Lopes; LEMOS FILHO, José Pires. Forest restoration in old pasture areas dominated by *Urochloa brizantha*. *Ciência Florestal*, v. 33, n. 1, p. e65858, 2023.
9. LEMOS, Helena Lara; *et al.* Structure and floristic relationships between Cerrado *sensu stricto* sites on two types of substrate in northern Cerrado, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 13, n. 4, p. 121–132, 2013.
10. KATO-NOGUCHI, Hisashi; *et al.* Phytotoxic substances with allelopathic activity may be central to the strong invasive potential of *Brachiaria brizantha*. *Journal of Plant Physiology*, v. 171, n. 7, p. 525–530, 2014.
11. STANTURF, John A; *et al.* Forest restoration paradigms. *Journal of Sustainable Forestry*, v. 33, n. sup1, p. S161–S194, 2014.
12. SILVA, Emerson Pereira; *et al.* Avaliação do potencial da chuva de sementes como alternativa para restauração florestal em áreas de preservação permanente. *Revista Árvore*, v. 40, n. 1, p. 21-28, 2016.
13. TRENTIN, Bruna Elisa; *et al.* Restauração florestal na mata atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. *Ciência Florestal*, v. 28, n. 1, p. 160–174, 2018.
14. FONSECA, Debora Aline; *et al.* Avaliação da regeneração natural em área de restauração ecológica e mata ciliar de referência. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 2, p. 521–534, 2017.
15. NILSSON, Christer; *et al.* Evaluating the process of ecological restoration. *Ecology and Society*, v. 21, n. 1, p. 41, 2016.
16. BUSTAMANTE Mercedes M. C.; *et al.* Ecological restoration as a strategy for mitigating and adapting to climate change: lessons and challenges from Brazil. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, v. 24, n. 7, p. 1249–1270, 2019.
17. GANN, George D; *et al.* International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, v. 27, n. S1, 2019.

18. SUGANUMA, Marcio S. e DURIGAN, Giselda. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 23, n. 3, p. 238–251, 2014.
19. BRANCALION, Pedro Henrique Santin; *et al.* Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. *Natureza & Conservação*, v. 14, p. e1–e16, 2016.
20. CROUZEILLES, Renato; *et al.* Ecological restoration success is higher for natural regeneration than for active restoration in tropical forests. *Science Advances*, v. 3, n. 11, p. e1701345, 2017.
21. SILVA, Kelly de Almeida; *et al.* Soil seed banks in a forest under restoration and in a reference ecosystem in Southeastern Brazil. *Floresta e Ambiente*, v. 26, p. e20190047, 2019.
22. IEF- Instituto Estadual de Florestas. *Áreas de Proteção Ambiental*. Disponível em: http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2019/UCs/TABELAS/uso_sutentavel/APAS_a_tualizado.pdf. Acesso em 19/05/2020.
23. NUNES, Yule Roberta Ferreira; *et al.* Pandeiros: o pantanal mineiro. *MG Biota*. v. 2., n. 2, p. 4-19, 2009.
24. VELOSO, Maria das Dores Magalhães; *et al.* Floristic and structural variations of the arboreal community in relation to soil properties in the Pandeiros river Riparian Forest, Minas Gerais, Brazil. *Interciência*, v. 39, n. 9, p. 628-636, 2014.
25. ALVARES, Clayton Alcarde; *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2014.
26. INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. *Normais climáticas*. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal> /Acesso em: 28/07/2018.
27. FAGUNDES, Nathalie Cristine Alencar; *et al.* Riparian vegetation structure and soil variables in Pandeiros river, Brazil. *Rodriguésia*, v. 70, p. e01822017, 2019.
28. BROWN, Doug. Estimating the composition of a forest seed bank: a comparison of the seed extraction and seedling emergence methods. *Canadian Journal of Botany*, v. 70, p. 1603-1612, 1992.

29. APG - Angiosperm Phylogeny Group IV. *An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. Botanical Journal of the Linnean Society*, v.181, n. 1, 2016.
30. REFLORA – *Herbário Virtual*. Disponível em:
<http://reflora.jbrj.gov.br/reflora/herbariovirtual>. Acesso em 12/08/2019.
31. EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Manual de métodos de análise de solo*. 2.^{ed}. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPq, 230p. Disponível em <http://www.cnpq.embrapa.br/publicações>. Acesso em 11/07/2012.
32. NELDER, John; WEDDERBURN, Robert. Generalized Linear Models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, v. 135, n.3, p. 370-384, 1972.
33. R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. URL. <https://www.R-project.org/>.
34. MCCUNE, Bruce; GRACE, James; URBAN, Dean. *Analysis of ecological communities*. 2nd printing ed. Gleneden Beach, Or: MjM Software Design, 2002.
35. HAMMER, Øyvind. *Reference manual PAST*. Natural History Museum University of Oslo. Version 3.2., 2013.
36. SWAINE, Michael; WHITMORE, Timothy. *On the definition of ecological species groups in tropical rain forests*. *Vegetatio*, v. 75, n. 1–2, p. 81–86, 1988.
37. van der PIJL, Leendert. *Principles of dispersal in higher plants*. 3rd ed. Springer-Verlag, Berlin. 1982.
38. PERES, Marcelo Kuhlmann. *Estratégia de dispersão de sementes no bioma cerrado: considerações ecológicas e filogenéticas*. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade de Brasília, Brasília, 360p., 2016.
39. LONDE, Vinícius; SOUSA, Hildeberto Caldas de; KOZOVITS, Alessandra Rodrigues. Key plant indicators for monitoring areas undergoing restoration: a case study at the Das Velhas River, southeast Brazil. *Ecological Engineering*, v. 103, p. 191–197, 2017.

