

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL

MARIA LÚCIA FURTADO COELHO CAMPOS

PADRÕES DE AMBIENTES E COMUNIDADES VEGETAIS EM ÁREA  
DEGRADADA POR EROSÃO NO CERRADO.

UBERLÂNDIA, MG

2019

MARIA LÚCIA FURTADO COELHO CAMPOS

PADRÕES DE AMBIENTES E COMUNIDADES VEGETAIS EM ÁREA  
DEGRADADA POR EROSÃO NO CERRADO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia,  
como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em  
Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio  
Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de  
“Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

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

---

C198p  
2019

Campos, Maria Lúcia Furtado Coelho, 1984-  
Padrões de ambientes e comunidades vegetais em área degradada  
por erosão no cerrado [recurso eletrônico] / Maria Lúcia Furtado Coelho  
Campos. - 2019.

Orientador: Guilherme Resende Corrêa.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.  
Modo de acesso: Internet.  
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2020.3008>  
Inclui bibliografia.  
Inclui ilustrações.

1. Qualidade ambiental. 2. Erosão. 3. Fitossociologia. 4. Degradação  
ambiental. 5. Cerrado. I. Corrêa, Guilherme Resende, 1981-, (Orient.). II.  
Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em  
Qualidade Ambiental. III. Título.

CDU: 574



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental  
BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 2512-6717 - www.ppgmq.iciag.ufu.br - ppgmq@iciag.ufu.br



## ATA

Ata da defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO junto ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia.

Defesa de Mestrado, 1/2019, PPGMQ

Data: 29 de março de 2019 Hora início: 8:30

Discente / Matrícula: MARIA LÚCIA FURTADO COELHO CAMPOS - 11712MQA013

Título do Trabalho: IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES PIONEIRAS NATIVAS DE CERRADO E SUAS CONDIÇÕES ECOLÓGICAS DE REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREA DEGRADADA POR VOÇOROCA NO TRIÂNGULO MINEIRO

Área de concentração: Meio Ambiente e Qualidade Ambiental

Linha de pesquisa: Gestão e Monitoramento Ambiental

Projeto de Pesquisa de vinculação: IDENTIFICAÇÃO DE ESPÉCIES PIONEIRAS NATIVAS DE CERRADO E SUAS CONDIÇÕES ECOLÓGICAS DE REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREA DEGRADADA POR VOÇOROCA NO TRIÂNGULO MINEIRO

Reuniu-se na sala 1H 14, *Campus* Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental, assim composta: Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa (orientador da candidata); Prof. Dr. Bruno Nery Fernandes Vasconcelos (UFU); Prof. Dr. Enio Tarso de Souza Costa (UFU); e Prof. Dr. Daniel Meira Arruda (UFMG).

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu a Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o conceito final:

( X ) APROVADA ( ) REPROVADA

Em face do resultado obtido, a Banca Examinadora considerou a candidata aprovada, sugerindo o novo título para o trabalho:

**PADRÕES DE AMBIENTES E COMUNIDADES VEGETAIS EM ÁREA DEGRADADA POR EROSÃO NO CERRADO**

Esta defesa de Dissertação de Mestrado é parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre. O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, legislação e regulamentação internas da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos às 13:15 horas. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.

Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa (Orientador) - Conceito: ( X ) *Aprovada* ( ) *Reprovada*

Prof. Dr. Bruno Nery Fernandes Vasconcelos (UFU) - Conceito: ( *X* ) *Aprovada* ( ) *Reprovada*

Prof. Dr. Enio Tarso de Souza Costa (UFU) - Conceito: ( *X* ) *Aprovada* ( ) *Reprovada*

Prof. Dr. Daniel Meira Arruda (UFMG) - Conceito: ( *X* ) *Aprovada* ( ) *Reprovada*



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Resende Correa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 16/04/2019, às 17:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Enio Tarso de Souza Costa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 17/04/2019, às 10:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruno Nery Fernandes Vasconcelos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 17/04/2019, às 13:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Meira Arruda, Usuário Externo**, em 03/05/2019, às 13:30, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0953974** e o código CRC **9AA4A98E**.

MARIA LÚCIA FURTADO COELHO CAMPOS

PADRÕES DE AMBIENTES E COMUNIDADES VEGETAIS EM ÁREA  
DEGRADADA POR EROSÃO NO CERRADO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-  
graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de  
concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental,  
para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 29 de março de 2019.

Prof. Dr. Bruno Nery Fernandes Vasconcelos

UFU

Prof. Dr. Ênio Tarso de Souza Costa

UFU

  
Prof. Dr. Daniel Meira Arruda

UFMG

  
Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa  
IG – UFU  
(Orientador)

UBERLÂNDIA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus familiares, minha mãe Myriam e meus irmãos Marisa, Fábio e Paulo que, mesmo de longe, torceram por mais esse desafio.

Ao Vinícius pelo companheirismo, incentivo e acima de tudo paciência.

Ao meu orientador Prof. Guilherme Corrêa pela oportunidade, ensinamentos e convívio.

À querida irmã utopiana Éricka, que me recebeu em Uberlândia e me fez sentir em casa.

Ao Instituto de Geografia (IG) e ao Laboratório de Pedologia e Estudos da Paisagem (LAPEP), em especial Aline, Bel, Palucci, Maiko, Paula e Gabriel Bernardes. Obrigada pelos bons momentos, apoio em várias etapas desse processo e, claro, pelos “*rocks*”.

À Polyana pela disponibilidade e assessoria no inventário florestal.

Às colegas de curso Ana Luiza e Nathália pelo convívio e parceria.

À Mosaic Fertilizantes por incentivar meu crescimento profissional e ter me liberado todas as vezes que foram necessárias para o mestrado.

Ao Herbarium Uberlandense (HUFU), professora Rosana Romero e demais funcionários, por disponibilizar a infraestrutura necessária para herborização das plantas.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU), a Pró-reitora de Pesquisa e Pós-Graduação (PROPP-UFU), ao Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) e ao Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental (PPGMQ) pelo incentivo a pesquisa e ao desenvolvimento sustentável e ambiental.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio financeiro que permitiu a realização desta pesquisa.

E a todos que me acompanharam neste percurso, desde amigos, professores, colegas da UFU e do trabalho, que contribuíram de alguma forma para o meu crescimento.

O meu sincero obrigada!

## SUMÁRIO

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| RESUMO .....                     | 7  |
| ABSTRACT .....                   | 8  |
| I - INTRODUÇÃO GERAL.....        | 9  |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... | 12 |

|                  |    |
|------------------|----|
| CAPÍTULO I ..... | 14 |
|------------------|----|

### AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DEGRADADA POR VOÇOROCA NO TRIÂNGULO MINEIRO, MINAS GERAIS

|  |    |
|--|----|
| RESUMO .....   | 14 |
| 1. INTRODUÇÃO.....   | 15 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....   | 16 |
| 2.1 ÁREA DE ESTUDO .....   | 16 |
| 2.2 BASE CARTOGRÁFICA .....  | 17 |
| 2.3 AMBIENTES DA ÁREA DE ESTUDO .....                              | 18 |
| 2.4 AMOSTRAGEM DO SOLO.....  | 18 |
| 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA .....                                      | 21 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                    | 22 |
| 3.1 ANÁLISE DAS IMAGENS .....                                      | 22 |
| 3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS PERFIS DE SOLOS .....   | 23 |
| 3.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS NAS PARCELAS..... | 34 |
| 4. CONCLUSÃO .....   | 37 |
| REFERÊNCIAS .....  | 38 |
| ANEXO I - ATRIBUTOS FÍSICOS DOS SOLOS DAS PARCELAS.....            | 42 |
| ANEXO II - ATRIBUTOS QUÍMICOS DOS SOLOS DAS PARCELAS .....         | 44 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| CAPÍTULO II ..... | 46 |
|-------------------|----|

### PADRÕES DA VEGETAÇÃO EM AMBIENTES DE FLORESTA E SAVANA SUBMETIDOS A EROSÃO

|   |    |
|---|----|
| RESUMO .....  | 46 |
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 47 |
| 2. MATERIAL E MÉTODOS.....  | 48 |
| 2.1. ÁREA DE ESTUDO.....  | 48 |
| 2.2. AMOSTRAGEM DA VEGETAÇÃO: COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA .....                         | 49 |
| 2.3. ANÁLISE DOS DADOS .....  | 51 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 53 |
| 3.1. ANÁLISE FITOSSOCIOLÓGICA E DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES .....                 | 54 |
| 3.2. ESTRUTURAÇÃO DA REGENERAÇÃO NATURAL DAS ESPÉCIES ARBÓREAS E ARBUSTIVAS ..... | 66 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>4. CONCLUSÃO .....</b>   | <b>68</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>   | <b>70</b> |
| <b>ANEXO I – ESPÉCIES AMOSTRADAS NOS ESTRATOS DE CAS PRÉ-ESTABELECIDAS E NOS AMBIENTES DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>       | <b>73</b> |
| <b>ANEXO II - PARÂMETROS FITOSSOCIOLOGICOS DAS ESPÉCIES COM DESTAQUE QUANTO AO ÍNDICE DO VALOR DE IMPORTÂNCIA. ....</b> | <b>77</b> |
| <b>ANEXO III– REGENERAÇÃO NATURAL DAS ESPÉCIES ARBÓREAS E ARBUSTIVAS DA ÁREA DE ESTUDO.....</b>                         | <b>78</b> |

|                           |           |
|---------------------------|-----------|
| <b>CAPITULO III .....</b> | <b>81</b> |
|---------------------------|-----------|

## **RELAÇÃO SOLO VEGETAÇÃO EM ÁREA DEGRADADA POR VOÇOROCA NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO**

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMO .....</b>   | <b>81</b> |
| <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>                                      | <b>82</b> |
| <b>2. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                              | <b>84</b> |
| <b>2.1. ÁREA DE ESTUDO.....</b>                                 | <b>84</b> |
| <b>2.2. AMOSTRAGEM DO SOLO E DA VEGETAÇÃO .....</b>             | <b>85</b> |
| <b>2.3. ANÁLISE MULTIVARIADA DE GRADIENTES AMBIENTAIS .....</b> | <b>86</b> |
| <b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                          | <b>86</b> |
| <b>3.1. ASPECTOS ECOLÓGICOS .....</b>                           | <b>86</b> |
| <b>3.2. ANÁLISE MULTIVARIADA DE GRADIENTES AMBIENTAIS.....</b>  | <b>90</b> |
| <b>4. CONCLUSÃO .....</b>                                       | <b>96</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>  | <b>97</b> |
| <b>II - CONCLUSÕES GERAIS .....</b>                             | <b>99</b> |

## RESUMO

CAMPOS, MARIA LÚCIA FURTADO COELHO. **Padrões de ambientes e comunidades vegetais e área degradada por erosão no cerrado.** 2019. 98 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.<sup>1</sup>

O Triângulo Mineiro possui muitas áreas com solos degradados pela erosão. A degradação do solo traz inúmeras consequências sociais e ambientais negativas, tais como perda da capacidade produtiva dos solos agrícolas, desmoronamentos de estradas, assoreamento de cursos d'água, açudes e represas. Uma das medidas mais eficientes para a recuperação de áreas degradadas é a revegetação. Compreender a dinâmica da revegetação natural em ambientes perturbados é o primeiro passo para manejar e direcionar a recuperação de áreas degradadas. Nesse sentido, o presente trabalho pretende contribuir com novas informações sobre espécies vegetais mais aptas para regeneração natural de uma área extremamente degradada e seu processo de recomposição. O mesmo abrange levantamento fitossociológico e sua relação com o solo, a fim de compreender e estabelecer padrões a partir da área estudada. Para os estudos fitossociológicos foram amostradas 4 áreas em uma mesma microbacia (voçoroca mata, voçoroca cerrado, mata de galeria e cerrado), sendo distribuídas parcelas de 10 x 10 m em cada área, totalizando 39 parcelas. Foram amostrados todos os indivíduos com circunferência  $\geq 10$  cm medidos à 30 cm do solo. Dentro da parcela maior foram instaladas subparcelas de 5 x 5 m onde foram amostrados indivíduos com circunferência  $\geq 5$  e  $< 10$  cm à 30 cm do solo e subparcelas de 2 x 2 m para amostragem dos indivíduos  $< 5$  cm de circunferência. Para fins de estudo quantitativos da relação solo-vegetação, em cada parcela foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo com profundidade de 0 a 20 cm e para verificação das variações pedológicas das áreas foram abertos perfis. As análises químicas e físicas foram realizadas para caracterizar os solos e as plantas foram identificadas e medidas (altura e diâmetro). O estudo foi desenvolvido em três capítulos. No primeiro capítulo foi realizada a caracterização do solo/substrato dos ambientes da área de estudo. No segundo capítulo foi avaliada a estrutura fitossociológica desses ambientes. E no terceiro capítulo foi analisada a relação da vegetação da área e sua abundância de espécies com as propriedades físico-químicas do solo.

**Palavras chave:** erosão, fitossociologia, recuperação de áreas degradadas, Cerrado, relação solo-vegetação.

---

Orientador: Guilherme Resende Corrêa – UFU

## ABSTRACT

CAMPOS, MARIA LÚCIA FURTADO COELHO. **Environmental patterns and vegetations communities in an area degraded by erosion in the Cerrado.** 2019. 98 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia – MG.<sup>1</sup>

There are many areas with degraded soils by erosion in the region known how Triângulo Mineiro. The soil degradation brings incontable social and environmental negative consequences, such less productive capacity from agricultural, slope collapses, stream, weir and rivers siltings. An efficient solution to recovery the degraded areas is revegetation. To understand the dynamics of natural revegetation inside disturbed environments is the first step to manage and guide the recovery of degraded areas. To do that, this study intend contribute with new information about fittest flora species to natural regeneration inside an area completely degraded as well its recomposition process. The scope is phytosociological studies and its soil relations to understand and stablish patterns from selected field. To phytosociological studies 4 areas were sampled inside the same microbasin (“cerradão”, “mata”, “voçoroca mata” and “voçoroca cerradão” areas), distributed portions of 10 x 10 m in each area, on total from 39. Were collected all individuals with circumference  $\geq 10$  cm, measured 30 cm from the soil. Inside the larger portion, sub portions of 5 x 5 cm were installed, where the individuals with circumference  $\geq 5$  and  $< 10$  cm from 30 cm of the soil were sampled. Inside the 10 x 10 m portions were also installed 2 x 2 m sub portions to the sampling of the individuals with  $< 5$  cm of circumference. For the purposes of quantitative studies about the relation soil – vegetation, in each portion were collected deformed and non deformed soil samples in 0 to 20 cm depth. To verify the pedological variations were opened profiles. The physical and chemical analisys were done to classify the soils and the plants were identified and mensured (height and diameter). The study was developed int three chapters. In the first one was realized the soil/substract characterization from each area. In the second the phytosociological structure was avaliated. And in the third was realized the relationship between vegetation and species abundance with physical-chemical soil properties.

**Keywords:** erosion, phytosociology, rehabilitation of degraded areas, Cerrado, soil-vegetation relationship.

---

Advisor: Guilherme Resende Corrêa – UFU

## I - INTRODUÇÃO GERAL

O Cerrado brasileiro é considerado o segundo maior bioma do Brasil e está localizado principalmente no Planalto Central do Brasil compreendendo como área contínua os Estados de Goiás, Tocantins e o Distrito Federal, parte dos Estados da Bahia, Ceará, Maranhão, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Piauí e Rondônia, além de áreas disjuntas ao norte nos Estados do Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e ao sul, em pequenas porções do Paraná. Todo esse bioma abrange uma área de aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup>, o que representa mais de 20 % do território nacional (IBGE, 2004). A área central do Cerrado contrasta com quase todos os Biomas formando áreas de tensão ecológica, onde ocorre uma mistura de elementos florísticos entre as formações das regiões adjacentes. Neste espaço territorial encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata). Os elementos florísticos e o elevado potencial aquífero favorecem a biodiversidade desse bioma, mesmo com grande parte de sua área já modificada pelo homem (WALTER, 2006).

Devido a sua riqueza ecológica, o Cerrado entrou para as 25 áreas prioritárias para a manutenção da biodiversidade mundial. Estudos catalogaram por volta de 10 mil espécies vegetais, das quais cerca de 4400 são plantas endêmicas (MYERS et al. 2000; PINHEIRO, 2008).

A alta heterogeneidade deste bioma resulta em uma diversidade de paisagens, tanto constituída por diferentes fisionomias de vegetação vinculadas a fatores físicos e fisiográficos, como por um mesmo tipo de vegetação com distintos padrões de composição florística também relacionadas às condições do meio (FELFILI et al, 2004). São descritos quatorze tipos principais de vegetação para o bioma Cerrado, enquadrados em formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão), savânicas (Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo, Parque de Cerrado, Palmeiral, Vereda e Cerrado Rupestre) e campestres (Campo sujo, Campo limpo e Campo rupestre) (RIBEIRO & WALTER, 2008). Em Minas Gerais, o cerrado é muito expressivo retratando um gradiente fisionômico que compreende as áreas de Campos, Campo rupestre, Campo cerrado, Cerrado *sensu stricto*, Cerradão e Vereda (SCOLFORO, 2008).

A diversidade de fitofisionomias é resultante da diversidade de solos, de topografia e de climas que ocorrem no Brasil Central. Os principais fatores apontados como determinantes para a predominância das formações com fitofisionomias savânicas que caracterizam este bioma são

o clima, os solos e o fogo. As temperaturas médias anuais variam entre 22°C e 27°C. O clima dominante é o Tropical de Savana (Aw de Köppen), notadamente sazonal e marcado pela grande quantidade de chuvas anuais (entre 1100 mm e 1600 mm) concentradas principalmente entre outubro e abril. O restante do ano caracteriza-se como estação seca, época em que são comuns os incêndios (ADÁMOLI et al., 1987).

Em relação aos solos, na região dos Cerrados, 46 % dos solos são caracterizados como Latossolos, podendo apresentar uma coloração variando do vermelho para o amarelo, são profundos, bem drenados, apresentam acidez, toxidez por alumínio e são pobres em nutrientes (como cálcio, magnésio, potássio e alguns micronutrientes). Além desses, temos os solos pedregosos e rasos (Neossolos Litólicos), geralmente de encostas, os arenosos (Neossolos Quartzarênicos), os orgânicos (Organossolos) e outros de menor expressão. (SANZONOWICZ, 2017).

A história da ocupação das paisagens naturais do Cerrado está ligada ao incentivo governamental de dirigir o povoamento do país para a região central. Essa ocupação está associada à expansão das atividades agropecuárias ligada desde a década de 60, ao aumento da demanda por carvão vegetal e à expansão imobiliária em consequência da ocupação populacional (RATTER et al., 1997). A pressão agrícola, exercida por atividades tais como pastagens, culturas de soja e milho, torna essa atividade econômica a principal responsável pelo desmatamento do Cerrado brasileiro. Estima-se que pelo menos 80 % de toda extensão do Cerrado tenha sido alterada de alguma forma, restando pequena porcentagem de vegetação em estágio primário. (MYERS et al., 2000). Em consequência, tem-se uma série de problemas ambientais como fragmentação de habitats, redução da biodiversidade, estabelecimento de espécies exóticas, erosão dos solos, alterações nos regimes de queimadas, desequilíbrios no ciclo do carbono, modificações climáticas regionais.

Destacando-se a erosão, ela é definida como um processo de desprendimento e arraste de partículas do solo das partes mais altas pela ação das águas da chuva ou dos ventos e pelo transporte e deposição dessas partículas para as áreas mais baixas. A erosão do solo é uma das principais causas do depauperamento dos solos (LEPSCH, 2011; BERTONI & LOMBARDI NETO, 2017).

Após a degradação de uma área, a intervenção humana é necessária para recuperação da vegetação, já que mesmo após algumas décadas que o impacto já tenha cessado, em áreas de cerrado a regeneração natural da vegetação é pouco significativa (PINHEIRO, 2008). Entretanto, há poucas pesquisas na avaliação do desempenho de espécies a fim de otimizar

ações de recuperação do Cerrado (CARVALHEIRA, 2007). Portanto, conhecer áreas em regeneração natural, avaliando o solo e as plantas capazes de se desenvolverem em condições edáficas pouco favoráveis, se faz importante para dar subsídios técnicos na elaboração de ações voltadas para conservação, preservação, manejo e recuperação desse bioma com utilização de espécies nativas.

Ressalta-se que a aplicação prática de estudos com essa característica resulta na minimização de erros e consequente aumento na probabilidade de sucessos nos projetos de recuperação de áreas degradadas. Esses estudos também podem propiciar a redução dos custos com manutenção dos projetos e trazer benefícios ecológicos (MARTINS, 2010).

Diante do exposto, o trabalho em questão partiu do pressuposto de que plantas capazes de se desenvolverem em condições edáficas pouco favoráveis têm chances de sucesso na recomposição da vegetação de uma área. Através da identificação das mesmas, concomitante com a avaliação das características físicas e químicas do substrato/solo, é possível selecionar espécies nativas com grande potencial para o uso em projetos de recuperação de áreas. Ou seja, criar um banco de espécies vegetais aptas a se desenvolverem em um novo pedoambiente sob determinadas condições edáficas seletivas.

O estudo foi desenvolvido em três capítulos. No primeiro capítulo foi realizada a caracterização do solo dos ambientes da área de estudo. No segundo capítulo foi avaliada a estrutura fitossociológica desses ambientes. E no terceiro capítulo foi analisada a relação da vegetação da área e sua abundância de espécies com as estruturas físico-químicas do solo.

## REFERÊNCIAS

- ADÂMOLI, J. et al. Caracterização da região dos Cerrados. *In*: GOEDERT, W.J. (ed.). **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo. 1987. p. 33-98.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 10. ed. São Paulo: Ícone, 2017. 392 p.
- CARVALHEIRA, M. S. **Avaliação do estabelecimento de espécies de Cerrado sentido restrito, a partir do plantio direto de sementes na recuperação de uma cascalheira na Fazenda Água Limpa – UnB**. Dissertação (Mestrado). Universidade de Brasília: Brasília, DF, 2007. 33 p.
- FELFILI, J. M. et al. **Diversity, floristic and structural patterns of cerrado vegetation in Central Brazil**. *Plant Ecology*, 2004. v.175, p. 37-46. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:VEGE.0000048090.07022.02>.
- IBGE. **Mapa de Biomas e de Vegetação**, (2004). Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/21052004biomashtml.shm>. Acesso em: 13 out. 2017.
- LESCH, I. F. **19 lições de pedologia**. São Paulo: Oficina de textos 2011. 456 p.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010. 270 p.
- MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, [s.l.], v. 403, p. 853-858, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>.
- PINHEIRO, C. Q. **Avaliação da recuperação das cascalheiras do Aeroporto Internacional de Brasília Juscelino Kubitschek: aspectos edáficos, florísticos e ecológicos**. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, Brasília-DF, 2008.
- RATTER, J. A.; RIBEIRO, J. F.; BRIDGEWATER, S. The Brazilian Cerrado vegetation and threats to its biodiversity. **Annals of Botany**, Oxford, 1997, v. 80, p. 223-230. DOI: <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0469>.
- RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. v.1., p. 151-199.
- SANZONOWICZ, C. **Solos do Cerrado**. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_14\\_911200585231.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html). Acesso em: 13 out. 2017.

SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. R. S.; OLIVEIRA, J. M. **Inventário florestal de Minas Gerais**: Cerrado: florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e áreas. Lavras: UFLA, 2008.

WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**: síntese terminológica e relações florísticas. 2006. 73 f. Tese (Doutorado). Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, UnB, 2006.

## CAPÍTULO I

### AVALIAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DO SOLO EM ÁREA DEGRADADA POR VOÇOROCA NO TRIÂNGULO MINEIRO, MINAS GERAIS

#### RESUMO

O solo é um grande estratificador de ambientes em escala local e regional. É também a base dos ecossistemas terrestres influenciando na distribuição de espécies vegetais. Este trabalho analisou a qualidade dos solos em relação aos seus principais atributos físicos, químicos e morfológicos com o objetivo de melhor compreender os efeitos de uma antiga voçoroca nas propriedades do solo e visando subsidiar trabalhos de recuperação ambiental. A área de estudo foi estratificada em quatro ambientes que seguiram o mesmo padrão de amostragem. Foram distribuídas parcelas de 100 m<sup>2</sup>, onde foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo (0 a 20 cm de profundidade) e descritos perfis para caracterização dos solos. Realizou-se a Análise dos Componentes Principais (PCA) das variáveis químicas e físicas. Para testar diferenças entre os ambientes fez-se uma análise de variância (ANOVA) seguindo-se do teste *a posteriori* de Tukey. Os solos presentes nas áreas em condições naturais foram: Latossolo Vermelho Distrófico argissólico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico. São solos de textura média à arenosa, distróficos, ácidos e possuem alto grau de intemperismo. Na área da voçoroca, além da baixa fertilidade, verificou-se como principal restrição os baixos valores de matéria orgânica. Os níveis de erosão ainda são impeditivos para formação de horizonte A, interferindo na regeneração natural e distribuição de espécies de uma área degradada.

Palavras-chave: Cerrado, recuperação de áreas degradadas, avaliação de impactos ambientais, erosão.

## 1. INTRODUÇÃO

A vegetação do Cerrado está sujeita a condições ambientais muito diversas. Os principais fatores apontados como determinantes para a diversidade de fitofisionomias que caracterizam este bioma são: clima, solos, litologia, relevo e fogo (ADÁMOLI et al., 1987; EITEN, 1993; WALTER, 2006). Cerca de 46 % do Cerrado está sobre Latossolos, que variam da coloração vermelha a amarelo. (SANZONOWICZ, 2017).

Em Minas Gerais, o cerrado é muito expressivo retratando um gradiente fisionômico que compreende as áreas de Campos, Campo rupestre, Campo cerrado, Cerrado *sensu stricto*, Cerradão e Vereda. A região do Triângulo Mineiro também possui uma acentuada diversidade de fitofisionomias de Cerrado, mesmo com grande parte de sua área já modificada pelo homem (SCOLFORO, 2008; WALTER, 2006). O modelo de exploração desordenada, influenciado pelo incentivo governamental de dirigir o povoamento para a região Central do Brasil, gerou a degradação desse bioma. Especificamente a degradação do solo é preocupante por não ser facilmente reversível, já que os processos de formação e regeneração do solo são muito lentos (ARAÚJO et al., 2005).

A degradação do solo pode ser entendida como a deterioração das suas propriedades e a causa mais conhecida na região do Cerrado é a erosão do solo. A erosão é o processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo, sendo o efeito da perda de solo correlacionada com o tipo de solo e profundidade (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2017). A erosão pode apresentar-se de forma menos visível, como por exemplo a erosão laminar, os sulcos e ravinas, e até mesmo de forma mais profunda e visível, como as voçorocas (BALIEIRO et al., 2008; BIAGIOTTI, 2011; ARAÚJO et al, 2014).

Quanto à classificação, a erosão comumente é dividida em eólica, glacial, marinha e hídrica. A erosão hídrica é a mais preocupante em países tropicais como o Brasil por ocasionar grandes problemas ambientais, tais como redução da cobertura vegetal, acidificação dos solos, exaustão de nutrientes e diminuição do teor de C orgânico e da biodiversidade. Assim, a erosão pode inviabilizar a exploração socioeconômica e ambiental da área afetada (MACHADO, 2007; CARNERO et al., 2009).

Os processos erosivos fazem parte da evolução natural do meio físico, da alteração do relevo e da constante renovação dos solos (DRUMOND, 2006). Fatores como uso do solo, cobertura geológica, clima, cobertura vegetal e relevo atuam na origem e aceleração dos

processos erosivos. A maior ou menor erodibilidade do solo pode ser avaliada, de forma integrada, através de algumas propriedades físicas, químicas biológicas e mineralógicas. Para as propriedades físicas destacam-se a textura (sobretudo aos teores de silte e areia fina), estrutura, permeabilidade e densidade. (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2017; VIERO, 2004; MACHADO, 2007).

