



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE BIOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS



**REGENERAÇÃO NATURAL, RELAÇÕES AMBIENTAIS E INVASÃO BIOLÓGICA
EM DUAS VEREDAS DO TRIÂNGULO MINEIRO**

DANÚBIA MAGALHÃES SOARES

2016

Danúbia Magalhães Soares

**REGENERAÇÃO NATURAL, RELAÇÕES AMBIENTAIS E INVASÃO BIOLÓGICA
EM DUAS VEREDAS DO TRIÂNGULO MINEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

Orientador:
Prof Dr. André R. Terra Nascimento

Uberlândia, MG
Fevereiro – 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S676r Soares, Danúbia Magalhães, 1986
2016 Regeneração natural, relações ambientais e invasão biológica em
duas veredas do Triângulo Mineiro / Danúbia Magalhães Soares. - 2016.
93 f. : il.

Orientador: André R. Terra Nascimento.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos
Naturais.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.708>
Inclui bibliografia.

1. Ecologia - Teses. 2. Impacto ambiental - Teses. 3. Lençol freático
- Teses. 4. Proteção ambiental - Teses. I. Nascimento, André R. Terra. II.
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Ecologia e Conservação de Recursos Naturais. III. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

Danúbia Magalhães Soares

**REGENERAÇÃO NATURAL, RELAÇÕES AMBIENTAIS E INVASÃO BIOLÓGICA
EM DUAS VEREDAS DO TRIÂNGULO MINEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais.

BANCA

Prof. Dr. André R. Terra Nascimento – INBIO, UFU
(orientador)

Prof. Dra. Sílvia Renate Ziller – Instituto Hórus, SC

Prof. Dr. Glein Monteiro de Araújo – INBIO, UFU

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

Ao Prof. André R. Terra Nascimento, por tanto tempo dedicado a me ouvir e direcionar meu trabalho. Pelos conselhos e experiência transmitidas, além da acolhida em seu grupo de pesquisa desde o momento em que decidi retornar à Universidade Federal de Uberlândia. Grata também pela confiança depositada em todo o processo deste trabalho.

Aos professores: Glein Monteiro de Araújo, Rosana Romero, Jimi Naoki Nakajima e Benedito A. Silva Pereira pelas identificações e conhecimento cedido de forma tão gentil. Às contribuições dos professores Lucas Carvalho Basílio de Azevedo, Gilberto Fernandes Corrêa e Fabrício Pelizer de Almeida. Aos membros da banca pelo tempo dedicado e sugestões e à Dra. Sílvia Ziller pela disponibilidade. Aos técnicos do Instituto de Biologia e à secretaria da pós, Maria Angélica, pela competência e gentileza.

À tantos outros professores que contribuíram para a minha formação, especialmente: Ivan Schiavini, Paulo Eugênio Oliveira, Giuliano Buzá Jacobucci, Solange Cristina Augusto e Fernanda Helena Nogueira-Ferreira, profissionais com quem tive a honra de aprender e que vêm inspirando meu trabalho.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, à Duratex pelo financiamento à pesquisa, à Universidade Federal de Uberlândia e Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais pela oportunidade.

Aos colegas de laboratório: Bianca Bonami, Caroline Estevão, Helen Belan, Jéssica Gomes, Lucas Clemente, Mariane Macedo, Natália Bragiola pela amizade e troca de experiências. Aos colegas de sala pela solidariedade e convivência, uma turma grandes amigos e pessoas que admiro muito. À minha grande amiga Lorena Cunha e meu namorado Cláudio Henrique que foram essenciais, não somente nos trabalhos de campo, mas em todo o processo, não tenho palavras para agradecê-los. Aos pais da Lorena, Dona Maria José e Sr. Valdir, pelo apoio, cuidado e carinho. E a todos os amigos que torcem pelo meu sucesso e tornam minha vida mais leve.

À minha família que foi o meu suporte, sem o qual essa realização não seria possível.

Às pequenas alegrias motivadoras da natureza que me mantém firme às “causas perdidas”.



Bill Watterson

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
INTRODUÇÃO GERAL	1
PROPOSTA DA DISSERTAÇÃO	3
REFERÊNCIAS	4
CAPÍTULO 1	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1.1 INTRODUÇÃO.....	9
1.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	11
1.2.1 Áreas de estudo.....	11
1.2.2 Coleta de dados.....	13
1.2.3 Análise dos dados	15
2.3 RESULTADOS	16
2.4 DISCUSSÃO.....	26
2.5 CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS	32
CAPÍTULO 2	37
RESUMO	38
ABSTRACT	39
2.1 INTRODUÇÃO.....	40

2.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	42
2.2.1 Áreas de estudo.....	42
2.2.2 Coleta de dados.....	42
2.2.3 Análise dos dados	44
2.3 RESULTADOS	46
2.3.1 Caracterização ambiental e indicadores de degradação em veredas	46
2.3.2 Variáveis ambientais, distribuição de espécies vegetais e invasão biológica.....	52
2.4 DISCUSSÃO.....	57
2.5 CONCLUSÕES.....	63
REFERÊNCIAS	65
CAPÍTULO 3	70
ABSTRACT	71
RESUMO	72
3.1 INTRODUCTION	73
3.2 MATERIALS AND METHODS	77
3.2.1. Study Area	77
3.2.2 Data Gathering.....	77
3.2.3 Data Analysis.....	79
3.3 RESULTS AND DISCUSSION.....	80
3.4 CONCLUSIONS AND FORESTRY GUIDELINES	85
REFERENCES	86
CONSIDERAÇÕES FINAIS	91
ANEXO A - Diferentes padrões de distribuição de <i>Trembleya parviflora</i> nas veredas.....	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Lista de espécies lenhosas regenerantes da vereda 1, com índice de Regeneração Natural Total (RNT), em Estrel do Sul-MG.....	18
Tabela 2 – Lista de espécies lenhosas regenerantes da vereda 2 com índice de Regeneração Natural Total (RNT), em Indianópolis-MG	20
Tabela 3 - Comparação da umidade do solo entre duas veredas nos três níveis de profundidade, nas estações seca e chuvosa.	47
Tabela 4 - Variáveis do solo em duas veredas analisadas (média e desvio padrão - SD) e valores de p para os testes de zonação em cada vereda e comparação entre áreas.	48
Tabela 5 – Resultados da Análise de Componentes Principais para os dados ambientais na vereda 1.	50
Tabela 6 - Resultados da Análise de Componentes Principais para os dados ambientais na vereda 2.....	51
Tabela 7 - Resultados da Análise de Correspondência Canônica obtida através de dados de densidade das espécies lenhosas regenerantes e as variáveis ambientais da vereda 1.	53
Tabela 8 - Resultados da Análise de Correspondência Canônica obtida através de dados de densidade de espécies lenhosas regenerantes e as variáveis ambientais da vereda 2.....	55
Tabela 9 - Results of ANOVA for height and diameter (on a logarithmic scale) for <i>Pinus caribaea</i> individuals found at edge, middle and backwards veredas at two sites.	83

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização e imagens das áreas de estudo. 1 – vereda 1 e 2 – vereda 2. Mapa A: Bioma Cerrado, Adaptado de WWF. Mapa B: Fazenda Nova Monte Carmelo Adaptado de Duratex, 2012.	12
Figura 2 – Vereda 1 (A): vista à partir da área de pastagem abandonada que acompanha a borda da margem direita e, ao fundo, a plantação de <i>Eucalyptus</i> sp. próxima à borda da margem esquerda. Vegetação nativa (B) que acompanha as bordas da vereda 2, vista à partir da margem direita da vereda. Foto A: André R. Terra Nascimento.	13
Figura 3 – Desenho esquemático do método de amostragem da reeneração lenhosa e cobertura do solo. A – Disposição de transectos e parcelas nas veredas. B – Amostragem da regeneração e cobertura nas parcelas.	14
Figura 4 – Curva de acumulação de espécies das veredas 1 (A) e 2 (B) para o esforço amostral de 15 parcelas em cada área de estudo.	17
Figura 5- Distribuição de espécies de regenerantes lenhosos por família botânica, obtida na amostragem da regeneração na vereda 1.	19
Figura 6 - Distribuição de espécies de regenerantes lenhosos por família, obtida na amostragem da regeneração na vereda 2.	21
Figura 7 - Distribuição de <i>Trembleya parviflora</i> nas unidades amostrais da vereda 1 (A) e vereda 2 (B).	22
Figura 8 – Análise de Agrupamento para dados de regeneração lenhosa da vereda 1, evidenciando uma tendência à zonação de borda e fundo (Correlação Cofenética = 0,9098). As unidades amostrais comparadas referem-se as parcelas: os primeiros algarismos indicam a área (vereda 1); primeiras letras indicam a zona de borda (B), meio (M) e fundo (F); os algarismos seguintes indicam o transecto e as ultimas letras indicam a margem, direita (D) ou esquerda (E).	23
Figura 9 - Análise de Agrupamento para dados de composição da regeneração lenhosa da vereda 2 (Correlação Cofenética = 0,9096). As unidades amostrais comparadas referem-se as parcelas: os primeiros algarismos indicam a área (vereda 2); primeiras letras indicam a zona	

de borda (B), meio (M) e fundo (F); os algarismos seguintes indicam o transecto e as ultimas letras indicam a margem, direita (D) ou esquerda (E).....	23
Figura 10 – Cobertura do solo (%) nas duas veredas analisadas nas zonas de borda, meio e fundo, evidenciando a tendência à zonação da cobertura de espécies lenhosas na vereda 1 e distribuição homogênea na vereda 2.	25
Figura 11 - Desenho esquemático de coleta de dados das variáveis ambientais nas unidades amostrais de 100 m ² utilizadas na análise de regeneração e cobertura relativa do solo.....	42
Figura 12 - Médias de umidade do solo nas duas veredas, nas estações seca (A) e chuvosa (B). Barras representadas com mesma letra não diferem pelo teste t com p<0,05. As barras verticais representam o erro padrão da média.	46
Figura 13 – Médias de umidade do solo nas zonas de borda (B), meio (M) e fundo (F) das veredas 1 e 2 Erro! Indicador não definido.	
Figura 14 – Elevação das parcelas amostras na vereda 1 (V1) e vereda 2 (V2) demonstrando a irregularidade do terreno na vereda 2.	48
Figura 15 – Análise de Componentes Principais (PCA) da vereda 1. Os primeiros algarismos indicam a área (vereda 1); primeiras letras indicam a zona de borda (B), meio (M) e fundo (F); os algarismos seguintes indicam o transecto e as ultimas letras indicam a margem, direita (D) ou esquerda (E).	50
Figura 16 - Análise de Componentes Principais (PCA) da vereda 2. Os primeiros algarismos indicam a área (vereda 1); primeiras letras indicam a zona de borda (B), meio (M) e fundo (F); os algarismos seguintes indicam o transecto e as ultimas letras indicam a margem, direita (D) ou esquerda (E).	51
Figura 17 – Análise de Correspondência Canônica da vereda 1 utilizando dados de densidade das espécies lenhosas regenerantes e as variáveis ambientais edáficas e biofísicas.	52
Figura 18 - Análise de Correspondência Canônica da vereda 2 utilizando dados de densidade de espécies lenhosas e as variáveis ambientais edáficas e biofísicas.	55
Figura 19- General view of woody community in vereda (a), biological invasion by <i>Pinus caribaea</i> , underscoring an individual from regeneration (b) and individuals growing in a	

higher density in the drier and without woody vegetation areas (white arrows in (c)). Photos: Nascimento, A.R.T	76
Figura 20 - Density estimates (a) and woody species richness (b) per 100 m ² plot at two veredas in Cerrado biome. Each column represents the average and the bar represents the standard deviation of the estimates (N = 15 samples per area)	81
Figura 21 - Dendrogram for hierarchical cluster analysis for the two sites using ward's method and the euclidean distance as clustering coefficient. Numbers represent the sites (site 1 and site 2), and letters the zones (E: edge; M: middle; B: backwards).	82
Figura 22- Total soil coverage (%) in distinct categories in two veredas sites: site 1 (a) and site 2 (b) Nova Monte Carmelo farm, Estrela do Sul-MG.	82
Figura 23 - Diameter measured - centimeters, (a) and height - meters of <i>Pinus caribaea</i> individuals in both sampling sites at Nova Monte Carmelo farm, Estrela do Sul-MG. The boxes represent 50% of the data, being the central horizontal lines the medians, the superior line represents o 75th percentile and the inferior the 25th percentile. The vertical lines represent the data width, and the asterisks the outliers	83

INTRODUÇÃO GERAL

Alterações antrópicas no ambiente podem resultar em redução da riqueza de espécies de uma comunidade vegetal e, desse modo, impactos causados por efeito de borda, fragmentação de habitats e pastoreio são importantes fatores relacionados à perda de biodiversidade (CAGNOLO et al. 2006). Além disso, a regeneração de uma comunidade vegetal pode ser resultado não somente das interações entre as espécies que a compõem, mas também, de fatores abióticos como condições climáticas e características de luminosidade (MARIMON et al. 2012).

Assim, intensas perturbações no ambiente podem causar alterações na composição florística como a invasão por gramíneas exóticas, resultando, muitas vezes, em redução da diversidade (VELDMAN; PUTZ, 2011). Em áreas degradadas, a regeneração pode depender de intervenções como controle de espécies invasoras e manejo de espécies nativas de estágios sucessionais mais avançados. Porém, para realização de uma intervenção eficiente são necessários conhecimentos ecológicos acerca do ecossistema em questão e acompanhamento em campo (SHONO; KHENG, 2006).

As veredas são complexos úmidos de relevância hídrica, ecológica e paisagística dentro do bioma Cerrado, com pequena capacidade regenerativa. Trata-se de uma área diversa, com heterogeneidade de nichos e habitats, importante para a fauna terrestre e aquática, além de contribuir para a perenidade dos cursos d'água (BRANDÃO, 1991). Esses ambientes são caracterizados como uma fitofisionomia do cerrado. Condicionados ao afloramento do lençol freático e circundados por campos, geralmente úmidos, com a ocorrência da palmeira *Mauritia flexuosa*, buriti, apresentam três zonas floristicamente distintas ligadas à topografia e umidade do solo: borda, meio e fundo (RIBEIRO; WALTER, 2008).

As veredas são consideradas por Lei como Áreas de Preservação Permanente (APP). Qualquer intervenção nessas áreas e a uma faixa de 50m do seu entorno poderá ocorrer somente em situações de baixo impacto ambiental, interesse social e utilidade pública, mediante aprovação de órgão ambiental competente (BRASIL, 2012; MINAS GERAIS, 2013).

Em uma superfície mal drenada, com afloramento de lençol freático ou lençol próximo à superfície, diferentes graus de alagamento e características edáficas podem possibilitar gradientes de espécies vegetais, que variam quanto a sua abrangência e tolerância

às condições do solo (ARAUJO et al. 2002; OLIVEIRA et al. 2009). São regiões de baixa resiliência e por isso podem sofrer impactos significativos com as atividades humanas. A compactação do solo, o rebaixamento de lençol freático e a invasão biológica são desafios importantes na manutenção dessas áreas (SOARES et al. 2015; MEIRELLES et al. 2004). Sabe-se também que eventos reprodutivos de muitas espécies de plantas presentes em veredas também podem ser afetados por impactos como a ocorrência de fogo e variações nas condições de luminosidade, porém faltam informações sobre como a frequência e a magnitude desses impactos podem, a longo prazo, interferir na dinâmica da comunidade vegetal (ARAÚJO et al. 2013).

Ainda que não afetadas diretamente, as veredas são altamente sensíveis aos impactos ambientais causados em seu entorno (OLIVEIRA et al. 2009). As áreas de borda das veredas podem sofrer alterações significativas na composição florística de acordo com as características e graus de degradação de seu entorno (RESENDE et al. 2013; MEIRELLES, 2004). Processos de invasão biológica também podem ser intensificados em locais onde há rebaixamento do lençol freático, ampliando a distribuição de espécies invasoras para o interior das veredas (SANTOS; MUNHOZ, 2012; FELFILLI et al. 2008; MEIRELLES et al. 2004). Além disso, a utilização de áreas do entorno podem resultar em impactos no solo das veredas, como a redução do estoque de carbono no solo (WANTZEN et al. 2012) e contaminação do solo proveniente de insumos agrícolas (ROSOLEN et al. 2015).

Apesar da importância ecológica e suscetibilidade a impactos, ainda existem poucos estudos sobre veredas, sendo em sua maioria, amostragens florísticas (OLIVEIRA et al. 2009). Desse modo, estudos que visem compreender como impactos ambientais podem alterar a comunidade vegetal, bem como, as condições que favorecem o desenvolvimento de espécies nativas e exóticas presentes em veredas poderão contribuir para a conservação, manejo e restauração desses ambientes.

PROPOSTA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho apresenta informações sobre regeneração lenhosa, cobertura do solo e possíveis indicadores de impactos ambientais em veredas, visando maior compreensão acerca da comunidade vegetal desses ecossistemas, assim como possíveis respostas à pressões antrópicas, buscando determinar os fatores que influenciam na ocorrência e distribuição de espécies nativas e exóticas.

Visando melhor apresentação do texto, a dissertação foi dividida em três capítulos:

Capítulo 1: Regeneração natural lenhosa e cobertura do solo em duas veredas de uma fazenda produtora de *Eucalyptus* sp. no Triângulo Mineiro. Esse capítulo teve como objetivo analisar a regeneração lenhosa e a representatividade de grupos vegetais na cobertura do solo em duas veredas sob pressões ambientais semelhantes na presença e ausência de vegetação nativa adjacente à borda, de modo a identificar possíveis diferenças relacionadas a impactos ambientais indiretos nas veredas.

Capítulo 2: Variáveis ambientais e caracterização do solo e sua relação com a distribuição da vegetação nativa e exótica em duas veredas. Objetivou-se, nesse capítulo, descrever as condições ambientais e as características do solo em duas veredas e relacionar estas características com a regeneração natural lenhosa, cobertura relativa do solo e invasão biológica por *Pinus caribaea*, *Trembleya parviflora* e gramíneas exóticas.

Capítulo 3: Natural regeneration and biological invasion by *Pinus caribaea* Morelet in two vereda sites: woody vegetation response. Teve como objetivo analisar a regeneração natural, cobertura da vegetação lenhosa e as espécies exóticas potencialmente invasoras em duas veredas em estádio de sucessão secundária na porção central do bioma Cerrado.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, G. M. A.; BARBOSA, A. A. A.; ARANTES, A. A. A.; AMARAL, A. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 475-493, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002012000012>
- ARAÚJO, G. M.; AMARAL, A. F.; BRUNA, E. M.; VASCONCELOS, H. L. Fire drives the reproductive responses of herbaceous plants in a Neotropical swamp. **Plant ecology**, v. 214, n. 12, p. 1479-1484, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11258-013-0268-9>
- BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G.; BARUQUI, F. M. Veredas: uma abordagem integrada. **Daphne**, Belo Horizonte: v. 1, n. 3, p. 10-14, 1991.
- BRASIL. Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial de União**. 28 mai 2012. Seção 1:3.
- CAGNOLO, L.; CABIDO, M.; VALLADARES, G. Plant species richness in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina: Ecological traits and habitat fragmentation effects. **Biological Conservation**, v. 132, p. 510-519, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.05.012>
- FELFILI, M. J.; SILVA-JUNIOR, M. C. S.; MENDONÇA, R. C.; FAGG, C. W.; FILGUEIRAS, T. S.; MECENAS, V. V. (2008) Fitofisionomias e flora. In: Fonseca, O.F., (Ed.), **Águas Emendadas**, Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Brasília, 152-162.
- MARIMON, B. S. et al. Monodominance in a forest of Brosimum rubescens Taub.(Moraceae): Structure and dynamics of natural regeneration. **Acta Oecologica**, v. 43, p. 134-139, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2012.07.001>
- MEIRELLES, M. L. et al. Impactos sobre o estrato herbáceo de Áreas Úmidas do Cerrado. In: Cerrado: **Ecologia e Caracterização**. Embrapa: Planaltina, DF. 2004, p. 41-69.
- MINAS GERAIS (Estado). Lei nº 20922 de 15 de outubro de 2013. **Dispõe sobre as políticas florestais e de proteção à biodiversidade no Estado**. Diário do Executivo de Minas Gerais. 17 out 2013. Seção I.

OLIVEIRA, G. C.; ARAUJO, G. M.; BARBOSA, A. A. A. Florística e zonação de espécies vegetais em veredas no Triângulo Mineiro, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 4, p. 1077-1085, 2009. <https://doi.org/10.1590/2175-7860200960417>

RESENDE, I. L. M.; CHAVES, L. J.; RIZZO, J. Â. Floristic and phytosociological analysis of palm swamps in the central part of the Brazilian savanna. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 205-225, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000100020>

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. (2008) As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P., RIBEIRO, J.F., Ed., **Cerrado Ecologia e Flora**, Planaltina: Embrapa Cerrados, 152-212.

ROSOLEN, V. et al. Contamination of wetland soils and floodplain sediments from agricultural activities in the Cerrado Biome (State of Minas Gerais, Brazil). **Catena**, v. 128, p. 203-210, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.007>

SANTOS, F. F.; MUNHOZ, C. B. R. Diversidade de espécies herbáceo-arbustivas e zonação florística em uma vereda no Distrito Federal. **Heringeriana**, v. 6, n. 2, p. 21-27, 2014.

SOARES, D. M. et al. Natural Regeneration and Biological Invasion by *Pinus caribaea* Morelet in Two Vereda Sites: Woody Vegetation Response. **American Journal of Plant Sciences**, v. 6, n. 17, p. 2708, 2015. <https://doi.org/10.4236/ajps.2015.617272>

SHONO, K.; DAVIES, S. J.; KHENG, C. Y. Regeneration of native plant species in restored forests on degraded lands in Singapore. **Forest Ecology and Management**, v. 237, n. 1, p. 574-582, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.10.003>

SVELDMAN, J. W.; PUTZ, F. E. Grass-dominated vegetation, not species-diverse natural savanna, replaces degraded tropical forests on the southern edge of the Amazon Basin. **Biological Conservation**, v. 144, n. 5, p. 1419-1429, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.01.011>

WANTZEN, K. M. et al. Soil carbon stocks in stream-valley-ecosystems in the Brazilian Cerrado agroscape. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 151, p. 70-79, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.030>

CAPÍTULO 1

**REGENERAÇÃO NATURAL LENHOSA E COBERTURA DO SOLO EM DUAS
VEREDAS EM UMA FAZENDA PRODUTORA DE *Eucalyptus* sp. NO TRIÂNGULO
MINEIRO**

Uberlândia, MG

Fevereiro - 2016

RESUMO

As veredas são ecossistemas heterogêneos quanto às condições ambientais e composição florística. Apesar de considerados como Áreas de Preservação Permanente, são altamente sensíveis a impactos ambientais que podem refletir na composição das comunidades vegetais. Nesse sentido, este trabalho teve como objetivo analisar a regeneração lenhosa e a representatividade de grupos vegetais na cobertura do solo em duas veredas sob pressões ambientais semelhantes na presença (vereda 1) e na ausência (vereda 2) de vegetação nativa adjacente à borda. Para isso, regenerantes lenhosos foram amostrados em 15 parcelas ao longo de transectos perpendiculares à linha de drenagem em cada vereda. A cobertura do solo foi medida pelo método do intercepto linear nas parcelas. Foram amostrados 369 indivíduos regenerantes lenhosos na vereda 1 e 1.053 na vereda 2. Apesar da diferença significativa na densidade, a diversidade de regenerantes foi semelhante nas duas áreas (30 espécies na vereda 1 e 35 espécies na vereda 2). As famílias mais representativas foram: Melastomataceae, Asteraceae e Myrtaceae na vereda 1 e Melastomataceae, Myrtaceae e Fabaceae na vereda 2. Além da baixa riqueza, a regeneração lenhosa das veredas foi dominada por um número reduzido de espécies, sendo *Leandra erostrata* a espécie com maior densidade. Foram observadas espécies de fitofisionomias de formações florestais na composição florística da regeneração, especialmente na vereda 2. A espécie exótica *Pinus caribaea* foi amostrada nas duas veredas, mas apresentou maior índice de Regeneração Natural Total na vereda 1. Esta vereda também apresentou tendências características de zonação na cobertura do solo e na composição da regeneração e, embora tenha apresentado menor densidade da invasora nativa *Trembleya parviflora*, houve formação de “zona trembleyal” na borda esquerda. Com a presença de espécies mais sensíveis a condições de perturbação como *Miconia theizans* e mais resistentes como *T. parviflora*, as veredas parecem abrigar diferentes condições de degradação ambiental. Apesar da presença de vegetação nativa adjacente à borda da vereda 2, essa área apresenta indícios de impactos na vegetação ligados ao rebaixamento de lençol freático, enquanto a vereda 1, apresenta indícios de maiores perturbações na borda, além de invasão biológica por *Pinus caribaea*.

Palavras-chave: Heterogeneidade Ambiental, Impactos Ambientais, Espécies Invasoras, Rebaixamento de Lençol Freático.

ABSTRACT

Veredas are heterogeneous ecosystems when it comes to environmental conditions and floristic composition. Although regarded as Permanent Protection Areas – according to Brazilian environmental law, they are highly sensitive to indirect environmental impacts which might affect the plant community composition. In this sense, our research aimed to analyze the woody regeneration and the representativeness of plant groups on soil coverage at two vereda areas under similar environmental pressures in presence (vereda 1) and absence (vereda 2) of native vegetation adjacent to the edge. For this purpose we sampled 15 woody regenerating individuals throughout transects perpendicular to the drain line in which vereda area. We measured the soil coverage using the Line - Intercept method in the plots. We found 369 woody regenerating individuals in vereda 1 and 1.053 individuals in vereda 2. In despite of the significant difference in density, the woody regeneratings diversity was similar in both areas (30 species in vereda 1 and 35 species in vereda 2). The most representative families were as follow: Melastomataceae, Asteraceae and Myrtaceae in vereda 1 and Melastomataceae, Myrtaceae and Fabaceae in vereda 2. Besides the low observed diversity, a reduced number of species were dominant in woody regeneration at both vereda sites, being *Leandra erostrata* the species bearing the highest density value. We found species related to forest formations in the regenerating floristic composition, especially in vereda 2. We observed the alien species *Pinus caribaea* in both vereda areas, the vereda 1 showed the highest natural regeneration index though. We also observed typical zonation tendencies on soil coverage and woody regeneration composition, although we recorded a “trembleyal zone” on the left edge. Regarding the presence of species more sensitive to environmental disturbances such as *Miconia theizans* and more resistant ones such as *T. parviflora*, the veredas seem to foster distinct degradation conditions. In despite of the presence of native regeneration adjacent to vereda 2, this are shows signs of impact on vegetation, linked to water table lowering whilst vereda 1 shows signs of higher disturbances in the edge, besides a remarkable biological invasion by *Pinus caribaea*.