40. MENINO, Gisele Cristina Oliveira; *et al.* Environmental heterogeneity and natural regeneration in riparian vegetation of the Brazilian semi-arid region. *Edinburgh Journal of Botany*, v. 69, n. 1, p. 29–51, 16 fev. 2012.
41. MENINO, Gisele Cristina Oliveira; *et al.* A regeneração natural da vegetação ciliar do rio Pandeiros como indicativo da futura composição da comunidade arbórea. *MG.Biota*, v. 2, n. 2, 2009.
42. SUGANUMA, Marcio Seiji; DURIGAN, Giselda. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. *Restoration Ecology*, v. 23, n. 3, p. 238–251, 2015.
43. ESPELAND, Erin; *et al.* Evolution of plant materials for ecological restoration: insights from the applied and basic literature. *Journal of Applied Ecology*, v. 54, n. 1, p. 102–115, 2017.
44. LEAL FILHO, Niwton; SENA, Juliana dos Santos; SANTOS, Gisele Rodrigues dos. Variações espaço-temporais no estoque de sementes do solo na Floresta Amazônica. *Acta Amazônica*, v. 43, n. 3, p. 305-314, 2013.
45. DIAS-FILHO, Moacyr Bernardino. *Competição e sucessão vegetal em pastagens*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2006. 38 p. (Documentos, 240).
46. OLIVEIRA, Ana Paula; *et al.* Can allelopathic grasses limit seed germination and seedling growth of Mutambo? A test with two species of *Brachiaria* grasses. *Planta Daninha*, v. 34, n. 4, p. 639-648, 2016.
47. SANTOS RABELO, Bruno; *et al.* Effects of native and invasive grasses on the survival and growth of tree seedlings in a neotropical savanna. *Biological Invasions*, v. 25, n. 8, p. 2697–2711, 2023.
48. NUNES, Yule Roberta Ferreira; *et al.* Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de Floresta Estacional Decidual, norte de Minas Gerais. *Revista Árvore*, v. 39, n. 5, p. 801-810, 2015.
49. FAGUNDES, Nathalle Cristine Alencar; *et al.* Survival of saplings in recovery of riparian vegetation of Pandeiros river (MG). *Revista Floresta e Ambiente*, v. 25, p. e20150212, 2018.

50. MENDONÇA, Roberta Helena; et al. Flora vascular do Cerrado: um “checklist” com 11.430 espécies. In: SANO, Suely Matiko; ALMEIDA, Semíramis Pedrosa; RIBEIRO, José Felipe (eds). *Cerrado: ambiente e flora*. 2^{ed.}, Brasília: Embrapa, v. 2. 1279 p., 2008.
51. RODRIGUES, Priscyla Maria Silva; et al. Riqueza e estrutura do componente arbóreo e características edáficas de um gradiente de floresta ciliar em Minas Gerais, Brasil. *Revista Árvore*, v. 37, n. 6, p. 1011-1023, 2013.
52. COELHO, Polyanne Aparecida; et al. Tree succession across a seasonally dry tropical forest and forest-savanna ecotone in northern Minas Gerais, Brazil. *Journal of Plant Ecology*, v. 10, n. 5, p. 859-868, 2016.
53. GOMES, Juliana; et al. Ecological aspects of riparian forest remnants in the São João River Basin, Paraná. *Floresta*, v. 51, n. 2, p. 391-399, 2021.
54. AZEVEDO Islaine Franciely Pinheiro; et al. Phenology of riparian tree species in a transitional region in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, v. 37, n. 1, p. 47–59, 2014.
55. COUTANT, Opale; et al. Roads disrupt frugivory and seed removal in tropical animal-dispersed plants in French Guiana. *Frontiers in Ecology and Evolution*, v. 10, p. 805376, 2022.
56. NUNES, Y. R. F.; et al. Variações da fisionomia, diversidade e composição de guildas da comunidade arbórea em um fragmento de floresta semidecidual em Lavras, MG. *Acta Botanica Brasilica*, v. 17, n. 2, p. 213-229, 2003.
57. FONSECA, Cassiano; CARVALHO, Fabricio Alvim. Floristic and phytosociological aspects of the tree community in an urban Atlantic Forest fragment (Juiz de Fora, State of Minas Gerais, Brazil). *Bioscience Journal*, v. 28, n. 5, p. 820-832, 2012.
58. OLIVEIRA, Renata Evangelista de; et al. Top 10 indicators for evaluating restoration trajectories in the Brazilian Atlantic Forest. *Ecological Indicators*, v. 127, p. 107652, 2021.
59. GARWOOD, Nancy C. Tropical soil seed banks: a review. In: *Ecology of soil seed banks*. LECK, Mmary Alessio; PARKER V. Thomas; SIMPSON, Robert L. (eds.) *ecology of soil seed banks*. Academic Press, San Diego-CA. p. 149–209, 1989.