Ao entender como ocorre a dinâmica dos processos erosivos, através da caracterização da área ou do estudo do solo, é possível planejar o manejo do solo para a recuperação das áreas degradadas (RODRIGUES & GANDOLFI, 1996; DRUMOND, 2006). O tipo de solo deve ser utilizado como indicativo da composição florística a ser implantada em projetos de recuperação de áreas degradadas em uma mesma região climática (RODRIGUES & GANDOLFI, 1996).

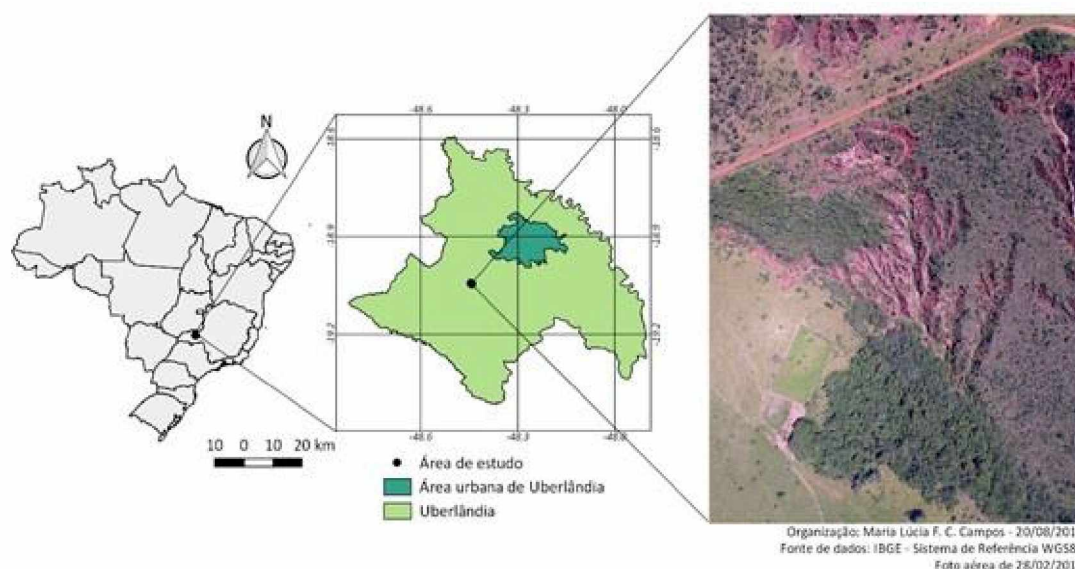
É fundamental o levantamento de dados sobre ambientes degradados, especialmente os de solo, de forma a subsidiar as avaliações de impactos e de recuperação. Nesse sentido, este trabalho objetivou caracterizar, quanto aos aspectos morfológicos, físicos e químicos, os principais solos e ambientes de uma área com voçoroca com vista a recuperação e restauração de áreas degradadas.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

A área de estudo (Figura 1) está localizada na zona rural do município de Uberlândia e é caracterizada pelas formações do Bioma Cerrado. Segundo a classificação de Köppen, o clima é caracterizado como Tropical de Savana (Aw) com duas estações bem definidas: inverno seco e verão chuvoso (ALVES et. al., 2002). A temperatura média anual é de 22 °C, variando entre médias de 24 °C nos meses de outubro a março (meses mais quentes) e 18 °C nos meses de junho e julho (meses mais frios) (EMBRAPA, 1982). Em relação à precipitação, há uma variação entre 1300 a 1700 mm/ano (SILVA, 2010).

**Figura 1** – Localização da área de estudo.



O material geológico da área estudada está relacionado aos arenitos do Grupo Bauru, Formação Marília e, na porção mais ao sul, pelos basaltos da Formação Serra Geral (EMBRAPA, 1982).

A altitude da região situa-se em torno de 700 a 900 m, os solos são geralmente profundamente desenvolvidos (Latosolos Vermelhos, Vermelho-Amarelos e Amarelos) (EMBRAPA, 1982) e ocupam amplos interflúvios, constituindo-se num enorme reservatório d'água. Isto faz com que os cursos d'água sejam perenes, com pequena variação da vazão ao longo do ano, apesar da sazonalidade do regime pluviométrico, característico do clima tropical (CORRÊA, 1989).

A área de estudo encontra-se degradada sob influência de uma voçoroca com suas feições erosivas ainda ativas e sob interferência tanto das atividades antropogênicas (no caso, pastagens) quanto remanescente naturais de cerradão e de mata. A região como um todo apresenta diversas propriedades rurais com grandes áreas comprometidas por voçorocas.

## 2.2 Base cartográfica

Para caracterização dos ambientes e avaliação espaço-temporal do processo de voçorocamento da área, foram utilizados os seguintes materiais cartográficos: fotografias aéreas pancromáticas do município de Uberlândia, escala 1:60000 (USAF, 1964); fotografias aéreas pancromáticas do município de Uberlândia, escala 1:25000 (IBC, 1979); ortomosaico, escala

1:25.000 (IBGE, 2002); e fotografias aéreas adquiridas com voo de drone em 28/02/2018 (DRONE DEPLOY, 2018).

### 2.3 Ambientes da área de estudo

A estratificação dos ambientes delimita os espaços físicos com características ambientais distintas o suficiente para permitir sua separação e descrição. Em muitos casos, estratificação na paisagem correlaciona-se com descontinuidades nas classes de solo (TRICART & KIEWIETDEJONGE, 1992; SCHAEFER et al., 2000; RESENDE et al., 2018).

A área de estudo foi estratificada considerando a voçoroca e os ambientes do entorno, a saber: mata de galeria e cerradão. A amostragem nesses ambientes seguiu o mesmo padrão de coleta: foram distribuídas parcelas de 100 m<sup>2</sup> com coleta de amostras deformadas e indeformadas de solo (profundidade de 0 a 20 cm). Para verificação das variações pedológicas foram abertos perfis. Assim, foi possível caracterizar a área bem como comparar as características em relação às suas fitofisionomias, relevo, litologia e principais características morfológicas, físicas e químicas dos solos. Considerando a influência dos fragmentos nativos do entorno, a diferença da fitofisionomia das áreas bem como a morfologia da voçoroca, a mesma foi subdividida em dois ambientes: voçoroca mata e voçoroca cerradão (Figura 2). As espécies que estão colonizando essas áreas pertencem, respectivamente, às fitofisionomias de mata e cerradão.

### 2.4 Amostragem do solo

Foram lançadas 39 parcelas de 100 m<sup>2</sup> seguindo a seguinte distribuição: 10 parcelas no cerradão, 9 na mata de galeria, 5 na área de fundo da voçoroca cerradão, 4 na vertente esquerda e 4 na vertente direita da voçoroca cerradão, 3 na vertente esquerda e 4 na vertente direita da voçoroca mata. Adotou-se o método da amostragem casual simples, buscando uma distribuição uniforme das parcelas amostrais nos ambientes. A alocação das unidades das parcelas buscou minimizar os erros pela heterogeneidade das condições ecológicas. Nesse sentido, a distribuição de parcelas entre fundo e vertentes têm haver com as possíveis diferenças nas condições edáficas, microclima e incidência solar dessas áreas.

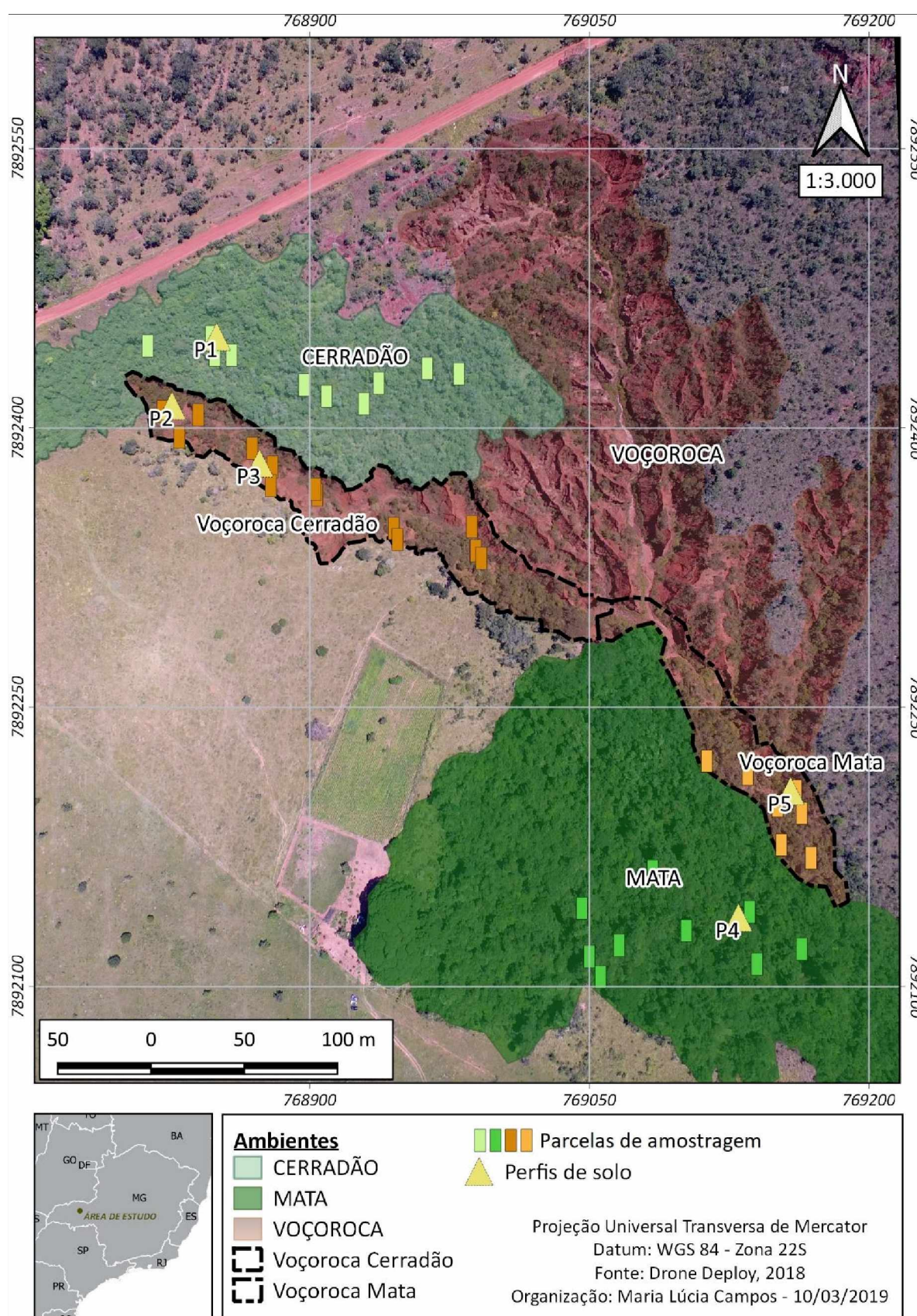
Em cada parcela coletou-se, a uma profundidade de 0 a 20 cm, três amostras simples de solo para formarem uma amostra composta. Para determinação da densidade do solo e com

utilização do anel volumétrico também coletou-se três amostras indeformadas distribuídas ao longo de cada parcela.

Foram descritos cinco perfis representando os diferentes ambientes (P1-cerradão, P2 – fundo da voçoroca cerradão, P3 - vertente da voçoroca cerradão, P4 - mata e P5: área da vertente da voçoroca mata) e seguindo os procedimentos do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015).

A posição geográfica das parcelas e de cada perfil foi obtida utilizando-se GPS de navegação (Figura 2). Para os ambientes de mata e cerradão, os solos foram classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018). Todas as análises químicas e físicas dos perfis e solos nas parcelas foram realizadas de acordo com Embrapa (2017) no Laboratório de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. A determinação da densidade do solo foi feita pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 2017) com três repetições por parcela.

**Figura 2** – Ambientes da área de estudo e localização das parcelas de amostragem e perfis.



As amostras de solo foram secas ao ar, destorroadas e passadas em peneira de 2 mm de abertura de malha para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA), e posteriormente submetidas a análises de acordo com os métodos descritos por Embrapa (2017). A análise textural foi realizada pelo método da pipeta com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 horas e determinação do silte por pipetagem. O pH foi determinado em água e em solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup> em suspensão solo/solução na proporção 1:2,5. Os cátions trocáveis foram extraídos por KCl 1 mol L<sup>-1</sup> e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica (Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>) e por titulometria com NaOH (Al<sup>3+</sup>). A acidez potencial (H<sup>+</sup> + Al<sup>3+</sup>) foi extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,0 e quantificada por titulometria com NaOH. O P disponível, K<sup>+</sup> e micronutrientes trocáveis (Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup> e Mn<sup>2+</sup>) foram extraídos pela solução extratora de Mehlich-1 (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> e H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>), sendo P quantificado pelo método colorimétrico utilizando ácido ascórbico e determinação por espectrofotometria e os demais determinados por espectrometria de absorção atômica com chama. O C orgânico foi determinado por Walkley-Black sem aquecimento.

## 2.5 Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o apoio do programa R (R Development Core Team 2015). Realizou-se a avaliação do grau de similaridade dos atributos através do coeficiente de correlação de Pearson (r). As variáveis de menor influência (correlação inferior a 0,6 ou que possuem natureza dependente) foram descartadas para minimizar ruídos nas análises. Portanto, restou os parâmetros: pH em água, densidade, Soma de Bases, Matéria Orgânica, Saturação por Bases, Silte, Fósforo Remanescente, Argila e teores de Fósforo, Alumínio, Cobre, Potássio, Ferro, Manganês e Zinco.

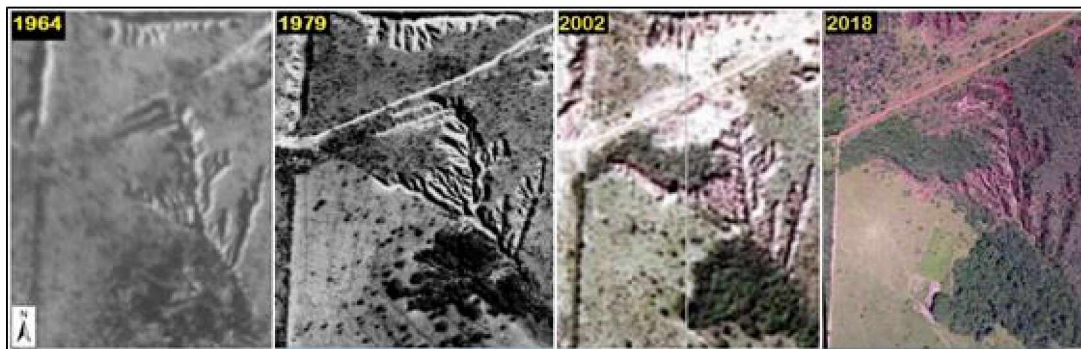
Para avaliar as diferenças entre as variáveis químicas e físicas dos solos dentre os ambientes da área de estudo foi realizada a Análise dos Componentes Principais (PCA) das variáveis com análise de variância (ANOVA) seguindo-se do teste *a posteriori* de Tukey.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Análise das imagens

Através de uma avaliação espaço-temporal (Figura 3) verificou-se a existência do processo de voçorocamento desde a década de 1960. Há relatos de antigos moradores da região da existência dessa voçoroca na década de 1940.

**Figura 3** - Sequência temporal de fotografias aéreas da área de estudo.



Fontes: USAF, 1964; IBC, 1979; IBGE, 2002 e Drone Deploy, 2018.

Observa-se que as áreas do entorno da voçoroca tiveram a sua cobertura vegetal reduzida entre as décadas de 60 e 70. Posteriormente a esse período, tais áreas se apresentaram em regeneração da vegetação nativa em parte da área.

Observou-se em campo que as feições erosivas da voçoroca ainda estão ativas principalmente por movimentação de massa e solapamentos após períodos chuvosos. Contudo, através das imagens é perceptível que a área afetada diretamente pela voçoroca se mantém similar ao longo dos anos. O índice anual de avanço de uma voçoroca é variável, sendo mais rápidos em alguns estádios de seu ciclo de desenvolvimento que em outros. A velocidade de avanço decresce progressivamente nos estádios finais de desenvolvimento (BERTONI E LOMBARDI NETO, 2017). Logo, pode se inferir que, em termos de processo erosivo, a voçoroca em questão se enquadra em uma fase final de desenvolvimento.

### 3.2 Características físicas e químicas dos perfis de solos

De acordo com o SiBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), os solos na área de estudo foram: Perfil 1 - Latossolo Vermelho Distrófico argissólico para o ambiente do cerradão e Perfil 4 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico para a mata (Figura 4).

**Figura 4** - Áreas de abertura de perfis: Perfil 1 - Latossolo Vermelho Distrófico argissólico na área de cerradão; Perfil 2 - voçoroca cerradão / Fundo; Perfil 3 - voçoroca cerradão / vertente; Perfil 4 - Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico na área da mata galeria; Perfil 5 - voçoroca mata.



O solo localizado na área de cerradão (P1) é profundo, sem pedregosidade, com granulometria predominantemente arenosa (72 a 82 % de areia), classificada como Franco-Arenosa nos horizontes superficial e subsuperficial. A estrutura nos horizontes Bw1 e Bw2 é em blocos subangulares de grau moderado e fraco. É acentuadamente drenado, ácido, distrófico, com mudança textural suficiente para caracterizar caráter argilúvico (relação textural B/A=1,4). Apresenta relação silte / argila igual a 0,41 na porção superficial e 0,28 na porção subsuperficial bem como baixa CTC (Tabela 1). Classificado, segundo Embrapa (2018), como Latossolo Vermelho Distrófico argissólico.

Tabela 1- Atributos físicos dos solos dos ambientes da área de estudo (continua...)

| Horizonte   | Areia Grossa      | Areia fina          | Silte | Argila | Relação AG/AF* | Relação silte/arg | Classe Textural |                       |
|---|-------------------|---------------------|-------|--------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| Símbolo   | Profundidade (cm) | kg kg <sup>-1</sup> |       |        |                |                   |                 |                       |
| P1 - Cerradão com Latossolo Vermelho de textura média         |                   |                     |       |        |                |                   |                 |                       |
| A   | 0-14              | 0,31                | 0,50  | 0,06   | 0,13           | 0,62              | 0,42            | Franco-Arenosa        |
| BA  | 14-29             | 0,30                | 0,53  | 0,04   | 0,14           | 0,56              | 0,29            | Franco-Arenosa        |
| Bw1   | 29-66             | 0,28                | 0,45  | 0,06   | 0,20           | 0,63              | 0,31            | Franco-Argilo-Arenosa |
| Bw2   | 66-90             | 0,25                | 0,48  | 0,06   | 0,22           | 0,51              | 0,26            | Franco-Argilo-Arenosa |
| P2 – Voçoroca Cerradão / Fundo (Solo/Saprolito do Marília)    |                   |                     |       |        |                |                   |                 |                       |
| C1  | 0-20              | 0,26                | 0,52  | 0,06   | 0,17           | 0,50              | 0,37            | Franco-Arenosa        |
| C2  | 20-40             | 0,30                | 0,46  | 0,06   | 0,18           | 0,65              | 0,33            | Franco-Arenosa        |
| C3  | 40-60             | 0,26                | 0,49  | 0,06   | 0,19           | 0,54              | 0,32            | Franco-Arenosa        |
| C4  | 60-80             | 0,34                | 0,43  | 0,06   | 0,18           | 0,78              | 0,35            | Franco-Arenosa        |
| C5  | 80-100            | 0,31                | 0,46  | 0,05   | 0,18           | 0,68              | 0,27            | Franco-Arenosa        |
| P3 - Voçoroca Cerradão / Vertente (Solo/Saprolito do Marília) |                   |                     |       |        |                |                   |                 |                       |
| C1  | 0-20              | 0,19                | 0,51  | 0,00   | 0,23           | 0,37              | 0,29            | Franco-Argilo-Arenosa |
| C2  | 20-40             | 0,20                | 0,50  | 0,09   | 0,22           | 0,40              | 0,39            | Franco-Argilo-Arenosa |
| C3  | 40-60             | 0,19                | 0,49  | 0,09   | 0,23           | 0,39              | 0,38            | Franco-Argilo-Arenosa |
| C4  | 60-80             | 0,21                | 0,48  | 0,07   | 0,24           | 0,44              | 0,29            | Franco-Argilo-Arenosa |
| C5  | 80-100            | 0,21                | 0,48  | 0,10   | 0,22           | 0,43              | 0,46            | Franco-Argilo-Arenosa |

\*AG - Areia Grossa; AF – Areia Fina

Tabela 1 - Atributos físicos dos solos dos ambientes da área de estudo

| Horizonte  | Areia Grossa      | Areia fina          | Silte | Argila | Relação AG/AF* | Relação silte/arg | Classe Textural |                       |
|--|-------------------|---------------------|-------|--------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------------|
| Símbolo  | Profundidade (cm) | kg kg <sup>-1</sup> |       |        |                |                   |                 |                       |
| P4 - Mata de Galeria com Cambissolo de textura média |                   |                     |       |        |                |                   |                 |                       |
| A  | 0-29              | 0,42                | 0,32  | 0,05   | 0,22           | 1,34              | 0,22            | Franco-Argilo-Arenosa |
| Bi   | 29-53             | 0,42                | 0,30  | 0,06   | 0,23           | 1,41              | 0,26            | Franco-Argilo-Arenosa |
| CB   | 53-70             | 0,43                | 0,32  | 0,04   | 0,21           | 1,33              | 0,19            | Franco-Argilo-Arenosa |
| C  | 80+               | 0,39                | 0,32  | 0,05   | 0,25           | 1,23              | 0,18            | Franco-Argilo-Arenosa |
| P5 - Voçoroca Mata (Solo/Saprolito do Marília)       |                   |                     |       |        |                |                   |                 |                       |
| C1   | 0 – 20            | 0,53                | 0,34  | 0,02   | 0,10           | 1,59              | 0,22            | Areia-Franca          |
| C2   | 20-40             | 0,31                | 0,50  | 0,08   | 0,11           | 0,62              | 0,69            | Areia-Franca          |
| C3   | 40-60             | 0,28                | 0,50  | 0,04   | 0,17           | 0,57              | 0,25            | Franco-Arenosa        |
| C4   | 60-80             | 0,29                | 0,50  | 0,06   | 0,15           | 0,59              | 0,36            | Franco-Arenosa        |
| C5   | 80-100            | 0,25                | 0,53  | 0,06   | 0,17           | 0,48              | 0,35            | Franco-Arenosa        |
| C6   | 100-120           | 0,27                | 0,51  | 0,10   | 0,13           | 0,53              | 0,76            | Franco-Arenosa        |

\*AG - Areia Grossa; AF – Areia Fina

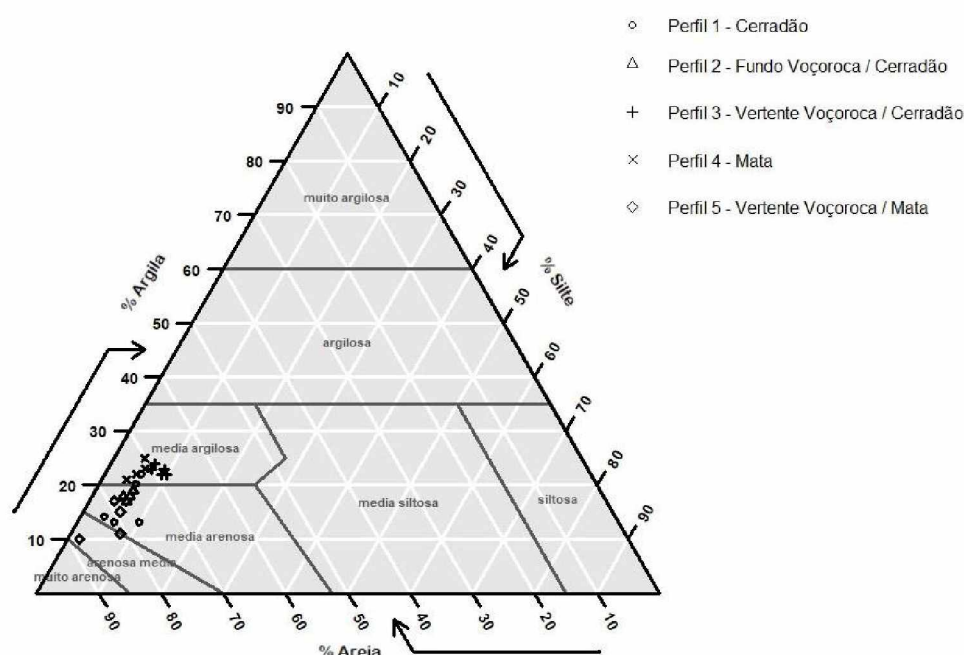
O solo na área de mata (P4) também não apresentou pedregosidade, com granulometria predominantemente arenosa (71 a 75 % de areia) classificada como Franco-Argilo-Arenosa em todos os horizontes. Excessivamente drenado, ácido, distrófico, mudança textural discreta. Apresenta horizonte B incipiente, argila de atividade baixa, relação silte / argila igual a 0,22 na porção superficial e 0,26 na porção subsuperficial (Tabela 2). Classificado, segundo Embrapa (2018), como Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico.

Para os demais perfis (P2, P3 e P5) não houve classificação pelo SiBCS por se tratarem da área interna da voçoroca (fundo e vertentes, respectivamente) em que há ausência dos horizontes diagnósticos superficiais, e baixa pedogênese. O estado severo de erosão exumou os horizontes C, alguns em pedogênese com evolução para CB e CA, sendo próximos a classe dos Neossolos Regolíticos. Estes ambientes também são predominantemente arenosos, de 75 a 78 %, 68 a 70% e 77 a 88%, respectivamente. Devido ao estado de erosão, optou-se por não enquadrar esses solos na classe dos Neossolos Regolíticos.

Investigando a distribuição da relação AG/AF nos perfis P1, P2, P3 e P4 não foi observada significativa alteração de seus índices, indicando semelhança no material de origem, não havendo descontinuidade litológica. Entretanto, vale destacar que para P5 há alterações que demonstram que essa relação pode identificar descontinuidades de materiais de origem, visto a boa variação do horizonte mais superficial em contraste aos demais.

Através da classificação textural dos perfis (Figura 5) pode-se comparar a erodibilidade do solo e o grau de intemperismo das áreas. Segundo Embrapa (2018), resultados dos perfis ficaram distribuídos nas classes de textura média, sendo apenas em P5 - Voçoroca mata o solo enquadrou-se na classe arenosa.

**Figura 5** - Triângulo textural dos horizontes dos perfis P1, P2, P3, P4 e P5.



Os teores de silte e areia fina são indicadores de erodibilidade do solo. Nas áreas de P1 - cerrado e P2 – P3 - voçoroca cerrado observa-se que os teores de silte e areia fina são superiores aos que encontrados na área de P4 - mata e P5 - voçoroca mata. Quanto à relação silte / argila, valores inferiores a 0,7 nos solos de regiões tropicais são indicativos de intemperismo mais acentuado (EMBRAPA, 2018). O perfil da vertente voçoroca mata (P5) nas camadas C2 e C6 foi o que mais destoou das demais áreas com relação silte / argila de 0,69 e 0,76 respectivamente em comparação com as médias 0,32 0,33, 0,36 e 0,21 dos perfis P1, P2, P3 e P4 respectivamente. Tais resultados corroboram que os solos que afloram na voçoroca são características da Formação Marília, em que há arenito pouco consolidado com baixos teores de silte (SILVA E NISHIYAMA, 2017).

Tanto nas áreas da voçoroca quanto nas áreas de mata e cerrado prevaleceu a textura média. A textura dos solos dos diferentes ambientes teve pouca mudança em razão da remoção da camada superficial do solo, horizontes A e B, pelo processo erosivo.