Keywords: Environmental heterogeneity, Environmental Impacts, Alien Species, Water Table Lowering.

1.1 INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é composto por diferentes tipos de fitofisionomias, dentre os quais estão as áreas úmidas que são caracterizadas pelo tipo de vegetação, solo e regime hídrico. Nestas condições, podem-se distinguir as seguintes fitofisionomias: campo limpo úmido, campo sujo úmido, mata de galeria, várzea e veredas. Esse ultimo ecossistema é caracterizado pelo lençol freático próximo ou ao nível da superfície do solo na estação chuvosa, característica do clima sazonal da região dominada pelo bioma (RIBEIRO & WALTER, 2008).

A vegetação presente nas veredas é dominada pelo estrato herbáceo-arbustivo com emergência de indivíduos esparsos de espécies lenhosas subarbustivas e arbóreas (MOREIRA et al. 2015; RESENDE et al. 2013; ARAÚJO, 2002). A caracterização das veredas é comumente relacionada a presença da espécie de palmeira *Mauritia flexuosa* (buriti), no entanto, composições florísticas muito similares ocorrem na presença e na ausência dessa espécie (MOREIRA et al., 2015).

De modo geral, a vegetação das veredas é formada por manchas com diferentes características florísticas e fitossociológicas que confere a este ecossistema a denominação de complexo vegetacional (ARAUJO et al. 2002). Gradientes de umidade, transversais à linha de drenagem, apresentando diferentes condições de saturação de água no solo (RAMOS et al. 2006) e garantem a esses ecossistemas a formação de zonas com diferentes composições florísticas (RESENDE et al. 2013; SANTOS; MUNHOZ, 2012; ARAÚJO, 2002; GUIMARÃES et al. 2002). Esta heterogeneidade ambiental resulta em formação de diferentes nichos ecológicos relacionados níveis de tolerância à saturação de água no solo, fato que confere também às veredas uma importante gama de funções como a manutenção da biodiversidade regional, refúgio para a fauna e fornecimento de recursos alimentares (BRANDÃO, 1991).

Devido à importância hídrica e ecológica as veredas são protegidas por leis estaduais e federais, de modo a evitar com que suas áreas sejam modificadas ou ocupadas por atividades humanas. Assim, as veredas são consideradas como Áreas de Preservação Permanente (APP) e intervenções nesses ambientes só poderão ocorrer por meio de

autorização de órgão competente considerando a relevância desta interferência (BRASIL, 2012; MINAS GERAIS, 2013).

Mesmo considerando o caráter preservacionista da legislação ambiental, as veredas são ambientes muito vulneráveis a impactos indiretos e alterações próximas às suas bordas. Deste modo, atividades agrícolas, pastagens e atividades que ocasionem rebaixamento de lençol freático podem resultar em impactos como: invasão biológica por *Pinus* spp. (ZANCHETTA; DINIZ; 2006) e gramíneas exóticas (MEIRELLES et al. 2004), aumento da densidade da espécie nativa *Trembleya parviflora* (SANTOS; MUNHOZ, 2012; FELFILLI et al. 2008; MEIRELLES et al. 2004) e de espécies típicas de formações florestais (FELFILLI, 2008, MEIRELLES, 2004) e contaminação do solo por metais pesados e resíduos agrícolas (ROSOLEN et al. 2015).

Além disso, imapestos ambientais podem resultar em efeitos negativos na diversidade das comunidades de plantas (CAGNOLO et al. 2006), sobretudo ao considerar regenerantes, já que a regeneração responde mais diretamente a fatores bióticos e abióticos (MARIMON et al. 2012). Nesse sentido, a composição florística e a estrutura da comunidade vegetal podem ser sensíveis às condições ambientais em que a vereda se encontra. Mas ainda assim, as veredas estão entre os ambientes de Cerrado com maior necessidade de conhecimento (OLIVEIRA et al. 2009).

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo analisar a regeneração lenhosa e a representatividade de grupos vegetais na cobertura do solo em duas veredas sob pressões ambientais semelhantes na presença e ausência de vegetação nativa adjacente à borda, de modo a identificar possíveis diferenças relacionadas a impactos ambientais indiretos nas veredas.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Áreas de estudo

O presente estudo foi realizado em duas veredas localizadas na Fazenda Nova Monte Carmelo (Figura 1), cuja sede situa-se no município de Estrela do Sul, região do Triângulo Mineiro. A distância entre as áreas de estudo é de aproximadamente 12 km e, embora estejam localizados em municípios diferentes, sendo a vereda 1 ($18^{\circ}45'15,3''S$; $47^{\circ}51'43,3''W$) situada no município de Estrela do Sul e a vereda 2 ($18^{\circ}51'16,5''S$; $47^{\circ}50'30,7''W$) no município de Indianópolis, os fragmentos estão expostos a pressões antrópicas semelhantes, resultado da atividade de silvicultura da Fazenda Nova Monte Carmelo.

O clima da região é caracterizado como Cwc e possui verões quentes e chuvosos e invernos secos e frios, com precipitação média anual em torno de 1300 mm e temperatura média anual entre 20 e 22°C (ALVARES, et al. 2013).

A fazenda apresenta extensos plantios comerciais *Eucalyptus* spp. e *Pinus caribaea* possui uma área de 58.000 hectares dos quais, 12.000 ha são áreas de Reserva Legal em diversos estádios de regeneração, caracterizadas por pastagens abandonadas e fragmentos de cerrado sensu stricto (FERREIRA, 2014). De acordo com o Plano de Manejo da Fazenda Nova Monte Carmelo, as áreas destinadas à recuperação estão em processo de regeneração natural (DURATEX, 2012). No entanto, tanto as áreas de Reserva Legal, quanto as APPs apresentam espécies invasoras como *Pinus caribaea* e gramíneas exóticas.

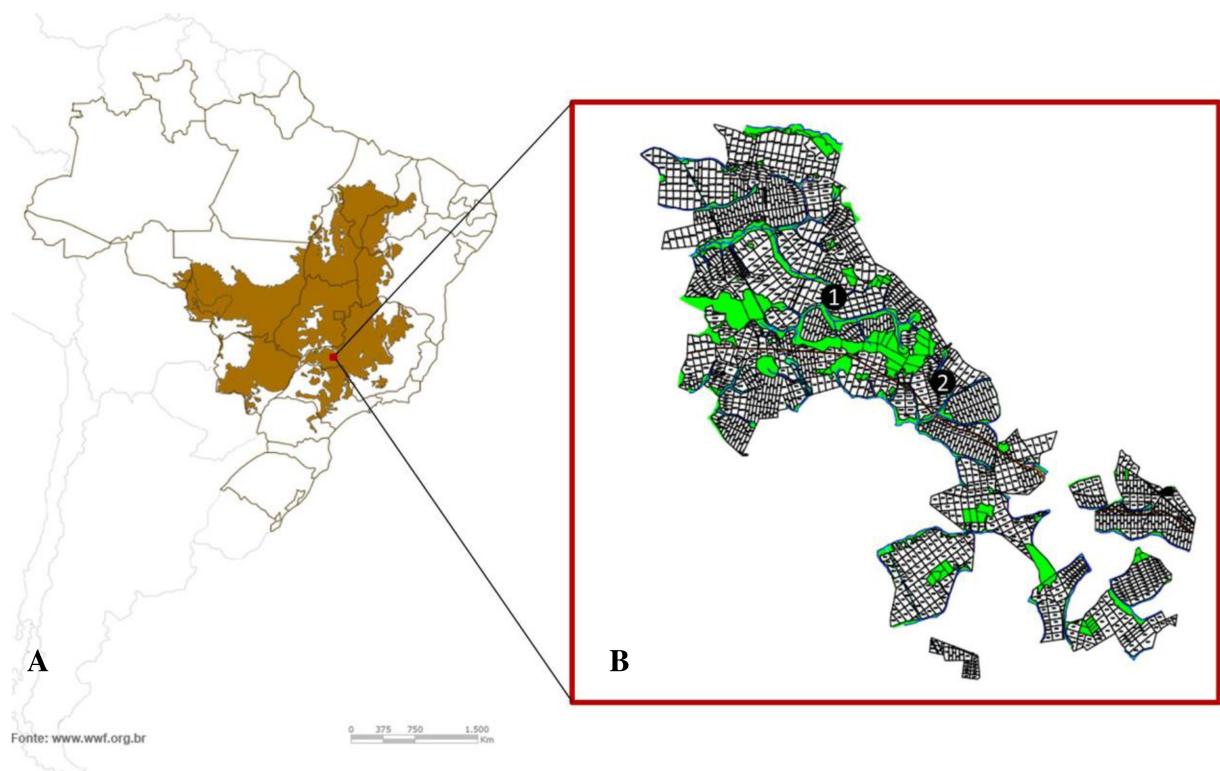


Figura 1 – Localização e imagens das áreas de estudo. 1 – vereda 1 e 2 – vereda 2. Mapa A: Bioma Cerrado, Adaptado de WWF. Mapa B: Fazenda Nova Monte Carmelo Adaptado de Duratex, 2012.

Adjacente à borda da margem direita da vereda 1 ao lado da área de estudo existe uma região de pastagem abandonada, coberta principalmente por gramíneas exóticas, apresentando aproximadamente 100 m de largura. A margem esquerda da vereda encontra-se em contato com uma estrada e à aproximadamente 6 m da plantação de *Eucalyptus* sp (Figura 2A).

Já a vereda 2, situada em uma área mais declivosa, apresenta trechos de vegetação nativa com aproximadamente 50 m de largura, acompanhando sua borda (Figura 2B).



Figura 2 – Vista do trecho de estudo na Vereda 1 (A): à partir da área de pastagem abandonada que acompanha a borda da margem direita e, ao fundo, a plantação de *Eucalyptus* sp. próxima à borda da margem esquerda. Vegetação nativa (B) que acompanha as bordas do trecho de estudo da vereda 2, vista à partir da margem direita da vereda. Foto A: André R. Terra Nascimento.

1.2.2 Coleta de dados

A análiação da regeneração seguiu um padrão de amostragem utilizando duas classes de tamanho em parcelas de 2x2 m (Classe I) e parcelas 10x10m (Classe II). Em cada vereda foram dispostas 15 parcelas de Classe I e 15 de Classe II nas condições ambientais de borda (5 parcelas), meio (5 parcelas) e fundo (5 parcelas), dispostas aleatoriamente ao longo de transectos perpendiculares à linha de drenagem da vereda (Figura 3). A delimitação das zonas de borda, meio e fundo foram estabelecidas de acordo com o que foi proposto por Araújo et al. (2002).

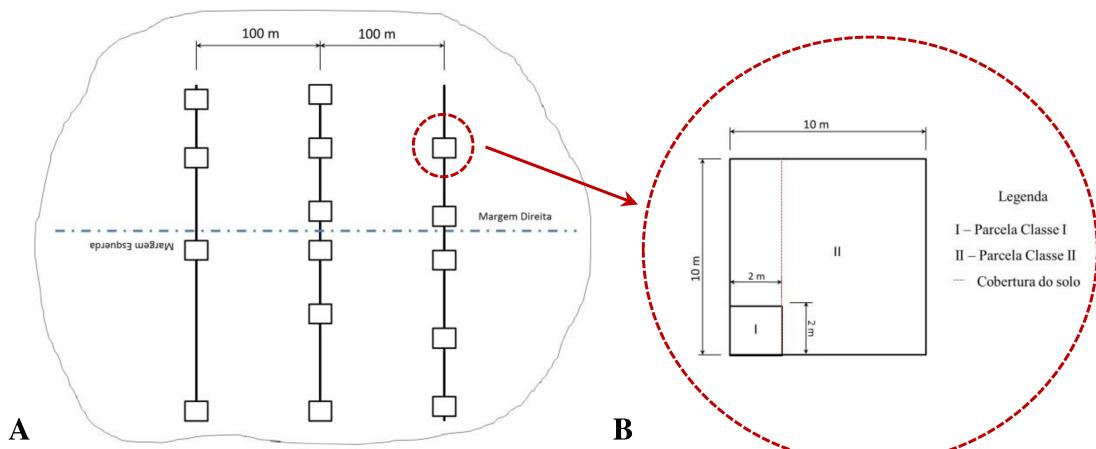


Figura 3 – Desenho esquemático do método de amostragem da reenergação lenhosa e cobertura do solo. A – Disposição de transectos e parcelas nas veredas. B – Amostragem da regeneração e cobertura nas parcelas.

Todos os regenerantes entre 15cm e 1m de altura foram amostrados nas parcelas de Classe I e os indivíduos lenhosos com 1m de altura e até 5cm de DAP (1,3m acima do solo) nas parcelas de Classe II. Segundo Felfili et al. (2005), indivíduos com DAP superior a 5 cm caracterizam a vegetação adulta este, desse modo, separando o estrato arbóreo da vegetação adulta.

Os indivíduos lenhosos amostrados foram identificados em campo, quando a identificação *in loco* não foi possível, o material foi coletado e comparado com a bibliografia especializada e material do acervo do Herbarium Uberlandensis (HUFU). O material com identificação duvidosa ou ainda não identificado foi enviado para especialistas. As espécies foram classificadas de acordo com Angiosperm Phylogeny Group III (APG III, 2009).

Para análise da representatividade da vegetação lenhosa nas veredas, foram realizadas análises de cobertura do solo. Este parâmetro foi verificado pelo método de intercepto linear (CANFIELD, 1941). Em cada área foram amostradas 15 linhas com 10m de comprimento (5 em cada condição ambiental), mensuradas sobre a vegetação a uma altura de 1m do solo. As linhas foram dispostas nas parcelas de 100m², paralelas aos transectos e distantes 2m da borda da parcela (Figura 3).

Para análise da cobertura por diferentes grupos vegetais, foram utilizadas as seguintes categorias: gramíneas exóticas, gramíneas nativas, outras herbáceas, lenhosas, lianas, pteridófitas e solo descoberto.

1.2.3 Análise dos dados

Para análise dos dados de regeneração, foi empregado o índice de Regeneração Natural Total por espécie, RNT (SILVA et al. 2014), levando em consideração a Densidade Relativa (DR) e a Frequencia Relativa (FR) em que a espécie foi amostrada, considerando as duas classes de altura, de acordo com a Equação:

$$RNT = (DR+FR)/2$$

A representatividade da amostragem foi verificada por análise exploratória da curva de acumulação de espécies por unidades amostrais, realizada para cada área, através do método “Exact” com um total de 1.000 permutações, utilizando o programa R, versão 3.2.0 (R Development Core Team, 2015).

A zonação da regeneração lenhosa foi testada por meio de Análise de Agrupamento de Cluster utilizando o índice “Bray-Curtis” (CURI, 1992). Para isso, foram utilizados dados de abundância de espécies que foram amostradas em pelo menos duas parcelas e com mais de dois indivíduos. As análises também foram realizadas por meio do programa R, versão 3.20 (R Development Core Team, 2015).

A normalidade dos dados foi testada usando análises gráficas e o teste de Kolmogorov-Smirnov com $p \leq 0.05$. Para testar diferenças na densidade de regenerantes das espécies invasoras das duas veredas foi utilizado o teste não-paramétrico de Mann-Whitney (U), já que os dados não atenderam as premissas de normalidade (GOTELLI; ELLISON, 2011). As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa Systat, versão 10.2 (Systat Software, Inc, Richmond, Calif).

2.3 RESULTADOS

Foram amostrados um total de 369 indivíduos lenhosos na vereda 1 e 1.053 indivíduos na vereda 2. A densidade média de regenerantes lenhosos foi de 2.45(± 3.17) indivíduos por hectare na vereda 1 e 7.02 (± 3.814) indivíduos por hectare na vereda 2, diferindo significativamente, como apresentado no Capítulo 3. Embora, devido à maior densidade da regenerantes lenhosos na vereda 2 ter resultado em amostragem de um número muito superior de indivíduos na vereda 2 em relação à vereda 1, a diversidade de espécies encontradas nas veredas foi semelhante. Apenas metade das espécies encontradas na vereda 1 foram comuns à vereda 2. Assim, apesar de representarem a mesma fitofisionomia, sob pressões antrópicas semelhantes, a composição de regenerantes lenhosos das duas veredas apresentaram características distintas, fato confirmado utilizando a análise de agrupamento apresentada no Capítulo 3.

A amostragem de regenerantes lenhosos nas parcelas dispostas nas duas áreas de estudo mostrou-se eficiente na representação da comunidade lenhosa das áreas. A curva de acumulação de espécies apresentou tendência de estabilização com o esforço amostral dispendido nas duas veredas (Figura 4). Deste modo, é possível que os dados de regeneração natural representem satisfatoriamente as condições de regeneração lenhosa nas veredas analisadas.

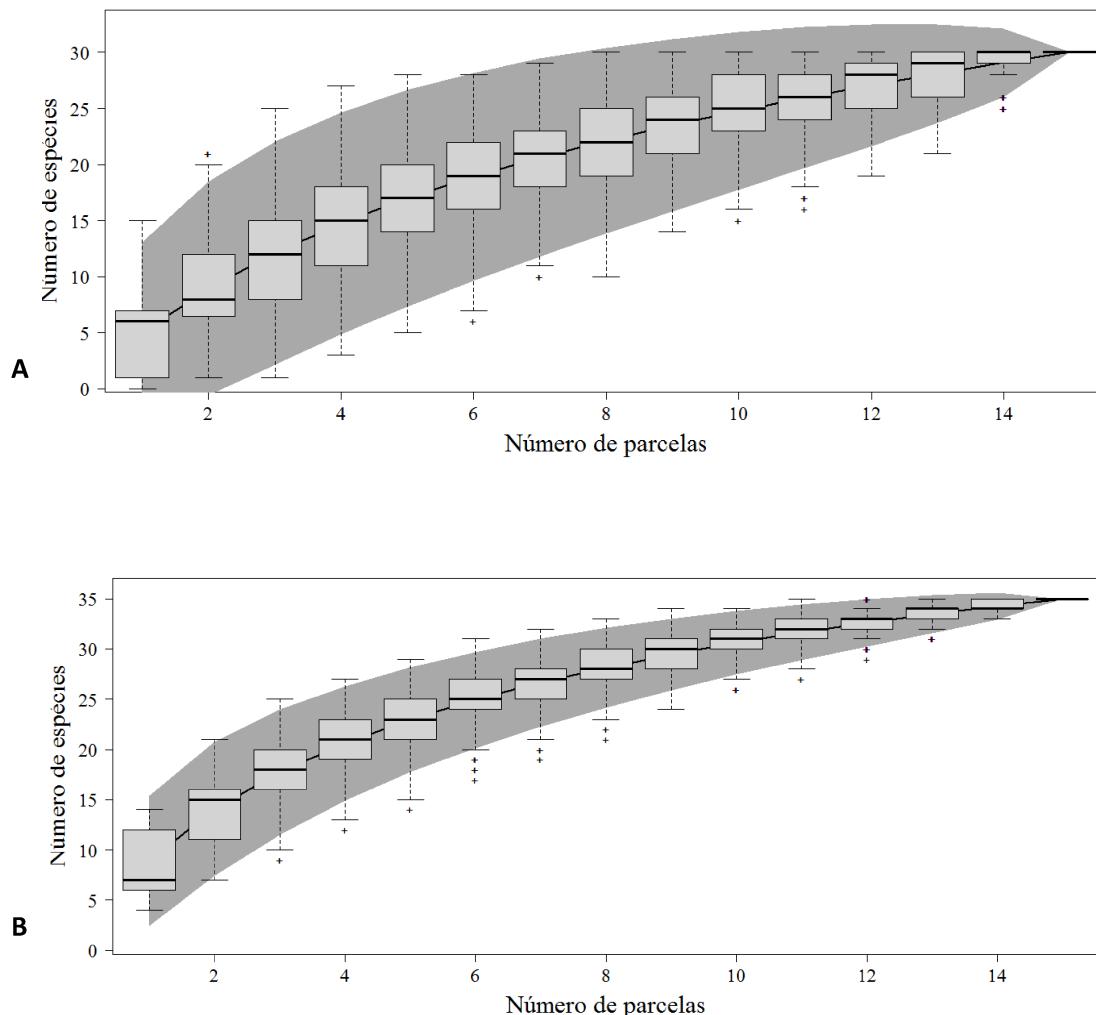


Figura 4 – Curva de acumulação de espécies das veredas 1 (A) e 2 (B) para o esforço amostral de 15 parcelas em cada área de estudo.

Na análise de regeneração da vereda 1, foi possível identificar 30 espécies pertencentes à 23 gêneros e 15 famílias. A espécie com maior densidade relativa foi *Leandra erostrata* (DC.) Cogn. As três espécies com maiores índices de regeneração representaram quase 60% dos indivíduos amostrados na comunidade. A espécie exótica invasora *Pinus caribaea* Morelet. apresentou um alto valor de Regeneração Natural Total (RNT) especialmente pela alta frequência em que foi amostrado (Tabela 1).

Tabela 1 - Lista de espécies lenhosas regenerantes da vereda 1, com índice de Regeneração Natural Total (RNT), em Estrel do Sul-MG. DR = Densidade Relativa; FR= Frequência Relativa.

Espécies	Família	DR(%)	FR(%)	RNT
<i>Leandra erostrata</i> (DC.) Cogn.	Melastomataceae	26,111	46,667	36,389
<i>Sebastiania myrtilloides</i> (Mart.) Pax	Euphorbiaceae	14,167	53,333	33,750
<i>Miconia chamossois</i> Naudin	Melastomataceae	18,611	26,667	22,639
<i>Pinus caribaea</i> Morelet.	Pinaceae	2,500	40,000	21,250
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Asteraceae	6,111	33,333	19,722
<i>Ilex</i> sp.	Aquifoliaceae	1,944	33,333	17,639
<i>Chromolaena</i> sp.	Asteraceae	6,111	26,667	16,389
<i>Trembleya parviflora</i> (D.Don) Cogn	Melastomataceae	4,444	26,667	15,556
<i>Ilex affinis</i> Gardner	Aquifoliaceae	3,611	26,667	15,139
<i>Strychnos</i> sp.	Loganiaceae	2,222	20,000	11,111
<i>Myrcia retorta</i> Cambess.	Myrtaceae	1,111	20,000	10,556
<i>Myrcia laruotteana</i> Cambess.	Myrtaceae	2,222	13,333	7,778
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Melastomataceae	1,944	13,333	7,639
<i>Vernonia polyanthes</i> Less.	Asteraceae	1,389	13,333	7,361
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	0,556	13,333	6,944
<i>Miconia</i> sp.	Melastomataceae	0,556	13,333	6,944
<i>Microlicia euphorbioides</i> Mart.	Melastomataceae	0,556	13,333	6,944
<i>Ludwigia nervosa</i> (Poir) H.Hara	Onagraceae	2,222	6,667	4,444
<i>Tibouchina</i> sp.	Melastomataceae	1,389	6,667	4,028
<i>Ludwigia peruviana</i> (L.) H.Hara	Onagraceae	1,111	6,667	3,889
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Meliaceae	0,833	6,667	3,750
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	0,556	6,667	3,611
<i>Byrsonima</i> sp.	Malpighiaceae	0,278	6,667	3,472
<i>Casearia</i> sp.	Salicaceae	0,278	6,667	3,472
<i>Miconia theizans</i> (Bonpl.) Cogn.	Melastomataceae	0,278	6,667	3,472
<i>Moutabea excoriata</i> Mart. ex Miq.	Polygalaceae	0,278	6,667	3,472
<i>Palicourea</i> sp.	Rubiaceae	0,278	6,667	3,472
<i>Raulinoreitzia</i> sp.	Asteraceae	0,278	6,667	3,472
<i>Symplocos rhamnifolia</i> A.DC.	Symplocaceae	0,278	6,667	3,472
<i>Siparuna brasiliensis</i> (Spreng.) A.DC.	Siparunaceae	0,278	6,667	3,472

Quanto à distribuição de espécies nas famílias botânicas encontradas na amostragem, Melastomataceae foi a família com maior representatividade, com nove espécies regenerantes. A maioria das famílias botânicas foram representadas por apenas uma única espécie (Figura 5).

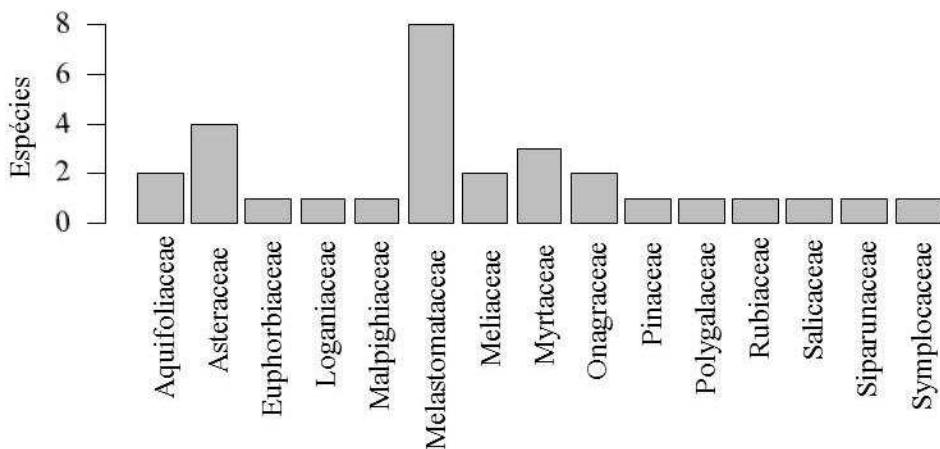


Figura 5- Distribuição de espécies de regenerantes lenhosos por família botânica, obtida na amostragem da regeneração na vereda 1.