60. NÓBREGA, Assíria Maria Ferreira; *et al.* Banco de sementes de remanescentes naturais e de áreas reflorestadas em uma várzea do rio Mogi-Guaçu – SP. *Revista Árvore*, v. 33, n. 3, p. 403-411, 2009.
61. PEREIRA, Israel Marinho; ALVARENGA, Auwdréia Pereira; BOTELHO, Soraya Alvarenga. Banco de sementes do solo, como subsídio à recomposição de mata ciliar. *Revista Floresta*, v. 40, n. 4, p. 721-730, 2010.
62. SANTOS, Angeline Maria da Silva; *et al.* Variabilidade espacial do banco de sementes em área de Caatinga no Nordeste do Brasil. *Ciência Florestal*, v. 30, n. 2, p. 542, 2020.
63. SANTOS, Gilsonley Lopes dos; *et al.* Influência da pedofórmula na composição do banco de sementes em floresta secundária na região de Mar dos Morros, Pinheiral-RJ. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 4, p. 1217-1228, 2017.
64. SOUZA, Silvana Muniz de; RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; JOLY, Carlos Alfredo. O banco de sementes e suas implicações na diversidade da Floresta Ombrófila Densa Submontana no Parque Estadual Carlos Botelho, São Paulo, SP, Brasil. *Hoehnea*, v. 44, n. 3, p. 378-393, 2017.
65. RODRIGUES, Priscylla Maria; *et al.* Riqueza florística da vegetação ciliar do rio Pandeiros, norte de Minas Gerais. *MG. Biota*, v. 2, p. 18-37, 2009.
66. FRAGOSO, Rosimeri de Oliveira; *et al.* Barreiras ao estabelecimento da regeneração natural em áreas de pastagens abandonadas. *Ciência Florestal*, v. 27, n. 4, p. 1451–1464, 2017.
67. SCERVINO, Renata Picolo; CANTO, Laíssa Leonis Rocha Pinterich do; QUEIROGA, Joel Leandro. Tree diversity in riparian forests immersed in a pasture with *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D. Webster (Poaceae) grass under domain of the Atlantic Forest, Brazil. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 6, n. 1, p. 313–334, 2023.
68. LLOYD, Jonathan; *et al.* Edaphic, structural and physiological contrasts across Amazon Basin forest–savanna ecotones suggest a role for potassium as a key modulator of tropical woody vegetation structure and function. *Biogeosciences*, v. 12, n. 22, p. 6529–6571, 2015.

69. YANG, Qichi; *et al.* Topography and soil content contribute to plant community composition and structure in subtropical evergreen-deciduous broadleaved mixed forests. *Plant Diversity*, v. 43, n. 4, p. 264–274, 2021.
70. RODRIGUES, Priscyla Maria Silva; *et al.* The influence of soil on vegetation structure and plant diversity in different tropical savannic and forest habitats. *Journal of Plant Ecology*, v. 11, n. 2, p. 226-236, 2018.
71. SILVA, Erivaldo de Jesus; *et al.* Atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo distrófico coeso e crescimento radicular de *Brachiaria decumbens* submetido à subsolagem e fertilização. *Comunicata Scientiae*, v. 6, n. 4, p. 385, 2015.
72. DE JAGER, Nathan R. *et al.* The Upper Mississippi River floodscape: spatial patterns of flood inundation and associated plant community distributions. *Applied Vegetation Science*, v. 19, n. 1, p. 164–172, 2016.
73. IDOWU, Gideon A. *et al.* Impact of gas and oil-fired power plants on proximal water and soil environments: case study of Egbin power plant, Ikorodu, Lagos State, Nigeria. *SN Applied Sciences*, v. 2, n. 8, p. 1352, 2020.
74. SAMPAIO A. B., SCHIMIDT I. B. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*, v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.