Os resultados das análises químicas (Tabela 2) revelam que todos os ambientes apresentaram valores baixos de pH, tanto em água como em KCl, com variações do pH em H<sub>2</sub>O de 4,20 a 5,5, e pH em KCL de 3,92 a 5,58. Segundo Embrapa (2018), os perfis da voçoroca (P1, P2 e P5) apresentaram-se fortemente ácidos. O cerrado (P1) é moderadamente à fortemente ácido. Já para a mata de extremamente à fortemente ácido. A distribuição da acidez

ao longo dos perfis não seguiu nenhum padrão, sendo que os valores foram decrescentes para o P1 e aleatórios nos demais. Valores semelhantes foram encontrados em trabalhos sobre solos do Cerrado no Triângulo Mineiro (BRANDÃO & LIMA, 2002; CAMARGO et al., 2007, RODRIGUES et al., 2010; NASCIMENTO, 2015).

Tabela 2- Atributos químicos dos solos dos diferentes ambientes da área de estudo (continua...)

| Horizonte<br>(cm)   | pH   | pH   | P                   | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup>       | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | H+AL | SB   | t    | T    | V     | m                    | ISNa | MO                  | P-rem | Cu   | Mn    | Fe    | Zn   |
|---|------|------|---------------------|----------------|-----------------|------------------------|------------------|------------------|------|------|------|------|-------|----------------------|------|---------------------|-------|------|-------|-------|------|
|   | H2O  | KCl  | mg dm <sup>-3</sup> |                |                 | cmolc dm <sup>-3</sup> |                  |                  |      |      | %    |      |       | dag kg <sup>-1</sup> | mg/L | mg dm <sup>-3</sup> |       |      |       |       |      |
| P1 - Cerradão com Latossolo Vermelho de textura média         |      |      |                     |                |                 |                        |                  |                  |      |      |      |      |       |                      |      |                     |       |      |       |       |      |
| A (0-14)  | 5,50 | 4,16 | 4,00                | 64,00          | 0,00            | 0,54                   | 0,16             | 0,39             | 5,40 | 0,90 | 1,25 | 6,26 | 14,00 | 31,00                | 0,00 | 2,76                | 41,70 | 0,50 | 22,00 | 88,00 | 4,80 |
| BA (14-29)  | 5,00 | 4,09 | 2,00                | 26,00          | 0,00            | 0,05                   | 0,04             | 0,58             | 3,20 | 0,20 | 0,74 | 3,36 | 4,80  | 78,00                | 0,00 | 0,88                | 39,90 | 0,80 | 9,60  | 75,00 | 3,10 |
| Bw1 (29-66)   | 4,90 | 4,15 | 1,00                | 12,00          | 0,00            | 0,04                   | 0,03             | 0,58             | 3,80 | 0,10 | 0,68 | 3,90 | 2,60  | 85,00                | 0,00 | 0,88                | 27,00 | 1,20 | 3,60  | 40,00 | 2,50 |
| Bw2 (66-90)   | 4,90 | 4,19 | 1,00                | 4,00           | 0,00            | 0,02                   | 0,02             | 0,39             | 3,00 | 0,10 | 0,44 | 3,05 | 1,60  | 89,00                | 0,00 | 0,63                | 24,40 | 1,10 | 2,00  | 21,00 | 1,50 |
| P2 – Voçoroca Cerradão / Fundo (Solo/Saprolito do Marília)    |      |      |                     |                |                 |                        |                  |                  |      |      |      |      |       |                      |      |                     |       |      |       |       |      |
| C1 (0-20)   | 5,00 | 4,89 | 1,00                | 16,00          | 0,00*           | 0,06                   | 0,03             | 0,00             | 1,10 | 0,20 | 0,17 | 1,27 | 13,00 | 0,00                 | 2,74 | 0,38                | 22,70 | 0,80 | 2,60  | 21,00 | 1,20 |
| C2 (20-40)  | 5,20 | 4,85 | 1,00                | 6,00           | 0,00            | 0,09                   | 0,04             | 0,00             | 1,10 | 0,20 | 0,15 | 1,25 | 12,00 | 0,00                 | 0,00 | 0,25                | 23,60 | 0,30 | 1,10  | 17,00 | 0,40 |
| C3 (40-60)  | 5,30 | 5,05 | 1,00                | 4,00           | 0,00            | 0,04                   | 0,03             | 0,00             | 1,00 | 0,10 | 0,08 | 1,08 | 7,40  | 0,00                 | 0,00 | 0,25                | 20,20 | 0,40 | 1,70  | 19,00 | 0,50 |
| C4 (60-80)  | 5,20 | 4,84 | 1,00                | 2,00           | 0,00            | 0,05                   | 0,03             | 0,00             | 0,80 | 0,10 | 0,09 | 0,89 | 10,00 | 0,00                 | 0,00 | 0,13                | 22,30 | 0,40 | 1,30  | 16,00 | 1,0  |
| C5 (80-100)   | 5,20 | 4,90 | 1,00                | 12,00          | 0,00*           | 0,08                   | 0,04             | 0,00             | 0,80 | 0,20 | 0,21 | 1,01 | 21,00 | 0,00                 | 6,03 | 0,25                | 21,10 | 0,90 | 1,30  | 22,00 | 2,70 |
| P3 - Voçoroca Cerradão / Vertente (Solo/Saprolito do Marília) |      |      |                     |                |                 |                        |                  |                  |      |      |      |      |       |                      |      |                     |       |      |       |       |      |
| C1 (0-20)   | 4,60 | 5,27 | 1,00                | 0,00           | 0,00            | 0,06                   | 0,03             | 0,00             | 1,00 | 0,10 | 0,09 | 1,09 | 8,30  | 0,00                 | 0,00 | 0,25                | 9,90  | 0,60 | 1,10  | 11,00 | 0,50 |
| C2 (20-40)  | 4,30 | 5,33 | 1,00                | 0,00           | 0,00            | 0,02                   | 0,01             | 0,00             | 0,80 | 0,00 | 0,03 | 0,83 | 3,60  | 0,00                 | 0,00 | 0,13                | 8,90  | 0,80 | 1,10  | 18,00 | 0,40 |
| C3(40-60)   | 4,40 | 5,58 | 1,00                | 0,00           | 0,00            | 0,04                   | 0,02             | 0,00             | 0,50 | 0,10 | 0,06 | 0,56 | 11,00 | 0,00                 | 0,00 | 0,25                | 6,60  | 0,50 | 0,60  | 12,00 | 0,90 |
| C4 (60-80)  | 4,40 | 5,51 | 1,00                | 0,00           | 0,00            | 0,05                   | 0,03             | 0,00             | 0,60 | 0,10 | 0,08 | 0,68 | 12,00 | 0,00                 | 0,00 | 0,13                | 7,80  | 0,50 | 1,00  | 13,00 | 0,90 |
| C5 (80-100)   | 4,40 | 5,02 | 1,00                | 2,00           | 0,00            | 0,03                   | 0,03             | 0,00             | 0,80 | 0,10 | 0,07 | 0,87 | 8,00  | 0,00                 | 0,00 | 0,13                | 13,50 | 0,50 | 0,70  | 13,00 | 2,70 |

Tabela 2 - Atributos químicos dos solos dos diferentes ambientes da área de estudo

| Horizonte<br>(cm)  | pH   | pH   | P                   | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> | Ca <sub>2+</sub>                   | Mg <sub>2+</sub> | Al <sup>3+</sup> <sub>+</sub> | H <sup>+</sup><br>AL | SB   | t    | T    | V     | m                    | IS<br>Na           | MO                  | P-Rem | Cu   | Mn    | Fe    | Zn   |
|--|------|------|---------------------|----------------|-----------------|------------------------------------|------------------|-------------------------------|----------------------|------|------|------|-------|----------------------|--------------------|---------------------|-------|------|-------|-------|------|
|  | H2O  | KCl  | mg dm <sup>-3</sup> |                |                 | cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> |                  |                               |                      |      |      | %    |       | dag kg <sup>-1</sup> | mg L <sup>-1</sup> | mg dm <sup>-3</sup> |       |      |       |       |      |
| P4 - Mata de Galeria com Cambissolo de textura média   |      |      |                     |                |                 |                                    |                  |                               |                      |      |      |      |       |                      |                    |                     |       |      |       |       |      |
| A (0-29)   | 4,20 | 3,97 | 9,00                | 40,00          | 0,00            | 0,51                               | 0,23             | 1,36                          | 7,80                 | 0,80 | 2,20 | 8,64 | 9,70  | 62,00                | 0,00               | 3,14                | 19,00 | 4,20 | 8,60  | 17,00 | 1,00 |
| Bi (29-53)   | 4,20 | 3,92 | 6,00                | 14,00          | 0,00            | 0,00                               | 0,03             | 1,45                          | 6,70                 | 0,10 | 1,52 | 6,77 | 1,00  | 95,00                | 0,00               | 2,20                | 17,80 | 5,10 | 1,80  | 14,00 | 1,60 |
| CB (53-70)   | 4,30 | 3,99 | 4,00                | 6,00           | 0,00            | 0,05                               | 0,04             | 1,16                          | 4,20                 | 0,10 | 1,27 | 4,31 | 2,60  | 91,00                | 0,00               | 1,00                | 25,00 | 4,80 | 0,80  | 6,40  | 1,40 |
| C (80+)  | 4,30 | 4,00 | 4,00                | 10,00          | 0,00            | 0,00                               | 0,03             | 1,06                          | 4,00                 | 0,10 | 1,12 | 4,06 | 1,50  | 95,00                | 0,00               | 0,88                | 20,80 | 5,40 | 0,60  | 3,70  | 1,60 |
| P5 - Voçoroca Mata (Solo/Saprolito do Marília)   |      |      |                     |                |                 |                                    |                  |                               |                      |      |      |      |       |                      |                    |                     |       |      |       |       |      |
| C1 (0-20)  | 4,90 | 4,69 | 4,00                | 38,00          | 0,00            | 0,74                               | 0,25             | 0,00                          | 1,00                 | 1,10 | 1,09 | 2,09 | 52,00 | 0,00                 | 0,00               | 0,50                | 51,20 | 0,40 | 16,00 | 5,90  | 3,90 |
| C2 (20-40)   | 5,30 | 4,39 | 4,00                | 46,00          | 0,00            | 2,12                               | 1,04             | 0,10                          | 0,60                 | 3,30 | 3,38 | 3,88 | 85,00 | 3,00                 | 0,00               | 0,25                | 43,70 | 1,30 | 17,00 | 10,00 | 2,30 |
| C3 (40-60)   | 5,30 | 4,38 | 5,00                | 46,00          | 0,00            | 2,58                               | 1,13             | 0,19                          | 0,80                 | 3,80 | 4,02 | 4,63 | 83,00 | 4,70                 | 0,00               | 0,13                | 39,60 | 1,40 | 9,70  | 7,40  | 3,60 |
| C4 (60-80)   | 5,00 | 4,10 | 4,00                | 32,00          | 2,00<br>*       | 2,32                               | 1,03             | 0,29                          | 0,80                 | 3,40 | 3,73 | 4,24 | 81,00 | 7,80                 | 0,21               | 0,13                | 40,90 | 1,10 | 6,60  | 5,80  | 2,40 |
| C5 (80-100)  | 5,10 | 4,13 | 3,00                | 28,00          | 0,00            | 2,86                               | 1,28             | 0,29                          | 1,10                 | 4,20 | 4,50 | 5,31 | 79,00 | 6,40                 | 0,00               | 0,25                | 41,70 | 1,30 | 9,90  | 5,20  | 2,00 |
| C6 (100-120)   | 5,20 | 4,47 | 6,00                | 34,00          | 0,00            | 3,50                               | 1,59             | 0,19                          | 0,60                 | 5,20 | 5,37 | 5,78 | 90,00 | 3,50                 | 0,00               | 0,13                | 40,50 | 1,30 | 7,80  | 7,80  | 2,70 |
| *Reamostragem<br>pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5<br>P - Na - K - Fe - Zn -Mn - Cu - Extrator Mehlich-1<br>Ca2+ - Mg2+ - Al3+ - Extrator: KCl - 1 mol/L<br>H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0<br>SB = Soma de Bases Trocáveis<br>t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva<br>T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0<br>V= Índice de Saturação por Bases<br>m= Índice de Saturação por Alumínio<br>ISNa - Índice de Saturação por Sódio<br>MO (Mat. Orgânica)= C.Org x 1,724 -Walkley-Black<br>P-rem = Fósforo Remanescente<br>S - Extrator - Fosfato monocalcico em ácido acético<br>N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal<br>B - Extrator água quente |      |      |                     |                |                 |                                    |                  |                               |                      |      |      |      |       |                      |                    |                     |       |      |       |       |      |

Os ambientes dos fragmentos nativos de cerrado e mata (P1 e P4) diferenciaram da área da voçoroca (P2, P3 e P5) por apresentarem maiores valores de matéria orgânica (MO), saturação por alumínio (m), alumínio trocável ( $Al^{3+}$ ) e acidez potencial ( $H+Al$ ). O alumínio é tóxico para as plantas. E essa toxicidade reduz quando o pH do solo está acima de 5,2, devido a sua menor atividade em solução. Porém, quando o pH cai de 5 para 4, há um aumento exponencial na concentração de  $Al^{3+}$  na solução do solo. (BRADY & WEIL, 2013). Para a área de estudo, os resultados foram quase todos abaixo de 5,2, sendo os valores de pH para a mata e a vertente da voçoroca cerrado próximos a 4.

Para a MO, os valores mais elevados nos horizontes A dos solos do cerrado e mata foram devido a presença de biomassa vegetal nos ambientes em condições naturais. De acordo com as classes de fertilidade do solo, os horizontes superficiais dos perfis dos fragmentos nativos se enquadram em fertilidade média quanto ao teor de MO ( $2,1 \leq x \leq 4,0 \text{ dag Kg}^{-1}$ ) e média no horizonte subsuperficial para o P4 (RIBEIRO et al., 1999). Nos demais horizontes a classificação foi baixa ( $0,71 \leq x \leq 2,0 \text{ dag Kg}^{-1}$ ). Já para a voçoroca (P2, P3 e P5), todos os valores encontrados são classificados como muito baixo ( $\leq 0,70 \text{ dag Kg}^{-1}$ ) e não diferiram significativamente entre si. Tal situação retrata que o processo erosivo ainda está ativo, não tendo tempo suficiente para formação do horizonte A e, conseqüentemente, acúmulo de MO mesmo havendo esparsa cobertura vegetal.

Ocorrendo pH ácido e a baixa disponibilidade de nutrientes, sob condições naturais na região dos Cerrados, reduzem a taxa de mineralização da matéria orgânica, permitindo acumulação relativa na camada superficial do solo. Mas, sob manejo inadequado e notadamente nos solos arenosos, essa matéria orgânica pode ser reduzida a níveis baixíssimos em poucos anos (LOPES, 1988).

Os atributos como m,  $Al^{3+}$  e  $H+Al$  possuem relação direta com os teores de matéria orgânica, visto que a fração orgânica do solo complexa cátions, como Al. Portanto, os valores também foram mais expressivos nos ambientes mais vegetados e estáveis.

Além da diferença dos atributos do solo dos fragmentos nativos em comparação a voçoroca, cabe destacar P5 no ambiente da voçoroca mata com valores superiores de soma (SB) e saturação por bases (V), fósforo remanescente (P-rem) e capacidade de troca catiônica (CTC) (esse apenas em relação aos perfis da voçoroca). É o único solo eutrófico da área de estudo e seus resultados estão associados à sua localização (área mais baixa, não possui área de fundo, caracterizado apenas pela presença das vertentes, possui vegetação mais exuberante em relação às demais áreas da voçoroca e sofre influência do nível mais alto do lençol freático).

Sob o aspecto dos parâmetros cálcio trocável ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio trocável ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e alumínio trocável ( $\text{Al}^{2+}$ ), a fertilidade natural do solo foram baixos e muito baixos na maioria dos horizontes e perfis ( $< 1,20 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ,  $0,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e  $0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , respectivamente). A diferenciação ocorre no P5 em que os resultados dos horizontes inferiores ao C2 (de 1,03 a 1,59  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $\text{Mg}^{2+}$  e de 2,12 a 3,50  $\text{cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  para  $\text{Ca}^{2+}$ ) remete à uma classificação entre bom e muito e entre médio e bom, respectivamente (RIBEIRO et al., 1999). Tais características deste solo, em especial os valores mais elevados de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , são atribuídas a ocorrência de lentes de cimento carbonático nos arenitos da Formação Marília (BARBOSA et al, 1970).

### 3.3 Características físicas e químicas dos solos nas parcelas

As tabelas com os resultados das análises químicas e físicas das parcelas encontram-se nos Anexos I e II.

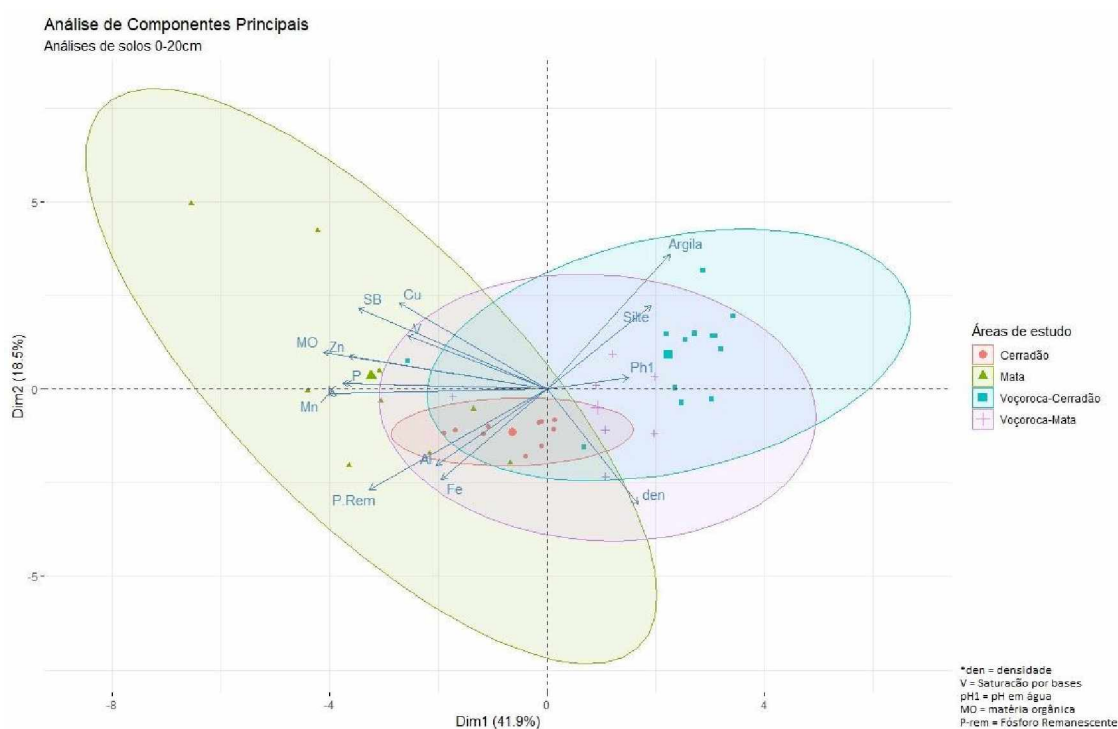
Todas as amostras apresentaram saturação por bases (V) menor que 50%. As amostras de 0-20 cm das parcelas apresentaram textura média à arenosa (com variação de 57 % à 87 % da fração areia).

Além dos atributos analisados nas amostras de solos dos perfis, a densidade foi incluída na amostragem dos solos das parcelas. Valores próximos a  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  de densidade são restritivos ao desenvolvimento das raízes (BRADY & WEIL, 2013). Os valores médios da densidade na área da voçoroca foram:  $1,43 \text{ g cm}^{-3}$  para voçoroca mata,  $1,33 \text{ g cm}^{-3}$  para a vertente da voçoroca cerradão e  $1,40 \text{ g cm}^{-3}$  para o fundo da voçoroca cerradão, o que pode dificultar o processo de restabelecimento natural da vegetação. A média de densidade para os solos do cerradão foi  $1,39 \text{ g cm}^{-3}$ . Os menores valores de densidade foram encontrados na área de mata, que pode ser justificado tanto pelo fato do material orgânico apresentar baixa densidade em comparação aos sólidos minerais do solo, quanto pelo efeito positivo na estabilidade dos agregados do solo (BERTOL et. al. 2000, CUNHA et al., 2015). Em contrapartida, valores mais altos foram encontrados na área da voçoroca mata.

Foi realizada a Análise de Componentes Principais (PCA) (Figura 6) das variáveis físicas e químicas dos solos de 0-20 cm de profundidade das parcelas dos quatro ambientes. A PCA apresentou o agrupamento dos ambientes de forma que as amostras da mata se distinguiram dos demais ao longo do Eixo 1 (Dim 1) correlacionando-se aos vetores de matéria

orgânica (MO), soma de bases (SB), fósforo remanescentes (P-rem), macro e micronutrientes reforçando este ambiente como o de maior fertilidade entre as áreas amostradas. Como os solos dos ambientes são bem semelhantes em suas propriedades físicas e químicas, a ciclagem de nutrientes mais eficiente do ambiente de mata, combinado com o histórico das características e uso da área (desmatamento da área do entorno, processo de voçorocamento antigo e regeneração da mata desde a década de 70), pode ser atribuído à maior diferenciação desse ambiente em relação aos demais na PCA. Os ambientes cerradão e voçoroca se correlacionaram principalmente ao atributo pH em H<sub>2</sub>O e a baixa fertilidade pode ser visualizada pela direção contrária aos vetores de macro e micronutrientes, soma de bases (SB), matéria orgânica (MO).

**Figura 06** - Análise dos Componentes Principais (PCA) dos atributos físicos e químicos dos solos superficiais (0-20 cm).



Os dados também foram analisados quanto à normalidade e homogeneidade de variância dos erros do modelo através dos testes de Bartlett e Shapiro, para atender aos pressupostos da análise de variância (ANOVA). Tendo em vista que os parâmetros apresentaram

homogeneidade e normalidade (sendo os valores de *p*-valor iguais 0,1173, 0,0734, respectivamente), prosseguiu-se com as análises através do teste paramétrico de Tukey.

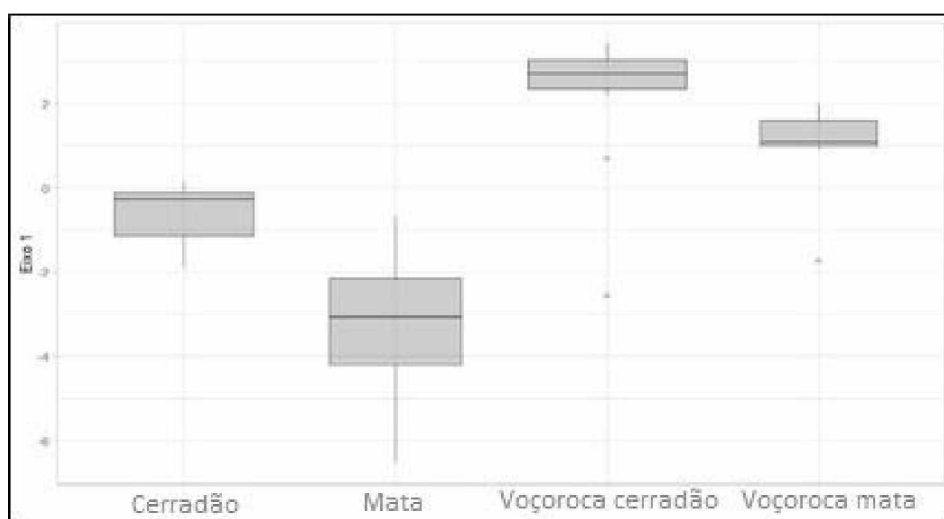
Visto que esses ambientes são homogêneos no que diz respeito às características físicas e químicas do solo, através do resultado dos *p*-valores (Tabela 3) e do bloxplot (Figura 7) foi possível identificar se ao menos um dos ambientes se diferencia dos demais.

Tabela 3 - *p*-valores encontrados na aplicação de teste de comparação

|                          | <b>Cerradão</b> | <b>Mata</b> | <b>Voçoroca-Cerradão</b> |
|--------------------------|-----------------|-------------|--------------------------|
| <b>Mata</b>              | 0,0016801*      | -           | -                        |
| <b>Voçoroca-Cerradão</b> | 0,0001529*      | 0,0000000*  | -                        |
| <b>Voçoroca-Mata</b>     | 0,1329432       | 0,0000073*  | 0,2153585                |

\*Nível de significância  $p < 0,05$

Figura 7 – Boxplot dos efeitos de variáveis físicas e químicas nos ambientes da área de estudo



O resultados foram significativos (*p*-valores  $< 0,05$ ) para as comparações entre os ambientes cerradão com voçoroca cerradão e com mata; e mata com voçoroca cerradão e voçoroca mata. Ou seja, existe diferença estatísticas entre esses ambientes. Nas demais interpolações (cerradão com voçoroca mata e voçoroca mata com voçoroca cerradão) não houveram diferenças quanto aos atributos analisados.

#### 4. CONCLUSÃO

Em termos de processo erosivo, a voçoroca estudada se enquadra em fase final de desenvolvimento, apresentando restabelecimento natural da comunidade vegetacional em seu interior e em seu entorno. O controle pedológico sobre o ambiente pôde ser evidenciando pela erodibilidade e grau de intemperismo do solo da área de estudo, onde os solos são de textura média à arenosa e nas áreas menos vegetadas (voçoroca cerradão) os valores de silte e areia fina são superiores.

De forma generalizada os solos são distróficos e ácidos, apresentado CTC baixa, que é dependente dos teores de matéria orgânica. Especificamente na área da voçoroca, os valores inferiores de matéria orgânica, saturação por bases e teores de Mg e Ca demonstram o estágio de regeneração natural inferior ao comparar com os ambientes do entorno.

Estatisticamente, os solos dos ambientes são similares no que diz respeito às suas propriedades físicas e químicas com diferenciação dos solos da região da mata (único solo eutrófico). Um fator preponderante nessa diferenciação é a influência do lençol freático. Outro fator é o papel crucial da ciclagem de nutrientes mais eficiente nesse ambiente. Os ambientes cerradão e voçoroca se correlacionaram principalmente ao atributo pH em H<sub>2</sub>O, a baixa fertilidade e baixos teores de matéria orgânica (MO).

O principal problema para a qualidade dos solos foi associado aos baixos teores de matéria orgânica, especialmente onde a erosão é mais ativa, impedindo a formação de horizonte A.

## REFERÊNCIAS

- ADÂMOLI, J. et al. Caracterização da região dos Cerrados. *In*: GOEDERT, W.J. (ed.). **Solos dos cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. São Paulo, Nobel, 1987. p. 33-98.
- ALVES, R. R.; ALVES, R. R.; RODRIGUES, S. C. **Impactos ambientais e processos erosivos em microbacia hidrográfica no município de Uberlândia**. *In*: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, IV., 2002. **Anais...** São Luís: UFMA, v.1. 2002.
- ARAÚJO, G. H. S.; ALMEIDA, J. R.; GUERRA, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. 320 p.
- BALIEIRO, F. C. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008.
- BARBOSA, O. et al. Geologia da região do Triângulo Mineiro. *In*: **Boletim DGM/DNPM**, 1970. v 136, p. 1-140.
- BERTOL, I. et al. **Propriedades físicas do solo relacionadas a diferentes níveis de oferta de forragem de capim-elefante-anão cv. Mott**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 35, n. 5, 2000. p. 1047-1054.
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. 10. ed. São Paulo: Ícone, 2017. 392 p.
- BIOAGIOTTI, G. **Interações entre a comunidade de formigas e as variáveis ambientais em Voçoroca sob regime de regeneração natural**. 2011. 53 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.
- BRANDÃO, S. L.; LIMA, S. C. pH e Condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de pinus e Cerrado na chapada, em Uberlândia (MG). **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.3, n.6, p. 46-56, 2002.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **Elementos da natureza e propriedades dos solos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 696p.
- CAMARGO, M. S.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S. **Solubilidade do silício em solos: influência do calcário e ácido solúcio aplicados**. Bragantia, Campinas, v. 66, n. 4, p. 637-647, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052007000400014>.
- CARNEIRO, M. A. C. et al. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, p. 147-157, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000100016>.