Na vereda 2, foram identificadas 35 espécies de regenerantes pertencentes a 28 gêneros e 21 famílias. Assim como ocorreu na vereda 1, *Leandra erostrata* foi a espécie com maior valor de RNT, seguida de *Trembleya parviflora*. As duas espécies representaram aproximadamente 66% da regeneração amostrada (Tabela 2). De modo geral, as duas veredas apresentaram poucas espécies com Densidade Relativa (DR) superior a 10% (três espécies na vereda 1 e duas na vereda 2), indicando que nos trechos amostrados há baixa diversidade de espécies lenhosas regenerantes.

Tabela 2 – Lista de espécies lenhosas regenerantes da vereda 2 com índice de Regeneração Natural Total (RNT), em Indianópois-MG. DR = Densidade Relativa; FR = Frequência Relativa.

Espécies	Família	DR	FR	RNT
<i>Leandra erostrata</i> (DC.) Cogn.	Melastomataceae	55,461	100,00	77,730
<i>Trembleya parviflora</i> (D.Don) Cogn	Melastomataceae	10,256	80,00	45,128
<i>Psychotria</i> sp.	Rubiaceae	4,653	60,00	32,327
<i>Miconia chamossois</i> Naudin	Melastomataceae	4,463	60,00	32,232
<i>Myrcia retorta</i> Cambess.	Myrtaceae	3,799	60,00	31,899
<i>Ilex affinis</i> Gardner	Aquifoliaceae	3,324	46,67	24,997
<i>Miconia theizans</i> (Bonpl.) Cogn.	Melastomataceae	3,514	40,00	21,757
<i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.	Annonaceae	0,665	40,00	20,332
<i>Cordiera sessilis</i> (Vell.) Kuntze	Rubiaceae	1,614	33,33	17,472
<i>Strychnos</i> sp.	Loganiaceae	0,570	33,33	16,950
<i>Blepharocalyx salicifolius</i> (Kunth) O.Berg	Myrtaceae	0,475	33,33	16,902
<i>Myrcia</i> sp.	Myrtaceae	1,140	26,67	13,905
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	Styracaceae	0,760	26,67	13,715
<i>Ludwigia nervosa</i> (Poir) H.Hara	Onagraceae	1,425	20,00	10,712
<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	Asteraceae	0,760	20,00	10,380
<i>Byrsonima</i> sp.	Malpighiaceae	0,380	20,00	10,190
<i>Pinus caribaea</i> Morelet.	Pinaceae	0,285	20,00	10,142
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	Meliaceae	0,285	20,00	10,142
<i>Erythroxylum myrsinites</i> Mart.	Erythroxylaceae	1,425	13,33	7,377
<i>Rhynchanthera grandiflora</i> (Aubl.) DC.	Melastomataceae	0,855	13,33	7,092
<i>Ilex brasiliensis</i> (Spreng.) Loes.	Aquifoliaceae	0,665	13,33	6,997
<i>Hedyosmum brasiliense</i> Mart. Ex Miq.	Chloranthaceae	0,570	13,33	6,950
<i>Agonandra brasiliensis</i> Miers ex Benth. & Hook.f.	Opiliaceae	0,190	13,33	6,760
<i>Gaylussacia brasiliensis</i> (Spreng.) Meisn.	Ericaceae	0,190	13,33	6,760
<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana	Melastomataceae	0,475	6,67	3,572
<i>Symplocos rhamnifolia</i> A.DC.	Symplocaceae	0,475	6,67	3,571
<i>Jacaranda micrantha</i> Cham.	Bignoniaceae	0,285	6,67	3,477
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D.Mitch.	Anacardiaceae	0,285	6,67	3,477
<i>Guarea guidonia</i> (L.) Sleumer	Meliaceae	0,190	6,67	3,430

Continua...

Continuação...

<i>Baccharis oxyodonta</i> DC.	Asteraceae	0,095	6,67	3,382
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae	0,095	6,67	3,382
<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth	Fabaceae	0,095	6,67	3,382
<i>Galactia</i> sp.	Fabaceae	0,095	6,67	3,382
<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	Euphorbiaceae	0,095	6,67	3,382
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	Myrtaceae	0,095	6,67	3,382

Melastomataceae também foi a família com maior riqueza da comunidade de regenerantes lenhosos da vereda 2, com 6 espécies. Também houveram muitas famílias com apenas uma espécie (Figura 6).

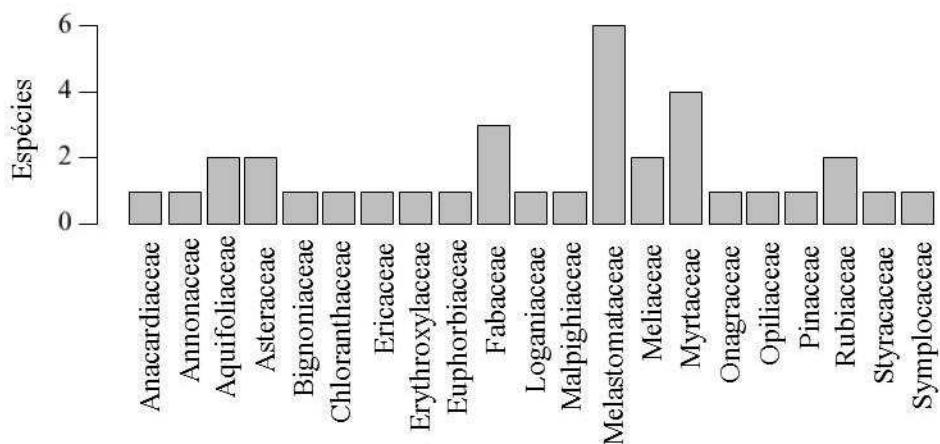


Figura 6 - Distribuição de espécies de regenerantes lenhosos por família, obtida na amostragem da regeneração na vereda 2.

A espécies oportunista *Trembleya parviflora* (nativa) e a invasora *Pinus caribaea* (exótica) foram importantes componentes da regeneração lenhosa nas duas veredas, especialmente *P. caribaea* na vereda 1 e *T. parviflora* na vereda 2. A densidade de *T. parviflora* diferiu significativamente entre as veredas ($U= 42,500$; $p= 0,002$), com maior densidade na vereda 2 e presença da espécie em quase todas as unidades amostrais indicando elevada frequência. Já na vereda 1, a distribuição de *T. parviflora* foi mais agregada, com evidente formação de “zona trembleyal” na margem esquerda (Figura 7) (Anexo A).

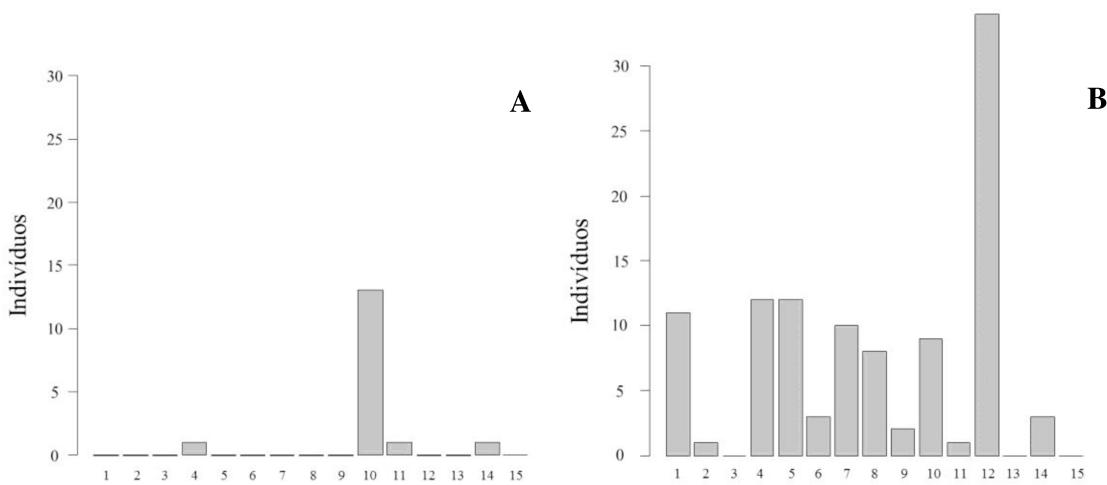


Figura 7 - Distribuição de *Trembleya parviflora* nas unidades amostrais da vereda 1 (A) e vereda 2 (B).

Não foram observadas diferenças na composição da regeneração lenhosa entre as zonas de borda, meio e fundo da vereda 2 (Figura 9), no entanto, a vereda 1 apresentou uma tendência à zonação, com distinção entre borda e fundo, evidenciadas pela Análise de Agrupamento de Cluster (Figura 8). Esta tendência à zonação foi observada especialmente em parcelas da margem direita da vereda. Deste modo, foi possível observar que, além de importantes diferenças na composição florística entre as veredas, a regeneração natural também segue padrões distintos de distribuição nestas duas áreas.

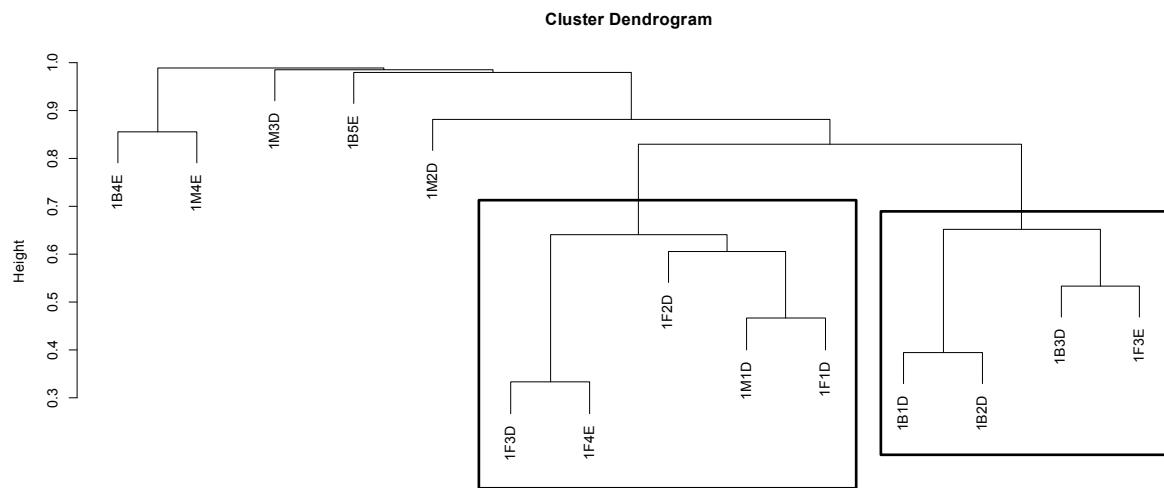


Figura 8 – Análise de Agrupamento para dados de regeneração lenhosa da vereda 1, evidenciando uma tendência à zonação de borda e fundo (Correlação Cofenética = 0,9098). As unidades amostrais comparadas referem-se as parcelas: os primeiros algarismos indicam a área (vereda 1); primeiras letras indicam a zona de borda (B), meio (M) e fundo (F); os algarismos seguintes indicam o transecto e as ultimas letras indicam a margem, direita (D) ou esquerda (E).

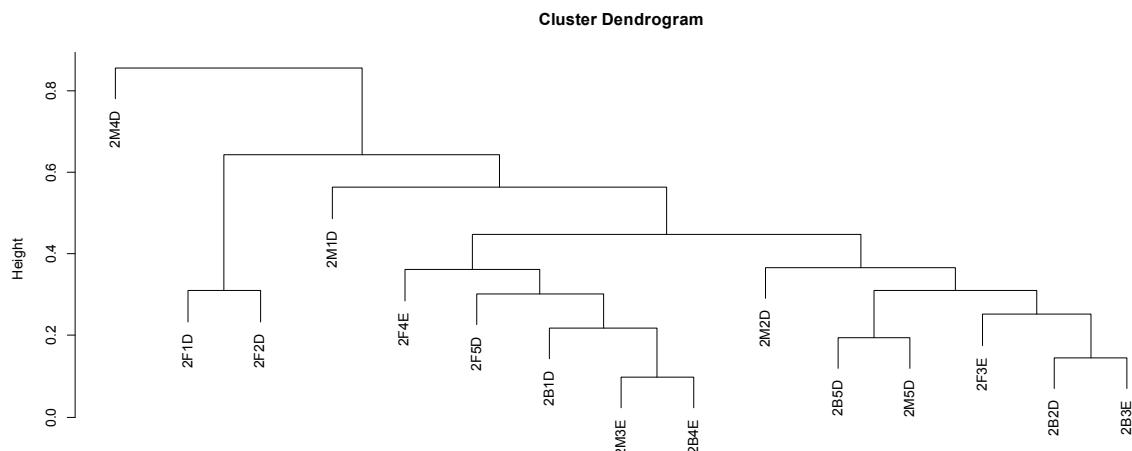


Figura 9 - Análise de Agrupamento para dados de composição da regeneração lenhosa da vereda 2 (Correlação Cofenética = 0,9096). As unidades amostrais comparadas referem-se as parcelas: os primeiros algarismos indicam a área (vereda 2); primeiras letras indicam a zona de borda (B), meio (M) e fundo (F); os algarismos seguintes indicam o transecto e as ultimas letras indicam a margem, direita (D) ou esquerda (E).

A análise da cobertura do solo por espécies lenhosas (regenerantes e adultas) em relação às outras categorias de cobertura (gramíneas exóticas, gramíneas nativas, demais herbáceas, pteridófitas, solo descoberto e lianas) demonstrou o distinto padrão de distribuição de espécies lenhosas nas duas veredas. Na vereda 1 as espécies lenhosas representaram em

média 6,81%($\pm 11,03$) da cobertura do solo. Seguindo a tendência de zonação, houve diferença marginalmente significativa ($K = 5,616$; $p = 0,060$) na cobertura de espécies lenhosas, com maiores médias na borda, onde a cobertura de gramíneas nativas foi significativamente menor ($K=7,734$; $p=0,021$).

Assim como os dados de regeneração, não foi observada zonação na cobertura do solo na vereda 2 (Figura 10), com distribuição de categorias de cobertura muito semelhantes entre as zonas. Esta vereda apresentou maiores médias de cobertura ($17,733\% \pm 14,788$) em relação à vereda 1 ($U = 45,000$; $p = 0,005$) (Figura 10). Desse modo, diferenças nas composições florísticas, densidade de regenerantes lenhosos, em especial a espécie *T. parviflora* e maior representatividade das espécies lenhosas na cobertura do solo indicam que essa vereda pode estar sob processo de transformação da vegetação, com invasão de espécies de fitofisionomias florestais circundantes. Assim sendo, é possível que neste ecossistema exista um efeito do rebaixamento de lençol freático atuando como agente facilitador dessa transformação.

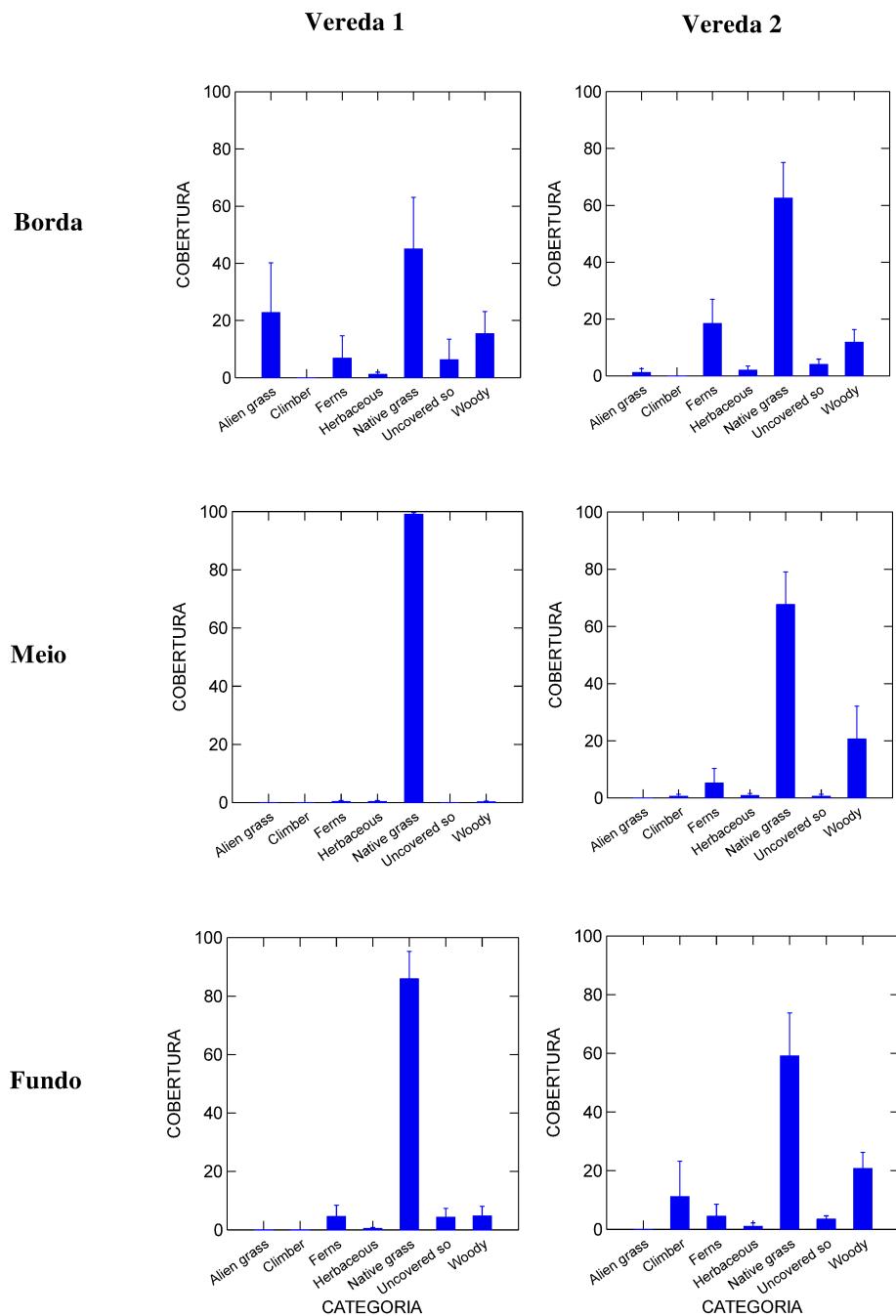


Figura 10 – Cobertura do solo (%) nas duas veredas analisadas nas zonas de borda, meio e fundo, evidenciando a tendência à zonação da cobertura de espécies lenhosas na vereda 1 e distribuição homogênea na vereda 2.

2.4 DISCUSSÃO

A diversidade de espécies lenhosas encontrada neste estudo foi semelhante à vereda de menor riqueza analisada por Araújo et al. (2002) no Triângulo Mineiro, considerando apenas as espécies arbóreas, arbustivas e subarbustivas. De modo semelhante, Santos e Munhoz (2012) relataram baixa diversidade de espécies em uma vereda na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, Distrito Federal, e associaram essa baixa diversidade à ausência de um brejo permanente como relatados em outros levantamentos florísticos de veredas com maior diversidade. Esta possível explicação parece proceder, já que as veredas 1 e 2 apresentam uma linha de drenagem bem definida, havendo uma única região de dimensões reduzidas na vereda 2 com a presença desses brejos permanentes, onde se concentrou a maior parte da diversidade desta área.

Poaceae, Asteraceae, Cyperaceae e Xyridadaceae são famílias relatadas com maior diversidade em veredas (MOREIRA et al. 2015; RESENDE et al. 2013; SANTOS; MUNHOZ, 2012; OLIVEIRA et al. 2009; ARAÚJO et al. 2002), no entanto essa diversidade se deve às espécies herbáceas que cobrem a maior parte do solo desses ecossistemas e que não foram considerados neste levantamento. No entanto, considerando apenas espécies arbustivas e subarbustivas, a família Melastomataceae apresenta importante diversidade de espécies em veredas, assim como encontrado nos dados de regeneração deste estudo. Além disso, o elevando número de famílias com uma única espécie é comum nestes levantamentos florísticos de veredas (MOREIRA et al. 2015; RESENDE et al. 2013; SANTOS; MUNHOZ, 2012; OLIVEIRA et al. 2009; ARAÚJO et al. 2002), provavelmente devido às condições ambientais restritas desses ambientes.

Diferente dos resultados encontrados em Bela Vista, Goiás, por Resende et al (2013) que identificou alta similaridade entre veredas com diferentes características de uso do solo no entorno, as veredas 1 e 2 apresentaram características florísticas distintas, tanto na composição quanto na distribuição de espécies lenhosas ao longo do gradiente de borda, meio e fundo. A presença de vegetação nativa em torno das bordas da vereda 2 e ausentes na vereda 1 pode ser um fator importante para explicar essa diferença, mas dada às distintas condições das veredas comparadas com Bela Vista, que ainda assim apresentaram comunidades vegetais semelhantes, é possível que, mais do que as características da vegetação do entorno,

outras características ambientais estejam envolvidas nas diferenças encontradas, sejam elas naturais ou resultado de impactos ambientais.

A composição florística das duas veredas, em especial da vereda 2, apresentou espécies também relatadas para outras fitofisionomias de formação florestal da região do Triângulo Mineiro. As espécies *Copaifera langsdorffii*, *Agonandra brasiliensis*, *Maprounea guianensis*, *Xylopia sericea* e *Trichilia catigua* e *Guarea guidonea* foram também relatadas em florestas semideciduais (PAIVA et al. 2007; ARAUJO; HARIDASAN, 1997). *Copaifera langsdorffii*, *Mycia laruotteana*, *Trichilia catigua*, *Tapirira obtusa* e *Guarea guidonia* foram encontradas em matas ciliares (RODRIGUES et al. 2010) e *Cordiera sessilis*, *Myrcia splendens* e *Copaifera langsdorffii* em matas galeria (VALE et al. 2015).

Por outro lado, as espécies *Miconia theizans*, *Miconia chamossois*, *Sebastiania myrtilloides*, *Ilex affinis*, *Ludwigia nervosa*, *Trembleya parviflora* e *Miconia albicans* parecem ser espécies comumente encontrada em veredas (RESENDE et al. 2013; SANTOS; MUNHOZ, 2012; MUNHOZ et al. 2011; MEIRELLES et al. 2004; GUIMARÃES et al. 2002;). Dentre essas, a espécie *M. theizans*, presente na vereda 2, é possivelmente uma espécie sensível à perturbações, estando mais restrita à regiões mais conservadas das veredas (MEIRELLES et al. 2004; GUIMARÃES et al. 2002) e *M. chamossois*, mais restrita à zonas com maior umidade (MEIRELLES et al. 2004). Já as espécies *T. parviflora* e *M. albicans* são relacionadas, normalmente, à áreas perturbadas, principalmente nas zonas de bordas (SANTOS; MUNHOZ, 2012; FELILLI, 2008; MEIRELLES et al. 2004; GUIMARÃES et al. 2002). Deste modo, os dados de regeneração natural podem indicar distintas condições de umidade e de conservação em cada uma das veredas analisadas.

Apesar da forte dominância de *Leandra erostrata*, a presença dessa espécie em veredas é aparentemente rara, pois levantamentos florísticos em veredas não relatam sequer a sua ocorrência, apenas a presença de uma espécie não identificada do mesmo gênero em uma das áreas de estudo de Araújo et al. (2002). Alguns trabalhos citam a espécie como típica de vegetações campestres de Cerrado (SELUSNIAKI; ACRA, 2009; FREITAS; SAZIMA, 2006; MATSUMOTO; MARTINS, 2005; MANTOVANI; MARTINS, 1993) e, segundo Selusniaki e Acra (2009) a espécie pode ser encontrada mesmo em áreas que apresentam sinais de degradação ambiental como pisoteio de gado e queimadas. Deste modo, é possível que as condições ambientais das veredas analisadas estejam, em sua maior parte, favorecendo a espécie *L. erostrata* em detrimento de espécies mais sensíveis a perturbações ambientais.

Considerando as características da regeneração natural encontradas nas duas veredas, a baixa diversidade da regeneração lenhosa e a dominância de poucas espécies pode resultar em condições de diversidade de espécies lenhosas ainda menores no futuro. Neste caso, o acompanhamento da dinâmica da vegetação pode ser importante na conservação de espécies características de veredas, que podem estar sendo substituídas por espécies de outras fitofisionomias ou por espécies oportunistas como *T. parviflora* e a invasora *Pinus caribaea*.

Apesar da ausência de relatos de *Pinus caribaea* em outras veredas, *Pinus elliottii* Engelm. foi documentado em altas densidades em áreas alagadas da estação Ecológica de Itapirina (ZANCHETTA; DINIZ, 2006). Além disso, assim como ocorre com *Pinus caribaea* na Fazenda Nova Monte Carmelo, foi verificado que *Pinus taeda* L. pode ocorrer em todas as fitofisionomias da Serra do Mar do Paraná e, embora não sejam claros os efeitos desta invasora na riqueza de espécies nativas, foi verificado efeito negativo na cobertura vegetal nativa (FALLEIROS et al. 2010).

Considerando a alta suscetibilidade de veredas a impactos diretos e indiretos, é possível que *P. caribaea* também exerça alguma influência na composição e distribuição de espécies nativas nas veredas. Além disso, efeitos a níveis ecossistêmicos também podem ocorrer, já que *P. caribaea* também é associado à acidificação e redução do pH do solo (LILIENFEIN et al. 2000) e redução de infiltração e fluxo de água em áreas de abastecimento (WATERLOO et al. 2007).