CORRÊA, G. F. **Les microrelief “murundus” et leur environnement pédologique dans l’ouest du Minas Gerais, région du plateau central brésilien.** 1989. 144f. Thèse Doctorat, Université de Nancy I, Vandoeuvre-les-Nancy, 1989.

CUNHA, T. J. F.; MENDES, A. M. S.; GIONGO, V. Matéria orgânica do solo. *In*: NUNES, R. R.; REZENDE, M. O. O. (org.). **Recurso solo: propriedades e usos.** São Carlos: Cubo, 2015.

DRONE DEPLOY. [20-?]. Disponível em: <https://www.dronedeploy.com/>. Acesso em: 15 mar. 2018.

DRUMOND, F. N. **Caracterização e quantificação dos processos erosivos de uma voçoroca na bacia do riacho Manoel Félix no complexo metamórfico do Bação, Quadrilátero Ferrífero - MG.** 2006. 107f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais). Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto, 2006.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. *In*: PINTO, M. N. **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas.** Brasília: UnB/SEMATEC, 1993. p. 9-65.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2018. 356p.

EMBRAPA. **Manual de método de análise de solo.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPS, 1997. 212 p.

EMBRAPA. **Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro.** Rio de Janeiro: Bol. de Pesquisa, 1982. 526p.

IBGE. **Ortomosaico da Fazenda Douradinho.** Rio de Janeiro, 2002. 1 ortomosaico. Escala 1:25.000. Folha SE.22-Z-DIII-I.NO/MI-2488-I-NO.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ. **Fotografias aéreas pancromáticas do município de Uberlândia.** 1979. 1 fotografia aérea. Escala 1:25000.

LOPES, A. S. **Manual Internacional de Fertilidade do solo.** Tradução e adaptação de Alfredo Sheid Lopes. 2. ed. São Paulo: POTAFOS, 1998. 186p.

MACHADO, L. R. **Perda de solo e nutrientes em voçorocas com diferentes níveis de controle e recuperação no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.** 2007. 86 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ, Seropédica, 2007.

NASCIMENTO, D. C.; BERBET, C. P.; RIBEIRO, B. T. Variação do pH do solo em seis segmentos de veredas, na região de Uberlândia, MG. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, XXXV, 2015, Natal, RN. **Anais [...]**. Natal, RN, 2015.

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 out. 2019.

RESENDE, M. et al. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. 6. ed. Lavras: UFLA, 2018. 378 p.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. ed. Viçosa: CFSMG, 1999. 359 p.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, [s.l.], v. 2, p. 4-15. 1996. DOI: <https://doi.org/10.14295/rbho.v2i1.114>.

RODRIGUES, V. H. P. et al. **Composição, estrutura e aspectos ecológicos da floresta ciliar do rio Araguari no Triângulo Mineiro**. Hoehnea, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 87-105, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062010000100006>.

SANTOS, R. D. et al. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2015. 101p.

SANZONOWICZ, C. **Solos do Cerrado**. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01\\_14\\_911200585231.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_14_911200585231.html). Acesso em: 13 out. 2017.

SCHAEFER, C. E. G. R. et al. **Elementos da Paisagem e Gestão da Qualidade Ambiental**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte v. 21, p. 20-44, 2000.

SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. R. S.; OLIVEIRA, J. M. **Inventário florestal de Minas Gerais: Cerrado: florística, estrutura, diversidade, similaridade, distribuição diamétrica e de altura, volumetria, tendências de crescimento e áreas**. Lavras: UFLA, 2008.

SILVA, A. H. de. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia – MG**. 2010. 136f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2010.

SILVA, G. A.; NISHIYAMA, L. Mapeamento dos processos erosivos na bacia hidrográfica do ribeirão São Lourenço em Ituiutaba, Minas Gerais. In: XI SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, XI, MARINGÁ, PR, 2016. **Anais [...]** Maringá, PR, 2016.

TRICART, J.; KIEWIETDEJONGE, C. **Ecogeography and Rural Management**. Harlow: Longman Group, 1992.

UNITED STATES AIR FORCE. **Fotografias aéreas pancromáticas do município de Uberlândia**. 1964. 1 fotografia aérea. Escala: 1:60000, 1964.

VIERO, A.C. **Análise da geologia, geomorfologia e solos no processo de erosão por voçorocas: Bacia do Tabão, RS**. 2004, 129 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2004.

WALTER, B. M. T. **Fitofissionomias do bioma Cerrado:** síntese terminológica e relações florísticas. 2006, 373 f. Tese (Doutorado em Ecologia). Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília - UnB, Brasília, 2006.

ANEXO I - Atributos físicos dos solos das parcelas

| Parcela   | Coordenada WGS84 |           | Densidade          | Areia | Silte<br>kg.kg <sup>-1</sup> | Argila | Textura               |
|---|------------------|-----------|--------------------|-------|------------------------------|--------|-----------------------|
|   | Latitude         | Longitude | g.cm <sup>-3</sup> |       |                              |        |                       |
| Cerradão com Latossolo Vermelho de textura média      |                  |           |                    |       |                              |        |                       |
| 1   | 7.892.444        | 768.816   | 1,29               | 0,78  | 0,06                         | 0,16   | Franco-Arenosa        |
| 2   | 7.892.449        | 768.850   | 1,42               | 0,83  | 0,05                         | 0,12   | Areia Franca          |
| 3   | 7.892.439        | 768.852   | 1,43               | 0,76  | 0,07                         | 0,17   | Franco-Arenosa        |
| 4   | 7.892.439        | 768.861   | 1,51               | 0,77  | 0,07                         | 0,16   | Franco-Arenosa        |
| 5   | 7.892.423        | 768.900   | 1,34               | 0,78  | 0,07                         | 0,15   | Franco-Arenosa        |
| 6   | 7.892.417        | 768.912   | 1,34               | 0,77  | 0,06                         | 0,17   | Franco-Arenosa        |
| 7   | 7.892.413        | 768.932   | 1,36               | 0,80  | 0,06                         | 0,14   | Franco-Arenosa        |
| 8   | 7.892.424        | 768.940   | 1,44               | 0,77  | 0,07                         | 0,17   | Franco-Arenosa        |
| 9   | 7.892.432        | 768.966   | 1,43               | 0,79  | 0,04                         | 0,17   | Franco-Arenosa        |
| 10  | 7.892.429        | 768.983   | 1,37               | 0,78  | 0,06                         | 0,16   | Franco-Arenosa        |
| Mata de Galeria com Cambissolo de textura média       |                  |           |                    |       |                              |        |                       |
| 1   | 7.892.116        | 769.053   | 1,40               | 0,83  | 0,03                         | 0,14   | Franco-Arenosa        |
| 2   | 7.892.105        | 769.059   | 1,42               | 0,83  | 0,03                         | 0,14   | Franco-Arenosa        |
| 3   | 7.892.122        | 769.069   | 1,37               | 0,87  | 0,01                         | 0,12   | Areia Franca          |
| 4   | 7.892.142        | 769.049   | 1,41               | 0,87  | 0,03                         | 0,10   | Areia Franca          |
| 5   | 7.892.162        | 769.087   | 1,22               | 0,84  | 0,04                         | 0,12   | Areia Franca          |
| 6   | 7.892.130        | 769.105   | 1,21               | 0,67  | 0,07                         | 0,25   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 7   | 7.892.112        | 769.143   | 1,20               | 0,79  | 0,03                         | 0,18   | Franco-Arenosa        |
| 8   | 7.892.140        | 769.139   | 1,32               | 0,79  | 0,03                         | 0,17   | Franco-Arenosa        |
| 9   | 7.892.120        | 769.167   | 1,11               | 0,72  | 0,06                         | 0,22   | Franco-Argilo-Arenosa |
| Voçoroca Mata (Solo/Saprolito do Marília)             |                  |           |                    |       |                              |        |                       |
| 1 – vertente direta                                   | 7.892.176        | 769.156   | 1,44               | 0,78  | 0,04                         | 0,19   | Franco-Arenosa        |
| 1 – vertente esquerda                                 | 7.892.169        | 769.172   | 1,55               | 0,81  | 0,01                         | 0,17   | Franco-Arenosa        |
| 2 – vertente direita                                  | 7.892.197        | 769.154   | 1,57               | 0,78  | 0,04                         | 0,18   | Franco-Arenosa        |
| 3 – vertente direita                                  | 7.892.214        | 769.138   | 1,50               | 0,77  | 0,06                         | 0,18   | Franco-Arenosa        |
| 4 – vertente direita                                  | 7.892.221        | 769.116   | 1,37               | 0,74  | 0,06                         | 0,20   | Franco-Arenosa        |
| 2 – vertente esquerda                                 | 7.892.193        | 769.167   | 1,34               | 0,74  | 0,04                         | 0,23   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 3 – vertente esquerda                                 | 7.892.205        | 769.164   | 1,27               | 0,70  | 0,07                         | 0,23   | Franco-Argilo-Arenosa |
| Voçoroca Cerradão / Fundo (Solo/Saprolito do Marília) |                  |           |                    |       |                              |        |                       |

| Parcela   | Coordenada WGS84 |           | Densidade<br>g.cm <sup>-3</sup> | Areia | Silte<br>kg.kg <sup>-1</sup> | Argila | Textura               |
|---|------------------|-----------|---------------------------------|-------|------------------------------|--------|-----------------------|
|   | Latitude         | Longitude |                                 |       |                              |        |                       |
| 1 – fundo   | 7.892.409        | 768.824   | 1,35                            | 0,58  | 0,14                         | 0,28   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 2 – fundo   | 7.892.407        | 768.843   | 1,33                            | 0,71  | 0,08                         | 0,21   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 3 – fundo   | 7.892.379        | 768.883   | 1,34                            | 0,72  | 0,08                         | 0,21   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 4 – fundo   | 7.892.346        | 768.948   | 1,42                            | 0,73  | 0,07                         | 0,20   | Franco-Arenosa        |
| 5 – fundo   | 7.892.334        | 768.992   | 1,56                            | 0,81  | 0,04                         | 0,16   | Franco-Arenosa        |
| <b>Voçoroca Cerradão / Vertente (Solo/Saprolito do Marília)</b> |                  |           |                                 |       |                              |        |                       |
| 1 – vertente direita  | 7.892.395        | 768.833   | 1,34                            | 0,69  | 0,07                         | 0,24   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 1 – vertente esquerda   | 7.892.389        | 768.872   | 1,28                            | 0,67  | 0,08                         | 0,25   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 2 – vertente direita  | 7.892.378        | 768.887   | 1,47                            | 0,74  | 0,08                         | 0,18   | Franco-Arenosa        |
| 3 – vertente direita  | 7.892.340        | 768.950   | 1,27                            | 0,72  | 0,05                         | 0,23   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 4 – vertente direita  | 7.892.330        | 768.995   | 1,17                            | 0,75  | 0,05                         | 0,20   | Franco-Arenosa        |
| 2 – vertente esquerda   | 7.892.347        | 768.990   | 1,48                            | 0,73  | 0,09                         | 0,19   | Franco-Arenosa        |
| 3 – vertente esquerda   | 7.892.364        | 768.907   | 1,31                            | 0,71  | 0,05                         | 0,25   | Franco-Argilo-Arenosa |
| 4 – vertente esquerda   | 7.892.367        | 768.906   | 1,35                            | 0,71  | 0,06                         | 0,23   | Franco-Argilo-Arenosa |

ANEXO II - Atributos químicos dos solos das parcelas

| Parcela   | Ph<br>H <sub>2</sub> O | Ph<br>KCL | P    | K<br>mg.dm <sup>-3</sup> | Na    | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | Al <sup>3+</sup> | H+AL<br>cmolc.dm <sup>-3</sup> | SB   | t    | T     | V     | m<br>% | ISNa | MO<br>dag.kg <sup>-1</sup> | P-Rem<br>mg.L <sup>-1</sup> | Cu   | Mn<br>mg.dm <sup>-3</sup> | Fe    | Zn   |
|---|------------------------|-----------|------|--------------------------|-------|------------------|------------------|------------------|--------------------------------|------|------|-------|-------|--------|------|----------------------------|-----------------------------|------|---------------------------|-------|------|
| <b>Cerradão com Latossolo Vermelho de textura média</b> |                        |           |      |                          |       |                  |                  |                  |                                |      |      |       |       |        |      |                            |                             |      |                           |       |      |
| 1   | 4,23                   | 4,08      | 1,90 | 24,00                    | 0,00  | 0,09             | 0,05             | 0,58             | 3,50                           | 0,20 | 0,78 | 3,70  | 5,40  | 74,40  | 0,00 | 1,38                       | 35,10                       | 1,01 | 5,60                      | 54,30 | 2,61 |
| 2   | 4,79                   | 4,09      | 2,20 | 34,00                    | 0,00  | 0,02             | 0,05             | 0,39             | 3,00                           | 0,16 | 0,55 | 3,16  | 5,10  | 70,90  | 0,00 | 1,26                       | 37,70                       | 0,91 | 8,60                      | 49,40 | 2,78 |
| 3   | 4,74                   | 4,07      | 2,60 | 34,00                    | 0,00  | 0,06             | 0,08             | 0,68             | 4,00                           | 0,23 | 0,91 | 4,23  | 5,40  | 74,70  | 0,00 | 1,63                       | 32,60                       | 0,93 | 11,90                     | 35,50 | 1,68 |
| 4   | 4,77                   | 3,92      | 3,00 | 38,00                    | 0,00  | 0,33             | 0,15             | 0,58             | 4,60                           | 0,58 | 1,16 | 5,18  | 11,20 | 50,00  | 0,00 | 2,51                       | 34,80                       | 0,85 | 18,00                     | 46,20 | 1,67 |
| 5   | 4,69                   | 3,84      | 3,60 | 52,00                    | 0,00  | 0,21             | 0,13             | 0,68             | 5,00                           | 0,47 | 1,15 | 5,47  | 8,60  | 59,10  | 0,00 | 2,89                       | 34,60                       | 0,89 | 9,10                      | 70,70 | 1,55 |
| 6   | 4,71                   | 3,91      | 2,70 | 42,00                    | 0,00  | 0,12             | 0,10             | 0,77             | 4,00                           | 0,33 | 1,10 | 4,33  | 7,60  | 70,00  | 0,00 | 2,13                       | 34,70                       | 1,01 | 10,60                     | 60,70 | 2,08 |
| 7   | 4,85                   | 3,95      | 3,60 | 46,00                    | 4,00* | 0,11             | 0,09             | 0,58             | 4,20                           | 0,34 | 0,92 | 4,54  | 7,50  | 63,00  | 0,38 | 2,13                       | 33,40                       | 1,00 | 18,00                     | 60,00 | 2,84 |
| 8   | 5,49                   | 4,16      | 2,40 | 24,00                    | 0,00  | 0,09             | 0,06             | 0,48             | 2,90                           | 0,21 | 0,69 | 3,11  | 6,80  | 69,60  | 0,00 | 1,63                       | 33,60                       | 1,13 | 5,90                      | 50,50 | 3,65 |
| 9   | 5,07                   | 4,12      | 2,10 | 26,00                    | 0,00  | 0,02             | 0,04             | 0,58             | 3,00                           | 0,13 | 0,71 | 3,13  | 4,20  | 81,70  | 0,00 | 1,13                       | 35,40                       | 1,00 | 8,10                      | 57,40 | 3,46 |
| 10  | 4,90                   | 4,05      | 2,30 | 32,00                    | 0,00  | 0,05             | 0,05             | 0,48             | 3,20                           | 0,18 | 0,66 | 3,38  | 5,30  | 72,70  | 0,00 | 1,13                       | 34,40                       | 0,82 | 9,80                      | 47,90 | 1,69 |
| <b>Mata de Galeria com Cambissolo de textura média</b>  |                        |           |      |                          |       |                  |                  |                  |                                |      |      |       |       |        |      |                            |                             |      |                           |       |      |
| 1   | 4,34                   | 4,00      | 3,70 | 28,00                    | 0,00  | 0,14             | 0,09             | 0,68             | 3,00                           | 0,30 | 0,98 | 3,30  | 9,10  | 69,40  | 0,00 | 1,26                       | 39,10                       | 0,89 | 6,20                      | 46,60 | 1,49 |
| 2   | 4,42                   | 3,95      | 5,70 | 32,00                    | 0,00  | 0,32             | 0,13             | 0,68             | 3,80                           | 0,53 | 1,21 | 4,33  | 12,20 | 56,20  | 0,00 | 1,88                       | 43,20                       | 1,00 | 14,60                     | 33,90 | 2,24 |
| 3   | 3,90                   | 3,87      | 5,20 | 30,00                    | 0,00  | 0,98             | 0,27             | 0,58             | 4,60                           | 1,33 | 1,91 | 5,93  | 22,40 | 30,40  | 0,00 | 2,76                       | 43,80                       | 1,46 | 15,50                     | 73,80 | 2,16 |
| 4   | 4,65                   | 4,33      | 3,50 | 30,00                    | 0,00  | 1,98             | 0,64             | 0,00             | 1,80                           | 2,70 | 2,70 | 4,50  | 60,00 | 0,00   | 0,00 | 1,51                       | 54,10                       | 0,68 | 25,20                     | 12,80 | 5,97 |
| 5   | 4,72                   | 4,00      | 6,40 | 42,00                    | 0,00  | 0,66             | 0,19             | 0,48             | 4,00                           | 0,96 | 1,44 | 4,96  | 19,40 | 33,30  | 0,00 | 2,64                       | 43,20                       | 1,27 | 13,30                     | 26,80 | 2,16 |
| 6   | 4,10                   | 4,02      | 5,20 | 36,00                    | 0,00  | 1,45             | 0,34             | 0,97             | 7,30                           | 1,88 | 2,85 | 9,18  | 20,50 | 34,00  | 0,00 | 3,77                       | 23,50                       | 8,12 | 14,50                     | 12,50 | 5,18 |
| 7   | 3,86                   | 3,87      | 6,90 | 38,00                    | 0,00  | 0,41             | 0,26             | 1,36             | 6,90                           | 0,77 | 2,13 | 7,67  | 10,00 | 63,80  | 0,00 | 3,14                       | 25,40                       | 3,43 | 9,80                      | 20,20 | 1,62 |
| 8   | 3,87                   | 3,85      | 3,80 | 42,00                    | 0,00  | 0,38             | 0,23             | 1,06             | 4,50                           | 0,72 | 1,78 | 5,22  | 13,80 | 59,60  | 0,00 | 1,63                       | 34,50                       | 2,14 | 6,30                      | 17,70 | 0,89 |
| 9   | 4,63                   | 4,44      | 5,60 | 62,00                    | 0,00  | 3,62             | 1,50             | 0,19             | 6,40                           | 5,28 | 5,47 | 11,68 | 45,20 | 3,50   | 0,00 | 4,39                       | 30,00                       | 4,21 | 21,60                     | 24,00 | 5,44 |
| <b>Voçoroca Mata (Solo/Saprolito do Marília)</b>        |                        |           |      |                          |       |                  |                  |                  |                                |      |      |       |       |        |      |                            |                             |      |                           |       |      |
| 1 – vertente direita                                    | 3,99                   | 3,92      | 2,60 | 60,00                    | 0,00  | 0,54             | 0,29             | 0,48             | 2,70                           | 0,98 | 1,46 | 3,68  | 26,60 | 32,90  | 0,00 | 1,63                       | 37,20                       | 0,90 | 10,60                     | 12,20 | 2,91 |
| 1 – vertente esquerda                                   | 4,65                   | 4,04      | 2,20 | 16,00                    | 0,00  | 0,15             | 0,07             | 1,06             | 1,60                           | 0,26 | 1,32 | 1,86  | 14,00 | 80,30  | 0,00 | 0,13                       | 34,00                       | 0,51 | 5,20                      | 17,10 | 0,37 |
| 2 – vertente direita                                    | 5,12                   | 4,19      | 2,10 | 22,00                    | 0,00  | 0,13             | 0,04             | 0,58             | 1,40                           | 0,23 | 0,81 | 1,63  | 14,10 | 71,60  | 0,00 | 0,25                       | 23,40                       | 0,48 | 4,80                      | 15,90 | 0,16 |
| 3 – vertente direita                                    | 4,19                   | 4,07      | 1,80 | 18,00                    | 0,00  | 0,30             | 0,09             | 0,77             | 1,60                           | 0,44 | 1,21 | 2,04  | 21,60 | 63,60  | 0,00 | 0,50                       | 33,30                       | 0,62 | 4,80                      | 17,60 | 0,42 |
| 4 – vertente direita                                    | 3,87                   | 4,08      | 2,00 | 20,00                    | 0,00  | 0,17             | 0,08             | 0,58             | 2,20                           | 0,30 | 0,88 | 2,50  | 12,00 | 65,90  | 0,00 | 1,13                       | 29,00                       | 0,69 | 5,70                      | 8,10  | 1,38 |
| 2 – vertente esquerda                                   | 4,31                   | 4,22      | 1,80 | 18,00                    | 0,00  | 0,07             | 0,03             | 0,39             | 1,60                           | 0,15 | 0,54 | 1,75  | 8,60  | 72,20  | 0,00 | 0,75                       | 24,20                       | 0,58 | 0,90                      | 6,70  | 0,51 |

|   |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |       |      |       |       |      |
|---|------|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|------|
| 3 – vertente esquerda   | 4,17 | 4,09 | 2,00 | 22,00 | 0,00 | 0,18 | 0,08 | 0,48 | 2,40 | 0,32 | 0,80 | 2,72 | 11,80 | 60,00 | 0,00 | 0,88 | 28,60 | 0,72 | 2,90  | 14,80 | 1,55 |
| <b>Voçoroca Cerradão / Fundo (Solo/Saprolito do Marília)</b>    |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |       |      |       |       |      |
| 1 – fundo   | 5,32 | 4,69 | 1,40 | 32,00 | 0,00 | 0,16 | 0,10 | 0,00 | 1,80 | 0,34 | 0,34 | 2,14 | 15,90 | 0,00  | 0,00 | 0,88 | 14,90 | 0,78 | 4,70  | 11,40 | 1,16 |
| 2 – fundo   | 5,26 | 4,98 | 1,30 | 22,00 | 0,00 | 0,18 | 0,12 | 0,00 | 1,10 | 0,36 | 0,36 | 1,46 | 24,70 | 0,00  | 0,00 | 0,63 | 20,20 | 0,55 | 4,20  | 12,30 | 0,72 |
| 3 – fundo   | 5,15 | 4,77 | 1,30 | 8,00  | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 1,10 | 0,10 | 0,10 | 1,20 | 8,30  | 0,00  | 0,00 | 0,38 | 17,40 | 0,48 | 3,50  | 11,20 | 0,27 |
| 4 – fundo   | 4,50 | 4,38 | 1,30 | 12,00 | 0,00 | 0,01 | 0,02 | 0,39 | 1,40 | 0,06 | 0,45 | 1,46 | 4,10  | 86,70 | 0,00 | 0,63 | 21,60 | 0,59 | 7,40  | 13,40 | 0,44 |
| 5 – fundo   | 4,09 | 4,15 | 1,90 | 20,00 | 0,00 | 0,23 | 0,08 | 0,68 | 1,40 | 0,36 | 1,04 | 1,76 | 20,50 | 65,40 | 0,00 | 0,50 | 30,60 | 0,50 | 8,20  | 10,30 | 1,30 |
| <b>Voçoroca Cerradão / Vertente (Solo/Saprolito do Marília)</b> |      |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |       |       |      |      |       |      |       |       |      |
| 1 – vert. direita   | 4,50 | 4,94 | 1,20 | 20,00 | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 1,30 | 0,09 | 0,09 | 1,39 | 6,50  | 0,00  | 0,00 | 0,63 | 13,70 | 0,63 | 1,80  | 10,90 | 1,41 |
| 1 – vert. esquerda  | 5,05 | 5,00 | 1,70 | 8,00  | 0,00 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 1,10 | 0,07 | 0,07 | 1,17 | 6,00  | 0,00  | 0,00 | 0,50 | 10,00 | 0,56 | 2,10  | 14,10 | 0,37 |
| 2 – vert. direita   | 4,67 | 4,44 | 1,70 | 2,00  | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,19 | 1,00 | 0,02 | 0,21 | 1,02 | 2,00  | 90,50 | 0,00 | 0,25 | 25,60 | 0,47 | 0,90  | 13,00 | 0,92 |
| 3 – vert. direita   | 4,19 | 4,83 | 1,80 | 16,00 | 0,00 | 0,03 | 0,05 | 0,00 | 1,10 | 0,12 | 0,12 | 1,22 | 9,80  | 0,00  | 0,00 | 0,50 | 15,70 | 0,53 | 1,00  | 8,90  | 0,32 |
| 4 – vert. direita   | 4,00 | 3,91 | 2,70 | 54,00 | 0,00 | 0,75 | 0,28 | 0,58 | 4,20 | 1,17 | 1,75 | 5,37 | 21,80 | 33,10 | 0,00 | 2,13 | 39,60 | 0,74 | 20,80 | 25,00 | 2,21 |
| 2 – vert. esquerda  | 4,29 | 4,19 | 1,70 | 6,00  | 0,00 | 0,10 | 0,03 | 0,58 | 1,60 | 0,15 | 0,73 | 1,75 | 8,60  | 79,50 | 0,00 | 0,50 | 27,40 | 0,56 | 1,70  | 11,00 | 0,45 |
| 3 – vert. esquerda  | 4,59 | 5,14 | 2,90 | 2,00  | 0,00 | 0,06 | 0,02 | 0,00 | 1,00 | 0,09 | 0,09 | 1,09 | 8,30  | 0,00  | 0,00 | 0,25 | 11,50 | 0,48 | 0,80  | 10,00 | 0,34 |
| 4 – vert. esquerda  | 4,90 | 5,37 | 1,70 | 10,00 | 0,00 | 0,05 | 0,04 | 0,00 | 0,60 | 0,12 | 0,12 | 0,72 | 16,70 | 0,00  | 0,00 | 0,50 | 11,50 | 0,45 | 1,00  | 7,90  | 0,43 |

Vert = vertente

\*Reamostragem

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

P - Na - K - Fe - Zn -Mn - Cu - Extrator Mehlich-1

Ca2+ - Mg2+ - Al3+ - Extrator: KCl - 1 mol/L

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0

SB = Soma de Bases Trocáveis

t - Capacidade de Troca Catiônica Efetiva

T - Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0

V= Índice de Saturação por Bases

m= Índice de Saturação por Alumínio

ISNa - Índice de Saturação por Sódio

MO (Mat. Orgânica)= C.Org x 1,724 -Walkley-Black

P-rem = Fósforo Remanescente

S - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético

N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldhal

B - Extrator água quente

## CAPITULO II

### PADRÕES DA VEGETAÇÃO EM AMBIENTES DE FLORESTA E SAVANA SUBMETIDOS A EROSÃO

#### RESUMO

O objetivo desse trabalho é descrever e avaliar a variação florística e estrutural de uma área degradada com processo de voçorocamento e seus fragmentos nativos do entorno na região do Triângulo Mineiro. Foram amostrados quatro ambientes (cerradão, mata, voçoroca mata, voçoroca cerradão) utilizando 39 parcelas de 10 x 10 m ou 5 x 20 m, nas quais foram inventariados todos os indivíduos com circunferência  $\geq 10$  cm medidos à 30 cm do solo para determinação do estrato superior. Para levantamento dos estratos médio e inferior, dentro da parcela maior foram instaladas subparcelas de 5 x 5 m onde foram amostrados indivíduos com circunferência  $\geq 5$  e  $< 10$  cm e subparcelas de 2 x 2 m para amostragem dos indivíduos com circunferência  $< 5$  cm. Nesse caso, foi utilizada a escala de valor de cobertura e abundância com contagem de indivíduos. Nos quatro ambientes foram amostrados um total de 1475 indivíduos, pertencentes a 42 famílias botânicas e 118 espécies das quais 22 estavam representadas nos três estratos de tamanho. Com 18 espécies, a família que mais se destacou em termos de diversidade foi a Fabaceae. A voçoroca foi o ambiente que apresentou maiores índices de diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ) para os três estratos, apresentando 38 espécies exclusivas. Especificamente para essa área, as espécies nativas que apresentaram melhor desempenho na colonização e estruturação da regeneração natural foram: *Tapirira guianensis*, *Virola sebifera*, *Miconia albicans*, *Styrax ferrugineus*, *Siparuna guianensis*, *Tocoyena formosa*, *Ocimum sp.*, *Paspalum sp.*, *Paspalidium geminatum*, *Eugenia calycina*, *Coussarea hydrangeifolia*, *Erythroxylum suberosum*, *Ocimum sp.*, *Cardiopetalum calophyllum*, *Hyptidendron sp.*, *Xylopia aromática*, *Matayba guianensis* e *Palicourea rígida*, sendo indicadas como espécies para uso nos programas de recuperação de áreas sob condições semelhantes.