A conservação das veredas 1 e 2 depende de maiores conhecimentos a respeito das causas e consequências das altas densidade de *Trembleya parviflora* que, apesar de nativa, é associadas à perturbações nas condições naturais das veredas (SANTOS; MUNHOZ, 2012; MUNHOZ et al. 2011; MEIRELLES et al. 2004) e baixa diversidade (SANTOS; MUNHOZ, 2012), assim como, as causas e consequências da dominância de *Leandra erostrata*. Neste caso, são importantes investigações que identifiquem as condições ambientais em que estas espécies melhor se desenvolvem e as possíveis interações com as demais espécies nativas e exóticas.

Os dados de cobertura do solo da vereda 1 indicam uma tendência comum de cobertura do solo em veredas, com maior representatividade de espécies do estrato herbáceo graminoso (MOREIRA et al. 2015) e menor importância de espécies lenhosas na zona de meio (ARAUJO et al, 2012). Os resultados da vereda 2, no entanto, parece diferir quanto à

heterogeneidade e zonação da vegetação, tanto na composição quanto na distribuição de espécies lenhosas.

Além disso, Felfilli et al (2008) e Meirelles et al. (2004) comentam sobre a presença de espécies de formações florestais em veredas e indicam como possível causa o rebaixamento do leçol freático. Sob esse efeito, é possível que a vegetação típica de vereda seja aos poucos substituída em um processo de sucessão. Neste caso, a alta densidade e cobertura de espécies lenhosas da vereda 2 somado à ausência de zonação podem ser um indicativo de menores condições de umidade, possivelmente causados por rebaixamento do lençol que afeta até mesmo a zona de fundo dessa vereda. Ao mesmo tempo, maiores coberturas de gramíneas invasoras nas bordas, como apresentado na Figura 10, formação de zona trembleyal e altos valores de RNT de *Pinus caribaea* podem indicar necessidade de implantação de medidas que visem o manejo das áreas de borda na vereda 1.

Tanto a homogeneidade de cobertura do solo, quanto a dominância de espécies como *L. erostata* e *T. parviflora* na regeneração lenhosa podem refletir condições do ambiente mais favorável a espécies generalistas e resistentes a perturbações nas duas veredas. Variáveis ambientais relacionadas à paisagem como isolamento e fragmentação, assim como variáveis edáficas, podem apresentar um efeito negativo significativo na diversidade de espécies especialistas e, ao mesmo tempo, não influenciar a riqueza de espécies generalistas (MILLER, 2016). Neste caso, é possível que, intervenções que permitam maior conectividade entre os fragmentos de vegetação nativa, bem como, identificação e recuperação das áreas de maior degradação do solo sejam estratégias necessárias à conservação de espécies mais sensíveis aos impactos em que as veredas estão submetidas.

2.5 CONCLUSÕES

Para a amostragem aparentemente representativa da regeneração lenhosa das veredas 1 e 2 da Fazenda Nova Monte Carmelo, foi encontrada uma riqueza de espécies relativamente baixa nas duas áreas. Embora semelhantes em diversidade de espécies (30 espécies na vereda 1 e 35 espécies na vereda 2), com o mesmo esforço amostral foi identificado um número de indivíduos muito superior no trecho amostrado na vereda 2 em relação à vereda 1, com diferença significativa nas médias de densidade.

De modo geral, a regeneração lenhosa foi dominada por poucas espécies, sendo *Leandra erostrata*, *Trembleya parviflora*, *Sebastiania myrtilloides* as espécies com maior RNT. Além disso, as veredas apresentaram um número elevado de espécies que só ocorreram em uma das áreas, indicando diferenças importantes na composição florística, em nível local.

As famílias mais representativas foram: Melastomataceae, Asteraceae, Myrtaceae e Fabaceae, comumente relatadas na literatura como famílias de maior riqueza de espécies em veredas. Também de modo semelhante a outras veredas, houve uma grande proporção de famílias representadas apenas por uma espécie nas duas áreas. Duas espécies lenhosas potencialmente invasoras apresentaram altos valores de regeneração (RNT), a exótica *Pinus caribaea* e a nativa *Trembleya parviflora*. Quanto à *P. caribaea*, não há relatos na literatura sobre seu potencial invasor em outras veredas e seus efeitos nas comunidades vegetais invadidas (ver Capítulo 3), mas há indícios de impactos no solo e hidrologia. Já *T. parviflora* é associada à maiores níveis de perturbação em veredas e reduzida diversidade.

A espécie *Leandra erostrata* foi dominante na regeneração das duas áreas. Aparentemente não se trata de uma espécie comum nesses ecossistemas, embora relatada como espécie típica de vegetação campestre no bioma Cerrado. Essas características podem representar risco à diversidade local, pois mantendo o padrão da regeneração, no futuro, muitas espécies típicas de veredas poderão desaparecer dessas áreas. Nesse sentido, maiores investigações sobre o impacto de altas densidades da *L. erostrata* na comunidade vegetal de veredas são necessárias e, possivelmente a implantação de medidas de controle da espécie.

Com a presença de espécies mais sensíveis a condições de perturbação como *Miconia theizans* e mais resistentes como *T. parviflora*, as veredas parecem abrigar diferentes condições de degradação ambiental. Assim, embora as áreas apresentem baixa diversidade e

fraca zonação, há indício de heterogeneidade ambiental. Identificar as regiões de maior perturbação e intervir para conservação e restauração é de suma importância para manutenção desses ambientes e dos seus serviços ecossistêmicos.

As características da comunidade vegetal da vereda 2 indicam uma alta densidade e cobertura de espécies lenhosas. Estas características podem ser importantes indicadores de rebaixamento do lençol freático e remetem a importância de monitoramento da comunidade vegetal para identificação e compreensão de processos de mudança da cobertura vegetal herbáceo arbustiva típica de veredas para vegetação arbustiva arbórea de florestas de galeria.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES-GONÇALVES, J.L.; SPAREVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- ARAUJO, G. M. A.; BARBOSA, A. A. A.; ARANTES, A. A. A.; AMARAL, A. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 475-493, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002012000012>
- ARAÚJO, GM de; HARIDASAN, M. Estrutura fitossociológica de duas matas mesófilas semidecíduas. Uberlândia, Triângulo Mineiro. **Naturalia**, v. 22, n. 1, p. 115-129, 1997.
- BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G.; BARUQUI, F. M. Veredas: uma abordagem integrada. **Daphne**, v. 1, n. 3, p. 10-14, 1991.
- BRASIL. Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Diário Oficial de União**. 28 mai 2012. Seção 1:3.
- CAGNOLO, L.; CABIDO, M.; VALLADARES, G. Plant species richness in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina: Ecological traits and habitat fragmentation effects. **Biological Conservation**, v. 132, n. 4, p. 510-519, 2006. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.05.012>
- CURI, P. R. Análise de agrupamento: métodos seqüenciais, aglomerativos e hierárquicos. **Ciência e Cultura**, v. 35, n. 10, p. 1416-1429, 1983.
- DURATEX. **Plano de manejo florestal: versão pública**. 2012. Disponível em: <http://www.duratex.com.br/pt/Download/Plano_de_Manejo_Florestal_Versao_Publica_2012.pdf>. Acesso em: set, 2015.
- FALLEIROS, R. M.; ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. Invasão e manejo de *Pinus taeda* em campos de altitude do Parque Estadual do Pico Paraná, Paraná, Brasil. **Floresta**, v. 41, n. 1, p. 123-134, 2011. <https://doi.org/10.5380/rf.v41i1.21193>

- FELFILI, J.M., CARVALHO, F.A.; HAIDAR, R.F. 2005. **Manual para monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal.** Brasília: Universidade de Brasília.
- FELFILI, M. J.; SILVA-JUNIOR, M. C. S.; MENDONÇA, R. C.; FAGG, C. W.; FILGUEIRAS, T. S.; MECENAS, V. V. 2008. Fitofisionomias e flora. In: Fonseca, O.F., Ed., **Águas Emendadas**, Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Brasília, 152-162.
- FERREIRA, G. A. **Poleiros artificiais como núcleos de dispersão de sementes e fatores que influenciam este processo em área de cerrado sensu stricto no Triângulo Mineiro.** 2014. 49 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto de Biologia, Universidade Federal de Uberlândia, 2014.
- FREITAS, L.; SAZIMA, M. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: interactions at the community level. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 465-516, 2006. [https://doi.org/10.3417/0026-6493\(2007\)93\[465:PBIATH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3417/0026-6493(2007)93[465:PBIATH]2.0.CO;2)
- GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. (2011). **Princípios de Estatística em Ecologia.** Porto Alegre: Artmed. 527 p.
- LILIENFEIN, Juliane et al. Soil acidification in *Pinus caribaea* forests on Brazilian savanna Oxisols. **Forest Ecology and Management**, v. 128, n. 3, p. 145-157, 2000.
- MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. Florística do cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP. **Acta Botanica Brasilica**, v. 7, n. 1, p. 33, 1993. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061993000100003>
- MARIMON, B. S. et al. Monodominance in a forest of *Brosimum rubescens* Taub.(Moraceae): Structure and dynamics of natural regeneration. **Acta Oecologica**, v. 43, p. 134-139, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2012.07.001>
- MATSUMOTO, K.; MARTINS, A. B. Melastomataceae nas formações campestres do município de Carrancas, Minas Gerais. **Hoehnea**, v. 32, n. 3, p. 389-420, 2005.
- MEIRELLES, M. L. et al. Impactos sobre o estrato herbáceo de Áreas Úmidas do Cerrado. In: Cerrado: **Ecologia e Caracterização.** Embrapa, 2004, p. 41-69.
- MILLER, J. E. D. et al. Landscape structure affects specialists but not generalists in naturally fragmented grasslands. **Ecology**, v. 96, n. 12, p. 3323-3331, 2015. <https://doi.org/10.1890/15->

0245.1

PMid:26909437

MINAS GERAIS (Estado). Lei nº 20922 de 15 de outubro de 2013. **Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no Estado.** Diário do Executivo de Minas Gerais. 17 out 2013. Seção I.

MOREIRA, S. N. et al. Similar vegetation structure in protected and non-protected wetlands in Central Brazil: conservation significance. **Environmental Conservation**, v. 1, p. 1-7.

MUNHOZ, C. B. R.; EUGÊNIO, C. U. O.; OLIVEIRA, R. C. **Vereda: Guia de Campo.** Brasília: Rede de Sementes do Cerrado, 2011, 224p.

OLIVEIRA, G. C.; ARAUJO, G. M.; BARBOSA, A. A. A. Florística e zonação de espécies vegetais em veredas no Triângulo Mineiro, Brasil. **Rodriguesia**. v. 60, n. 4, p. 1077-1085, 2009. <https://doi.org/10.1590/2175-7860200960417>

PAIVA, L. V.; ARAÚJO, G. M.; PEDRON, F. Structure and dynamics of a woody plant community of a tropical semi-deciduous seasonal forest in the " Estação Ecológica do Panga", municipality of Uberlândia, Minas Gerais, Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, n. 3, p. 365-373, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000300003>

R. TEAM. Core. **R Language Definition**. 2015.

RAMOS, M. V. V. et al. Veredas do Triângulo Mineiro: Solos, água e uso. **Ciência e Agrotecnologia**, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000200014>

RESENDE, I. L. M.; CHAVES, L. J.; RIZZO, J. Â. Floristic and phytosociological analysis of palm swamps in the central part of the Brazilian savanna. **Acta Botanica Brasilica**, v. 27, n. 1, p. 205-225, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062013000100020>

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.(Eds.). **Cerrado Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA -CPAC, 1998 , p. 89-166.

RODRIGUES, V. H. P. et al. Composição, estrutura e aspectos ecológicos da floresta ciliar do rio Araguari no Triângulo Mineiro. **Hochnea**, v. 37, p. 87-105, 2010. <https://doi.org/10.1590/S2236-89062010000100006>

ROSOLEN, V. et al. Contamination of wetland soils and floodplain sediments from agricultural activities in the Cerrado Biome (State of Minas Gerais, Brazil). **Catena**, v. 128, p. 203-210, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.007>

SANTOS, F. F.; MUNHOZ, C. B. R. Diversidade de espécies herbáceo-arbustivas e zonação florística em uma vereda no Distrito Federal. **Heringeriana**, v. 6, n. 2, p. 21-27, 2014.

SILVA, L. C.; CLEMENTE, L. H. ; VIEIRA, M. C. ; NASCIMENTO, A. R. T. . Regeneração natural da comunidade arbórea em um remanescente de floresta estacional decidual. **MG. Biota**, v. 7, n. 1, p. 4-22, 2014.

SELUSNIAKI, M.; ACRA, L. A. O componente arbóreo-arbustivo de um remanescente de floresta com araucária no município de Curitiba, Paraná. **Floresta**. Curitiba, PR, v. 40, p. 593-602, 2010.

VALE, V. S. et al. Effects of reduced water flow in a riparian forest community: a conservation approach. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 27, n. 1, p. 13-24, 2015.

ZANCHETTA, D.; DINIZ, F. V. Estudo da contaminação biológica por *Pinus* spp. em três diferentes áreas na Estação Ecológica de Itirapina (SP, Brasil). Study on *Pinus* spp. biological contamination in three different areas within the Itirapina Ecological Station (São Paulo, Brazil). **Revista do Instituto Florestal**, v. 18, p. 1-14, 2006.

CAPÍTULO 2

VARIÁVEIS AMBIENTAIS E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO E SUAS RELAÇÕES
COM A DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NATIVA E EXÓTICA EM DUAS VEREDAS

Uberlândia, MG
Fevereiro – 2016

RESUMO

As veredas são ecossistemas complexos, tipicamente úmidos e com baixa resiliência. Impactos diretos e indiretos como compactação do solo, rebaixamento do lençol freático e invasão biológica são desafios importantes à manutenção dessas áreas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo descrever as condições ambientais de duas veredas em uma fazenda produtora de *Eucalyptus* sp. e relacionar estas características com a regeneração natural lenhosa, cobertura do solo, presença de espécies oportunistas e invasão biológica por *Pinus caribaea* e gramíneas exóticas. Foram coletados dados de umidade do solo, declividade, elevação, variáveis químicas do solo, cobertura do dossel, regeneração de espécies lenhosas e cobertura relativa do solo. Foram encontradas condições de heterogeneidade espacial e temporal de umidade do solo nas duas veredas, além de menores médias de umidade na vereda 2 no período seco. De modo geral, as duas áreas apresentaram solos ácidos e com baixa fertilidade. Gradientes ambientais, embora existentes, não foram explicados pela zonação, exceto Al e CTC na vereda 1, com maiores médias na borda e no meio. Maiores níveis de degradação foram encontrados na margem esquerda da vereda 1 e relacionados com as condições topográficas na vereda 2. Possivelmente, aspectos ligados à antropização de áreas adjacentes exercem maiores pressões na vereda 1, sem a presença de vegetação nativa protegendo suas bordas, enquanto variações na umidade do solo parecem influenciar as condições ambientais da vereda 2. Espécies nativas apresentaram relação positiva com fatores edáficos como: níveis de pH, soma de bases e P. Altas concentrações de Al no solo das duas veredas parecem exercer influência na distribuição da espécie oportunista *Trembleya parviflora*. Já a espécie exótica *Pinus caribaea*, apresentou maiores densidades em áreas de maior umidade, indicando o sucesso de estabelecimento dessa espécie em veredas e potencial risco às espécies nativas desse ecossistema. Gramíneas exóticas, embora presentes, não invadiram as veredas e a resistência à invasão parece estar relacionada à cobertura de gramíneas nativas.

Palavras-chave: Impactos Ambientais, Áreas Úmidas, Solos Hidromórficos, Vegetação Lenhosa

ABSTRACT

Veredas are intricate humid ecosystems bearing a low resilience. Direct and indirect disturbances, such as soil compaction, water table lowering and biological invasion are real challenges to the maintenance of these areas. In this context our study aimed to describe the environmental conditions in two vereda areas at a *Eucalyptus* sp. producer farm and relate them to natural woody regeneration, soil coverage and biological invasion by *Pinus caribaea*, *Trembleya parviflora* and alien grasses. We collected data of soil humidity, declivity, elevation, soil chemical variables, canopy coverage, wood species regeneration and relative ground coverage. We found humidity spatial and temporal heterogeneity conditions in both veredas and lower humidity levels in vereda 2 in comparison to vereda 1 during the dry season. In general both areas showed acid soils bearing low fertility. Although we observed environmental gradients, we could not explain them by zonation except for Al and CTC in vereda 1, with higher averages in the edge and midway. We found higher degradation levels at the left edge in vereda 1, and related to topographical conditions in vereda 2. Aspects linked to anthropization in the surrounding areas are possibly exerting pressure in vereda 1, which does not have native vegetation protecting its edges, whilst water table lowering might result in higher impacts in vereda 2. Native species show positive relations to edaphic factors such as: pH levels, sum of bases and P. Therefore, environmental restoration in vereda areas might rely on corrective interventions in the soil. The Al concentrations in the soil of both vereda areas probably are over the normal condition standards and this feature seems to facilitate the invasion by *Trembleya parviflora*. The alien species *Pinus caribaea*, showed higher densities in more humid areas which indicates the successful establishment of this species in vereda areas and the potential risk to native species in this ecosystem. Although we found alien grasses they did not invade the vereda areas and this resistance seems to be related to the native grasses coverage.

Keywords: Environmental Impacts, Wetlands, Hydromorphic Soils, Wood Vegetation.

2.1 INTRODUÇÃO

Consideradas como uma das fitofisionomias savânicas do bioma Cerrado, as veredas são ecossistemas complexos tipicamente úmidos, circundada por campos com a ocorrência da palmeira *Mauritia flexuosa* L. f. (Arecaceae), (RIBEIRO; WALTER, 2008). Suas condições ambientais promovem heterogeneidade de nichos e habitats, importante para fauna terrestre e aquática além de contribuir para a perenidade dos cursos d'água e compor a paisagem do bioma (BRANDÃO, 1991).

Mesmo com proteção prevista no Código Florestal Brasileiro, muitas veredas na região do Triângulo Mineiro encontram-se impactadas diretamente por atividades antrópicas como pastoreio ou drenagem para fins agícolas (RAMOS et al. 2006). Além disso, as características peculiares desse ecossistema resultam em baixa resiliência e os tornam vulneráveis ao rebaixamento do lençol freático e a processos de invasão biológica, especialmente nas bordas, como consequência de atividades desenvolvidas em áreas adjacentes (MEIRELLES et al. 2004).

Ainda que a ocorrência de eventos reprodutivos de algumas espécies de plantas de veredas possa ser desencadeada a partir de variações nas condições de luminosidade e ocorrência de fogo, não se sabe o quanto a frequência e a magnitude desses impactos podem afetar a comunidade vegetal (ARAÚJO et al. 2013). Ademais, ambientes que se apresentam muito impactados podem sofrer redução na diversidade florística por processos de invasão por gramíneas exóticas (VELDMAN; PUTZ, 2011).

A suscetibilidade a invasão e a resistência da comunidade vegetal podem variar de acordo com a espécie invasora e as condições ambientais (GUO et al. 2015). É possível que o rebaixamento de lençol freático em veredas possa agravar o processo de invasão biológica ampliando a distribuição de algumas espécies para o interior da vereda (FELFILI et al. 2008; MEIRELLES et al. 2004). Por outro lado, a cobertura e a biomassa de espécies nativas podem atuar como importantes barreiras à invasão biológica (WALLACE; PRATHER, 2016; GUO et al. 2015).

Quanto aos efeitos da invasão biológica em comunidades vegetais, são necessárias avaliações cautelosas que considerem as condições de cada cenário, visto que se trata de impactos de caráter idiosincrático (MACK et al. 2000). Quando se considera o efeito de

espécies invasoras em ambientes naturais, os resultados podem ser ainda mais diversos, devido à sua complexidade. No entanto, a maioria dos trabalhos está focada em uma pequena escala espacial ou experimentos de competição em ambientes controlados (GUO, 2015).

Por serem ecossistemas condicionados a altos níveis de umidade, o rebaixamento do lençol freático e, consequentemente, a redução na umidade do solo das veredas pode resultar em alterações na composição da comunidade vegetal. Assim a ocorrência de espécies invasoras pode ser facilitada, bem como, o aumento da densidade de espécies oportunistas como *Trembleya parviflora* (D.Don) Cogn., capaz de gerar uma zona com reduzida biodiversidade (SANTOS; MUNHOZ, 2012; MEIRELLES et al. 2004; FELFILI et al. 2008).

Os solos das veredas são tipicamente complexos, variando, principalmente, em função das condições de alagamento e profundidade. São de modo geral ácidos e distróficos, apresentando diferentes níveis de matéria orgânica (BISPO, 2010). No entanto, suas características químicas, texturais e microbiológicas podem ser alteradas em razão de impactos ambientais causados pelo uso e ocupação do solo no entorno (SOUSA et al. 2015a; SOUSA et al. 2015b; ROSOLEN et al. 2015; SOUSA et al. 2011).

Mesmo sabendo que vegetação do Bioma Cerrado está correlacionada com as características da camada superficial do solo e com as condições de umidade, a importância de cada componente do solo é muito variável em cada ecossistema (RUGGIERO; PIVELLO; 2005). Assim, não se sabe como as condições ambientais em veredas podem influenciar na composição da comunidade vegetal e se fatores específicos podem estar relacionados à invasão biológica.

O presente estudo teve como objetivo descrever as condições ambientais e as características do solo em duas veredas e relacionar estas características com a regeneração natural lenhosa, cobertura relativa do solo e invasão biológica por *Pinus caribaea* e gramíneas exóticas.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

2.2.1 Áreas de estudo

Os estudos foram realizados em duas veredas da Fazenda Nova Monte Carmelo, nos municípios de Estrela do Sul (vereda 1) e Indianópolis (vereda 2), na região do Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais. Os detalhes da área de estudo foram descritos no Capítulo 1.

2.2.2 Coleta de dados

Para análise das características ambientais das duas veredas e relação destas variáveis com a vegetação foram coletados dados de umidade do solo, declividade, elevação, variáveis químicas do solo, cobertura do dossel, regeneração de espécies lenhosas e cobertura relativa do solo (as coletas de dados das duas últimas variáveis estão descritas no Capítulo 1). Como unidade amostral destas variáveis, foram consideradas as 15 parcelas de 10x10 m (100 m^2) em cada vereda, utilizadas no levantamento da regeneração e cobertura do solo (Capítulo 1), de acordo com a Figura 11.

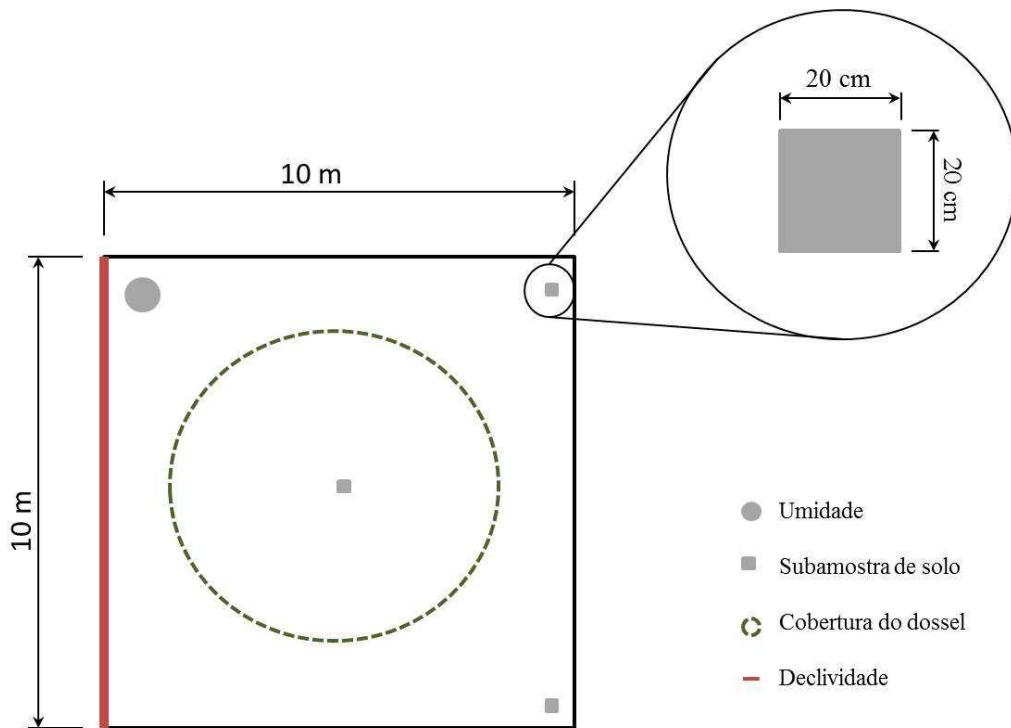


Figura 11 - Desenho esquemático de coleta de dados das variáveis ambientais nas unidades amostrais de 100 m² utilizadas na análise de regeneração e cobertura relativa do solo.

Os dados de umidade do solo foram coletados utilizando-se uma sonda TDR ProCheck 2007-2014 Decagon Devices. As medições foram feitas no lado oposto à subparcela de regeneração de 2x2 m e ocorreram em duas coletas, uma no período seco (durante o mês de agosto de 2015) e outra no período chuvoso (em dezembro de 2015). Em cada medição foram obtidos dados de umidade na superfície do solo (0 cm de profundidade), a 10 cm de profundidade e a 20 cm de profundidade, de forma a contemplar o perfil de solo com maior concentração de raízes de regenerantes lenhosos.

Para medir a declividade nas parcelas foi utilizado um clinômetro no sentido da pendente da parcela (PINHO-JÚNIOR, et al. 2015). As leituras foram feitas na borda da parcela, seguindo o sentido do transecto, perpendicular à linha de drenagem. Todas as medições foram feitas sempre pelas mesmas pessoas, para reduzir possíveis variações na leitura dos dados. Os dados de elevação foram obtidos no centro da linha de medição da declividade por meio de GPS Gramin Legend HCx .

Para obtenção de dados relativos as características químicas do solo, foram coletadas em cada parcela uma amostra composta de três subamostras de solo. As amostras foram obtidas a partir de três pontos pré-estabelecidos na parcela, sendo que, cada fração da amostra foi retirada de uma área de 20x20cm a uma profundidade de 0 a 20cm (Figura 11). Após coletadas e homogeneizadas as subamostras de cada parcela foi coletada uma fração de aproximadamente dois quilogramas de solo. Cada amostra foi acondicionada em um saco plástico de coleta, identificado, vedado e mantido refrigerado até o envio para o Laboratório de Análises de Solo (LABAS) da Universidade Federal de Uberlândia, onde foram analisadas segundo o Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 1997).

As variáveis do solo consideradas na análise química foram: pH em água, fósforo (P), potássio (K^+), cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), alumínio (Al^{3+}), hidrogênio e alumínio ($H+Al$), matéria orgânica (M.O.), carbono orgânico (C.O.), soma de bases (SB), coeficiente de troca catiônica (CTC) efetiva (t), CTC a pH 7,0 (T), saturação de bases (V) e saturação de alumínio (M).

Os dados de cobertura do dossel foram mensurados no ponto central da parcela, por meio de um densímetro esférico (LEMON, 1957). As leituras foram feitas a 1,3 m de altura e os dados foram aferidos pela soma de quadrantes (sentido Norte, Sul, Leste e Oeste) que

refletiam o dossel em mais de 50% de cada quadrado. Os dados obtidos na leitura foram convertidos para porcentagem de cobertura do dossel.

2.2.3 Análise dos dados

Para descrição das condições ambientais de umidade das veredas foram obtidas as médias e desvio padrão de umidade do solo para a estação seca e chuvosa, considerando separadamente as profundidades o perfil de solo (0, 10 e 20 cm) e a média e desvio padrão geral da vereda em cada estação. Os mesmos parâmetros foram estimados para as variáveis do solo em cada vereda para descrição das condições edáficas.

A normalidade dos dados foi verificada por meio do teste Kolmogorov-Smirnov e a homocedasticidade das variâncias, por meio de análises gráficas dos resíduos (GOTELLI; ELLISON, 2011).

Comparações entre as veredas considerando a umidade e as variáveis químicas do solo (pH, fósforo, potássio, hidrogênio e alumínio, matéria orgânica, carbono orgânico, soma de bases, CTC efetiva, CTC a pH 7,0 e saturação de alumínio) foram feitas por meio de teste t, considerando como significativos todos os valores de $p < 0,05$. O mesmo teste foi realizado para comparar, em cada vereda, possíveis diferenças na umidade do solo entre estação seca e chuvosa, por nível de profundidade do solo e considerando todas as medições de cada estação. As variáveis declividade, elevação, cálcio, magnésio, alumínio, saturação de bases e cobertura do dossel foram comparadas entre as veredas e entre as margens (direita e esquerda) da vereda 1 por meio do teste não paramétrico Mann-Whitney (U), por não atenderem aos pressupostos de normalidade (ZAR, 1999).

Para verificar uma possível relação entre declividade com as variáveis do solo e umidade foi feita Correlação de Spearman entre as variáveis para os dados da vereda 1. Para os dados da vereda 2 foi realizado pela Correlação de Pearson, com transformação logarítmica nos dados de declividade (ZAR, 1999).

A zonação da umidade por nível de profundidade e umidade total foi testada através de ANOVA, assim como a zonação da declividade na vereda 2 e variáveis do solo (pH, fósforo, potássio, hidrogênio e alumínio, matéria orgânica, carbono orgânico, soma de bases, CTC efetiva, CTC a pH 7,0 e saturação de alumínio), considerando a zona em que cada

parcela ocorria como variável independente. Nos casos em que houveram diferenças significativas foram realizados testes de Tukey *a posteriori*. Para testar a zonação dos dados de declividade na vereda 1, concentrações de cálcio, magnésio, alumínio, saturação de bases e cobertura do dossel foi usado o teste não paramétrico Kruskal Wallis (K). Os testes foram realizados por meio do programa Systat 10.2 (Systat Software, Inc, Richmond, Calif).

Foi também utilizada a Análise de Componentes Principais (PCA) por matriz de correlação para investigar padrões e gradientes ambientais (CHAHOUKI, 2013). Foram consideradas as variáveis de umidade, pH, matéria orgânica, fósforo, potássio, magnésio, alumínio, cobertura do dossel, declividade e elevação. Utilizando os escores de cada parcela no eixo significativo, foi testada a zonação por meio de ANOVA.

Possíveis influências das variáveis ambientais e das características do solo na regeneração de espécies lenhosas e na cobertura foram analisadas por meio de Análise de Correspondência Canônica (da sigla CCA em inglês) (CHAHOUKI, 2013). Para os modelos que consideraram regenerantes lenhosos, foram selecionadas apenas espécies com mais de 2 indivíduos amostrados e que ocorreram em pelo menos duas parcelas. Para os dados de cobertura, considerou-se apenas espécies que foram amostradas em mais de uma parcela. As variáveis ambientais foram selecionadas com base no coeficiente de inflação, mantendo apenas àquelas com valor inferior a 10. A significância dos eixos foi verificada pelo teste Monte Carlo com $p<0,05$. As análises de PCA e CCA e os testes de significância destas análises foram realizadas por meio do programa R (R Development Core Team, 2015).

A influência da cobertura de gramíneas nativas na ocorrência de gramíneas exóticas foi testada por meio de Regressão Logística utilizando dados de presença e ausência de gramíneas invasoras nas parcelas da vereda 1. O mesmo teste não foi realizado para a vereda 2 devido a presença de gramínea exótica apenas em uma parcela (GOTELLI; ELLISON, 2011).

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Caracterização ambiental e indicadores de degradação em veredas

Nas comparações de umidade do solo entre os trechos estudados nas duas veredas, considerando os três níveis de profundidade (0, 10 e 20 cm), não foram observadas diferenças significativas na estação chuvosa, apenas uma tendência à maior umidade na camada superficial da vereda 1 em relação à camada superficial da vereda 2. Porém, na estação seca, houve uma diferença significativa na profundidade de 10 cm e uma diferença marginalmente significativa na profundidade de 20 cm, também com maiores médias de umidade na vereda 1 (Tabela 1). Considerando a umidade média, a vereda 1 apresentou maior umidade em relação à vereda 2 na estação seca ($t= 2,126$; $p = 0,042$) e não foi observada diferença significativa na estação chuvosa (Figura 12).

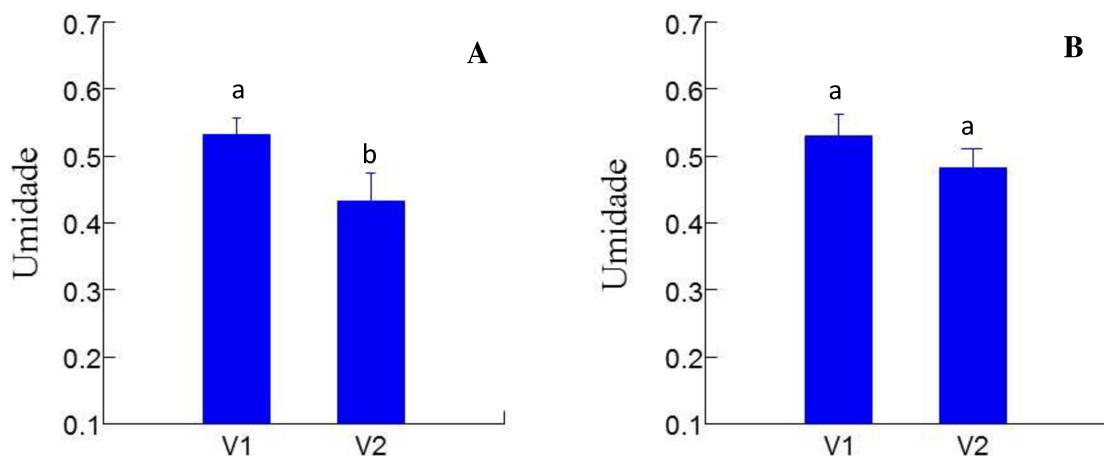


Figura 12 - Médias de umidade do solo nas duas veredas, nas estações seca (A) e chuvosa (B). Barras representadas com mesma letra não diferem pelo teste t com $p < 0,05$. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Considerando variações internas em cada vereda em relação às três profundidades, foi observada diferença significativa apenas na estação seca na vereda 1 ($F= 4,231$; $p= 0,021$)

e apenas na estação chuvosa na vereda 2 ($F=8,905$; $p=0,001$), ambas apresentando menor umidade na superfície (0 cm) em relação as demais profundidades (Tabela 3).

Tabela 3 - Comparação da umidade do solo (m^3/m^3) entre duas veredas nos três níveis de profundidade, nas estações seca e chuvosa.

	Profundidade	Vereda 1		Vereda 2		Teste t
		Média	SD	Média	SD	
Estação seca	0 cm	0,471 (b)	0,124	0,356 (a)	0,218	0,086
	10 cm	0,561 (a)	0,072	0,471 (a)	0,130	0,028*
	20 cm	0,563 (a)	0,092	0,469 (a)	0,157	0,055
Estação chuvosa	0 cm	0,487 (a)	0,158	0,384 (b)	0,142	0,070
	10 cm	0,544 (a)	0,126	0,503 (a)	0,111	0,349
	20 cm	0,556 (a)	0,113	0,561 (a)	0,094	0,889

*Diferença significativa ($p<0,05$). Médias seguidas da mesma letra não diferem por Tukey com $p<0,05$.

Estes resultados podem indicar que o lençol freático da vereda 2 seja mais profundo que o na vereda 1, estando o solo na vereda 1, em grande parte, saturado de água nas primeiras camadas do perfil na estação chuvosa, enquanto que na estação seca alguns centímetros de camada superficial do solo se mantiveram com menor nível de umidade. Na vereda 2, as condições observadas indicam que mesmo na estação chuvosa a superfície do solo se encontrava mais seca que as camadas inferiores.

Apesar destas variações da umidade entre as camadas de solo analisadas, não foi observada diferença significativa na umidade média do solo entre as estações seca e chuvosa. Deste modo, as áreas de estudo parecem manter, mesmo que com uma superfície mais seca, a umidade do solo a níveis aproximadamente constantes até mesmo durante a estação seca.

Não foram observadas diferenças significativas na umidade relacionadas à zonação de borda, meio e fundo nas duas veredas. No entanto, as variações na umidade encontradas podem ser importantes na determinação da comunidade vegetal, a julgar pela tendência à zonação encontrada na regeneração lenhosa e cobertura do solo da vereda 1 (Capítulo 1).

Quanto às características topográficas, os níveis de elevação ($t = -3,229$; $p = 0,003$) e declividade ($U=63,000$; $p= 0,034$) da vereda 2 foram superiores aos da vereda 1. Mesmo com

maior irregularidade no terreno, a elevação e a declividade da vereda 2 não sugere um padrão de zonação (Figura 14). A umidade a 20 cm de profundidade foi negativamente correlacionada com a declividade, tanto na estação seca ($r = -0,610; 0,05 > p > 0,01$), quanto na estação chuvosa ($r = 0,602; 0,05 > p > 0,01$) e houve tendência à correlação negativa entre matéria orgânica e declividade. No entanto, as mesmas correlações não foi significativa na vereda 1. Assim, as condições ambientais da vereda 2 podem estar sob influência das condições topográficas, independente da zonação de borda, meio e fundo. Da mesma forma, as condições de menor umidade nesta vereda podem ser resultado natural das condições do terreno e/ou maior suscetibilidade à impactos de rebaixamento de lençol.

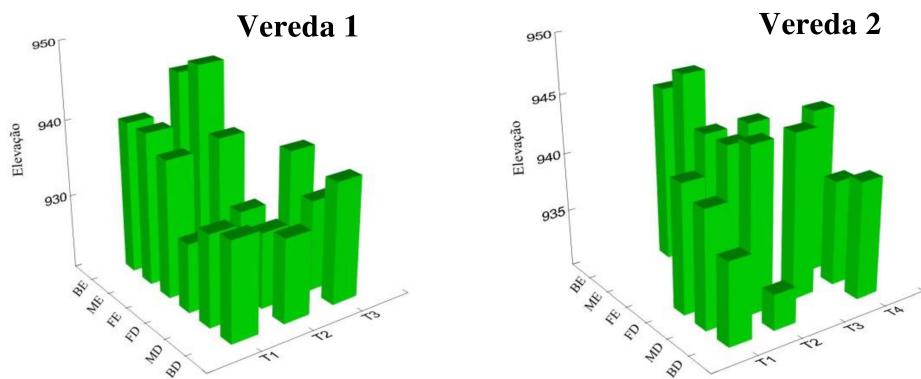


Figura 13 – Elevação das parcelas amostras na vereda 1 (V1) e vereda 2 (V2) demonstrando a irregularidade do terreno na vereda 2.

Quanto às variáveis químicas do solo analisadas, foram observadas condições edáficas semelhantes nas duas veredas, com exceção da concentração de K e SB, com níveis mais elevados na vereda 1. O gradiente seguindo a zonação borda, meio e fundo não foi determinante para explicar as variações ocorridas em cada vereda, com exceção das variáveis Al e CTC na vereda 1 que, em ambos os casos, apresentaram maiores médias na borda e no meio em relação ao fundo (Tabela 4).

Tabela 4 - Variáveis do solo em duas veredas analisadas (média e desvio padrão - SD) e valores de p para os testes de zonação em cada vereda e comparação entre áreas.

	Vereda 1			Vereda 2			
	Média	SD	Zonação (p)	Média	SD	Zonação (p)	Teste t
Borda							
Al							
CTC							
Ca							
Ca/Al							
Ca/CTC							
Ca/Mg							
K							
Mg							
NH4							
NPK							
SB							
Solo							
Si							
Zn							

pH (H ₂ O)	4,727	0,367	0,610	4,840	0,424	0,695	0,440
P (mg/dm ³)	4,607	1,835	0,901	4,280	1,463	0,750	0,594
K (mg/dm ³)	45,067	12,691	0,288	36,400	9,963	0,472	0,047*
Ca (cmolc/dm ³)	0,340	0,150	0,098	0,260	0,083	0,377	0,080
Mg (cmolc/dm ³)	0,240	0,051	0,116	0,213	0,035	0,459	0,104
Al (cmolc/dm ³)	1,927	0,737	0,038*	1,620	0,483	0,690	0,339
Al+H (cmolc/dm ³)	14,153	3,940	0,090	12,353	2,457	0,575	0,144
SB (cmolc/dm ³)	0,695	0,209	0,195	0,565	0,126	0,230	0,050*
CTC (cmolc/dm ³)	2,621	0,756	0,018*	2,185	0,484	0,616	0,070
CTC (ph 7,0) (cmolc/dm ³)	14,844	3,951	0,071	12,919	2,460	0,592	0,120
V (%)	4,933	1,831	0,699	4,467	1,246	0,220	0,811
M (%)	72,267	8,614	0,550	73,000	7,718	0,514	0,808
MO (dag/kg)	22,660	5,845	0,101	20,860	3,403	0,119	0,311
CO (dag/kg)	13,147	3,392	0,099	12,093	1,973	0,117	0,307

*Diferença significativa ($p<0,05$). SB – soma de bases; CTC – coeficiente de troca catiônica; V – saturação de bases; M – saturação de alumínio; MO – matéria orgânica; CO – carbono orgânico.

As análises químicas do solo indicam altas concentrações de alumínio e acidez elevada nas duas veredas. Os valores de matéria orgânica (MO) e carbono orgânico refletem a condição de formação dos solos orgânicos, jovens e sob condições de altos níveis de umidade.

Nas estimativas de cobertura do dossel, a vereda 1 apresentou valores acima de 0% apenas nas parcelas de borda, variando de 4 a 46% de cobertura. Já a vereda 2 apresentou cobertura de dossel em todas as zonas, não diferindo significativamente entre as zonas, com apenas quatro parcelas com 0% de cobertura e as demais variando de 8 a 67%. Houve tendência a diferenças significativas entre as veredas ($U= 72,500$; $p= 0,066$) o que pode indicar uma possível consequência das menores médias de umidade da vereda 2 e uma possível ocupação da vereda por espécies de mata de galeria, além da distribuição mais homogênea de *Trembleya parviflora*.

Na análise exploratória usando Componentes Principais PCA foi possível verificar a dispersão das parcelas ao longo dos eixos, indicando heterogeneidade ambiental nas veredas (Figuras 15 e 16). Nas duas áreas, a maior parte da variância foi explicada por variáveis de umidade (Eixo 1), enquanto que o Eixo 2 foi composto principalmente por pH, MO, Al e elevação, considerando as variáveis com coeficiente de Correlação de Pearson superior a 0,3. Além das condições de umidade, condições topográficas e edáficas das veredas parecem ter influência importante nas variações ambientais.

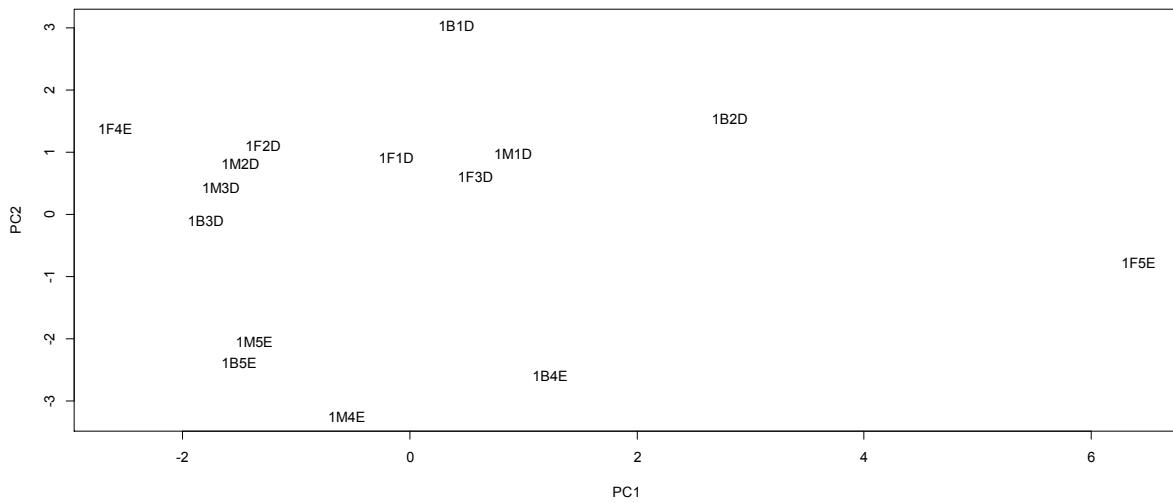


Figura 14 – Análise de Componentes Principais (PCA) da vereda 1. Os primeiros algarismos indicam a área (vereda 1); primeiras letras indicam a zona de borda (B), meio (M) e fundo (F); os algarismos seguintes indicam o transecto e as ultimas letras indicam a margem, direita (D) ou esquerda (E).

Tabela 5 – Resultados da Análise de Componentes Principais para os dados ambientais na vereda 1.

Componente	Autovalor	Variância	Variância acumulada	P
		explicada (%)	(%)	
PC1	4,8641	34,7434	34,7434	0,551
PC2	3,0188	21,5628	56,3063	0,184
PC3	2,095	14,9656	71,2719	0,649

O padrão observado na Figura 15 indica uma separação entre as margens direita e esquerda da vereda 1, sugerindo condições ambientais distintas, que são verificadas através de diferenças significativas na elevação ($K= 10,180$ e $p= 0,001$) e concentração de alumínio ($K=10,00$; $p= 0,044$), além de tendência a diferenças ($p < 0,10$) nas concentrações de matéria orgânica e pH, com maiores médias de elevação, concentração de alumínio e matéria orgânica e menores valores de pH na margem esquerda. É possível que esta margem da vereda esteja sob maiores pressões antrópicas, pois sua borda encontra-se conectada a uma estrada e a poucos metros da plantação de *Eucalyptus* sp.

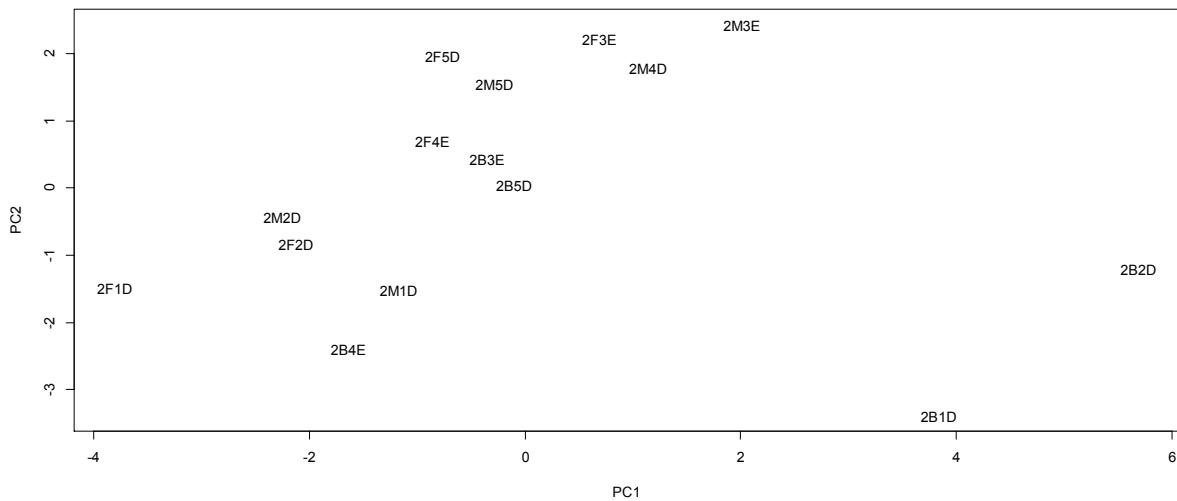


Figura 15 - Análise de Componentes Principais (PCA) da vereda 2. Os primeiros algarismos indicam a área (vereda 1); primeiras letras indicam a zona de borda (B), meio (M) e fundo (F); os algarismos seguintes indicam o transecto e as ultimas letras indicam a margem, direita (D) ou esquerda (E).

Tabela 6 - Resultados da Análise de Componentes Principais para os dados ambientais na vereda 2.

Componente	Autovalor	Variância	Variância acumulada	p
		explicada (%)	(%)	
PC1	5,5056	36,7040	36,7040	0.446
PC2	3,0051	20,0339	56,7379	0.0064*
PC3	2,2998	15,3319	72,0698	0.929

*Diferença significativa ($p < 0,05$).

A dispersão das parcelas ao longo do Eixo 1 (Figura 16) indica um gradiente de umidade que pode estar sendo influenciado pelas condições topográficas. Sendo a elevação e a declividade componentes importantes do Eixo 2, a relação entre umidade e topografia podem ter levado ao padrão linear de distribuição das parcelas no gráfico. Além disso, junto às variáveis topográficas, Al e pH também foram variáveis importantes deste eixo e, podem indicar um gradiente de degradação, com parcelas localizadas na parte superior e direita sob degradação mais intensa, apresentando menor umidade e pH e maiores concentrações de alumínio no solo.

Para comparações dos escores das parcelas no Eixo 2 entre as zonas em que essas parcelas estão localizadas, não foram observadas diferenças significativas, desse modo, o

gradiente verificado não apresentou influência da posição da parcela em relação ao entorno, podendo reforçar a hipótese de que esta vereda pode estar sofrendo consequências de impactos indiretos e difusos, como um possível rebaixamento do lençol freático.

2.3.2 Variáveis ambientais, distribuição de espécies vegetais e invasão biológica

A Análise de Correspondência Canônica (CCA) utilizando dados de regeneração de espécies lenhosas (Capítulo 1) da vereda 1 e dados de variáveis ambientais explicou 69,74% da variação nos dois primeiros eixos. O modelo foi significativo ($F= 1,6392$; $p= 0,036$), assim como o Eixo 1 ($F= 3,9948$; $p= 0,015$) e o Eixo 2 ($F=2,8641$; $p=0,010$) que apresentaram autovalores superiores a 3,5, indicando a existência de um gradiente ambiental (Figura 17 e Tabela 7).

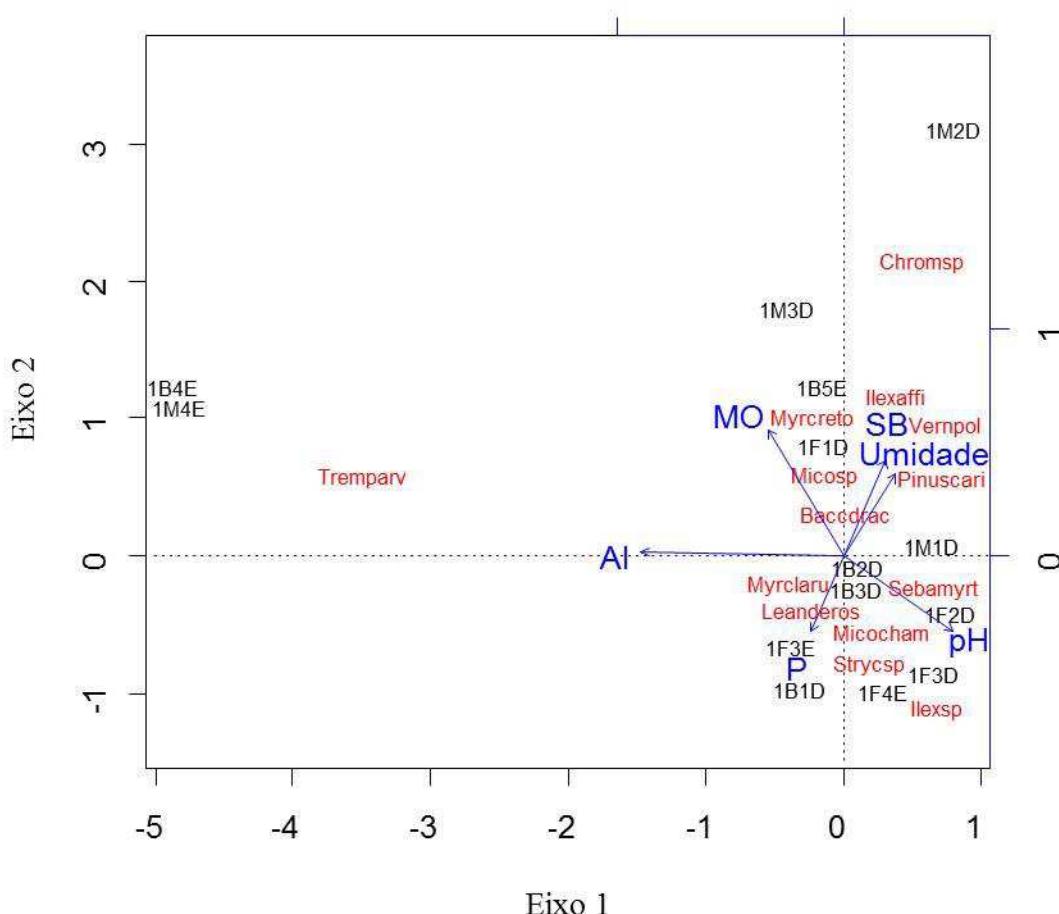


Figura 16 – Análise de Correspondência Canônica da vereda 1 utilizando dados de densidade das espécies lenhosas regenerantes e as variáveis ambientais edáficas e biofísicas.