Palavras-chave: padrões florísticos, sucessão ecológica, Cerrado, recuperação de área degradada.

## 1. INTRODUÇÃO

O Cerrado apresenta-se como a mais diversificada savana tropical do mundo, com aproximadamente 44% da flora são endêmicas, sendo este bioma considerado um dos 34 hotspots mundiais de biodiversidade (MYERS et al. 2000). Inserido nesse bioma encontra-se a região do Triângulo Mineiro ocupada por matas de galeria, veredas, e campos de murundus. Todas as outras tipologias do bioma cerrado são encontradas nas outras áreas do Triângulo Mineiro, a saber: campo limpo, campo sujo, campo cerrado, cerrado típico e cerradão (CORRÊA, 1989; RADAMBRASIL, 1983; SCOLFORO et al., 2008).

A conversão das paisagens desse bioma está ligada, principalmente, à expansão das atividades agropecuárias intensificadas na década de 60 (RATTER, 1996). A recuperação das áreas degradadas é um dos principais desafios para a conservação do bioma. Nesse sentido, é importante conhecer a dinâmica de sucessão das vegetações para o estabelecimento de estratégias de recuperação de áreas degradadas (BRASIL, 2007; ALMEIDA, 2016).

Áreas em regeneração são ambientes sob intensas mudanças na estrutura e composição de espécies após sofrer algum distúrbio. Quando uma floresta é submetida a um desmatamento ou um incêndio, a sucessão secundária se encarrega de promover a colonização da área aberta e conduzir a vegetação por meio de uma série de estádios sucessionais. Assim, grupos de plantas que vão se substituindo ao longo do tempo, modificando as condições ecológicas locais até chegar a uma comunidade bem estruturada e ecologicamente estável (MARTINS, 2001). Dessa forma, a regeneração natural consiste em todo e qualquer tipo de espécies vegetais nativas (ervas, arbustos, palmeiras, árvores) que se estabeleça naturalmente e se desenvolva para estádios superiores. Esse procedimento, pode ser considerado um bom indicador do sucesso regenerativo nessas áreas (BIOFLORA, 2015, SILVA et al., 2007, SOUSA, 2014, BARREIRA et al., 2002).

A fitossociologia é uma ferramenta muito importante para compreender os processos de regeneração, pois permiti visualizar o efeito de cada espécie dentro do ambiente avaliado. Complementarmente, fatores ambientais tais como temperatura, radiação solar, condições edáficas, topografia, fauna local afetam o crescimento e

desenvolvimento das plantas (HOSOKAWA et al., 1998). Além disso, a proximidade com remanescentes naturais de vegetação pode acelerar a regeneração natural através da migração de propágulos (BIOFLORA, 2015; ALMEIDA, 2016; MARTINS 2010). Sendo assim, o sucesso de um projeto está condicionado a escolha correta de espécies concomitante com a presença de fontes de propágulos, polinizadores e dispersores de sementes necessárias para o avanço da sucessão natural da vegetação.

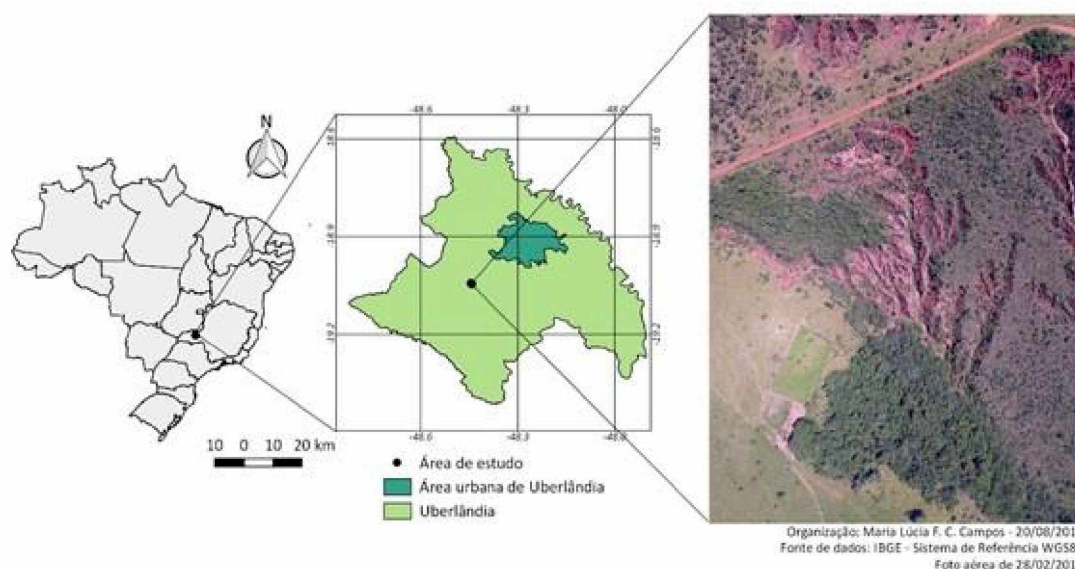
Diante do exposto, objetivou-se avaliar os padrões fitossociológicos das espécies vegetais de diferentes estratos (diferenciados pelo diâmetro) em área degradada por voçoroca e em formação de cerradão e mata ciliar do entorno, visando subsidiar projetos de recuperação bem como responder as seguintes perguntas: (1) a colonização da voçoroca está ocorrendo por espécies das formações do entorno? Se não estiver, espécies exóticas podem estar assumindo esse papel. Se estiver, (2) qual formação contribui com mais espécies para a colonização, e quais espécies apresentam maior potencial de regeneração na área da voçoroca.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

A área do presente estudo está localizada no município de Uberlândia, Minas Gerais – Brasil. Trata-se de uma área degradada por voçoroca (19°2'38.91"S e 48°26'38.12"O) com fragmentos nativos de cerradão (19°2'36.10"S e 48°26'42.64"O) e mata de galeria (19°2'44.13"S e 48°26'36.34"O) em seu entorno (Figura 1). Nesses fragmentos, os solos presentes em condições naturais foram: Latossolo Vermelho Distrófico argissólico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico, respectivamente.

**Figura 2** – Localização da área de estudo.



Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Tropical de Savana (Aw) com duas estações bem definidas: inverno seco e verão chuvoso com duração aproximada de seis meses cada. O clima apresenta forte influência das massas de ar que atuam sobre a região, sendo elas a Massa Equatorial Continental, a Tropical Atlântica e a Massa de Ar Polar (ALVES et. al., 2002). A temperatura média anual é de 22 °C, variando entre médias de 24 °C nos meses de outubro a março (meses mais quentes) e 18 °C nos meses de junho e julho (meses mais frios) (EMBRAPA, 1982). Em relação à precipitação, há uma variação entre 1300 a 1700 mm/ano (SILVA, 2010).

## 2.2. Amostragem da vegetação: composição florística

A amostragem da vegetação foi realizada através da demarcação de parcelas (unidades amostrais) de área fixa. O método de parcelas consiste no estabelecimento em campo de pequenas unidades amostrais de formas e tamanho predefinidas e distribuídas pela área, possibilitando uma representação adequada da diversidade local (DURIGAN, 2003; MUELLER-DOMBOIS & ELLENBERG, 1974).

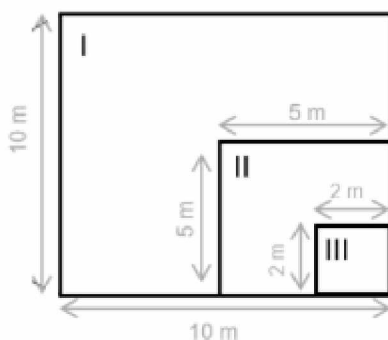
Foi adotado o método da amostragem casual simples, que consiste na distribuição aleatória das parcelas amostrais objetivando cobrir toda a área. Este é o método básico de seleção probabilística em que, na seleção de uma amostra composta de  $n$  unidades de amostra, todas as possíveis combinações das  $n$  unidades teriam as mesmas chances de

serem selecionadas (SOARES et al., 2006). A amostragem incluiu espécies arbóreas, arbustivas e herbáceas.

A área de estudo foi estratificada considerando a voçoroca e os ambientes do entorno, a saber: mata de galeria e cerradão. A voçoroca também foi subdividida em voçoroca mata e voçoroca cerradão, de forma a considerar a influência dos fragmentos nativos do entorno na colonização das espécies na voçoroca, a diferença da fitofisionomia das áreas bem como a morfologia da voçoroca. Ao todo foram lançadas 39 parcelas de 100 m<sup>2</sup> seguindo a seguinte distribuição: 10 parcelas no cerradão, 9 na mata de galeria, 5 na área de fundo da voçoroca cerradão, 4 na vertente esquerda e 4 na vertente direita da voçoroca cerradão, 3 na vertente esquerda e 4 na vertente direita da voçoroca mata.

Por se tratar de ambientes com características edáficas e de sucessões distintas, utilizou-se tamanhos de parcelas para avaliar os diversos estádios sucessionais. Para determinação do estrato superior, nas parcelas amostradas foram levantados todos os indivíduos com circunferência (CAS)  $\geq 10$  cm medidos à 30 cm do solo. Para levantamento dos estratos médio e inferior, dentro da parcela maior foram instaladas subparcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m), onde foram amostrados indivíduos com CAS  $\geq 5$  e  $< 10$  cm, e subparcelas de 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m) para amostragem dos indivíduos com CAS  $< 5$  cm, respectivamente (Figura 2).

**Figura 2** – Representação esquemática das parcelas (I – estrato superior, II – estrato médio e III – estrato inferior)



Para o estrato inferior foi utilizado a escala de valor de cobertura e abundância de Braun-Blanquet (1979) com contagem de indivíduos. O grau de cobertura das espécies em cada parcela foi determinado mediante a estimativa visual da projeção horizontal dos

indivíduos de cada espécie sobre o solo de acordo com a seguinte escala de Braun-Blanquet (1979): r (indivíduos raros ou isolados), + (indivíduos pouco abundantes, de muito fraca cobertura), 1 (indivíduos bastante abundantes mas de fraca cobertura), 2 (indivíduos muito abundantes ou cobrindo pelo menos 5 % da área mínima), 3 (número qualquer de indivíduos cobrindo de 25 a 50 % da área mínima); 4 (número qualquer de indivíduos cobrindo de 50 a 75 % da área mínima), 5 (número qualquer de indivíduos cobrindo de 75 % a 100% da área mínima).

A identificação taxonômica das espécies encontradas seguiu o sistema de classificação *Angiosperm Phylogeny Group IV* (APG IV, 2016). Seus exemplares foram herborizados no Herbarium Uberlandense (HUFU) da Universidade Federal do Uberlândia. Para confirmação taxonômica foram utilizadas chaves de identificação, bibliografias específicas e comparação com o acervo do com o acervo digital Flora do Brasil 2020 do Jardim Botânico do Rio de Janeiro. As espécies que ainda assim não foram identificadas ou com dúvidas acerca da identificação, foram encaminhadas para especialistas.

### 2.3. Análise dos dados

Para verificar se o esforço amostral foi suficiente para a representatividade e abrangência florística da amostragem de vegetação utilizou-se a análise exploratória da curva de acumulação de espécies que alia o número de espécies (PORTO, 2008). Se a curva tende à estabilidade quer dizer que a amostragem foi suficiente para abranger a riqueza do local.

Para cada estrato de CAS pré-estabelecida, foram mensurados os parâmetros fitossociológicos de todas as espécies da área. Os parâmetros avaliados foram: Densidade Relativa (DR), Frequência Relativa (FR), Dominância Relativa (DoR), Cobertura Relativa (CR), Índice de Valor de Importância (IVI), Regeneração Natural por classe de CAS (RNC) e Regeneração Natural Total da População Amostrada (RNT) (SILVA et al., 2007; SCOLFORO, 2008a). A diversidade foi determinada através do índice de Shannon –  $H'$  e da Equabilidade de Pielou ( $J'$ ).

Para análise da diversidade da área de estudo, utilizou-se o Índice de Diversidade de Shannon-Weaver ( $H'$ ). A diversidade não está correlacionada à densidade de indivíduos na população. A vantagem deste índice é que ele leva em consideração o

número das espécies e seus números de representantes. Quanto maior o valor de  $H'$ , maior a diversidade florística da área de estudo (SCOLFORO, 2008b).

O Índice de equabilidade de Pielou ( $J'$ ) é derivado do Índice de Diversidade de Shannon ( $H'$ ) e permite representar a uniformidade da distribuição dos indivíduos entre as espécies existentes. A equabilidade varia de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1, maior a uniformidade nas proporções indivíduos/espécies na comunidade. (SCOLFORO, 2008b).

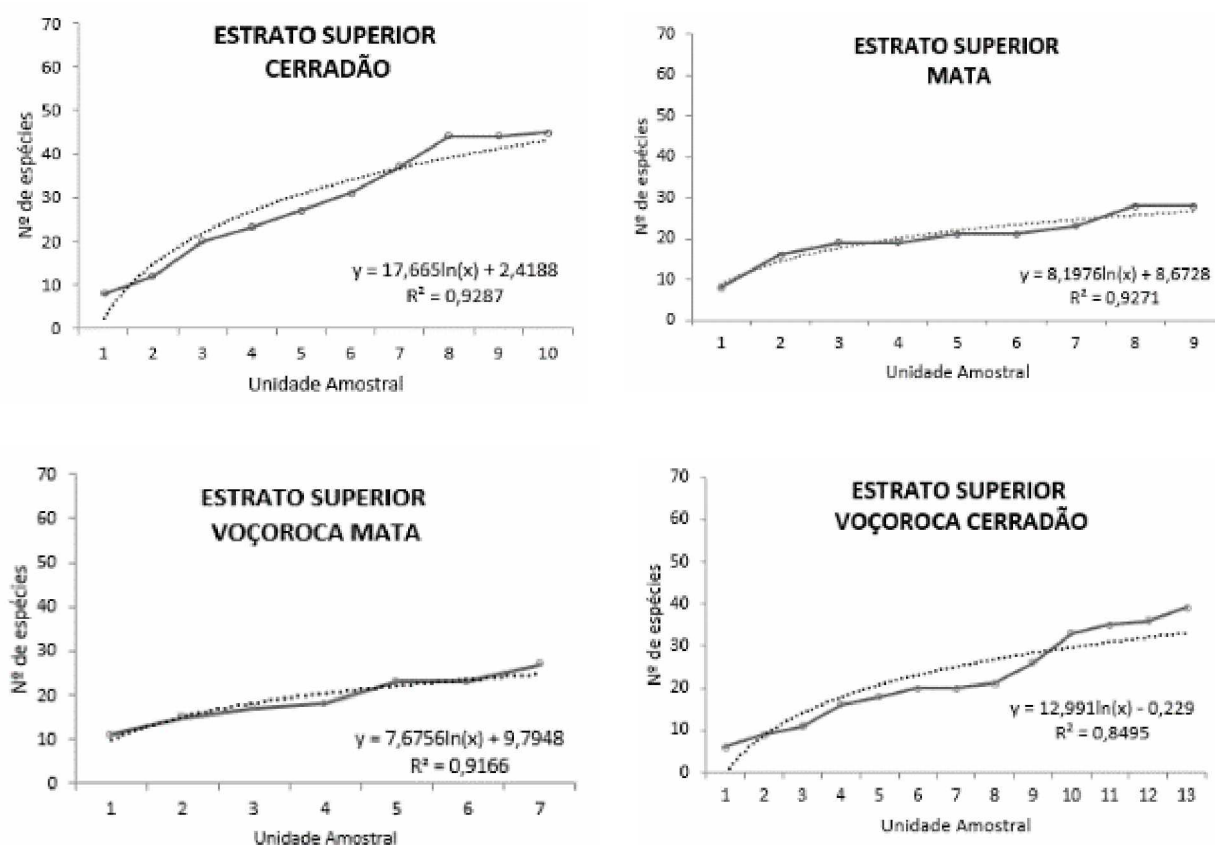
Com a utilização do software R (R Development Core Team 2015) foram confeccionados, para cada ambiente e cada estrato, diagramas de Venn a partir das espécies compartilhadas e exclusivas entre as diferentes estratos e ambientes, respectivamente.

A caracterização inicial da regeneração natural foi avaliada com base nas estimativas do índice de Regeneração Natural Total (RNT) por espécie arbóreas e arbustiva considerando os estratos de CAS pré-estabelecidas. O nível de inclusão foi de  $CAS < 10$  cm, ou seja, os estratos médio e inferior. A exclusão do estrato superior ocorreu por se tratar de espécies que estão em estádios sucessionais mais avançados. Dessa forma, é possível obter informações mais detalhadas do comportamento apenas das espécies que estão em processo de regeneração.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente verificou-se o esforço amostral utilizando a análise exploratória da curva de acumulação de espécies. Com o acréscimo de novas espécies ao longo da amostragem realizada nas parcelas, foi possível verificar se a amostragem foi considerada satisfatória para representar a diversidade da vegetação em cada ambiente analisado (Figura 3). A curva sólida representa a curva de acumulação de espécies e a curva tracejada representa a logarítmica ajustada, com respectivo valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

**Figura 3** - Curva de acumulação de espécies da amostragem da regeneração natural dos ambientes da área de estudo, sendo que a curva sólida representa a curva de acumulação de espécies e a curva tracejada representa a logarítmica ajustada, com respectivo valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).



Ao longo da amostragem realizada, com o acréscimo de novas espécies, houve tendência à estabilização, demonstrando que a amostragem foi satisfatória.

### 3.1. Análise fitossociológica e de distribuição de espécies

Foram amostrados 1475 indivíduos distribuídos em 118 espécies e 42 famílias botânicas. No estrato I ( $CAS \geq 10$  cm) foram coletados 703 indivíduos pertencentes à 82 espécies sendo 35 exclusivas desse estrato. No estrato médio ( $5 \text{ cm} \leq CAS < 10 \text{ cm}$ ) foram coletados 149 34 espécies sendo 4 exclusivas desse estrato. E, no estrato inferior ( $CAS < 5 \text{ cm}$ ) foram coletados 623 indivíduos pertencentes à 71 espécies sendo 28 exclusivas (Anexo I).

As áreas de cerradão e de mata foram as de maior número de indivíduos, 572 e 413 respectivamente. As voçorocas apresentaram um somatório de 490 indivíduos, sendo a voçoroca cerradão com maior contribuição (290 indivíduos).

O fragmento de mata amostrado é a área mais próxima de cursos d'água e de maior sombreamento com o estrato herbáceo marcante pela presença de espécies pteridófitas (samambaias). A vegetação apresentou estratificação com presença de dossel e sub-bosque, baixa presença de epífitas, moderada incidência de trepadeiras herbáceas e lenhosas e serapilheira em geral contínua e de média espessura. Considerando o estrato superior, circunferência média das árvores amostradas nessa fisionomia foi de 30,2 cm e altura média de 7,9 metros. As espécies indicadoras de Floresta Estacional Semidecidual foram: *Copaifera langsdorffii*, *Aspidosperma riedelii*, *Ormosia arborea*, *Tapirira guianensis*, *Xylopia sericea*, *Miconia nervosa*, *Siparuna guianensis*, *Cariniana estrellensis*, *Apuleia leiocarpa* e *Myrcia rostrata* (BRASIL, 2007).

O cerradão é uma formação florestal com os aspectos xeromórficos, caracterizada pela presença de espécies que ocorrem no cerrado *stricto sensu* e por espécies de mata (RIBEIRO e WALTER, 2008). O fragmento amostrado apresentou dossel contínuo com altura média no estrato superior de 4,4 metros e circunferência média de 24,5 cm. Observou-se a presença de espécies típicas de cerradão como *Bowdichia virgilioides*, *Copaifera langsdorffii*, *Caryocar brasiliense*, *Hirtella glandulosa*, *Qualea grandiflora*, *Lafoensia pacari*, *Tabebuia alba*, *Xylopia aromatica*.

A diferença do estrato inferior das espécies amostradas nos ambientes mata e cerradão foi o predomínio de espécies arbóreas jovens no primeiro, e no segundo houve forte presença de herbáceas (gramíneas), bem superior à mata.

Para a área da voçoroca verificou-se a presença de espécies compartilhadas das áreas da mata e do cerradão bem como espécies exclusivas (Figura 4).

Em relação à vegetação, a diferença entre voçoroca mata e voçoroca cerradão é observada na densidade de indivíduos. A colonização da voçoroca cerradão apresentou maior densidade para o estrato superior (1.280 indivíduos.ha<sup>-1</sup>) e inferior (1.530 indivíduos.ha<sup>-1</sup>) em comparação à voçoroca mata (860 indivíduos.ha<sup>-1</sup> e 980 indivíduos.ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Para o estrato inferior, justifica-se visto que nas áreas mais abertas (voçoroca cerradão), maior insolação, houve maior incidência de colonização por gramíneas. Ressalta-se que a colonização por gramíneas dificulta o desenvolvimento da regeneração natural na área, por inibir a germinação dos propágulos existentes no banco de sementes e sufocar os indivíduos regenerantes (BRANCALION et al., 2012).

Para o estrato médio, a baixa densidade de indivíduos na voçoroca tanto mata quanto cerradão (16 e 9, respectivamente) pode indicar que muitos indivíduos que estão colonizando a área, não estão passando pelo processo de sucessão ecológica. Outro fator que contribuiu para esta situação é que a camada de gramíneas colonizadoras que se propaga na área não tem características botânicas para aparecer nos estratos superiores.

Em contrapartida verificam-se valores mais elevados para o estrato superior. Tais valores podem ser justificados por se tratar de uma voçoroca antiga, que o processo de sucessão está mais estabelecido.

Quanto ao porte da vegetação, a voçoroca mata apresentou altura média no estrato superior de 6,0 metros e circunferência média de 22,4 cm. Já a voçoroca cerradão apresentou altura média, para o mesmo estrato, de 2,8 metros e circunferência média de 20,9 cm.

De acordo com a florística de famílias, a que mais se destacou na área de estudo em termos de diversidade de espécies foi a Fabaceae com 18 espécies e 108 indivíduos, sendo 16 espécies no estrato superior, 5 no estrato médio e 10 pertencentes ao estrato inferior. Essa família é citada entre uma das mais importantes em número de espécies em cerradões do Estado de Minas Gerais (SIQUEIRA et al, 2006). Além disso, é constituída por 727 gêneros e 19.327 espécies sendo a terceira maior família de Angiospermas (LEWIS et al. 2005). Tal fato favorece o destaque dessa família em número de espécies da área de estudo. No estrato inferior destacou-se a família Poaceae (10 espécies).

Ressalta-se que, devido ao tipo de crescimento das espécies dessa família, cada moita foi considerada um indivíduo.

A riqueza e diversidade foram menores nas áreas de voçorocas (Tabela 1). A maior riqueza de espécies entre as áreas foi observada no estrato superior do cerradão com 46 espécies. O cerradão e a voçoroca cerradão estão entre as áreas mais ricas, com 65 e 58 espécies respectivamente. A riqueza dessas áreas fica evidente no diagrama de Venn (Figura 4, Figura 5).

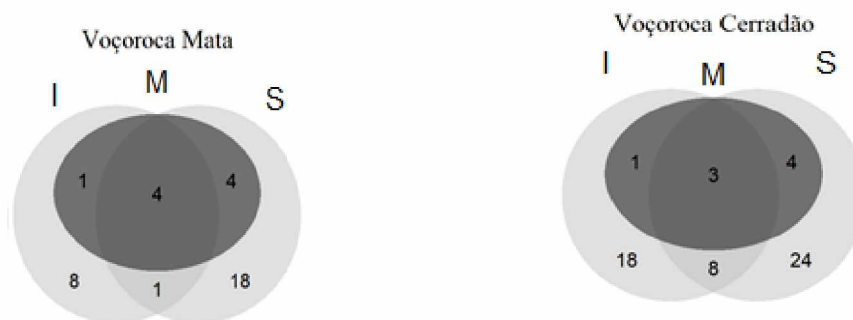
Tabela 1 – Valores de densidade (número total de indivíduos por área amostrada), riqueza (S), número de famílias, índice de Shannon-Weaver ( $H'$ ), equabilidade de Pielou ( $J'$ ).

| Ambiente / Estrato              | Densidade  |           |            | S         |           |           | Famílias  |           |           | $H'$        |             |             | $J'$        |             |             |
|---------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                                 | I          | II        | III        | I         | II        | III       | I         | II        | III       | I           | II          | III         | I           | II          | III         |
| Cerradão                        | 317        | 87        | 168        | 46        | 21        | 29        | 28        | 18        | 18        | 2,78        | 2,59        | 2,57        | 0,72        | 0,85        | 0,76        |
| Mata                            | 172        | 37        | 204        | 28        | 13        | 23        | 15        | 8         | 14        | 2,84        | 2,21        | 2,60        | 0,84        | 0,86        | 0,83        |
| Voçoroca Mata                   | 86         | 16        | 98         | 27        | 9         | 14        | 21        | 8         | 12        | 2,67        | 2,04        | 2,63        | 0,81        | 0,93        | 0,71        |
| Voçoroca Cerradão               | 128        | 9         | 153        | 39        | 8         | 30        | 22        | 7         | 15        | 3,27        | 2,04        | 2,88        | 0,89        | 0,98        | 0,85        |
| <b>Voçoroca total (VM + VC)</b> | <b>214</b> | <b>25</b> | <b>251</b> | <b>51</b> | <b>14</b> | <b>40</b> | <b>29</b> | <b>11</b> | <b>21</b> | <b>3,33</b> | <b>2,44</b> | <b>3,05</b> | <b>0,85</b> | <b>0,93</b> | <b>0,83</b> |

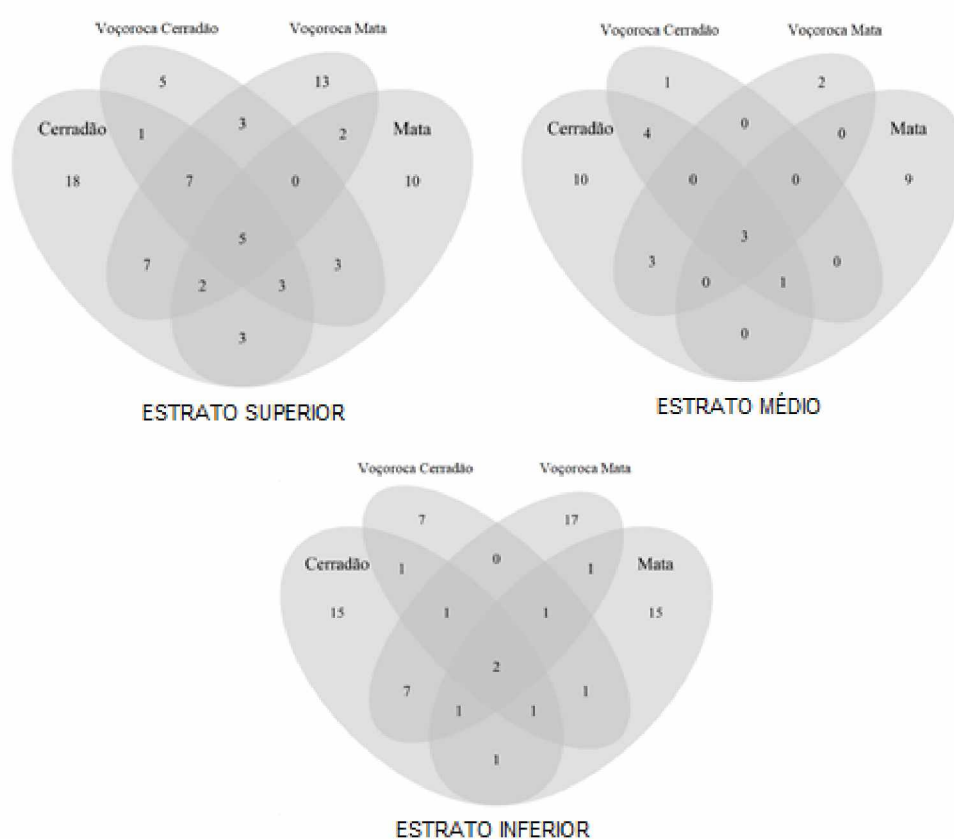
I – Estrato superior; II – Estrato médio; III – Estrato inferior

**Figura 4** - Diagramas de Venn produzidos a partir das espécies compartilhadas e exclusivas para os ambientes.





**Figura 5** - Diagramas de Venn produzidos a partir das espécies compartilhadas e exclusivas para os estratos



As espécies compartilhadas entre os estratos indicam um sucesso na regeneração natural (VIANA, 2015). Na voçoroca mata e voçoroca cerradão, as espécies que foram compartilhadas nos estratos foram: *Siparuna guianensis*, *Eugenia calycina*, *Virola sebifera*, *Miconia albicans*, *Tapirira guianensis*, *Xylopia aromática*. Ao comparar a voçoroca (mata e cerradão) com os fragmentos do entorno, observa-se maior influência do cerradão nesses ambientes do que a mata, já que as espécies compartilhadas estão em maior número, a saber: 16, 8 e 5 com a voçoroca cerradão e 21, 6 e 11 com a voçoroca

mata. Nessa listagem considerando a ordem estrato superior, médio e inferior. Foram 5 espécies encontradas concomitantemente nos quatro ambientes independentemente do estrato, a saber: *Coussarea hydrangeifolia*, *Eugenia calycina*, *Siparuna guianensis*, *Tapirira guianensis*, *Virola sebifera*.

A espécie *Siparuna guianensis* foi a única encontrada nos três ambientes e nos três estratos, e é destacada como espécie prioritária para restauração na região do cerrado (VALENTINI et al., 2010) destaca tal espécie como prioritária de conservação para a região do cerrado.

As espécies *Caryocar brasiliense* (pequi) e *Tabebuia alba* (ipê-amarelo), levantadas na área de mata e cerradão, são declaradas de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte, no Estado de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2012).

A amplitude do índice de diversidade de Shannon foi de 2,04 (estrato médio – voçoroca mata e voçoroca cerradão) a 3,27 (estrato superior – voçoroca cerradão). A amostragem realizada nos ambientes apresentou uma diversidade de espécies que pode ser considerada baixa ao comparar com o inventário de Minas Gerais, e os valores encontrados para a fitofisionomia cerradão variou de 3,03 a 4,23. Especificamente para o Triângulo Mineiro, a diversidade encontrada no inventário para a fitofisionomia cerradão foi de 3,73 (SCOLFARO, 2008b). No estudo em questão apenas um valor em toda área de estudo foi superior à 3,0 (estrato superior – voçoroca cerradão).

A diversidade baixa da área de estudo pode ser explicada pelas características da área de influência indireta, a saber, bastante antropizada com poucos remanescentes nativos que, consequentemente, é pobre em fonte de propágulos. Ademais, a condição hostil de colonização e sucessão no ambiente de voçoroca é um filtro severo a grande parte das espécies.

Ao analisar a voçoroca como um todo, de maneira geral encontramos os maiores índices de diversidade (3,33 para o estrato superior e 3,05 para o estrato inferior). Este fato, devido à maior contribuição da voçoroca cerradão, já que este apresentou maiores valores que a voçoroca mata.

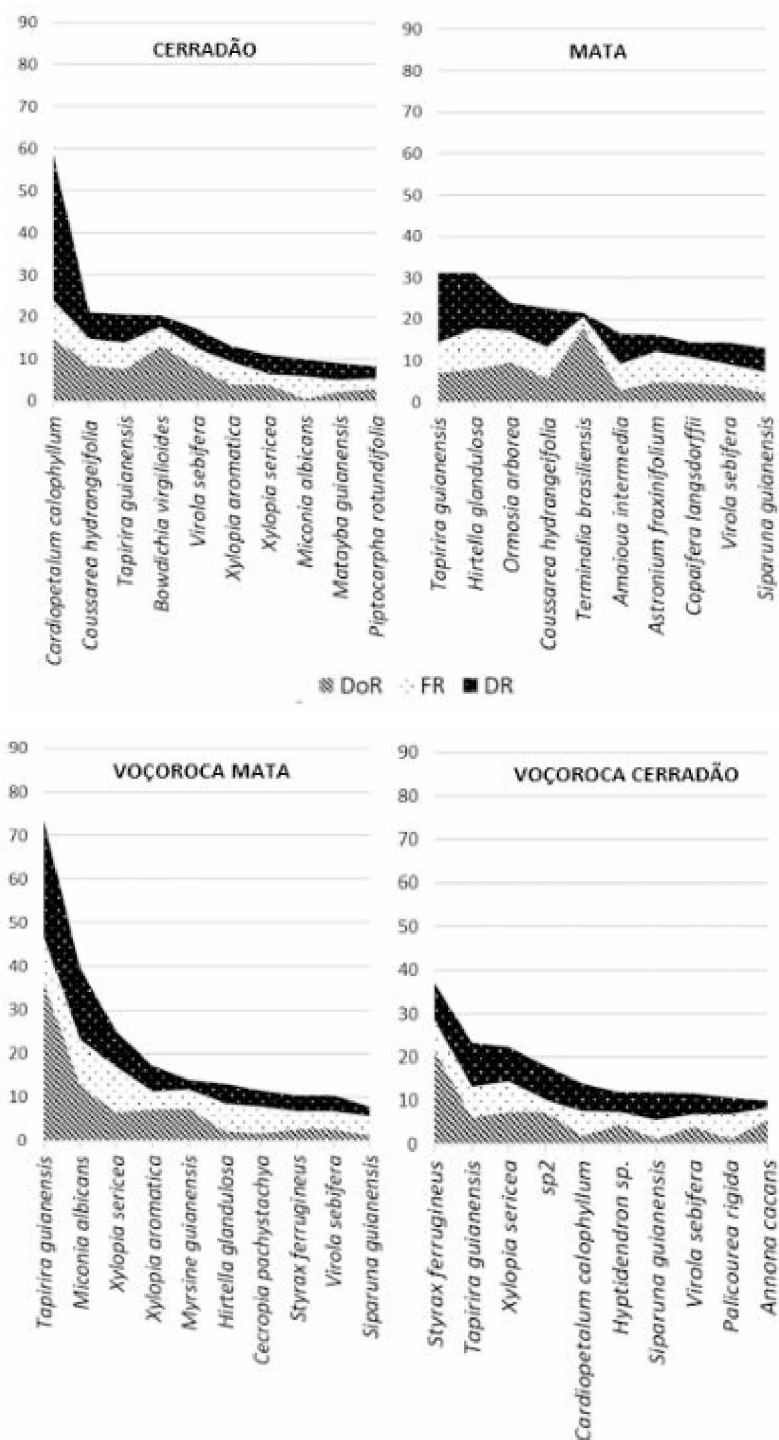
Para Índice de equabilidade de Pielou (J') a variação foi de 0,71 (estrato inferior – voçoroca mata) a 0,98 (estrato médio – voçoroca cerradão), demonstrando que os valores tendem a uniformidade máxima. De maneira geral, os valores encontrados são superiores aos encontrados no inventário de Minas Gerais para a fitofisionomia cerradão. Neste

inventário houve uma variação de 0,68 a 0,79 no estado como um todo e 0,73 para a região do Triângulo Mineiro (SCOLFORO, 2008b).

A alta equabilidade pode indicar que não há dominância de uma ou poucas e que há uma equivalência entre as abundâncias das espécies nos ambientes da área de estudo. Entretanto, considerando que o denominador deste índice é baixo (baixa riqueza da área), a situação pode ser melhor investigada através da análise dos dados fitossociológicos (Anexo II).

No estrato superior (Figura 6), as espécies *Tapirira guianensis* e *Virola Sebifera* representam as espécies com maior Índice de Valor de Importância (IVI) na área de estudo estando entre as dez principais em todas as áreas. Na área da voçoroca mata, há predominância quanto ao valor de importância das espécies *Tapirira guianensis*, *Miconia Albicans* e *Xylopia sericea*. No cerradão, a predominância é da espécie *Cardiopetalum calophyllum*. Já nas demais áreas a distribuição se apresenta mais uniforme.

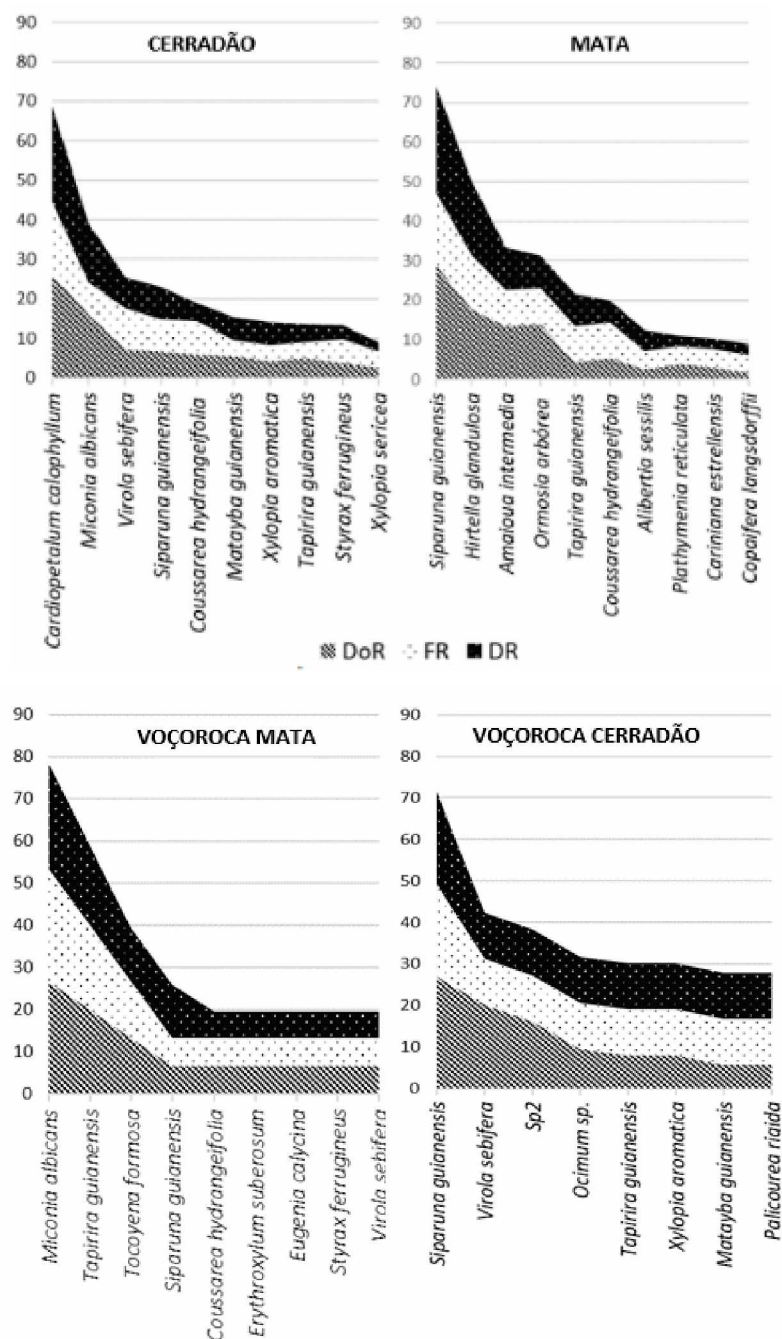
**Figura 6** - Parâmetros fitossociológicos (IVI (Índice de Valor de Importancia = DoR (Dominância Relativa) + FR (Frequência Relativa) + DR (Densidade Relativa)) das dez espécies de maior valor de importância para o estrato superior (CAS  $\geq 10$  cm) coletadas nos diferentes ambientes.



No estrato médio (Figura 7), as espécies *Tapirira guianensis* e *Virola Sebifera* também aparecem em todas as áreas. A *Virola Sebifera* é uma espécie heliófita, muito comum em cerradões e matas de galeria (LENZA & OLIVEIRA, 2006). A espécie *Tapirira guianensis*, é uma espécie pioneira e apresenta grande potencial para ser utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas, por ser tolerante à locais úmidos e produzir frutos altamente procurados pela fauna (LORENZI, 2002).

Nesse estrato, até mesmo por conta da baixa densidade e riqueza, os valores de importância das duas primeiras espécies em cada ambiente se destacam em relação às demais. Na voçoroca, o quantitativo de espécies foram abaixo de 10, sendo, assim, inseridas nas análises todas as espécies encontradas. Ressalta-se que teve várias parcelas desse estrato que não apresentaram nenhum indivíduo.

**Figura 7** - Parâmetros fitossociológicos (IVI (Índice de Valor de Importancia = DoR (Dominância Relativa) + FR (Frequência Relativa) + DR (Densidade Relativa)) das dez espécies de maior valor de importância para o estrato médio (  $5 \text{ cm} \leq \text{CAS} < 10 \text{ cm}$ ) coletadas nos diferentes ambientes.

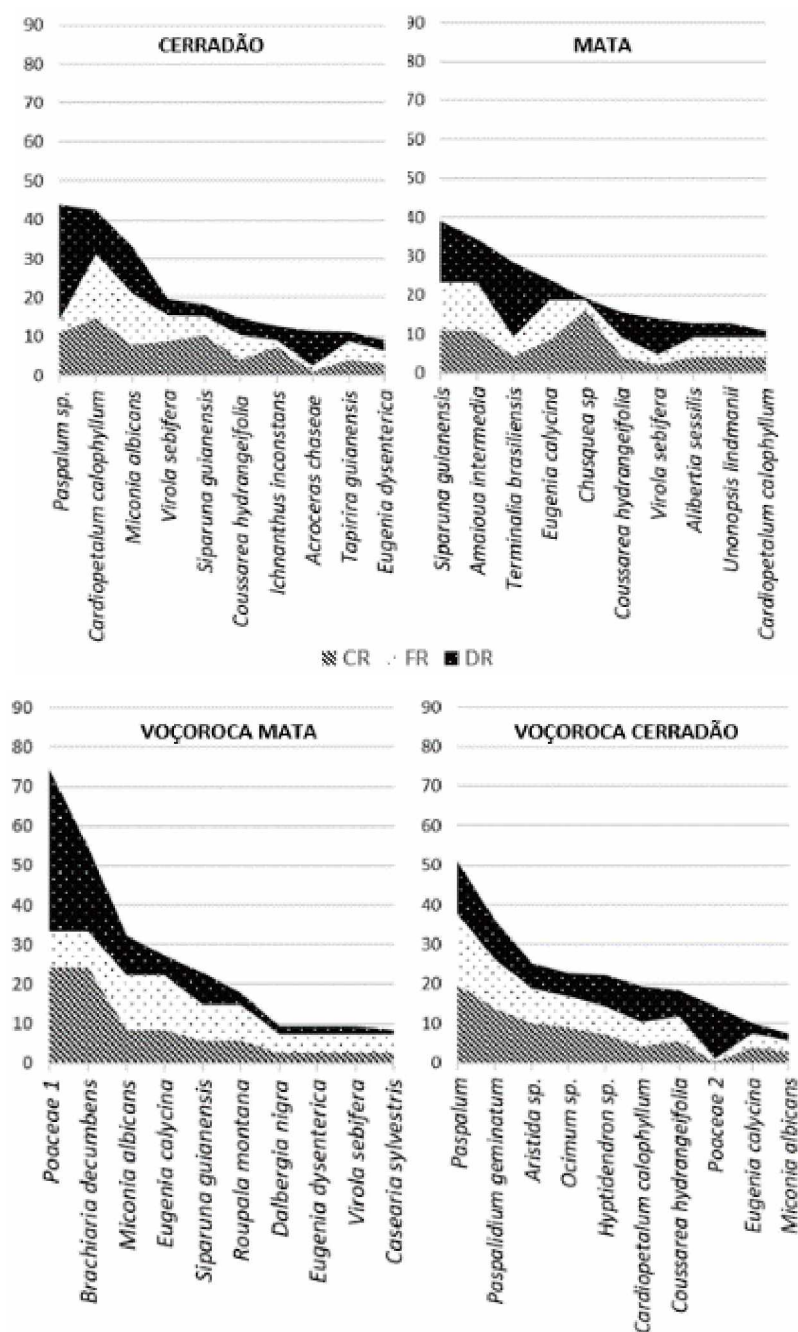


Para o estrato inferior (Figura 8) há a presença de espécies herbáceas dentre as de maiores valores de importância, a saber: *Paspalum sp.*, *Poaceae* 1, e *Brachiaria*

*decumbens*. A espécie *Brachiaria decumbens* é exótica e resistente ao ambiente com estresse hídrico e pobre em nutrientes, além de competidora das espécies de gramíneas nativas (LORENZI, 1994).

A avaliação da cobertura do solo por gramíneas permite uma boa indicação sobre o início do processo de regeneração, pois essas espécies se adaptam aos solos de baixa fertilidade. Tal fato é positivo quando se fala no controle de processos erosivos, já que são espécies de rápido crescimento e promovem uma rápida cobertura do solo ou substrato residual, desacelerando o carreamento de sedimentos. Entretanto, dificulta o recrutamento de novas espécies oriundas da regeneração natural (BERTONI & LOMBARDI NETO, 2017; BRANCALION et al., 2012).

**Figura 8** - Parâmetros fitossociológicos (IVI (Índice de Valor de Importancia = CR (Cobertura Relativa) + FR (Frequência Relativa) + DR (Densidade Relativa)) das dez espécies de maior valor de importância para o estrato inferior (CAS < 5 cm) coletadas nos diferentes ambientes.



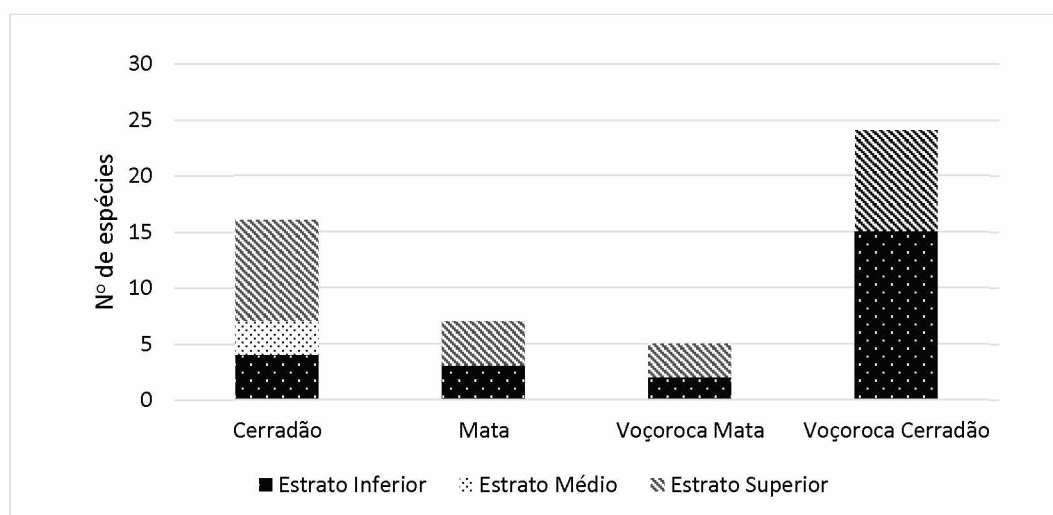
Em todas as áreas estudadas as 10 espécies de maior valor de importância apresentaram mais de 50% do valor de importância. O valor mais baixo encontrado foi no estrato superior da voçoroca cerradão (57,01%), em coerência com o fato de ter apresentado o maior Índice de Diversidade de Shannon ( $H'$ ), a saber, 3,27.

De maneira geral, os valores de densidade, dominância e, especificamente para o estrato inferior, os valores de cobertura apresentaram-se equiparados. Em contraponto à frequência, esses parâmetros foram os que garantiram a posição sociológica da maioria das espécies.

Em todos os ambientes encontrou-se espécies com ocorrência apenas na sua área, entretanto vale ressaltar que para a área da voçoroca como um todo foram 38 espécies exclusivas para este ambiente. Dessas espécies exclusivas, as que apresentaram maiores valores de importância foram: *Annona cacans*, *Hyptidendron sp.*, *Ocimum sp.*, *Paspalidium germinatum*, *Poaceae 1*.

Na análise por estrato, o maior número de espécies exclusivas ocorreu no estrato superior com 25 espécies, seguida de 24 para o estrato inferior (Figura 9). O estrato médio apresentou pouca expressividade, sem espécies exclusivas nas áreas da mata, voçoroca mata e voçoroca cerradão e com 3 no cerradão. O ambiente que mais contribui com o número de espécies exclusivas foi a voçoroca cerradão (24 espécies), sendo o estrato inferior o estrato de maior contribuição (15 espécies).

**Figura 9** - Número de espécies exclusivas nos ambientes subdividas pelos estratos.



Ao comparar com o número total de espécies amostradas (118), as espécies exclusivas são expressivas (total de 52 espécies). A maioria dessas espécies apresentou baixo número de indivíduos (de 1 a 6 indivíduos), sendo que as espécies herbáceas são as que apresentaram número expressivo de indivíduos.

Em relação às voçorocas, conforme exposto a composição florística demonstrou maior influência do cerradão em comparação à mata de galeria. Ressalta-se que outras áreas devem contribuir para a colonização da mesma, já que a voçoroca apresentou um número alto de espécies que não apareceram nos fragmentos do entorno, tanto cerradão quanto mata de galeria. Processos de recrutamento de plântulas dependem da dispersão e propagação de sementes e estudos complementares são fundamentais no entendimento da dinâmica da colonização da área (VENTUROLI, 2011).

Em relação aos dados fitossociológicos obtidos deste ambiente revelam que as espécies com maiores Índice de Valor de Importância ( $IVI > 10\%$ ) nos diversos estratos foram: *Tapirira guianensis*, *Virola sebifera*, *Miconia albicans*, *Poaceae 1*, *Brachiaria decumbens*, *Styrax ferrugineus*, *Siparuna guianensis*, *Tocoyena formosa*, *Ocimum sp.*, *Sp2*, *Paspalum sp.*, *Paspalidium geminatum*.

### 3.2. Estruturação da regeneração natural das espécies arbóreas e arbustivas

A maioria dos estudos de regeneração utilizam apenas espécies das formas de vida arbórea e arbustiva a fim de evitar que as espécies herbáceas mascarem os aspectos importantes quanto à dinâmica da sucessão vegetal. Essas espécies teriam maior peso na estrutura florística em razão de apresentarem maior densidade. Outro fator decisivo é que ao calcular o índice de regeneração natural, o intuito é fazer inferências sobre a estrutura da vegetação em estágios sucessionais mais avançados.

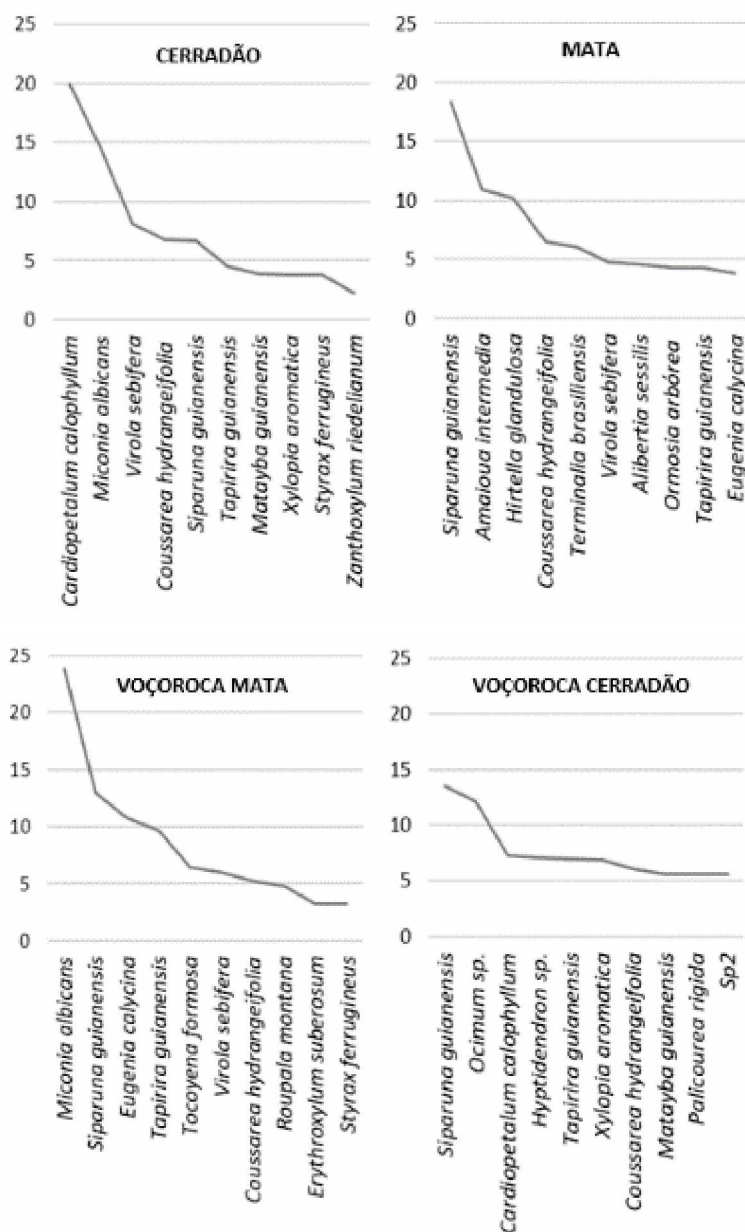
Nesse sentido, optou-se por excluir as espécies herbáceas do cálculo de índice de regeneração natural. Entretanto, por conta do papel fundamental dessas espécies nos estágios iniciais do processo de regeneração, elas foram consideradas no cálculo do valor de importância conforme apresentado anteriormente.

No capítulo I foi apresentada uma avaliação espaço-temporal da área de estudo em que foi possível verificar a existência do processo de voçorocamento desde a década de 60 bem como processo de desmatamento da área do entorno no passado. Nesse sentido, é possível afirmar que os quatro ambientes analisados estão em processo de regeneração.