Tabela 7 - Resultados da Análise de Correspondência Canônica obtida através de dados de densidade das espécies lenhosas regenerantes e as variáveis ambientais da vereda 1.

Variáveis	Coeficientes Canônicos	
	Eixo 1	Eixo 2
Umidade	0,2253	0,3615
SB	0,1855	0,4242
pH	0,4852	-0,3287
MO	-0,3314	0,5589
Al	-0,8896	0,0194
P	-0,1380	-0,3313
Variância explicada	40,62	29,12

Valores em negrito denotam relações significativas.

Foi observada importante relação entre as variáveis pH e Al no Eixo 1, caracterizando um gradiente de fertilidade do solo, com os locais de solo mais pobre representados no extremo de maior concentração de Al e menor pH. Mesmo havendo um gradiente ambiental bem definido, quase todas as espécies lenhosas concentraram-se próximas ao extremo de maior fertilidade do solo, indicando forte relação das espécies lenhosas com solos mais básicos e com menores concentrações de Al. Já no Eixo 2, as espécies foram distribuídas de forma mais homogênea, refletindo diferentes graus de adaptação, principalmente em relação à proporção de matéria orgânica e soma de bases no solo.

O modelo indica influência da umidade, SB e MO na densidade espécies nativas como *Ilex affinis* e *Microlicia euphorboides*, mas também na ocorrência da exótica *Pinus caribaea*. Sendo assim, as veredas parecem ser ambientes propícios ao estabelecimento dessa espécie, reforçando a necessidade de manejo e monitoramento das APPs próximas às áreas de plantio, bem como, a necessidade de pesquisas sobre o efeito de *P. caribaea* nestes ecossistemas.

De modo semelhante, maiores concentrações de P e maiores níveis de pH no solo também influenciaram a densidade da maior parte dos regenerantes, inclusive das espécies com maiores índices de regeneração natural (RNT) encontrados nesta vereda (Capítulo 1): *Leandra erostrata* e *Sebastiania myrtilloides*.

Na vereda 1, a densidade da espécie nativa *Trembleya parviflora* parece estar correlacionada às maiores concentrações de Al e maior acidez do solo. Apesar de comuns em solos de Cerrado, pacelas que apresentaram solos com essas características mais evidenciadas foram ocupados apenas por essa espécie lenhosa. Assim, os locais de ocorrência da “zona trembleyal”, também foram associados à baixa diversidade.

De acordo com o modelo, foi possível observar que *T. parviflora* e *P. caribaea* ocupam nichos distintos, embora ambas as espécies apresentem potencial para dominar o ambiente. Desse modo, ação que visem o controle dessas espécies em veredas devem levar em consideração as peculiaridades de cada uma.

Em relação às gramíneas exóticas, *Melinis minutiflora* P. Beauv. e *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster, não contempladas no modelo de CCA, apesar de introduzidas, não invadiram a vereda, concentrando-se apenas em regiões de maior cobertura do dossel, na zona de borda. Através de regressão logística, foi observada uma tendência à relação negativa entre a cobertura de gramíneas nativas e presença de gramíneas exóticas ($t = -1,766$; $p=0,07$) com modelo significativo ($p= 0,041$) que prevê redução da probabilidade de ocorrência de gramínea exótica em 3,7% a cada aumento de uma unidade de cobertura da gramínea nativa, indicando uma possível relação de competição entre elas. Assim, é possível que a densa cobertura herbáceo-arbustiva tenha exercido papel de resistência à invasão biológica por gramíneas exóticas, limitando sua abrangência na vereda. Com isso, a manutenção da vegetação nativa parece ser uma medida eficiente de controle dessas invasoras.

Foi também realizada uma CCA para os dados da vereda 2 utilizando densidade de espécies lenhosas regenerantes. O modelo explicou 64,11% da variação nos dois primeiros eixos, ambos significativos ($F= 5,7534$; $p=0,010$ e $F=2,7135$; $p= 0,035$) (Figura 18 e Tabela 8). Todas as variáveis no Eixo 1 foram significativas, o que indica que os parâmetros analisados são realmente importantes na distribuição das espécies da comunidade analisada.

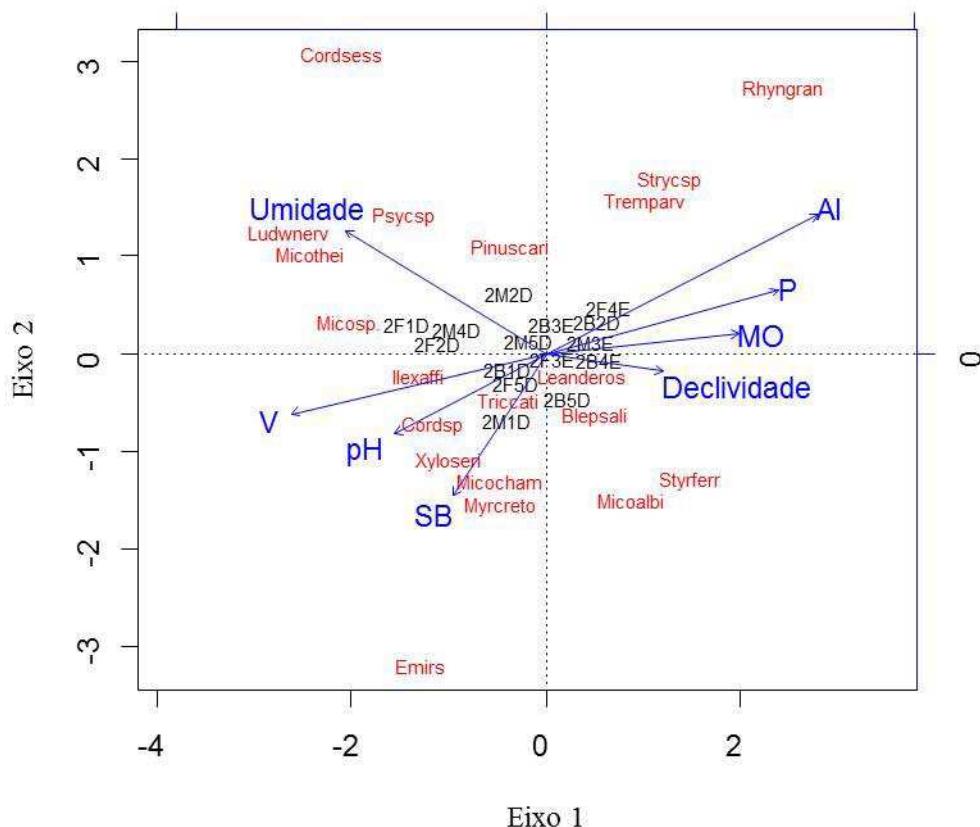


Figura 17 - Análise de Correspondência Canônica da vereda 2 utilizando dados de densidade de espécies lenhosas e as variáveis ambientais edáficas e biofísicas.

Tabela 8 - Resultados da Análise de Correspondência Canônica obtida através de dados de densidade de espécies lenhosas regenerantes e as variáveis ambientais da vereda 2.

Variáveis	Coeficientes Canônicos	
	Eixo 1	Eixo 2
Umidade	-0,5447	0,33576
pH	-0,4118	-0,21842
MO	0,5228	0,05425
P	0,6298	0,17334
Al	0,7349	0,37701
SB	-0,6902	-0,38084
V	-0,6902	-0,16100
Declividade	0,3174	-0,04792
Variância explicada (%)	46,45	17,67

Valores em negrito denotam relações significativas.

De forma mais evidente que na vereda 1, a espécie *Leandra erostrata*, aparece próxima ao centro do gráfico da CCA, indicando uma possível independência da espécie às condições ambientais avaliadas. Este padrão é resultado da presença da espécie em todas as parcelas da vereda 2, geralmente em altas densidades e elevados valores de cobertura. Há indícios, portanto, que *L. erostrata* seja uma espécie generalista, considerando as variáveis utilizadas na análise.

A exótica invasora *Pinus caribaea*, mais uma vez, pareceu regenerar nas variadas condições de umidade presentes nas veredas. Com habilidades para se desenvolver em condições de alta umidade e altas taxas de radiação, esta espécie pode representar um risco às espécies nativas da vereda, especialmente em situações de rebaixamento de lençol, em que as áreas mais úmidas da vereda são reduzidas e podem fornecer um nicho apropriado para o desenvolvimento desta espécie vegetal.

Assim como ocorreu na vereda 1, *Trembleya parviflora* também esteve relacionada à maiores concentrações de Al no solo e menor pH, juntamente com *Strychnos* sp. e *Rhynchanthera grandiflora*. Embora os solos do bioma Cerrado apresentem essas características, foi possível notar que a maior parte das espécies pareceram não tolerar as condições extremas de baixa fertilidade encontradas nos gradientes apresentados nas duas veredas.

2.4 DISCUSSÃO

O presente estudo não identificou variações consistentes na composição florística (Capítulo 1 e Capítulo 3) e condições ambientais que sugerissem uma marcante zonação perpendicular à linha de drenagem, com exceção da concentração de Al e CTC na vereda 1. Por outro lado a ausência de zonação característica não indica homogeneidade nas condições de umidade, pois o padrão de distribuição de parcelas gerados pela PCA indica existência de gradiente de umidade nas duas veredas. Além disso, variações entre as camadas de solo nas estações seca e chuvosa também indicam heterogeneidade nas condições de umidade do solo, tanto espaciais, quanto temporais.

Mesmo a vereda V2, com menores médias de umidade, em períodos de seca conseguiu manter até 20 cm de profundidade uma umidade do solo aproximadamente constante. Este fato reforça a importância desses ecossistemas para a fauna do Cerrado, que pode encontrar nas condições da vereda um ambiente mais ameno e fornecimento de recursos no período de seca, característico do clima sazonal da região (BRANDÃO; 1991). Ainda assim, o monitoramento das condições de umidade nestas áreas é imprescindível, já que a superfície do solo apresenta sinais de menor umidade, mesmo no período chuvoso, como ocorreu na vereda 2, que pode ser tanto característica natural, já que diferenças entre condições de umidade entre veredas podem ser encontradas (OLIVEIRA et al. 2009), quanto indicativo de rebaixamento de lençol. Nesse último caso, a manutenção do ecossistema dependeria de uma gestão ambiental integrada, considerando melhor aproveitamento dos recursos hídricos nas atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica, além de estudos e monitoramento hidrológico.

As diferenças nas variáveis topográficas entre as veredas, na umidade do solo e nas condições edáficas podem estar relacionadas com a complexidade de formação desses ecossistemas. Diferente de outros tipos de zonas úmidas tropicais, a distribuição espacial de veredas é aparentemente pouco relacionada às condições geológicas e geomorfológicas, podendo ocorrer em diferentes tipos de relevo. É possível que a formação desses ecossistemas seja resultado, não somente das condições do terreno, mas de interações entre condições abióticas e bióticas ainda pouco conhecidas (DE-CAMPOS et al. 2013).

Por outro lado, considerando características de microrrelevo, as distintas configurações topográficas encontradas nas duas veredas deste trabalho parecem ser importantes fatores para explicar diferenças entre as áreas, especialmente no que se refere às condições de umidade e composição da comunidade vegetal, já que as duas áreas estão sujeitas a pressões antrópicas muito similares, visto que são APPs de uma mesma, porém extensa, propriedade rural. Possivelmente, mesmo sem a intervenção de atividades humanas, as áreas apresentem características próprias de suas condições, mas, além disso, podem também responder de forma mais ou menos intensa às perturbações do ambiente. Uma das possibilidades dessa assimetria na intensidade de impactos ambientais poderia estar relacionada à declividade. Em um terreno mais íngreme (vereda 2) pode ser encontrada uma correlação negativa da declividade com a umidade e também apresentar maior vulnerabilidade aos efeitos de um possível rebaixamento de lençol freático e, além disso, a menor umidade poderia resultar em processo de invasão biológica (SANTOS; MUNHOZ, 2012; MEIRELLES et al. 2004). Esta poderia ser uma explicação para a alta densidade e cobertura de *Trembleya parviflora* em todo o trecho de amostragem da vereda 2.

Além disso, áreas degradadas, incluindo veredas, podem apresentar menores concentrações de matéria orgânica no solo devido às condições de baixa umidade (WANTZEN et al. 2012). Assim, dada a tendência a correlação negativa entre declividade e matéria orgânica na vereda 2, esta área pode apresentar um gradiente de perda de matéria orgânica como uma consequência da menor umidade do solo em ambientes mais declivosos.

Segundo o padrão de solos hidromórficos, foi verificada uma alta concentração de matéria orgânica e carbono orgânico nas áreas de estudo (variando entre 20,86% e 22,6%) se comparada com outras fitofisionomias do Cerrado, como: 5,10% em floresta estacional decidual e 5,23% em cerradão mesotrófico (BUENO et al., 2013), 2,5% em floresta decídua (DE SOUZA et al. 2007), 2,2% no cerrado *sensu stricto* (FURLEY, 1998). As demais variáveis apresentaram características de baixa fertilidade como acidez, altas concentrações de alumínio em comparação com as mesmas áreas citadas. A média de saturação de bases das veredas analisadas foi em média 16,11 vezes menor de floresta estacional estudadas por Bueno et al. (2013).

Análises químicas em solos de veredas da região de Bela Vista, Goiás (SOUSA et al. 2015), e da região de Uberlândia, no Triângulo Mineiro (GUIMARÃES et al. 2002), demonstram condições semelhantes de pH, Ca e Mg aos encontrados nas duas veredas desse

estudo, sendo uma possível indicação de que os valores dessas variáveis estão refletindo as condições naturais de solos de veredas. Quanto às concentrações de K encontradas na vereda 2 ($36,4 \text{ mg/dm}^3$), estas assemelham-se às maiores concentrações encontradas em Bela Vista ($37,8 \text{ mg/dm}^3$). Níveis ainda maiores de K foram encontrados na vereda 1 ($45,067 \text{ mg/dm}^3$). As concentrações de P também foram superiores às encontradas por Sousa et al. (2015) nas duas veredas. No entanto, ao comparar essas variáveis com os dados de Guimarães et al. (2002), foi observada uma semelhança considerável, que pode indicar uma característica dos solos de vereda da região do Triângulo Mineiro.

As concentrações de Al nas veredas foram em média duas vezes superior às concentrações de alumínio das veredas analisadas por Sousa (2015). Embora não existam dados regionais para comparações, as altas concentrações de Al podem sugerir influência do histórico de utilização do solo do entorno e refletir sinais de degradação. Locais que, assim como a Fazenda Nova Monte Carmelo, estiveram por um longo período de tempo sob influência de plantação de *Pinus caribaea* podem apresentar solos com menores níveis de pH e maiores concentrações de Al (LILJENFEIN et al. 2000). Apesar desse padrão ter sido observado em oxisolos, foi verificado que veredas podem atuar como sumidouros de metais pesados e resíduos provenientes do entorno (ROSOLEN et al. 2015).

Condições de maior degradação do solo por pressões externas às veredas, como um possível resultado da ausência de uma vegetação nativa como zona de amortecimento de impactos na vereda 1 pode estar ocasionando uma maior concentração de alumínio nestas zonas. Desse modo, enquanto impactos indiretos difusos parecem determinar as condições de degradação da vereda 2, seguindo um gradiente fortemente ligado à variáveis topográficas, impactos do entorno parecem ser mais importantes na vereda 1, com sinais de degradação mais pronunciados nas zonas externas e na margem esquerda, de acordo com o padrão de grupos apresentados na PCA. Este cenário pode indicar o caráter complexo de degradação ambiental de veredas e que a simples manutenção desses ecossistemas como Áreas de Preservação Permanente não é suficiente para manter sua qualidade ambiental, por serem altamente suscetíveis à influência de atividade externas e dependentes da manutenção de uma vegetação nativa conservada protegendo suas bordas.

A espécie nativa *Miconia theizans* parece ocupar ambientes com maiores médias de umidade. Meirelles et al (2004) relataram que, entre as áreas analisadas, esta espécie estava presente apenas em uma área preservada na Estação Ecológica do Panga - Triângulo Mineiro.

Deste modo, considerando que as condições de umidade (vereda 2) sejam resultado de um rebaixamento de lençol, provocado por atividade antrópicas, é possível que *M. theizans* esteja presente apenas em locais que preservem as condições de umidade mais próximas das condições naturais. Sendo assim, esta espécie pode indicar as áreas com menor nível de perturbação em veredas.

A espécie *Trembleya parviflora*, apesar de relatada como indicadora de rebaixamento de lençol freático (SANTOS; MUNHOZ 2014; FELFILLI et al. 2008; MEIRELLES et al. 2004), nas duas veredas foi associada a maiores concentrações de Al. Com maior densidade de *T. parviflora* na vereda 2, esperaria que fossem encontradas maiores concentrações de Al nesta área, o que não ocorreu. Porém, houve zonação deste elemento na vereda 1, com maiores concentrações do elemento na borda, e a formação da “zona trembleyal” (SANTOS; MUNHOZ, 2014) na borda esquerda dessa vereda. Já na vereda 2, a espécie esteve dispersa por toda a área (Anexo A). Com estes resultados, *T. parviflora* parece se desenvolver melhor em condições ambientais mais restritivas quanto às concentrações de Al em relação à maioria das espécies lenhosas típicas de vereda e assim, pode indicar condições de degradação e baixa fertilidade do solo.

Por outro lado, Ruggiero e Pivello (2005) relatam como adaptação comum de espécies de plantas do Bioma Cerrado as altas concentrações naturais de alumínio no solo a capacidade de acumulação deste metal nos tecidos vegetais. Portanto, a matéria orgânica sob o dossel dessas plantas poderia alterar as condições superficiais do solo. Neste caso, se *T. parviflora* se enquadrar nessa característica, as altas concentrações de Al seriam consequência das altas densidades da espécie.

A espécie *Leandra erostrata*, dominante na regeneração lenhosa e na cobertura do solo é aparentemente uma espécie mais generalista quanto às variáveis ambientais analisadas nas veredas, como apresentado na CCA e, embora apresente alguma relação com concentrações mais elevadas de P e maiores valores de pH na vereda 1, ainda assim, a espécie encontra-se próxima ao ponto central da ordenação. Trata-se de uma espécie pouco conhecida, presente em áreas campestres do Cerrado (SELUSNIAKI; ACRA, 2009; FREITAS; SAZIMA, 2006; MATSUMOTO; MARTINS, 2005; MANTOVANI; MARTINS, 1993), ocorrendo mesmo em condição de degradação ambiental por pisoteio do gado e queimadas (SELUSNIAKI; ACRA, 2009). Deste modo, uma possível condição de degradação ambiental poderia estar favorecendo o estabelecimento da espécie nas áreas de

estudo. Além disso, apesar de pouco compreendidos, os fatores ambientais que influenciam a riqueza de espécies podem atuar de forma distinta entre espécies generalistas e especialistas, havendo indícios de que a estrutura da paisagem, como fragmentação e conectividade, afetem mais as espécies especialistas que as generalistas (MILLER et al. 2016).

Ocupando também ambientes distintos de *T. parviflora*, a espécie invasora *Pinus caribaea*, foi relacionada à redução da capacidade de infiltração e redução do fluxo de água em áreas de abastecimento de Viti Levu no arquipélago Fiji, provavelmente devido às altas taxas de evapotranspiração (WATERLOO et al. 2007). No presente estudo, correlacionada à altos níveis de umidade do solo nas veredas, *P. caribaea* foi também encontrada na Fazenda Nova Monte Carmelo em altas densidades nas áreas de cerrado *sensu stricto* e florestas estacionais (Reserva Legal e APP), configurando um cenário de invasão biológica.

Sabe-se também que o estabelecimento de *Pinus* sp. depende da presença pelo menos uma espécie de fungo micorrízico invasor (HAYWARD, 2015) o que indica que sua presença também resulta em invasão microbiológica no solo e possíveis consequências no estabelecimento das espécies nativas. Além disso a espécie *P. caribaea* apresenta características desejáveis à produção comercial, como rápido crescimento e propagação, reprodução vegetativa, resistência à pragas e capacidade de se estabelecer em solos pobres (WANG et al. 1999). Essas características indicam também o potencial invasor da espécie em áreas nativas de Cerrado e explicam o sucesso de estabelecimento nas áreas estudadas.

As gramíneas exóticas, por sua vez, foram encontradas apenas em parcelas de borda das veredas. Este fato poderia estar relacionado a menores níveis de umidade do solo nessa zona, visto que o rebaixamento do lençol freático pode alterar a composição florística da comunidade vegetal de veredas e facilitar a invasão biológica por essas espécies (FELFILI et al. 2012; MEIRELLES, 2008). No entanto, a zonação da umidade não foi evidente nestas veredas, com unidades amostrais com reduzidos níveis de umidade nas zonas de meio e fundo, o que sugere que a umidade do solo não seja o único fator a explicar a ausência de gramíneas exóticas no interior da vereda.

Como indicado na regressão logística, a presença de gramíneas exóticas apresenta tendência à relação negativa com a cobertura de gramíneas nativas. Sabe-se que a cobertura e a densidade de espécies nativas podem exercer um forte papel na resistência da comunidade à invasão (WALLACE; PRATHER, 2016; GUO, 2015). Além disso, Manea et al. (2016) verificou que o risco de invasão biológica por uma espécie de gramínea invasora pode

aumentar com a redução da biomassa de gramíneas nativas sob efeito de baixa disponibilidade de água no solo. Assim, é possível que os fatores cobertura de gramíneas nativas e umidade do solo atuem simultaneamente na resistência das veredas. Nesse sentido, o desmatamento, o fogo e o rebaixamento de lençol podem atuar como agentes facilitadores da invasão biológica por gramíneas exóticas.

No Cerrado, a cobertura de gramíneas exóticas pode ser positivamente correlacionada com a ocorrência de fogo (CARMO et al. 2011). Mesmo considerando a umidade das veredas, vegetações de formações savânicas dominadas por gramíneas e com menor densidade de espécies arbóreas, como nas áreas estudadas, apresentam uma alta carga combustível (KAUFFMAN et al. 1994), tornando esses ecossistemas vulneráveis, especialmente na estação seca. O risco de ocorrência de fogo nas áreas de estudo deve ser considerado, visto que, mesmo a vereda mais úmida analisada neste trabalho apresentou superfície do solo mais seca neste período. Neste caso, porém, a invasão biológica por *Pinus caribaea* poderia também ser favorecida, visto que, indivíduos com maiores diâmetros de tronco, como alguns presentes nos ambientes analisados (Capítulo 3), podem se recuperar completamente após incêndios (PERERA, 1989), encontrando oportunidade para aumento populacional, com a depleção da comunidade vegetal nativa.

Em suma, as espécies invasoras das veredas analisadas apresentam nichos distintos, quanto às condições em que se desenvolvem. Processos de coinvasão como este em que as veredas estão submetidas são recorrentes em diversos ecossistemas, mas pouco compreendidos e seus efeitos são mais complexos que o simples somatório dos impactos de cada espécie. Com isso, os esforços controle de espécies invasoras requer maior investigação sobre seu efeito combinado (KUEBBING et al. 2013). De acordo com os resultados obtidos neste trabalho, algumas medidas como prevenção ao rebaixamento de lençol e à ocorrência de fogo parecem importantes na prevenção à invasão biológica, mas é necessário maior conhecimento a respeito dos processos facilitadores de cada uma delas e seus efeitos na comunidade vegetal e nos processos ecossistêmicos.

2.5 CONCLUSÕES

As condições ambientais das veredas analisadas indicam heterogeneidade na umidade, nas condições edáficas e biofísicas do dossel. As duas veredas, apesar estarem sujeitas a pressões antrópicas muito semelhantes, apresentaram diferenças importantes nas características consideradas neste estudo, tanto de caráter natural, como de degradação.

Foram observadas diferenças na umidade do solo a 10 e 20 cm de profundidade na estação seca entre as veredas, sendo assim, há indícios de diferenças nos níveis de lençol freático entre as áreas de estudo. As duas veredas mantiveram níveis de umidade aproximadamente semelhantes entre as estações, indicando importância ecológica das duas áreas.

Os gradientes observados, de modo geral, não seguiram a zonação borda, meio e fundo, com exceção de Al e CTC para a vereda 1. Indícios de impactos das atividades antrópicas desenvolvidas no entorno são observados nas duas veredas, mas aparentemente ocorrem de modo e intensidade distintos entre elas. Na vereda 1, os impactos são aparentemente mais evidentes nas zonas externas (meio e borda) e em contato direto com áreas antropizadas do entorno, possivelmente associados à ausência de vegetação nativa protegendo às bordas da vereda. Já na vereda 2 foi observado um gradiente de condições edáficas e de umidade relacionado com variáveis topográficas.