Através da caracterização inicial do processo de regeneração natural nos ambientes da área de estudo (Anexo III), constatou-se que (Figura 10) 36, 26, 16 e 24 espécies fazem parte dos estratos em regeneração dos ambientes cerradão, mata, voçoroca mata e voçoroca cerradão, respectivamente.

Dez espécies apareceram em destaque no estrato de regeneração de mais de um ambiente. São elas: *Cardiopetalum calophyllum*, *Coussarea hydrangeifolia*, *Eugenia calycina*, *Matayba guianensis*, *Miconia albicans*, *Siparuna guianensis*, *Tapirira guianensis*, *Styrax ferrugineus*, *Virola sebifera*, *Xylopia aromatica*.

**Figura 10** - Regeneração natural dos ambientes da área de estudo



As dez espécies com maiores valores para regeneração natural total nos ambientes cerradão, mata, voçoroca mata e voçoroca cerradão representaram 74,25 %, 73,81 %, 86,26 % e 76,63 %, respectivamente.

As espécies *Siparuna guianensis*, *Tapirira guianensis* e *Coussarea hydrangeifolia* apareceram nos dois ambientes da voçoroca, demonstrando a capacidade de se adaptarem em condições diferentes.

Para a voçoroca mata a distribuição das espécies foi: *Miconia albicans* (23,84 %), *Siparuna guianensis* (12,97 %), *Eugenia calycina* (10,77 %), *Tapirira guianensis* (9,69 %), *Tocoyena formosa* (6,46 %), *Virola sebifera* (5,97 %), *Coussarea hydrangeifolia* (5,29%), *Erythroxylum suberosum* (3,23 %), *Styrax ferrugineus* (3,23 %),

De forma análoga, na voçoroca cerrado a distribuição das espécies seguiu: *Siparuna guianensis* (13,51 %), *Ocimum sp.* (12,11 %), *Cardiopetalum calophyllum* (7,29 %), *Hyptidendron sp.* (7,08 %), *Tapirira guianensis* (7,01%), *Xylopia aromática* 6,91 %), *Coussarea hydrangeifolia* (6,04 %), *Matayba guianensis* (5,56 %), *Palicourea rígida* (5,56 %), *Sp2* (5,56 %).

Tais espécies apresentaram capacidade de regeneração na voçoroca, sendo que, no futuro, provavelmente, serão as principais responsáveis pela manutenção da estrutura e fisionomia deste ambiente.

#### 4. CONCLUSÃO

Ao comparar os fragmentos mata e cerrado localizados no entorno da voçoroca, pôde-se comprovar que o cerrado exerce maior influência na colonização da voçoroca do que a mata, já que as espécies compartilhadas entre esses ambientes apresentaram-se em maior número. Considerando a sequência dos estratos superior, médio e inferior, o Cerradão compartilha 16, 8 e 5 com a voçoroca cerrado e 21, 6 e 11 com a voçoroca mata. Já a mata, 11, 4 e 5 com a voçoroca cerrado e 9, 3 e 5 com a voçoroca mata. Em contrapartida, outras áreas contribuem para a colonização das voçorocas, já que a ambas apresentaram um número alto de espécies que não apareceram nesses fragmentos do entorno. De 118 espécies inventariadas, apenas a *Brachiaria decumbens* é exótica, demonstrando que a regeneração da área está ocorrendo por espécies nativas.

Considerando as espécies nativas que se destacaram em valor de importância ou no índice de regeneração natural, as espécies nativas *Tapirira guianensis*, *Virola sebifera*, *Miconia albicans*, *Poaceae 1*, *Styrax ferrugineus*, *Siparuna guianensis*, *Tocoyena formosa*, *Ocimum sp.*, *Sp2*, *Paspalum sp.*, *Paspalidium geminatum*. *Eugenia calycina*,

*Coussarea hydrangeifolia*, *Erythroxylum suberosum*, *Cardiopetalum calophyllum*, *Hyptidendron sp.*, *Xylopia aromática*, *Matayba guianensis*, *Palicourea rígida*, reafirmam o desempenho superior na colonização e estruturação da voçoroca. Pensando em programas de recuperação de área degradadas, tais espécies são as indicadas nas áreas sob condições semelhantes.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. S. **Modelos de recuperação ambiental. In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica.** 3rd. Ilhéus, BA: Editus, 2016. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788574554402>
- ALVES, R. R.; ALVES, R. R.; RODRIGUES, S. C. **Impactos ambientais e processos erosivos em microbacia hidrográfica no município de Uberlândia.** In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, IV., 2002. **Anais...** São Luís: UFMA, v.1. 2002.
- APG III (The Angiosperm Phylogeny Group). **An update of the logeny Group Classification for the orders and families of flowering plants:** APPG III. Botanical Journal of the Linnean Society, v.161. P. 105 -121. 2009. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2009.00996.x>
- BARREIRA, S. et al. **Estudo da estrutura da regeneração natural e da vegetação adulta de um cerrado senso stricto para fins de manejo florestal.** Scientia Forestali n. 61, p. 64-78. 2002
- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 10. ed. São Paulo: Ícone, 2017, 392 p.
- BRANCALION, P. H. S. et al. Avaliação e monitoramento de áreas em processo de restauração. In: MARTINS S.V. (ed). **Restauração ecológica de ecossistemas degradados.** Viçosa: UFV, 2012, p. 101-168.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia:** bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume, 1979.
- BRASIL. Portaria MMA nº 9 de 23 de janeiro de 2007. **Áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira.** Brasília, DF: MMA, 2007.
- BRASIL. Resolução CONAMA nº 392, de 25 de junho de 2007. Define vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais. 2007. **Diário Oficial da União**, 26 jun 2007.
- BIOFLORA Tecnologia da Restauração. **Manual de restauração ecológica.** Bahia, 2015
- CORRÊA, G. F. **Les microrelief “murundus” et leur environnement pédologique dans l’ouest du Minas Gerais, région du plateau central brésilien.** Thèse Doctorat, Université de Nancy I, Vandoeuvre-les-Nancy,. 1989. 144 p
- DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. In: CULLEN J. L, RUDRAN R, VALLADARES-P. C, organizadores. **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre.** Curitiba: UFPR; Fundação Boticário de Proteção à Natureza; 2003.

- EMBRAPA **Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: Bol. de Pesquisa, 1, 1982. 526p
- HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. 162 p.
- LENZA, E., OLIVEIRA, P. E. **Biologia reprodutiva e fenologia de *Virola sebifera* Aubl. (Myristicaceae) em mata mesofítica de Uberlândia, MG, Brasil**. Revista Brasil. Bot., V.29, n.3, p.443-451, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000300011>
- LEWIS, G. P. et al. **Legumes of the World**. Royal Botanic Gardens, Kew. 2005.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v.1. 384 p.
- MARTINS, S.V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa: Aprenda Fácil. 2001.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2010. 270 p.
- MINAS GERAIS. Lei 20.308, de 27 de julho de 2012. Altera a Lei no 10.883, de 2 de outubro de 1992, que declara de preservação permanente, de interesse comum e imune de corte, no Estado de Minas Gerais, o pequizeiro (*Caryocar brasiliense*), e a Lei no 9.743 de 15 de dezembro de 1988, que declara de interesse comum, de preservação permanente e imune de corte o ipê-amarelo. **Diário Executivo do Governo do Estado**, Belo Horizonte, 28 jul. 2012, ano 120, nº 141, 56p.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- MYERS, N. et al. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, 403: 853-858. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1038/35002501>
- PORTO, M.L. **Comunidades vegetais e fitossociologia: fundamentos para avaliação e manejo de ecossistemas**. Porto Alegre: Ed. da UFRGS. 2008. 240 p.
- RADAMBRASIL. **Folha SE. 22 Goiânia: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro: O Projeto, 1983. 768 p.
- RATTER, J. A et al. **Analysis of the floristic composition of the Brazilian Cerrado vegetation II: comparison of the woody vegetation of 98 areas**. Edinburg Journal of Botany. 53(2):153-180. 1996. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960428600002821>
- R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 out. 2019.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados. 2008. v.1, p.151-199.

SILVA, A. H. de. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia – MG**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2010. 136 p.

SILVA, W.C. et al. **Estudo da regeneração natural de espécies arbóreas em fragmento de floresta ombrófila densa, mata das galinhas, no município de Catende, zona da mata sul de Pernambuco**. *Ciência Florestal*. v. 17, n. 4, p. 321-331. 2007. DOI: <https://doi.org/10.5902/198050981964>

SCOLFORO, J. R. et al. Análise da estrutura fitossociológica dos fragmentos inventariados e dos grupos fisionômicos. *In*: SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D.(ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: Cerrado - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal**. Lavras: UFLA, 2008a. cap. 5, p. 191-221.

SCOLFORO, J. R. et al. Diversidade, equabilidade e similaridade dos fragmentos inventariados. *In*: SCOLFORO, J. R.; MELLO, J. M.; OLIVEIRA, A. D.(ed.). **Inventário Florestal de Minas Gerais: Cerrado - Florística, Estrutura, Diversidade, Similaridade, Distribuição Diamétrica e de Altura, Volumetria, Tendências de Crescimento e Áreas Aptas para Manejo Florestal**. Lavras: UFLA, 2008b. cap. 6, p. 223-264.

SOUSA, L.M. **Regeneração natural como indicador de sustentabilidade em áreas em processo de restauração**. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2014.

VALENTINI, C. M. A; RODRIGUEZ-ORTÍZ, C. E; COELHO, M. F. B. Siparuna guianensis Aublet (negramina): uma revisão. **Rev. bras. plantas med.** Botucatu, v. 12, n.1, jan./mar. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722010000100014>

VENTUROLI, F; FELFILI, J. M.; FAGG, W. C. **Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis – Goiás**. Viçosa: Rev. Árvore vol.35 no.3 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300010>

VIANA, R. H. O. **Ecologia do Cerrado Arenícola do Jalapão, Estado de Tocantins**. Tese (Doutorado). UFV. Viçosa. 2015. 82p.

ANEXO I – Espécies amostradas nos estratos de CAS pré-estabelecidas e nos ambientes da área de estudo. Sendo: S - CAS  $\geq 10$  cm; M - CAS  $\geq 5$  e  $< 10$  cm; I - CAS  $< 5$  cm; C – cerradão; M- mata; VM – voçoroca mata; VC – voçoroca cerradão.

| FAMÍLIAS/ESPECIES                                       | ESTRATO | AMBIENTE  |
|---|---------|-----------|
| <b>Anacardiaceae</b>                                    |         |           |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott                   | S/I     | M/VM      |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.                        | S/M/I   | C/M/VM/VC |
| <b>Annonaceae</b>                                       |         |           |
| <i>Annona cacans</i> Warm.                              | S       | VC        |
| <i>Annona coriacea</i> Mart.                            | S       | C         |
| <i>Annona crassiflora</i> Mart.                         | S       | C         |
| <i>Annona tomentosa</i> R.E.Fr.                         | S       | M         |
| <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltldl.              | S/M/I   | C/M/VC    |
| <i>Unonopsis lindmanii</i> R.E.Fr.                      | S/I     | M         |
| <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.                   | S/M/I   | C/M/VM/VC |
| <i>Xylopia emarginata</i> Mart.                         | S/I     | M         |
| <i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.                       | S/M/I   | C/M/VC    |
| <b>Apocynaceae</b>                                      |         |           |
| <i>Aspidosperma riedelii</i> Müll.Arg.                  | S       | M         |
| <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.            | S/I     | C/M/VC    |
| <i>Hancornia speciosa</i> Gomes                         | S       | VC        |
| <b>Araliaceae</b>                                       |         |           |
| <i>Schefflera macrocarpa</i> (Cham. & Schltldl.) Frodin | S       | VC        |
| <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.     | S       | VC        |
| <b>Asteraceae</b>                                       |         |           |
| <i>Bidens</i> L.  | I       | VC        |
| <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker           | S/M/I   | C         |
| <i>Taraxacum officinale</i> (L.) Weber ex F.H. Wigg     | I       | VC        |
| <i>Vernonia</i> Schreb.                                 | I       | VC        |
| <i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less.              | I       | VC        |
| <b>Bignoniaceae</b>                                     |         |           |
| <i>Tabebuia alba</i> (Cham.) Sandwith                   | S       | C         |
| <b>Calophyllaceae</b>                                   |         |           |
| <i>Kielmeyera coriacea</i> Mart. & Zucc.                | S       | VM        |
| <b>Caryocaraceae</b>                                    |         |           |
| <i>Caryocar brasiliense</i> Cambess.                    | S       | C/M       |
| <b>Chrysobalanaceae</b>                                 |         |           |
| <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.                      | S/M/I   | C/M/VM    |
| <b>Clusiaceae</b>                                       |         |           |
| <i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi    | S/I     | C         |
| <b>Combretaceae</b>                                     |         |           |
| <i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess.) Eichler       | S/I     | M         |
| <b>Dilleniaceae</b>                                     |         |           |

| FAMÍLIAS/ESPECIES                                  | ESTRATO | AMBIENTE |
|--|---------|----------|
| <i>Curatella americana</i> L.                      | S       | C/VM/VC  |
| <i>Davilla elliptica</i> A.St.-Hil.                | I       | VC       |
| <b>Ebenaceae</b>                                   |         |          |
| <i>Diospyros hispida</i> A.DC.                     | S/I     | C/VM     |
| <b>Erythroxylaceae</b>                             |         |          |
| <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.           | S/M/I   | C/VM/VC  |
| <i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.                | S       | VC       |
| <b>Fabaceae</b>                                    |         |          |
| <i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev        | S       | C/VM/VC  |
| <i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.             | S/I     | C/VCF/VC |
| <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.        | S/M/I   | C/M/VC   |
| <i>Bauhinia</i> L.                                 | I       | VC       |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth                | S/I     | C/M/VC   |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.                | S/M/I   | C/M      |
| <i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.                | S       | VC       |
| <i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.   | S/I     | C/VM     |
| <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.                  | S/I     | C/VM/VC  |
| <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne        | S/I     | C/VC     |
| <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel                | S/I     | C        |
| <i>Machaerium opacum</i> Vogel                     | S       | C        |
| <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms               | S/M     | M        |
| <i>Plathymenia reticulata</i> Benth.               | S/M/I   | M/VM     |
| <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville | S       | C/VC     |
| <i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.           | M       | C        |
| <i>Stryphnodendron rotundifolium</i> Mart.         | S       | VCF      |
| <i>Vatairea macrocarpa</i> (Benth.) Ducke          | S       | VM/VC    |
| <b>Lamiaceae</b>                                   |         |          |
| <i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley  | S       | C        |
| <i>Hyptidendron</i> Harley                         | S/I     | VC       |
| <i>Ocimum</i> L.                                   | M/I     | VC       |
| <b>Lauraceae</b>                                   |         |          |
| <i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez               | S       | VC       |
| <b>Lecythidaceae</b>                               |         |          |
| <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze       | S/M/I   | M/VC     |
| <b>Lythraceae</b>                                  |         |          |
| <i>Cuphea</i> P.Browne                             | I       | VC       |
| <i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.                 | S       | C/VM     |
| <b>Malpighiaceae</b>                               |         |          |
| <i>Byrsonima basiloba</i> A.Juss.                  | S       | C/VC     |
| <i>Byrsonima coccolobifolia</i> Kunth              | S       | C/VC     |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth            | S/I     | C/VC     |
| <i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.                | M       | C        |
| <b>Malvaceae</b>                                   |         |          |

| FAMILIAS/ESPECIES  | ESTRATO | AMBIENTE  |
|--|---------|-----------|
| <i>Eriothea pubescens</i> (Mart. & Zucc.) Schott & Endl. | S       | VM        |
| <i>Pavonia</i> Cav.                                      | I       | VC        |
| <b>Melastomataceae</b>                                   |         |           |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana                     | S/M/I   | C/VM/VC   |
| <i>Miconia nervosa</i> (Sm.) Triana                      | S       | M         |
| <i>Miconia</i> Ruiz & Pav.                               | I       | VC        |
| <i>Miconia sellowiana</i> Naudin                         | I       | M         |
| <i>Rhynchanthera grandiflora</i> (Aubl.) DC.             | M       | VC        |
| <b>Meliaceae</b>   |         |           |
| <i>Trichilia hirta</i> L.                                | S       | VC        |
| <b>Moraceae</b>  |         |           |
| <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul                      | S/I     | C         |
| <i>Maclura</i> Nutt.                                     | M       | C         |
| <b>Myristicaceae</b>                                     |         |           |
| <i>Virola sebifera</i> Aubl.                             | S/M/I   | C/M/VM/VC |
| <b>Myrtaceae</b>   |         |           |
| <i>Myrcia rostrata</i> DC.                               | S/M/I   | C/M       |
| <i>Eugenia calycina</i> Cambess.                         | S/M/I   | C/M/VM/VC |
| <i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.                   | I       | C/VM      |
| <i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.                      | I       | C         |
| <i>Psidium</i> L.  | S       | VC        |
| <b>Nyctaginaceae</b>                                     |         |           |
| <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell                     | S/I     | C/M/VM    |
| <b>Ochnaceae</b>   |         |           |
| <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl.                 | I       | VM        |
| <b>Poaceae</b>   |         |           |
| <i>Acroceras chaseae</i> Zuloaga & Morrone               | I       | C         |
| <i>Aristida</i> L.                                       | I       | VC        |
| <i>Brachiaria</i> (Trin.) Griseb.                        | I       | VC        |
| <i>Brachiaria decumbens</i> Stapf                        | I       | VM        |
| <i>Chusquea</i> Kunth                                    | I       | M         |
| <i>Ichnanthus inconstans</i> (Trin. ex Nees) Döll        | I       | C         |
| <i>Paspalidium germinatum</i> (Forssk.) Stapf            | I       | VC        |
| <i>Paspalum</i> L.                                       | I       | C/VC      |
| <i>Poaceae 1</i>   | I       | VM        |
| <i>Poaceae 2</i>   | I       | VC        |
| <b>Primulaceae</b>                                       |         |           |
| <i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze                 | S/M     | C/VM      |
| <b>Proteaceae</b>  |         |           |
| <i>Roupala montana</i> Aubl.                             | S/I     | C/VM      |
| <b>Rutaceae</b>  |         |           |
| <i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K. Schum.              | S/M/I   | M         |
| <i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.   | S/M/I   | M/VM      |

| FAMÍLIAS/ESPECIES                                   | ESTRATO | AMBIENTE  |
|---|---------|-----------|
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.  | S/M/I   | C/M/VM/VC |
| <i>Palicourea rigida</i> Kunth                      | S/M     | C/VC      |
| <i>Psychotria</i> L.                                | I       | M         |
| <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum. | S/M     | C/M/VM    |
| <i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.                | S/M/I   | C/M       |
| <b>Salicaceae</b>                                   |         |           |
| <i>Casearia grandiflora</i> Cambess.                | M/I     | C         |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw.                      | I       | M/VM      |
| <b>Sapindaceae</b>                                  |         |           |
| <i>Matayba guianensis</i> Aubl.                     | S/M/I   | C/VM/VC   |
| <b>Sapotaceae</b>                                   |         |           |
| <i>Pouteria ramiflora</i> (Mart.) Radlk.            | S       | C         |
| <i>Pouteria torta</i> (Mart.) Radlk.                | S       | C/VC      |
| <b>Siparunaceae</b>                                 |         |           |
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.                    | S/M/I   | C/M/VM/VC |
| <b>Solanaceae</b>                                   |         |           |
| <i>Solanum incarceratum</i> Ruiz & Pav.             | I       | C         |
| <i>Solanum</i> L.                                   | I       | VC        |
| <i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.                | S/I     | C/VC      |
| <b>Styracaceae</b>                                  |         |           |
| <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.              | S/M/I   | C/VM/VC   |
| <b>Urticaceae</b>                                   |         |           |
| <i>Cecropia pachystachya</i> Trécul                 | S/M     | VM/VC     |
| <b>Verbenaceae</b>                                  |         |           |
| <i>Lantana</i> L.                                   | I       | VC        |
| <b>Vochysiaceae</b>                                 |         |           |
| <i>Vochysia tucanorum</i> Mart.                     | S       | VM        |
| <i>Qualea grandiflora</i> Mart.                     | S       | C         |
| <i>Qualea multiflora</i> Mart.                      | S       | C         |
| <i>Qualea parviflora</i> Mart.                      | S/M     | C         |
| <b>Não identificadas (4 espécies)</b>               |         |           |
| <i>Sp1 (sem folhas)</i>                             | S       | C         |
| <i>Sp2</i>  | S/M     | VC        |
| <i>Sp3 (ruderal)</i>                                | I       | VC        |
| <i>Sp4(ruderal)</i>                                 | I       | VC        |

ANEXO II - Parâmetros fitossociológicos das espécies com destaque quanto ao índice do valor de importância. (NI – número de indivíduos; DoR – dominância relativa; FR – frequência relativa; DR – densidade relativa; CR – grau de cobertura; IVI – valor de importância)