A maior parte das espécies lenhosas foram correlacionadas com menores concentrações de Al e maiores níveis de pH. Deste modo, ações que visem recuperação e enriquecimento de veredas devem levar em consideração também as características químicas do solo, já que apenas três espécies, incluindo *Trembleya parviflora*, foram correlacionada com elevadas concentrações de alumínio e baixos níveis de pH. As altas concentrações de Al no solo poderiam ser causa ou consequência das altas densidades de *T. parviflora*. Neste último caso, a espécie invasora poderia criar um filtro ecológico, restringindo a regeneração de outras espécies.

A espécie dominante na regeneração e cobertura do solo, *Leandra erostrata*, parece se desenvolver sob uma ampla variedade de condições ambientais, apresentando característica generalista quanto às condições ambientais analisadas. A resistência a perturbações e o caráter generalista de *L. erostrata* pode estar favorecendo a espécie a se desenvolver nas veredas, em

um cenário que pode não ser tão favorável às demais espécies lenhosas típicas de vereda. É possível que *L. erostrata* e *T. parviflora*, por sua ampla dominância nos trechos amostrados, possam atuar como oportunistas, interferindo negativamente na regeneração de outras espécies.

Pelo menos nos dois trechos estudados, a espécie exótica *Pinus caribaea* e a nativa *T. parviflora* parecem ocupar diferentes nichos, com a primeira desenvolvendo-se principalmente em ambientes de maior umidade e menores concentrações de alumínio em relação à segunda. As altas densidades de *P. caribaea* nos ambientes mais úmidos reforçam a necessidade de controle da espécie, visto que são locais importantes para a regeneração da maioria das espécies nativas. Por outro lado, gramíneas exóticas como *Melinis minutiflora* e *Urochloa decumbens*, embora altamente invasoras, parecem não invadir a vereda, submetidas a uma possível competição relacionada à cobertura de gramíneas nativas.

De modo geral, os trechos estudados apresentaram complexidade florística e ambiental. Variações nas características edáficas e biofísicas promovem diferentes sítios de regeneração com diferentes composições de espécies. De acordo com os resultados apresentados, o monitoramento das áreas de estudo é indicado para garantia da diversidade, auxiliando na determinação de métodos de controle de espécies exóticas e possivelmente de espécies nativas oportunistas.

REFERÊNCIAS

- ARAUJO, G. M. A.; BARBOSA, A. A. A.; ARANTES, A. A. A.; AMARAL, A. Composição florística de veredas no Município de Uberlândia, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 25, n. 4, p. 475-493, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002012000012>
- ARAÚJO, G. M.; AMARAL, A. F.; BRUNA, E. M.; VASCONCELOS, H. L. Fire drives the reproductive responses of herbaceous plants in a Neotropical swamp. **Plant ecology**, v. 214, n. 12, p. 1479-1484, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11258-013-0268-9>
- BISPO, Fábio Henrique Alves. Gênese e classificação de solos em toposequência de veredas das Chapadas do Alto Vale do Jequitinhonha, MG. 2010.
- BRANDÃO, M.; CARVALHO, P. G.; BARUQUI, F. M. Veredas: uma abordagem integrada. **Daphne**, Belo Horizonte: v. 1, n. 3, p. 10-14, 1991.
- BUENO, M. L. et al. A study in an area of transition between seasonally dry tropical forest and mesotrophic cerradão, in Mato Grosso Do Sul, Southwestern Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 70, n. 03, p. 469-486, 2013. <https://doi.org/10.1017/S0960428613000164>
- CANFIELD, R. Application of line interception in sampling range vegetation. **Journal of Forestry**, 39: 388-394, 1941.
- CARMO, A. B. C.; VASCONCELOS, H. L.; ARAUJO, G. M. Estrutura da comunidade de plantas lenhosas em fragmentos de cerrado: relação com o tamanho do fragmento e seu nível de perturbação. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34, n. 1, p. 31-38, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000100004>
- CHAHOUKI, M. A. Z. 2013. **Classification and Ordination Methods as a Tool for Analyzing of Plant Communities**. INTECH Open Access Publisher, 254p. Disponível em: <<http://cdn.intechopen.com>>. Acesso em set. 2015.
- DE SOUZA, J. P.; ARAÚJO, G. M.; HARIDASAN, M. Influence of soil fertility on the distribution of tree species in a deciduous forest in the Triângulo Mineiro region of Brazil. **Plant Ecology**, v. 191, n. 2, p. 253-263, 2007. <https://doi.org/10.1007/s11258-006-9240-2>

DE-CAMPOS, A. B. et al. Spatial distribution of tropical wetlands in Central Brazil as influenced by geological and geomorphological settings. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 46, p. 161-169, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2011.12.001>

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212 p.

FELFILI, M. J.; SILVA-JUNIOR, M. C. S.; MENDONÇA, R. C.; FAGG, C. W.; FILGUEIRAS, T. S.; MECENAS, V. V. 2008. Fitofisionomias e flora. In: Fonseca, O.F., Ed., **Águas Emendadas**, Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente, Brasília, 152-162.

FREITAS, L.; SAZIMA, M. Pollination biology in a tropical high-altitude grassland in Brazil: interactions at the community level. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, p. 465-516, 2006. [https://doi.org/10.3417/0026-6493\(2007\)93\[465:PBIATH\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.3417/0026-6493(2007)93[465:PBIATH]2.0.CO;2)

FURLEY, P. A.; RATTER, J. A. Soil resources and plant communities of the central Brazilian cerrado and their development. **Journal of Biogeography**, p. 97-108, 1988. <https://doi.org/10.2307/2845050>

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Artmed, 2011.

GUIMARÃES, J. M. G.; ARAÚJO, G. M.; CORRÊA, G. F. Estrutura fitossociológica em área natural e antropizada de uma vereda em Uberlândia, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 16, n. 3, p. 317-329, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000300007>

GUO, Q. et al. A unified approach for quantifying invasibility and degree of invasion. **Ecology**, v. 96, n. 10, p. 2613-2621, 2015. <https://doi.org/10.1890/14-2172.1> PMid:26649383

GUO, Q. No consistent small-scale native–exotic relationships. **Plant Ecology**, v. 216, n. 9, p. 1225-1230, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11258-015-0503-7>

HAYWARD, J. et al. A single ectomycorrhizal fungal species can enable a *Pinus* invasion. **Ecology**, v. 96, n. 5, p. 1438-1444, 2015. <https://doi.org/10.1890/14-1100.1> PMid:26236856

- KAUFFMAN, J. B.; CUMMINGS, D. L.; WARD, D. E. Relationships of fire, biomass and nutrient dynamics along a vegetation gradient in the Brazilian cerrado. **Journal of Ecology**, v. 82, p. 519-531, 1994. <https://doi.org/10.2307/2261261>
- KUEBBING, S. E.; NUÑEZ, M. A.; SIMBERLOFF, D. Current mismatch between research and conservation efforts: the need to study co-occurring invasive plant species. **Biological conservation**, v. 160, p. 121-129, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.01.009>
- LEMMON, P. E. A new instrument for measuring forest overstory density. **Jounal of Forestry**, v.55, n.9, p.667-668, 1957.
- LILIENFEIN, J. et al. Soil acidification in *Pinus caribaea* forests on Brazilian savanna Oxisols. **Forest Ecology and Management**, v. 128, n. 3, p. 145-157, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(99\)00143-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(99)00143-7)
- MACK, R. N. et al. Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. **Ecological Applications**, v. 10, n. 3, p. 689-710, 2000. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0689:BICEGC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2)
- MANEA, A.; SLOANE, D. R.; LEISHMAN, M. R. Reductions in native grass biomass associated with drought facilitates the invasion of an exotic grass into a model grassland system. **Oecologia**, v. 180, p. 1-9, 2016. <https://doi.org/10.1007/s00442-016-3553-1>
- MANTOVANI, W.; MARTINS, F. R. Florístico do cerrado na Reserva Biológica de Moji Guaçu, SP. **Acta Botanica Brasilica**, v. 7, n. 1, p. 33, 1993. <https://doi.org/10.1590/S0102-33061993000100003>
- MATSUMOTO, K.; MARTINS, A. B. Melastomataceae nas formações campestres do município de Carrancas, Minas Gerais. **Hoehnea**, v. 32, n. 3, p. 389-420, 2005.
- MEIRELLES, M. L. et al. Impactos sobre o estrato herbáceo de Áreas Úmidas do Cerrado. In: Cerrado: **Ecologia e Caracterização**. Planaltina: Embrapa, 2004, p. 41-69.
- MILLER, J. E. D. et al. Landscape structure affects specialists but not generalists in naturally fragmented grasslands. **Ecology**, v. 96, n. 12, p. 3323-3331, 2016. <https://doi.org/10.1890/15-0245.1>

OLIVEIRA, G. C.; ARAUJO, G. M.; BARBOSA, A. A. A. Florística e zonação de espécies vegetais em veredas no Triângulo Mineiro, Brasil. **Rodriguésia**. v. 60, n. 4, p. 1077-1085, 2009. <https://doi.org/10.1590/2175-7860200960417>

PERERA, A. H. Post-fire recovery of 10-year-old *Pinus caribaea* var. *hondurensis* in a hilly watershed in Sri Lanka. **Forest Ecology and Management**, v. 28, n. 3, p. 309-313, 1989. [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(89\)90010-8](https://doi.org/10.1016/0378-1127(89)90010-8)

PINHO JÚNIOR, G. V. et al. Brazilian savanna re-establishment in a monoculture forest: diversity and environmental relations of native regenerating understory in *Pinus caribaea* Morelet. stands. **Journal of Forestry Research**, v. 26, n. 3 p. 1-9, 2015. <https://doi.org/10.1007/s11676-015-0050-z>

R. TEAM. Core. **R Language Definition**. 2015.

RAMOS, M. V. V. et al. Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. **Ciências Agropecuárias**, v. 30, n. 2, p. 283-293, 2006. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000200014>

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. 2008 As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P., RIBEIRO, J.F., (Ed.), **Cerrado Ecologia e Flora**, Planaltina: Embrapa, 152-212.

ROSOLEN, V. et al. Contamination of wetland soils and floodplain sediments from agricultural activities in the Cerrado Biome (State of Minas Gerais, Brazil). **Catena**, v. 128, p. 203-210, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.02.007>

RUGGIERO, P. G. C.; PIVELLO, V. R. As relações entre a vegetação e o meio físico no cerrado Pé-de-Gigante. In: PIVELLO, V. R.; VARANDA, E. M. (Org.). **O Cerrado Pé-de-Gigante: Parque Estadual de Vassununga. Ecologia & Conservação**. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2005. p. 174-188.

SANTOS, F. F.; MUNHOZ, C. B. R. Diversidade de espécies herbáceo-arbustivas e zonação florística em uma vereda no Distrito Federal. **Heringeriana**, v. 6, n. 2, p. 21-27, 2014.

SELUSNIAKI, M.; ACRA, L. A. O componente arbóreo-arbustivo de um remanescente de floresta com araucária no município de Curitiba, Paraná. **Floresta**. Curitiba, PR, v. 40, p. 593-602, 2010.

SOUSA, R. F. de et al. Soil organic matter fractions in preserved and disturbed wetlands of the cerrado biome. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p. 222-231, 2015a.

SOUSA, R. F. et al. Matéria orgânica e textura do solo em veredas conservadas e antropizadas no bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 8, p. 861-866, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000800014>

SOUSA, R. F. et al. Soil microbial biomass and activity in wetlands located in preserved and disturbed environments in the cerrado biome. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 4, 2015b. <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n4a2015-26176>

VELDMAN, J. W.; PUTZ, F. E. Grass-dominated vegetation, not species-diverse natural savanna, replaces degraded tropical forests on the southern edge of the Amazon Basin. **Biological Conservation**, v. 144, n. 5, p. 1419-1429, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.01.011>

WALLACE, J. M.; PRATHER, T. S. Invasive spread dynamics of *Anthriscus caucalis* at an ecosystem scale: propagule pressure, grazing disturbance and plant community susceptibility in canyon grasslands. **Biological Invasions**, v. 18, n. 1, p. 145-157, 2016. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-0997-x>

WANG, H.; MALCOLM, D. C.; FLETCHER, A. M. *Pinus caribaea* in China: introduction, genetic resources and future prospects. **Forest Ecology and Management**, v. 117, n. 1, p. 1-15, 1999. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00479-4](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00479-4)

WANTZEN, K. M. et al. Soil carbon stocks in stream-valley-ecosystems in the Brazilian Cerrado agroscape. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 151, p. 70-79, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.030>

WATERLOO, M. J. et al. Changes in catchment runoff after harvesting and burning of a *Pinus caribaea* plantation in Viti Levu, Fiji. **Forest Ecology and Management**, v. 251, n. 1, p. 31-44, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2007.06.050>

CAPÍTULO 3

NATURAL REGENERATION AND BIOLOGICAL INVASION BY *Pinus caribaea* MORELET IN TWO VEREDA SITES: WOODY VEGETATION RESPONSE

Autores: Danúbia Magalhães Soares, André R. Terra Nascimento, Lorena Cunha Silva,
Gastão Viégas de Pinho Júnior.

Publicado na revista American Journal of Plant Sciences, Volume 6, número 17, páginas 2708 a 2717.

Uberlândia, MG

Fevereiro – 2016

ABSTRACT

Veredas are regarded as humid complexes of ecological, water and scenery significance in Cerrado biome related to water table outcrop. Direct alterations in these environments can lead to species diversity reduction and also facilitate biological invasion processes. Thus our study aims to investigate the natural regeneration, the coverage of woody vegetation and the invasive species in two sites in secondary successional stage in the central part of Cerrado biome. Our study was carried out at two sites located at Minas Gerais state, Brazil. We established plots randomly throughout transects laid perpendicularly to the vereda's drain line. We used the line intercept method to analyze the vegetation coverage. We set five 10-m width transects in each of both areas, perpendicular to the vereda's drain line to evaluate the distribution of invasive alien species in the two areas. The richness did not vary between communities ($U = 67.50$; $p = 0.061$); on the other hand we found significant difference in density estimates ($U = 36.50$; $p = 0.002$). We found significant difference between categories for soil coverage in both sites. Grasses showed the highest coverage when compared to the other categories ($K = 45.06$; $p < 0.001$ for site 1 and $K = 67.47$; $p < 0.001$ for site 2). We observed a zonation tendency in site 1, with a higher native grass coverage at middle and backwards zones ($K = 7.734$, $p < 0.05$). We only found *Pinus caribaea* Morelet individuals in the invasive species survey. We recorded 46 *Pinus caribaea* individuals at site 1 and 116 *Pinus caribaea* individuals at site 2. From the latter group we found 13 individuals within the vereda and 103 in the surrounding vegetation. Both sites have a high natural woody plant regeneration potential although the presence of alien grasses in the veredas' edge and *Pinus caribaea* all over the humidity gradient highlights the vulnerability of these areas to biological invasion.

Keywords

Woody Species, Ecological Patterns, Invasive Potential, Humid Areas

RESUMO

As veredas são consideradas complexos úmidos de relevância hídrica, ecológica e paisagística dentro do bioma Cerrado, condicionada ao afloramento do lençol freático. Alterações diretas nesses ambientes podem levar a redução da diversidade e facilitar processo de invasão biológica. Nessa perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo analisar a regeneração natural, cobertura da vegetação lenhosa e espécies invasoras em duas áreas em estágio sucessional secundário na parte central do Bioma Cerrado. O estudo foi realizado em duas veredas localizadas no estado de Minas Gerais, Brasil. Foram estabelecidas parcelas aleatoriamente ao longo de transectos perpendiculares à linha de drenagem das veredas. Para análise da cobertura vegetal foi utilizado o método de intercepto linear. Foram estabelecidos cinco transectos de 10 m de largura nas duas áreas, perpendiculares à linha de drenagem para avaliar a distribuição de espécies invasoras. A riqueza de espécies não variou entre comunidades ($U = 67.50$; $p = 0.061$), no entanto, as estimativas do número de indivíduos por parcela apresentaram diferenças significativas ($U=36,50$; $p=0,002$) entre as veredas. A cobertura do solo foi significativamente diferente entre categorias nas duas veredas. Gramíneas nativas apresentaram maiores coberturas em relação às demais categorias ($K=45,06$; $p<0,001$ para o sítio 1 e $K= 67,47$; $p<0,001$ para o sítio 2). Foi observada uma tendência a zonação na vereda 1, com uma maior cobertura de gramíneas nativas nas zonas de meio e fundo ($K=7,734$, $p<0,05$). Foram encontrados indivíduos de *Pinus caribaea* Morelet, no levantamento de espécies invasoras. Foram registradas 46 indivíduos *Pinus caribaea* na vereda 1 e 116 indivíduos *Pinus caribaea* na região da vereda 2, destes, 13 indivíduos dentro da vereda e 103 na vegetação circundante. Ambos os sites têm um alto potencial de regeneração natural, embora a presença de gramíneas exóticas na borda das veredas e *Pinus caribaea* todo o gradiente de umidade destaca a vulnerabilidade destas áreas a invasão biológica.

Palavras-chave

3.1 INTRODUCTION

Veredas are regarded as humid complexes of ecological, water and scenery significance in Cerrado biome (Figure 19). A vereda is in fact a multiform area showing niches and habitats heterogeneity important to terrestrial and water fauna, plus contributing to the watercourses perenniability [1] [2]. This physiognomy only occurs when there is a water table outcrop surrounded by *Mauritia flexuosa* L.f. (buriti), palm trees [3]. Nonetheless, since the tree-shrub layer is prevailing, this palm tree species occurrence is questionable when it comes to identify this sort of environment, so there might be areas bearing similar structure and plant composition in which this species does not occur [4].

Distinct flood levels and edaphic characteristics can generate distinct plant species gradients which vary as much as their coverage and soil conditions tolerance [1] [5]. Thus veredas can show three distinct floristic areas: edge, middle and backwards [1]. Although reproductive events of many species present in these environments rely on environmental disturbances such as fire and light condition variations [6], peculiar environmental conditions give veredas a low resilience, thus human activities can lead to severe disturbances in these environments. The soil compaction, water table lowering and biological invasion are challenges that must be overcome in order to maintain and preserve these areas [7].

According to the Technical Report on Cerrado Biome Deforestation released in 2009, Minas Gerais state held in 2008, nearly 43.2% of Cerrado remaining areas. The other areas had been removed to make way to any kind of human activity [8]. Even if legally protected by current Brazilian Forest Code, anthropogenic alterations in veredas still occur in despite of their vast distribution. In Triângulo Mineiro region (Minas Gerais state), many of these areas are directly used as natural pastures or drained for subsistence and intensive agriculture [9].

It is generally known that plant community regeneration patterns are determined by a combination of biotic and abiotic factors such as climate conditions, light characteristics, populations' structure and dynamics, interactions with pathogen parasites and the

reproductive strategies of the species that compound this community [10]. Nonetheless, the plant species richness might be affected by anthropogenic alterations in the environment. Habitat fragmentation, pasture and edge effects can show a negative relation to diversity in plant communities [11].

Although they are not directly affected, the veredas are highly sensible to environmental disturbances in their surroundings [5]. The edge areas can show significant changes in their floristic composition, according to the characteristics and disturbance levels of the surrounding areas [12]. Moreover, direct alterations in these environments can lead to species diversity reduction and also facilitate biological invasion processes [7].

The biological invasion in veredas by alien species such as the grass *Melinis minutiflora* P. beauv. as well as by native ones like the shrub species *Trembleya parviflora* (D. Don) Cogn., might be related to humidity reduction in veredas soils as a result of anthropogenic actions [13]. The latter mentioned species is able to form high density areas with reduced diversity rates known as “trembleyais areas” [14]. Besides, human activities that cause water table lowering can increase the invasive process by leading this species distribution farther into the vereda area (Figure 19(c)) [7].

Disturbed ecosystems can be dominated by native and alien grass species highly productive, which makes the floristic composition in these environments less diverse [15]. Similarly, invasive species belonging to *Pinus* spp. genus change the natural conditions by unbalancing the producer-consumer relationship forming a community dominated by few species. They also form a thick layer of litter which hampers the native species regeneration [16]. These invasive species can disperse through long distances away the plantation area carrying with them compatible invasive ectomycorrhiza fungi [17]. There is contamination by these species in Brazil (Figure 19(b)), where *Pinus* spp. plantations are conspicuous [18]. The contamination by these species occurs in open areas such as natural fields, cerrado sensu stricto, sand banks and secondary forests [19].

Once started the biological invasion process its effects on plant community are varied and in some cases difficult to detect because they are idiosyncratic, subtle, and indirect and its likely significant effects might only can be detectable in a long term [20] [21]. Nonetheless, many negative effects of invasive plants had already been recorded such as: changes in organic matter deposition in soil [22], changes in fire frequency and/or fire occurrence [23], reduction of diversity rates and basal area of native regenerating species in

alien species understory [24], fitness reduction in native species by direct competition [25] or apparent competition [26]. In despite of being scarcely understood, the co-occurrence of distinct invasive species also sets a challenge to the understanding of biological conservation efforts [27].

More than isolating disturbed areas, a successful regeneration process requires in some cases strategies to control invasive species and manage native species in late successional process. The correct intervention though relies on ecological knowledge [28] and monitoring the restoration process in field [28] [29]. In this contexto studies on regeneration patterns and alien and native species distribution in veredas can provide some important data on water resources and land use in these ecosystems as well as act as guideline for preservation and management [13]. Thus our study aims to investigate the natural regeneration, the coverage of woody vegetation and the potentially invasive species in two veredas sites in secondary successional stage in the core area of Cerrado biome.



Figura 18- General view of woody community in vereda (a), biological invasion by *Pinus caribaea*, underscoring an individual from regeneration (b) and individuals growing in a higher density in the drier and without woody vegetation areas (white arrows in (c)). Photos: Nascimento, A.R.T.

3.2 MATERIALS AND METHODS

3.2.1. Study Area

Our study was carried out at two vereda sites located at “Nova Monte Carmelo” farm (Figure 19), situated in Minas Gerais state, Brazil. The distance between the studied sites is nearly 12 km. Although the two sites are located at distinct municipalities—site 1 in Estrela do Sul and site 2 in Indianópolis, both fragments are subject to the same anthropogenic pressures as a result of commercial forest plantation at Nova Monte Carmelo farm. Still, the distinct environmental features between both sites can affect the biological invasion process as well as the natural regeneration, since site 1 does not show any vegetation adjacent to vereda, which makes it more vulnerable to disturbances.

The farm has huge *Pinus* spp. and *Eucalyptus* spp. plantations for commercial purposes. The farm is 58,000-hectare large in which 12,000 ha. are legal reserve areas in distinct regeneration stages, characterized by abandoned pastures and cerrado sensu stricto, semideciduous seasonal forest and veredas fragments. According to the Management Plan of Nova Monte Carmelo farm, the set aside areas for restoration are in natural regeneration process [30]. Nevertheless, the vereda areas in this farm show signs of degradation such as the high density presence of invasive species *Trembleya parviflora* and *Pinus caribaea*. The weather in this region is characterized as Aw, providing hot and rainy summers and dry and cold winters with a 1450 mm average precipitation and annual average temperature between 20°C and 22°C [31].

3.2.2 Data Gathering

We established two distinct size classes to evaluate the natural regeneration process in the two vereda sites: 2 × 2-meter plots (Class I) and 10 × 10-meter plots (Class II). We also established fifteen 4 m² plots (Class I) and fifteen 100 m² plots (Class II) at each site [32] in the following environments: edge (5 plots), middle (5 plots), and backwards (5 plots). We set

these plots randomly throughout transects laid perpendicularly to the vereda's drain line. We identified the environments as edge, middle and backwards according to [1].

We sampled all the regenerating individuals between 15 cm and 1 m high in the smaller plots (4 m^2) and the woody individuals with 1 m high and up to 5 cm D.B.H (Diameter at Breast Height, measured 1.3 m above the ground) in the larger plots (100 m^2). This inclusion criterion for woody vegetation ($\text{D.B.H} \geq 5 \text{ cm}$) characterizes adult vegetation [33], thus separates the tree layer from the rest of the vegetation.

We identified the sampled woody individuals *in situ* according to morphological and dendrologic features. When we could not identify these sampled individuals in field we gathered the botanical material and compared it to specialized bibliography and to the botanical material stored at Herbarium Überlandensis (HUFU). We identified all the collected material according to APG III [34]. We sent the sampled material we could not identify or bearing a doubtful identification to experts.

We used the line intercept method [35] to analyze the vegetation coverage. We sampled fifteen 10-m length lines (five in each environment), the measures were taken directly on the vegetation 1-m above the ground [36]. We set the lines in the 100 m^2 plots parallel to the transects and 2-m away from the edge of the plot.

To analyze the coverage distribution in the distincts plant groups we grouped the data into the following categories: alien grasses, native grasses, herbaceous, woody, lianas, ferns and bare soil.

We also evaluated the distribution of potentially invasive alien species in the two sites. For this purpose we set five 10-m width transects in each of both sites, perpendicular to the vereda's drain line, 100-m away from each other starting at the external edge of vegetation adjacent to vereda up to the watercourse (vereda's backwards environment). We measured the Diameter at Breast Height (D.B.H) for each individual found in the transect area higher than 2.5-m. We measured the Diameter at Soil Height (D.S.H) for those between 1 m and 2.5 m high. We also recorded the height estimate, physiognomy and occurrence zone (edge, middle or backwards) for those found inland the vereda sites.

3.2.3 Data Analysis

We tested the density, richness, coverage and dendrometric parameters (height and D.B.H) of *Pinus caribaea* (invasive species) for normality using graphic analysis and Kolmogorov-Smirnov test ($p \leq 0.05$). We performed this same procedure to test species richness and density data for native species which we represented by using average and standard deviation. Since the coverage data (total and categorized) did not fit normal distribution, we used Kruskal Wallis non parametrical test. We compared the D.B.H and height averages for *Pinus caribaea* (invasive species) between the two vereda sites using the t-test. We performed ANOVA to compare the averages for trunk diameter and height between the occurrence zones and vegetation types. We performed all the procedures and statistical tests in Systat 10.2 software (Systat Software, Inc, Richmond, Calif).

We investigated the environmental heterogeneity (edge, middle and backwards) inside and amongst the sites by performing a hierarchical cluster analysis according to ward method with the euclidean distance as a clustering coefficient based on the dissimilarity amongst the plots [37]. We created the dendrogram based on Euclidean distance using a presence/absence binary data matrix for the species found in the plots. We used the R software [38] to perform this procedure.

3.3 RESULTS AND DISCUSSION

Based on richness and density estimates the woody layer regeneration is significant (Figure 20). The richness did not vary between communities ($U = 67.50$; $p = 0.061$), even though it ranged from 1 to 23 species present in the plots. On the other hand, we found significant difference in the number of individuals per plot estimates ($U = 36.50$; $p = 0.002$) showing a wider variation between areas (1 to 77 individuals). Oppositely to cerrado sensu stricto where the tree-shrub layer is diverse and species rich [39] in vereda vegetation, this layer shows a low diversity, holding a smaller array of woody species which can tolerate the flood conditions and the hydromorphic soils, both characteristical features of these environments.

The cluster analysis identified two distinct groups: one consists basically of the plots located at site 1 and the other one mainly of plots situated at site 2 (Figure 21). Therefore we could notice the sites hold distinct floristic compositions even showing similar ecological zonation features. The low similarity between the two sites might be related to distinct disturbance levels and soil humidity conditions, since variations in soil humidity can result in differences in plant community composition either between zones in a vereda area or between veredas areas [5]. Although the formation of distinct floristic zones between edge, middle and backwards plots is not clear we observed a lower similarity between edge and backwards plots when compared to all the other categories — comparison made amongst distinct categories and the same categories.

We did not find any liana species amongst the coverage categories at site 2. In general, the soil coverage did not differ significantly between the two veredas areas except for woody plants category ($U = 45$; $p < 0.05$). The site 2 holds the more significant difference in this category (Figure 22). We found significant difference between categories for soil coverage in both sites. Grasses showed the highest coverage when compared to the other categories ($K = 45.06$; $p < 0.001$ for site 1 and $K = 67.47$; $p < 0.001$ for site 2).

When it comes to zonation we did not find any significant difference in coverage amongst zones (edge, middle and backwards) in the categories for site 2. Conversely, Santos and Munhoz [14] identified three distinct floristic groups throughout a humidity gradient in a vereda area at Distrito Federal (DF, Midwest Brazil). The absence of zonation in site 2 might

indicates non significant environmental variations in this area, probably related to a flat local topography.

Nonetheless, we observed a zonation tendency in site 1, with a higher native grass coverage at middle and backwards zones ($K = 7.734$; $p < 0.05$). Floristic surveys in vereda vegetation also identify a higher grass diversity at these zones [14], which might indicates adaptive advantages of this plant group to humid areas.

We only observed alien grasses at edge zone in both sites, with an average coverage of 7.60% (± 21.35) for site 1% and 0.39% (± 1.52) for site 2; this observed coverage is lower when compared to native grass coverage.

This species group is usually conspicuous in edge areas, where there is a higher light intensity and wind speed, being this latter responsible for dispersing anemochoric seeds such as *Pinus caribaea* ones. Moreover, the water table lowering (Figure 19(c)) can facilitate the colonization of the edge of the veredas by species that could not tolerate the humidity conditions usually found at these environments [7]. Although the average coverage by alien grasses is relatively low, environmental and ecological factors might be maintaining these populations at unstable levels thus any change at the environmental conditions could trigger unpredictable invasive processes [23] [40] therefore the maintenance of this ecosystem takes monitoring and invasive species management methods.

We only found *Pinus caribaea* individuals in the invasive species survey. We recorded 46 *Pinus caribaea* individuals at site 1 and 116 *Pinus caribaea* individuals at site 2. From the latter group we found 13 individuals inland the vereda and 103 in the surrounding vegetation

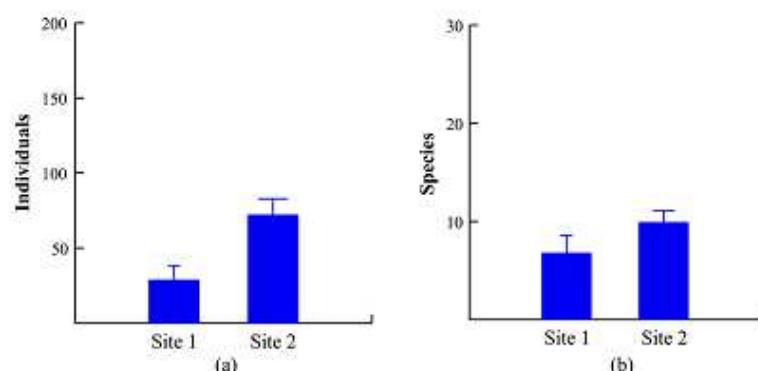


Figura 19 - Density estimates (a) and woody species richness (b) per 100 m² plot at two veredas in Cerrado biome. Each column represents the average and the bar represents the standard deviation of the estimates ($N = 15$ samples per area)

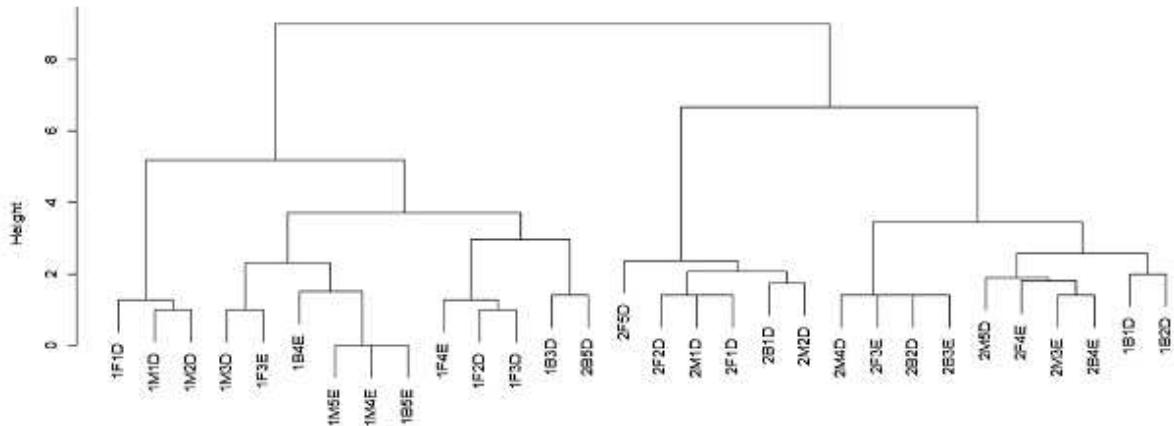


Figura 20 - Dendrogram for hierarchical cluster analysis for the two sites using ward's method and the euclidean distance as clustering coefficient. Numbers represent the sites (site 1 and site 2), and letters the zones (E: edge; M: middle; B: backwards).

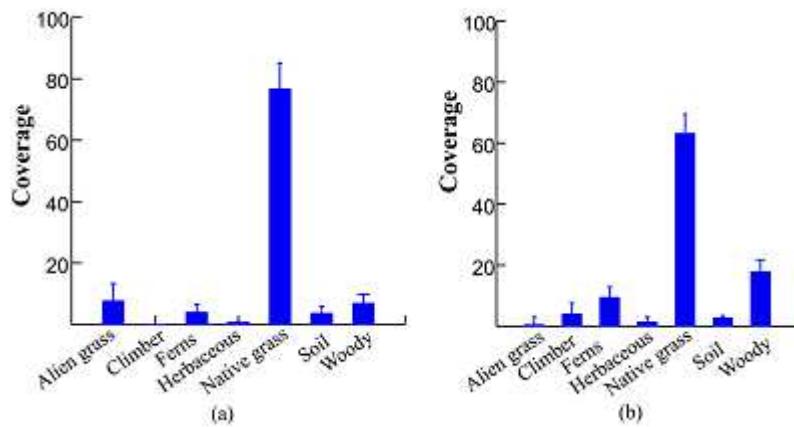


Figura 21- Total soil coverage (%) in distinct categories in two veredas sites: site 1 (a) and site 2 (b) Nova Monte Carmelo farm, Estrela do Sul-MG.

The *Pinus caribaea* individuals showed the highest height (Figure 23(a)) at site 2 ($t = -5.873$; $p < 0.01$) and the highest diameter (Figure 23(b)) at site 1 ($t = 2.538$; $p = 0.012$). Since the management at site 1 was done using clearcutting these differences might be related to individual's regrowth at this site.

We did not find any significant variation for diameter in *Pinus caribaea* individuals at site 1 amongst edge, middle and backwards zone although we found the highest individuals at the edge of the vereda. We found significant differences for both height and diameter

amongst zones in vereda 2 at site 2 (Table 9), with the highest individuals found inland (middle and backwards).

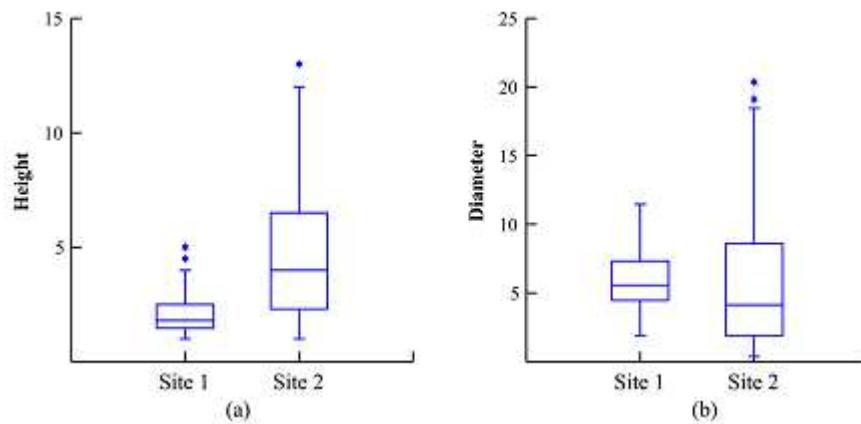


Figura 22 - Diameter measured - centimeters, (a) and height - meters of *Pinus caribaea* individuals in both sampling sites at Nova Monte Carmelo farm, Estrela do Sul-MG. The boxes represent 50% of the data, being the central horizontal lines the medians, the superior line represents o 75th percentile and the inferior the 25th percentile. The vertical lines represent the data width, and the asterisks the outliers

Tabela 9 - Results of ANOVA for height and diameter (on a logarithmic scale) for *Pinus caribaea* individuals found at edge, middle and backwards veredas at two sites.

		Source	Sum-of-squares	df	Mean-square	F-ratio	p
Site 1	Diameter	Zone	0.085	2	0.042	1.508	0.234
		Error	1.066	38	0.028		
	Height	Zone	0.297	2	0.149	4.623	0.016
		Error	1.222	38	0.032		
Site 2	Diameter	Zone	1.323	2	0.662	10.330	0.004
		Error	0.640	10	0.064		
	Height	Zone	0.650	2	0.325	15.456	0.001
		Error	0.210	10	0.21		

We tested the biometrical differences for *Pinus caribaea* individuals at distinct Cerrado physiognomies at site 2 because we only observed adjacent vegetation to vereda at this area. We recorded the invasive species at the 5 analyzed transects allocated at cerrado sensu stricto, semideciduous seasonal forest (SSF) and bordering Cerrado and SSF and Cerrado and vereda. We did not find any significant difference in height ($F = 0.480$; $p = 0.697$) and diameter ($F = 1.491$; $p = 0.221$) amongst the distinct physiognomies. This result might indicate that this invasive species population is able to establish at distinct types of vegetation with distinct environmental features.

The *Pinus caribaea* populations at the two veredas areas studied showed individuals at distinct growing stages, from youngsters to reproductive adult ones, which might play an

important role in these ecosystems reinfestation and in the maintenance of these invasive species populations, with the possibility of seed rain and consequently the continuous recruitment of new individuals [41]. The distribution of *Pinus caribaea* individuals at distinct growing stages might be related to the disturbance and the water table level, which can result in distinct plant communities composition, either in veredas zones or between them [5], with places where these individuals establishment might be restrict or absent. Moreover, the environment disturbance levels can be vital to explain the observed variation [42], since the studied areas and the zones within each vereda are subject to distinct levels of anthropogenic disturbance, with the presence or not of native vegetation in the surroundings, proximity to cultivated and fragment areas thus these anthropogenic impacts play an important role in the invasive process [23].

3.4 CONCLUSIONS AND FORESTRY GUIDELINES

Both sites show a significant natural regeneration potential represented by density and coverage values in spite of the dominance of some species at certain patches, which normally occurs at vereda vegetation. The presence of alien grasses in the veredas' edge even in low densities highlights the vulnerability of these areas to disturbances in the surroundings indicating the necessity of maintaining surrounding vegetation to act as a buffer zone. The invasion of *Pinus caribaea* plus the aforementioned features were recorded as an indicative of disturbance, with individuals at distinct growing levels that reached the area through anemochoric dispersion. A forestry guideline to manage this invasive species at this matrix with a higher alien and native grasses biomass would be the clearcutting followed by poisoning the remaining trunks and roots with herbicid, which besides being an usual forestry procedure can also diminish the reifestation. Girdling the remaining individuals might be necessary. These proceedings have to be done before the seeds production in order to avoid their dispersion to the open areas with a lower woody biomass.

REFERENCES

- [1] Araújo, G. M.; Barbosa, A. A. A.; Arantes, A. A.; Amaral, A. (2002) Composição florística de veredas no município de Uberlândia, MG. *Revista Brasileira de Botânica*, **25**, 475-493. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042002012000012>
- [2] Brandão, M.; Carvalho, P. G.; Baruqui, F. M. (1991) Veredas: uma abordagem integrada. *Daphne*, **1**, 9-12.
- [3] Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. (2008) As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; Almeida, S. P., Ribeiro, J.F., Ed., *Cerrado Ecologia e Flora*, Planaltina, 152-212. PMid:18378012
- [4] Moreira, S. N.; Eisenlohr, P. V.; Pott, A.; Pott, V. J.; Oliveira-Filho, A. T. (2015) Similar vegetation structure in protected and non-protected wetlands in Central Brazil: conservation significance. *Environmental Conservation*, **1**, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1017/S0376892915000107>
- [5] Oliveira, G. C.; Araujo, G. M.; Barbosa, A. A. A. (2009) Florística e zonação de espécies vegetais em veredas no Triângulo Mineiro, Brasil. *Rodriguésia*, **60**, 1077-1085.
- [6] Araújo, G. M.; Amaral, F. A.; Bruna, E. M.; Vasconcelos, H. L. (2013) Fire drives the reproductive responses of herbaceous plants in a Neotropical swamp. *Plant Ecology*, **214**, 1479-1484. <http://dx.doi.org/10.1007/s11258-013-0268-9>
- [7] Meirelles, M. L.; Guimarães, A. J. M.; Oliveira, R. C.; Araújo, G. M.; Ribeiro, J. F. (2004) Impactos sobre o estrato herbáceo de áreas úmidas do Cerrado. In: Aguiar, L. M. S.; Camargo, A. J. A., Ed., *Cerrado: Ecologia e Caracterização*, Planaltina, 41-69.
- [8] Ministério do Meio Ambiente. (2009) *Florestas do Brasil em resumo*. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília.
- [9] Ramos, H M. V. V.; Curi, N.; Motta, P. E. F.; Vitorino, A. C. T.; Ferreira, M. M.; Silva, M. L. N. (2006) Veredas do Triângulo Mineiro: solos, água e uso. *Ciência e Agrotecnologia*, **30**, 283-293. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542006000200014>
- [10] Marimon, B. S.; Felfili, J. M.; Fagg, C. W.; Marimon-Junior, B. H.; Umetsu, R. K.; Oliveira-Santos, C.; Morandi, P. S.; Lima, H. S.; Nascimento, A. R. T. (2012)

Monodominance in a forest of *Brosimum rubescens* Taub.(Moraceae): structure and dynamics of natural regeneration. *Acta Oecologica*, **43**, 134-139.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2012.07.001>

- [11] Cagnolo, L.; Cabido, M.; Valladares, G. (2006) Plant species richness in the Chaco Serrano Woodland from central Argentina: ecological traits and habitat fragmentation effects. *Biological Conservation*, **132**, 510–519.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2006.05.012>
- [12] Resende, I. L. M.; Chaves, L. J.; Rizzo, J. A. (2013) Floristic and phytosociological analysis of palm swamps in the central part of the Brazilian savanna. *Acta Botanica Brasilica*, **27**, 205-225. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062013000100020>
- [13] Felfili, M. J.; Silva-Junior, M. C. S.; Mendonça, R. C.; Fagg, C. W.; Filgueiras, T.S.; Mecenas, V. V. (2008) Fitofisionomias e flora. In: Fonseca, O. F., Ed., *Águas Emendadas*, Brasília, 152-162.
- [14] Santos, F. F. M.; Munhoz, C. B. R. (2012) Diversidade de espécies herbáceo-arbustivas e zonação florística em uma vereda no Distrito Federal. *Heringeriana*, **6**, 21-27.
- [15] Veldman, J. W. and Putz, F. E. (2011) Grass-dominated vegetation, not species-diverse natural savanna, replaces degraded tropical forests on the southern edge of the Amazon Basin. *Biological Conservation*, **144**, 1419-1429.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2011.01.011>
- [16] Brown, J. S; Venable, D. L. (1986) Evolutionary ecology of seed-bank annuals in temporally varying environments. *The American Naturalist*, **127**, 131-147.
<http://dx.doi.org/10.1086/284465>
- [17] Hayward, J.; Horton, T. R.; Pauchard, A.; Nuñez, M. A. (2015) A single ectomycorrhizal fungal species can enable a *Pinus* invasion. *Ecology*, **96**, 1438-1444.
<http://dx.doi.org/10.1890/14-1100.1> PMid:26236856
- [18] Coelho, V. C. M. (2010) Avaliação do manejo da produção econômica de madeira de *Pinus taeda* L. com características qualitativas superiores. Msc.Thesis, Universidade Federal do Paraná, Curitiba [unpublished].
- [19] Espíndola, M. B.; Bechara, F. C.; Bazzo, M. S.; Reis, A. (2005) Recuperação ambiental e

- contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. *Biotemas*, **18**, 27 – 38.
- [20]Simberloff, D. (2010) Invasions of plant communities-more of the same, something very different, or both? *The American Midland Naturalist*, **163**, 220-233. <http://dx.doi.org/10.1674/0003-0031-163.1.220>
- [21]Simberloff, D. (2011) How common are invasion-induced ecosystem impacts? *Biological Invasions*, **13**, 1255-1268. <http://dx.doi.org/10.1007/s10530-011-9956-3>
- [22]Witkowski, E. T. F. (1991) Effects of invasive alien acacias on nutrient cycling in the coastal lowlands of the Cape fynbos. *Journal of Applied Ecology*, **28**, 1-15. <http://dx.doi.org/10.2307/2404109>
- [23]Rossi, R. D.; Figueira, J. E. C.; Martins, C. R. M. (2010) Capim-gordura, invasão biológica, conservação do cerrado e regime de fogo, Minas Gerais, Brasil. *MG Biota*, **3**, 4-27.
- [24]Abreu, R. C. R., de Miranda Santos, F. F., & Durigan, G. (2014) Changes in plant community of Seasonally Semideciduous Forest after invasion by *Schizolobium parahyba* at southeastern Brazil. *Acta Oecologica*, **54**, 57-64. <http://dx.doi.org/10.1016/j.actao.2013.03.013>
- [25]Vila, M.; Weiner, J. (2004) Are invasive plant species better competitors than native plant species?- evidence from pair-wise experiments. *Oikos*, **105**, 229-238. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12682.x>
- [26]Dangremond, E. M.; Pardini, E. A.; Knight, T. M. (2010) Apparent competition with an invasive plant hastens the extinction of an endangered lupine. *Ecology*, **91**, 2261-2271. <http://dx.doi.org/10.1890/09-0418.1PMid:20836448>
- [27]Kuebbing, S. E.; Nuñez, M. A.; Simberloff, D. (2013) Current mismatch between research and conservation efforts: The need to study co-occurring invasive plant species. *Biological Conservation*, **160**, 121-129. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2013.01.009>
- [28]Shono, K.; Davies, S. J.; Kheng, C. Y. (2006) Regeneration of native plant species in restored forests on degraded lands in Singapore. *Forest Ecology and Management*, **237**, 574-582. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2006.10.003>
- [29]Ficko, S.; Smith, B.; Zeeb, B. (2015) Assisted revegetation following contaminated site

- remediation in the arctic: four-year case study of a former radar site. *American Journal of Plant Sciences*, **6**, 1301-1312. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2015.68130>
- [30] Duratex. (2012) *Plano de manejo florestal: versão pública.* http://www.duratex.com.br/pt/Download/Plano_de_Manejo_Florestal_Versao_Publica_2012.pdf
- [31] Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Moraes-Gonçalves, J.L.; Sparevek, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, **22**, 711-728. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- [32] Pinho Jr, G.V.; Nascimento, A. R. T.; Valverde, B. T.; Clemente, L. H. (2015) Brazilian savanna re-establishment in a monoculture forest: diversity and environmental relations of native regenerating understory in *Pinus caribaea* Morelet. stands. *Journal of Forestry Research*, **26**, 571-579. <http://dx.doi.org/10.1007/s11676-015-0050-z>
- [33] Felfili, J.M.; Carvalho, F.A.; Haidar, R.F. (2005) Manual para monitoramento de parcelas permanentes nos biomas Cerrado e Pantanal. Universidade de Brasília, Brasília.
- [34] Chase, M. W.; Reveal, J. L. (2009) A phylogenetic classification of the land plants to accompany APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **161**, 122-127. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.01002.x>
- [35] Canfield, R. (1941) Application of line interception method in sampling range vegetation. *Journal of Forestry*, **39**, 388-394.
- [36] Bullock, J. (1996) Plants. In: Sutherland, W. J., Ed., *Ecological census techniques - a handbook*. Cambridge, 111-138. PMid:8935155
- [37] Hair, J. F.; Black, W. C.; Babin, B. J.; Anderson, R. E. (1998) *Análise Multivariada de dados*. 5th Edition, Bookman, NJ.
- [38] R Development Core Team. (2015) *R: A language and environment for statistical computing*. <http://www.r-project.org/>
- [39] Brandão, M. (2000) Cerrado. In: Mendonça, M.P., Lins, L.V., Ed., *Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais*, Belo Horizonte, 55-63.
- [40] Mack, R.N.; Simberloff, D.; Lonsdale, M.W.; Evans, H.; Clout, M.; Bazzaz, F. A. (2000)

Biotic invasions: causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, **10**, 689-710. [http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761\(2000\)010\[0689:BICEGC\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0689:BICEGC]2.0.CO;2)

- [41] Bechara, F. C., Reis, A., Bourscheid, K., Vieira, N. K., & Trentin, B. E. (2013) Reproductive biology and early establishment of *Pinus elliottii* var. *elliottii* in Brazilian sandy coastal plain vegetation: implications for biological invasion. *Scientia Agricola*, **70**, 88-92. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162013000200005>
- [42] Whitmore, T.C. (1990) An Introduction to Tropical Rain Forests. Clarendon Press, Oxford.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As veredas apresentaram baixa diversidade de espécies lenhosas em escala local, no entanto, a diversidade beta (β) foi elevada, dada a baixa similaridade entre as áreas. As altas densidades de *Leandra erostrata* e *Trembleya parviflora*, no entanto, não parecem refletir condições naturais. Foi observado que *L. erostrata* apresenta tolerância às diferentes condições ambientais avaliadas neste trabalho, indicando se tratar de uma espécie de caráter generalista. Porém, são necessários maiores estudos para analisar as causas e consequências da possível dominância dessa espécie nas veredas.

As espécies lenhosas apresentaram padrões de distribuição relacionados a características edáficas, de umidade e biofísicas. Deste modo, as características da comunidade vegetal, especialmente regeneração lenhosa e cobertura do solo, parecem ser ferramentas eficientes na avaliação das condições ambientais de veredas.

As espécies *Pinus caribaea* e *Trembleya parviflora* também foram importantes componentes da regeneração natural. Ainda não há registros da invasão biológica de *P. caribaea* em outras veredas, no entanto, a espécie se mostrou eficiente em colonizar os ambientes mais úmidos das áreas de estudo, representando um risco às espécies nativas restritas a esses ambientes. Já *T. parviflora*, embora nativa, foi relatada em outros trabalhos como indicadora de perturbações em veredas e possivelmente associada a rebaixamento de lençol freático. Nos trechos amostrados essa espécie apresentou maiores densidades em locais com maiores concentrações de alumínio no solo. Este fato pode indicar que *T. parviflora* pode encontrar melhores condições de recrutamento e desenvolvimento em solos empobrecidos e relativamente jovens, como solos de vereda.

Embora a proteção das veredas garantida por lei seja importante para conservação desses ecossistemas, as bordas das veredas parecem sensíveis a atividades externas, especialmente na ausência de vegetação nativa como uma zona de amortecimento de impactos ambientais. Além disso, impactos indiretos, especialmente relacionados ao rebaixamento do lençol freático parecem também representar um importante risco à diversidade de espécies típicas de vereda, o que indica a necessidade de uma gestão ambiental ampla e integrada na conservação desses ecossistemas, focada não somente na manutenção das Áreas de

Preservação Permanente, mas também na gestão de recursos hídricos e estudos hidrológicos, controle de espécies invasoras e o constante monitoramento de variáveis bióticas e abióticas.

ANEXO A - Diferentes padrões de distribuição de *Trembleya parviflora* nas veredas

Vereda 1, evidenciando a formação de “zona trembleyal” na borda esquerda da vereda



Vereda 2, evidenciando indivíduos de *Trembleya parviflora* dispersos pela vereda.