| CERRADÃO                         |     |       |       |       |       | MATA                             |    |       |       |       |       | VOÇOROCA MATA                   |    |       |       |       |       | VOÇOROCA CERRADÃO                |    |       |       |       |       |
|----------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|----------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|---------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|----------------------------------|----|-------|-------|-------|-------|
| ESTRATO SUPERIOR                 | NI  | DoR   | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO SUPERIOR                 | NI | DoR   | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO SUPERIOR                | NI | DoR   | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO SUPERIOR                 | NI | DoR   | FR    | DR    | IVI   |
| <i>Cardiopetalum calophyllum</i> | 110 | 15,14 | 8,77  | 34,70 | 19,54 | <i>Tapirira guianensis</i>       | 29 | 7,08  | 7,41  | 16,86 | 10,45 | <i>Tapirira guianensis</i>      | 23 | 36,27 | 10,42 | 26,74 | 24,48 | <i>Styrax ferrugineus</i>        | 11 | 21,54 | 7,04  | 8,59  | 12,39 |
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i>  | 20  | 8,58  | 6,14  | 6,31  | 7,01  | <i>Hirtella glandulosa</i>       | 23 | 8,03  | 9,88  | 13,37 | 10,43 | <i>Miconia albicans</i>         | 14 | 12,72 | 10,42 | 16,28 | 13,14 | <i>Tapirira guianensis</i>       | 13 | 6,20  | 7,04  | 10,16 | 7,80  |
| <i>Tapirira guianensis</i>       | 22  | 7,66  | 6,14  | 6,94  | 6,91  | <i>Ormosia arborea</i>           | 12 | 9,67  | 7,41  | 6,98  | 8,02  | <i>Xylopia sericea</i>          | 7  | 6,55  | 10,42 | 8,14  | 8,37  | <i>Xylopia sericea</i>           | 10 | 7,45  | 7,04  | 7,81  | 7,44  |
| <i>Bowdichia virgilioides</i>    | 9   | 13,15 | 4,39  | 2,84  | 6,79  | <i>Coussarea hydrangeifolia</i>  | 16 | 5,87  | 7,41  | 9,30  | 7,53  | <i>Xylopia aromatica</i>        | 5  | 7,24  | 4,17  | 5,81  | 5,74  | <i>Sp2</i>                       | 10 | 7,37  | 2,82  | 7,81  | 6,00  |
| <i>Virola sebifera</i>           | 15  | 8,04  | 4,39  | 4,73  | 5,72  | <i>Terminalia brasiliensis</i>   | 2  | 18,14 | 2,47  | 1,16  | 7,26  | <i>Myrsine guianensis</i>       | 2  | 7,54  | 4,17  | 2,33  | 4,68  | <i>Cardiopetalum calophyllum</i> | 8  | 2,05  | 5,63  | 6,25  | 4,65  |
| <i>Xylopia aromatica</i>         | 12  | 3,90  | 5,26  | 3,79  | 4,32  | <i>Amaioua intermedia</i>        | 13 | 2,91  | 6,17  | 7,56  | 5,55  | <i>Hirtella glandulosa</i>      | 4  | 2,34  | 6,25  | 4,65  | 4,41  | <i>Hyptidendron sp.</i>          | 6  | 4,55  | 2,82  | 4,69  | 4,02  |
| <i>Xylopia sericea</i>           | 15  | 3,80  | 2,63  | 4,73  | 3,72  | <i>Astronium fraxinifolium</i>   | 7  | 4,88  | 7,41  | 4,07  | 5,45  | <i>Cecropia pachystachya</i>    | 3  | 1,77  | 6,25  | 3,49  | 3,84  | <i>Siparuna guianensis</i>       | 8  | 1,37  | 4,23  | 6,25  | 3,95  |
| <i>Miconia albicans</i>          | 13  | 0,64  | 5,26  | 4,10  | 3,33  | <i>Copaifera langsdorffii</i>    | 6  | 4,72  | 6,17  | 3,49  | 4,79  | <i>Styrax ferrugineus</i>       | 3  | 2,68  | 4,17  | 3,49  | 3,44  | <i>Virola sebifera</i>           | 6  | 4,11  | 2,82  | 4,69  | 3,87  |
| <i>Matayba guianensis</i>        | 13  | 2,31  | 2,63  | 4,10  | 3,01  | <i>Virola sebifera</i>           | 9  | 4,20  | 4,94  | 5,23  | 4,79  | <i>Virola sebifera</i>          | 3  | 2,66  | 4,17  | 3,49  | 3,44  | <i>Palicourea rigida</i>         | 5  | 1,27  | 5,63  | 3,91  | 3,60  |
| <i>Piptocarpha rotundifolia</i>  | 9   | 2,85  | 2,63  | 2,84  | 2,78  | <i>Siparuna guianensis</i>       | 10 | 2,25  | 4,94  | 5,81  | 4,33  | <i>Siparuna guianensis</i>      | 2  | 1,44  | 4,17  | 2,33  | 2,64  | <i>Annona cacans</i>             | 2  | 5,49  | 2,82  | 1,56  | 3,29  |
| ESTRATO MÉDIO                    | NI  | DoR   | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO MÉDIO                    | NI | DoR   | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO MÉDIO                   | NI | DoR   | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO MÉDIO                    | NI | DoR   | FR    | DR    | IVI   |
| <i>Cardiopetalum calophyllum</i> | 21  | 26,32 | 18,37 | 24,14 | 22,94 | <i>Siparuna guianensis</i>       | 10 | 28,83 | 18,18 | 27,03 | 24,68 | <i>Miconia albicans</i>         | 4  | 26,67 | 26,67 | 25,00 | 26,11 | <i>Siparuna guianensis</i>       | 2  | 26,90 | 22,22 | 22,22 | 23,78 |
| <i>Miconia albicans</i>          | 13  | 16,19 | 8,16  | 14,94 | 13,10 | <i>Hirtella glandulosa</i>       | 7  | 17,77 | 13,64 | 18,92 | 16,77 | <i>Tapirira guianensis</i>      | 3  | 20,00 | 20,00 | 18,75 | 19,58 | <i>Virola sebifera</i>           | 1  | 20,19 | 11,11 | 11,11 | 14,14 |
| <i>Virola sebifera</i>           | 7   | 7,36  | 10,20 | 8,05  | 8,54  | <i>Amaioua intermedia</i>        | 4  | 13,54 | 9,09  | 10,81 | 11,15 | <i>Tocoyena formosa</i>         | 2  | 13,33 | 13,33 | 12,50 | 13,06 | <i>Sp2</i>                       | 1  | 16,16 | 11,11 | 11,11 | 12,80 |
| <i>Siparuna guianensis</i>       | 7   | 6,77  | 8,16  | 8,05  | 7,66  | <i>Ormosia arborea</i>           | 3  | 13,99 | 9,09  | 8,11  | 10,40 | <i>Siparuna guianensis</i>      | 2  | 6,67  | 6,67  | 12,50 | 8,61  | <i>Ocimum sp.</i>                | 1  | 9,45  | 11,11 | 11,11 | 10,56 |
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i>  | 4   | 6,10  | 8,16  | 4,60  | 6,29  | <i>Tapirira guianensis</i>       | 3  | 4,40  | 9,09  | 8,11  | 7,20  | <i>Coussarea hydrangeifolia</i> | 1  | 6,67  | 6,67  | 6,25  | 6,53  | <i>Tapirira guianensis</i>       | 1  | 8,05  | 11,11 | 11,11 | 10,09 |
| <i>Matayba guianensis</i>        | 5   | 5,48  | 4,08  | 5,75  | 5,10  | <i>Coussarea hydrangeifolia</i>  | 2  | 5,45  | 9,09  | 5,41  | 6,65  | <i>Erythroxylum suberosum</i>   | 1  | 6,67  | 6,67  | 6,25  | 6,53  | <i>Xylopia aromatica</i>         | 1  | 8,05  | 11,11 | 11,11 | 10,09 |
| <i>Xylopia aromatica</i>         | 5   | 4,16  | 4,08  | 5,75  | 4,66  | <i>Alibertia sessilis</i>        | 2  | 2,66  | 4,55  | 5,41  | 4,20  | <i>Eugenia calycina</i>         | 1  | 6,67  | 6,67  | 6,25  | 6,53  | <i>Matayba guianensis</i>        | 1  | 5,59  | 11,11 | 11,11 | 9,27  |
| <i>Tapirira guianensis</i>       | 4   | 5,02  | 4,08  | 4,60  | 4,57  | <i>Plathymenia reticulata</i>    | 1  | 3,90  | 4,55  | 2,70  | 3,72  | <i>Styrax ferrugineus</i>       | 1  | 6,67  | 6,67  | 6,25  | 6,53  | <i>Palicourea rigida</i>         | 1  | 5,59  | 11,11 | 11,11 | 9,27  |
| <i>Styrax ferrugineus</i>        | 3   | 3,74  | 6,12  | 3,45  | 4,44  | <i>Cariniana estrellensis</i>    | 1  | 3,08  | 4,55  | 2,70  | 3,44  | <i>Virola sebifera</i>          | 1  | 6,67  | 6,67  | 6,25  | 6,53  |                                  |    |       |       |       |       |
| <i>Xylopia sericea</i>           | 2   | 2,76  | 4,08  | 2,30  | 3,05  | <i>Copaifera langsdorffii</i>    | 1  | 1,73  | 4,55  | 2,70  | 2,99  |                                 |    |       |       |       |       |                                  |    |       |       |       |       |
| ESTRATO INFERIOR                 | NI  | CR    | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO INFERIOR                 | NI | CR    | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO INFERIOR                | NI | CR    | FR    | DR    | IVI   | ESTRATO INFERIOR                 | NI | CR    | FR    | DR    | IVI   |
| <i>Paspalum sp.</i>              | 50  | 10,89 | 3,28  | 29,76 | 14,64 | <i>Siparuna guianensis</i>       | 32 | 10,75 | 12,50 | 15,69 | 12,98 | <i>Poaceae 1</i>                | 40 | 24,29 | 9,09  | 40,82 | 24,73 | <i>Paspalum sp.</i>              | 20 | 19,89 | 17,86 | 13,07 | 16,94 |
| <i>Cardiopetalum calophyllum</i> | 19  | 14,85 | 16,39 | 11,31 | 14,18 | <i>Amaioua intermedia</i>        | 23 | 10,75 | 12,50 | 11,27 | 11,51 | <i>Brachiaria decumbens</i>     | 21 | 24,29 | 9,09  | 21,43 | 18,27 | <i>Paspalidium geminatum</i>     | 15 | 13,92 | 12,50 | 9,80  | 12,07 |
| <i>Miconia albicans</i>          | 20  | 7,92  | 13,11 | 11,90 | 10,98 | <i>Terminalia brasiliensis</i>   | 39 | 4,30  | 5,00  | 19,12 | 9,47  | <i>Miconia albicans</i>         | 10 | 8,57  | 13,64 | 10,20 | 10,80 | <i>Aristida sp.</i>              | 10 | 9,94  | 8,93  | 6,54  | 8,47  |
| <i>Virola sebifera</i>           | 7   | 8,91  | 6,56  | 4,17  | 6,54  | <i>Eugenia calycina</i>          | 11 | 8,60  | 10,00 | 5,39  | 8,00  | <i>Eugenia calycina</i>         | 5  | 8,57  | 13,64 | 5,10  | 9,10  | <i>Ocimum sp.</i>                | 9  | 8,95  | 8,04  | 5,88  | 7,62  |
| <i>Siparuna guianensis</i>       | 5   | 10,40 | 4,92  | 2,98  | 6,10  | <i>Chusquea sp</i>               | 1  | 16,13 | 2,50  | 0,49  | 6,37  | <i>Siparuna guianensis</i>      | 8  | 5,71  | 9,09  | 8,16  | 7,66  | <i>Hyptidendron sp.</i>          | 12 | 7,24  | 7,14  | 7,84  | 7,41  |
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i>  | 7   | 3,96  | 6,56  | 4,17  | 4,89  | <i>Coussarea hydrangeifolia</i>  | 13 | 4,30  | 5,00  | 6,37  | 5,22  | <i>Roupala montana</i>          | 3  | 5,71  | 9,09  | 3,06  | 5,96  | <i>Cardiopetalum calophyllum</i> | 14 | 4,12  | 6,25  | 9,15  | 6,51  |
| <i>Ichnanthus inconstans</i>     | 6   | 7,43  | 1,64  | 3,57  | 4,21  | <i>Virola sebifera</i>           | 19 | 2,15  | 2,50  | 9,31  | 4,65  | <i>Dalbergia nigra</i>          | 2  | 2,86  | 4,55  | 2,04  | 3,15  | <i>Coussarea hydrangeifolia</i>  | 10 | 5,54  | 6,25  | 6,54  | 6,11  |
| <i>Acroceras chaseae</i>         | 15  | 0,99  | 1,64  | 8,93  | 3,85  | <i>Alibertia sessilis</i>        | 7  | 4,30  | 5,00  | 3,43  | 4,24  | <i>Eugenia dysenterica</i>      | 2  | 2,86  | 4,55  | 2,04  | 3,15  | <i>Poaceae 2</i>                 | 20 | 0,28  | 0,89  | 13,07 | 4,75  |
| <i>Tapirira guianensis</i>       | 4   | 3,96  | 4,92  | 2,38  | 3,75  | <i>Unonopsis lindmanii</i>       | 7  | 4,30  | 5,00  | 3,43  | 4,24  | <i>Virola sebifera</i>          | 2  | 2,86  | 4,55  | 2,04  | 3,15  | <i>Eugenia calycina</i>          | 4  | 3,98  | 3,57  | 2,61  | 3,39  |
| <i>Eugenia dysenterica</i>       | 5   | 2,97  | 3,28  | 2,98  | 3,08  | <i>Cardiopetalum calophyllum</i> | 3  | 4,30  | 5,00  | 1,47  | 3,59  | <i>Casearia sylvestris</i>      | 1  | 2,86  | 4,55  | 1,02  | 2,81  | <i>Miconia albicans</i>          | 3  | 2,98  | 2,68  | 1,96  | 2,54  |

ANEXO III– Regeneração natural das espécies arbóreas e arbustivas da área de estudo (DR – Densidade Relativa; FR – Frequência Relativa; Regeneração Natural na Classe - RNC e Regeneração Natural Total da População Amostrada - RNT).

| CERRADÃO   | Estrato Médio |       |       | Estrato Inferior |       |       | RNT   |
|--|---------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
|  | FR            | DR    | RNC   | FR               | DR    | RNC   |       |
| Espécie  |               |       |       |                  |       |       |       |
| <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltdl.            | 18,37         | 24,14 | 21,25 | 17,5             | 19,59 | 18,57 | 19,91 |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana                 | 8,16          | 14,94 | 11,55 | 14               | 20,62 | 17,33 | 14,44 |
| <i>Virola sebifera</i> Aubl.                         | 10,20         | 8,05  | 9,13  | 7,02             | 7,22  | 7,12  | 8,12  |
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.   | 8,16          | 4,60  | 6,38  | 7,02             | 7,22  | 7,12  | 6,75  |
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.                     | 8,16          | 8,05  | 8,10  | 5,26             | 5,15  | 5,21  | 6,66  |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.                     | 4,08          | 4,60  | 4,34  | 5,26             | 4,12  | 4,69  | 4,52  |
| <i>Matayba guianensis</i> Aubl.                      | 4,08          | 5,75  | 4,91  | 1,75             | 4,12  | 2,94  | 3,93  |
| <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.                | 4,08          | 5,75  | 4,91  | 3,51             | 2,06  | 2,79  | 3,85  |
| <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.               | 6,12          | 3,45  | 4,79  | 3,51             | 2,06  | 2,79  | 3,79  |
| <i>Zanthoxylum riedelianum</i> Engl.                 | 4,08          | 2,30  | 3,19  | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 2,29  |
| <i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.               | -             | -     | -     | 3,51             | 5,15  | 4,33  | 2,17  |
| <i>Piptocarpha rotundifolia</i> (Less.) Baker        | 2,04          | 2,30  | 2,17  | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 1,78  |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth              | -             | -     | -     | 3,51             | 3,09  | 3,30  | 1,65  |
| <i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.                    | 4,08          | 2,30  | 3,19  | -                | -     | -     | 1,60  |
| <i>Casearia grandiflora</i> Cambess.                 | 2,04          | 1,15  | 1,60  | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 1,49  |
| <i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.               | -             | -     | -     | 3,51             | 2,06  | 2,79  | 1,39  |
| <i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.                  | 2,04          | 2,30  | 2,17  | -                | -     | -     | 1,08  |
| <i>Eugenia calycina</i> Cambess.                     | 2,04          | 2,30  | 2,17  | -                | -     | -     | 1,08  |
| <i>Palicourea rigida</i> Kunth                       | 2,04          | 2,30  | 2,17  | -                | -     | -     | 1,08  |
| <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.                    | -             | -     | -     | 1,75             | 2,06  | 1,91  | 0,95  |
| <i>Garcinia gardneriana</i> (Planch. & Triana) Zappi | -             | -     | -     | 1,75             | 2,06  | 1,91  | 0,95  |
| <i>Machaerium acutifolium</i> Vogel                  | -             | -     | -     | 1,75             | 2,06  | 1,91  | 0,95  |
| <i>Maclura</i> Nutt.                                 | 2,04          | 1,15  | 1,60  | -                | -     | -     | 0,80  |
| <i>Myrsine guianensis</i> (Aubl.) Kuntze             | 2,04          | 1,15  | 1,60  | -                | -     | -     | 0,80  |
| <i>Qualea parviflora</i> Mart.                       | 2,04          | 1,15  | 1,60  | -                | -     | -     | 0,80  |
| <i>Stryphnodendron polyphyllum</i> Mart.             | 2,04          | 1,15  | 1,60  | -                | -     | -     | 0,80  |
| <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.  | 2,04          | 1,15  | 1,60  | -                | -     | -     | 0,80  |
| <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.          | -             | -     | -     | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 0,70  |
| <i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul                  | -             | -     | -     | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 0,70  |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.                  | -             | -     | -     | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 0,70  |
| <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.             | -             | -     | -     | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 0,70  |
| <i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne          | -             | -     | -     | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 0,70  |
| <i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.                  | 1,75          | 1,03  | 1,39  | -                | -     | -     | 0,70  |
| <i>Solanum incarceratum</i> Ruiz & Pav.              | -             | -     | -     | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 0,70  |
| <i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.                 | -             | -     | -     | 1,75             | 1,03  | 1,39  | 0,70  |

| MATA | Estrato Médio |  | Estrato Inferior | RNT |
|------|---------------|--|------------------|-----|
|------|---------------|--|------------------|-----|

| Espécie  | FR    | DR    | RNC   | FR    | DR    | RNC   |       |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.                       | 18,18 | 27,03 | 22,60 | 12,50 | 15,69 | 14,09 | 18,35 |
| <i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f. | 9,09  | 10,81 | 9,95  | 12,50 | 11,27 | 11,89 | 10,92 |
| <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.                     | 13,64 | 18,92 | 16,28 | 2,50  | 5,88  | 4,19  | 10,23 |
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.     | 9,09  | 5,41  | 7,25  | 5,00  | 6,37  | 5,69  | 6,47  |
| <i>Terminalia brasiliensis</i> (Cambess.) Eichler      | -     | -     | -     | 5,00  | 19,12 | 12,06 | 6,03  |
| <i>Virola sebifera</i> Aubl.                           | 4,55  | 2,70  | 3,62  | 2,50  | 9,31  | 5,91  | 4,77  |
| <i>Alibertia sessilis</i> (Vell.) K.Schum.             | 4,55  | 5,41  | 4,98  | 5,00  | 3,43  | 4,22  | 4,60  |
| <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms                   | 9,09  | 8,11  | 8,60  | -     | -     | -     | 4,30  |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.                       | 9,09  | 8,11  | 8,60  | -     | -     | -     | 4,30  |
| <i>Eugenia calycina</i> Cambess.                       | -     | -     | -     | 10,00 | 5,39  | 7,70  | 3,85  |
| <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.                    | 4,55  | 2,70  | 3,62  | 5,00  | 1,47  | 3,24  | 3,43  |
| <i>Cariniana estrellensis</i> (Raddi) Kuntze           | 4,55  | 2,70  | 3,62  | 2,50  | 0,98  | 1,74  | 2,68  |
| <i>Myrcia rostrata</i> DC.                             | 4,55  | 2,70  | 3,62  | 2,50  | 0,98  | 1,74  | 2,68  |
| <i>Plathymenia reticulata</i> Benth.                   | 4,55  | 2,70  | 3,62  | 2,50  | 0,49  | 1,50  | 2,56  |
| <i>Unonopsis lindmanii</i> R.E.Fr.                     | -     | -     | -     | 5,00  | 3,43  | 4,22  | 2,11  |
| <i>Psychotria</i> L.                                   | 2,50  | 5,39  | 3,95  | -     | -     | -     | 1,97  |
| <i>Apuleia leiocarpa</i> (Vogel) J.F.Macbr.            | 4,55  | 2,70  | 3,62  | -     | -     | -     | 1,81  |
| <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltdl.              | -     | -     | -     | 5,00  | 1,47  | 3,24  | 1,62  |
| <i>Miconia sellowiana</i> Naudin                       | -     | -     | -     | 2,50  | 2,94  | 2,72  | 1,36  |
| <i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.                      | 2,50  | 1,47  | 1,99  | -     | -     | -     | 0,99  |
| <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott                  | -     | -     | -     | 2,50  | 0,98  | 1,74  | 0,87  |
| <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth                    | -     | -     | -     | 2,50  | 0,98  | 1,74  | 0,87  |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw.                         | -     | -     | -     | 2,50  | 0,98  | 1,74  | 0,87  |
| <i>Xylopia emarginata</i> Mart.                        | 2,50  | 0,98  | 1,74  | -     | -     | -     | 0,87  |
| <i>Aspidosperma tomentosum</i> Mart. & Zucc.           | -     | -     | -     | 2,50  | 0,49  | 1,50  | 0,75  |
| <i>Chusquea</i> Kunth                                  | -     | -     | -     | 2,50  | 0,49  | 1,50  | 0,75  |

| VOÇOROCA MATA                                       | Estrato Médio |       |       | Estrato Inferior |       |       | RNT   |
|---|---------------|-------|-------|------------------|-------|-------|-------|
| Espécie   | FR            | DR    | RNC   | FR               | DR    | RNC   |       |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana                | 26,67         | 25,00 | 25,83 | 16,67            | 27,03 | 21,85 | 23,84 |
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.                    | 6,67          | 12,50 | 9,58  | 11,11            | 21,62 | 16,37 | 12,97 |
| <i>Eugenia calycina</i> Cambess.                    | 6,67          | 6,25  | 6,46  | 16,67            | 13,51 | 15,09 | 10,77 |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.                    | 20,00         | 18,75 | 19,38 | -                | -     | -     | 9,69  |
| <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum. | 13,33         | 12,50 | 12,92 | -                | -     | -     | 6,46  |
| <i>Virola sebifera</i> Aubl.                        | 6,67          | 6,25  | 6,46  | 5,56             | 5,41  | 5,48  | 5,97  |
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.  | 6,67          | 6,25  | 6,46  | 5,56             | 2,70  | 4,13  | 5,29  |
| <i>Roupala montana</i> Aubl.                        | -             | -     | -     | 11,11            | 8,11  | 9,61  | 4,80  |
| <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.            | 6,67          | 6,25  | 6,46  | -                | -     | -     | 3,23  |
| <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.              | 6,67          | 6,25  | 6,46  | -                | -     | -     | 3,23  |
| <i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.    | -             | -     | -     | 5,56             | 5,41  | 5,48  | 2,74  |
| <i>Eugenia dysenterica</i> (Mart.) DC.              | -             | -     | -     | 5,56             | 5,41  | 5,48  | 2,74  |
| <i>Casearia sylvestris</i> Sw.                      | -             | -     | -     | 5,56             | 2,70  | 4,13  | 2,06  |

| <b>VOÇOROCA MATA</b>                     | <b>Estrato Médio</b> |           |            | <b>Estrato Inferior</b> |           |            | <b>RNT</b> |
|--|----------------------|-----------|------------|-------------------------|-----------|------------|------------|
| <b>Espécie</b>                           | <b>FR</b>            | <b>DR</b> | <b>RNC</b> | <b>FR</b>               | <b>DR</b> | <b>RNC</b> |            |
| <i>Diospyros hispida</i> A.DC.           | -                    | -         | -          | 5,56                    | 2,70      | 4,13       | 2,06       |
| <i>Guapira noxia</i> (Netto) Lundell     | -                    | -         | -          | 5,56                    | 2,70      | 4,13       | 2,06       |
| <i>Ouratea spectabilis</i> (Mart.) Engl. | -                    | -         | -          | 5,56                    | 2,70      | 4,13       | 2,06       |

| <b>VOÇOROCA CERRADÃO</b>                           | <b>Estrato Médio</b> |           |            | <b>Estrato Inferior</b> |           |            | <b>RNT</b> |
|--|----------------------|-----------|------------|-------------------------|-----------|------------|------------|
| <b>Espécie</b>                                     | <b>FR</b>            | <b>DR</b> | <b>RNC</b> | <b>FR</b>               | <b>DR</b> | <b>RNC</b> |            |
| <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.                   | 22,22                | 22,22     | 22,22      | 3,33                    | 6,25      | 4,79       | 13,51      |
| <i>Ocimum</i> L.                                   | 11,11                | 11,11     | 11,11      | 15,00                   | 11,25     | 13,13      | 12,12      |
| <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schlttdl.         | -                    | -         | -          | 11,67                   | 17,50     | 14,58      | 7,29       |
| <i>Hyptidendron</i> Harley                         | -                    | -         | -          | 13,33                   | 15,00     | 14,17      | 7,08       |
| <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.                   | 11,11                | 11,11     | 11,11      | 3,33                    | 2,50      | 2,92       | 7,01       |
| <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.              | 11,11                | 11,11     | 11,11      | 1,67                    | 3,75      | 2,71       | 6,91       |
| <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg. | -                    | -         | -          | 11,67                   | 12,50     | 12,08      | 6,04       |
| <i>Matayba guianensis</i> Aubl.                    | 11,11                | 11,11     | 11,11      | -                       | -         | -          | 5,56       |
| <i>Palicourea rigida</i> Kunth                     | 11,11                | 11,11     | 11,11      | -                       | -         | -          | 5,56       |
| <i>Sp2</i>   | 11,11                | 11,11     | 11,11      | -                       | -         | -          | 5,56       |
| <i>Virola sebifera</i> Aubl.                       | 11,11                | 11,11     | 11,11      | -                       | -         | -          | 5,56       |
| <i>Eugenia calycina</i> Cambess.                   | -                    | -         | -          | 6,67                    | 5,00      | 5,83       | 2,92       |
| <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana               | -                    | -         | -          | 5,00                    | 3,75      | 4,38       | 2,19       |
| <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.             | -                    | -         | -          | 5,00                    | 3,75      | 4,38       | 2,19       |
| <i>Vernonia</i> Schreb.                            | -                    | -         | -          | 5,00                    | 3,75      | 4,38       | 2,19       |
| <i>Lantana</i> L.                                  | -                    | -         | -          | 3,33                    | 2,50      | 2,92       | 1,46       |
| <i>Miconia Ruiz &amp; Pav.</i>                     | -                    | -         | -          | 3,33                    | 2,50      | 2,92       | 1,46       |
| <i>Pavonia</i> Cav.                                | -                    | -         | -          | 1,67                    | 2,50      | 2,08       | 1,04       |
| <i>Andira vermifuga</i> (Mart.) Benth.             | -                    | -         | -          | 1,67                    | 1,25      | 1,46       | 0,73       |
| <i>Dimorphandra mollis</i> Benth.                  | -                    | -         | -          | 1,67                    | 1,25      | 1,46       | 0,73       |
| <i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.               | -                    | -         | -          | 1,67                    | 1,25      | 1,46       | 0,73       |
| <i>Solanum</i> L.                                  | -                    | -         | -          | 1,67                    | 1,25      | 1,46       | 0,73       |
| <i>Vernonia polyanthes</i> (Spreng.) Less.         | -                    | -         | -          | 1,67                    | 1,25      | 1,46       | 0,73       |
| <i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.                  | -                    | -         | -          | 1,67                    | 1,25      | 1,46       | 0,73       |

### CAPITULO III

## RELAÇÃO SOLO VEGETAÇÃO EM ÁREA DEGRADADA POR VOÇOROCA NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO

### RESUMO

As espécies apresentam exigências diferenciadas entre si, onde a distribuição e abundância são variáveis ao longo de gradientes ambientais de determinada área. O objetivo principal desse trabalho foi verificar a influência dos fatores edáficos na distribuição e na ocorrência das espécies de uma área degradada com processo de voçorocamento e seus fragmentos nativos do entorno na região do Triângulo Mineiro. Foram amostrados três ambientes (voçoroca, mata de galeria e cerradão) utilizando 39 parcelas de 10 x 10 m. Para os estudos fitossociológicos foram amostrados todos os indivíduos com circunferência  $\geq 10$  cm medidos à 30 cm do solo para determinação do estrato superior. Para levantamento dos estratos médio e inferior, dentro da parcela maior foram instaladas subparcelas de 5 x 5 m onde foram amostrados indivíduos com circunferência  $\geq 5$  e  $< 10$  cm e subparcelas de 2 x 2 m para amostragem dos indivíduos com circunferência  $< 5$  cm. Para fins de estudo da relação solo - vegetação, em cada parcela foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo com profundidade de 0 a 20 cm e para verificação das variações pedológicas das áreas foram abertos perfis. A partir do pressuposto de que existem variações na distribuição das espécies acompanhando o gradiente pedológico, com o apoio do programa R, realizou-se a Análise de Redundância (RDA). O intuito foi averiguar quais características física e/ou químicas do solo influenciaram na diversidade e distribuição das espécies nativas. A análise exploratória dos dados permitiu concluir que, de maneira geral, a distribuição das espécies do estrato superior, inferior e amostragem conjunta sofre maior influência pelos atributos de alumínio, manganês, zinco, potássio, soma de bases, pH em água, silte e densidade. Já para o estrato médio observou-se que as espécies da voçoroca não apresentaram importantes correlações com as principais variáveis ambientais utilizadas na RDA.

Palavras-chave: Erosão, regeneração natural, Cerrado, levantamento fitossociológico, análise multivariada.

## 1. INTRODUÇÃO

O bioma Cerrado é conhecido pela sua diversidade fitofisionômica onde diversas variáveis podem ser consideradas determinantes na distribuição das espécies vegetais. Variações pedológicas como cor, textura, fertilidade, profundidade do solo, presença de lençol freático próximo à superfície resultam não apenas em diferenças fisionômicas, mas também florísticas e fitossociológicas (DURINGAN, 2008).

Além de ser apontado como um fator determinante para a diversidade de fitofisionomias que caracterizam o Cerrado, os solos desse bioma oferecem naturalmente restrições químicas ao crescimento de plantas. Em caso de ambientes com processo de erosão acentuado (desprovidos de seus horizontes superficiais), os solos do Cerrado tornam-se ainda mais limitantes ao processo de regeneração natural. Tais limitações dos substratos erodidos incluem a falta de estrutura, a compactação, deficiência nutricionais, baixas taxas de infiltração, baixos teores de matéria orgânica e alta temperatura do solo (CORRÊA, 2009).

A revegetação é a medida mais eficiente para o controle de erosão e a presença de vegetação sobre Latossolos no Cerrado é suficiente para reduzir em até 90% as perdas de solo (CORRÊA, 2009). A revegetação do solo tem o poder de agregar e proteger a superfície do substrato à erosão causada por água e vento, adiciona componentes orgânicos ao solo, que dá início à transferência de nutrientes à solução do solo, melhorando sua qualidade e possibilitando o estabelecimento de demais plantas (RUGGIERO et al., 2002).

O conhecimento do potencial de regeneração de uma área e dos fatores condicionantes é essencial para o sucesso de projetos de conservação, manejo, restauração e recuperação de áreas degradadas. As plantas apresentam exigências diferenciadas entre si, onde a distribuição e abundância são variáveis ao longo de gradientes ambientais de determinado local (RIBEIRO e WALTER, 2008). Fatores ambientais como clima, características do solo, temperatura, geomorfologia, topografia, latitude, frequência de queimadas, profundidade de lençol freático, disponibilidade de água, luz e nutrientes, fauna local e fatores antrópicos afetam o crescimento e desenvolvimento das espécies em regeneração de um ambiente (MARTINS, 2010; HOSOKAWA et al., 1998).

A revegetação pode ocorrer naturalmente nos ambientes e quando uma determinada floresta sofre um distúrbio, como um desmatamento ou um incêndio, a sucessão secundária se

encarrega de promover a colonização da área aberta e conduzir a vegetação por meio de uma série de estádios sucessionais, caracterizados por grupos de plantas que vão se substituindo, ao longo do tempo, modificando as condições ecológicas locais, até chegar a uma comunidade bem estruturada e ecologicamente mais estável (MARTINS, 2001). Seguindo essa lógica, a regeneração natural é uma das alternativas de recuperação de áreas mais promissoras do ponto de vista ecológico e econômico, mesmo que a adaptação e o desenvolvimento das espécies vegetais dependam das condições físicas, químicas, biológicas e hídricas do solo (ALVARENGA et al., 2006; ALVES et al, 2012).

Na recuperação de áreas degradadas isso é pouco abordado, tendo em vista que boa parte dos trabalhos leva a técnicas de revegetação que priorizam a alteração do solo/substrato com o uso de insumos, e plantas exóticas (ALMEIDA, 2016). Entretanto, é mais interessante selecionar espécies nativas tendo em vista sua capacidade de se desenvolver naturalmente em condições edáficas extremas, separando as espécies mais aptas a determinado ambiente edáfico degradado. Apesar de escassos, os estudos realizados indicam que o tipo de solo pode ser utilizado como indicativo da composição florística a ser implantada em projetos de recuperação de áreas degradadas em uma mesma região climática. (RODRIGUES, 1996)

Nesse sentido, a relação solo-vegetação é fundamental para o estabelecimento de técnicas e seleção de espécies para revegetar ambientes degradados. Sem conhecer o solo/substrato e as plantas capazes de se desenvolverem em condições edáficas pouco favoráveis as chances de sucesso na recomposição da vegetação de uma área é muito baixa. Tendo-se esse conhecimento é possível selecionar espécies nativas com grande potencial de desenvolvimento em locais degradados, ou seja, criar um banco de espécies vegetais aptas a se desenvolverem num determinado tipo de solo/substrato degradado sem a adição de insumos ou irrigação.

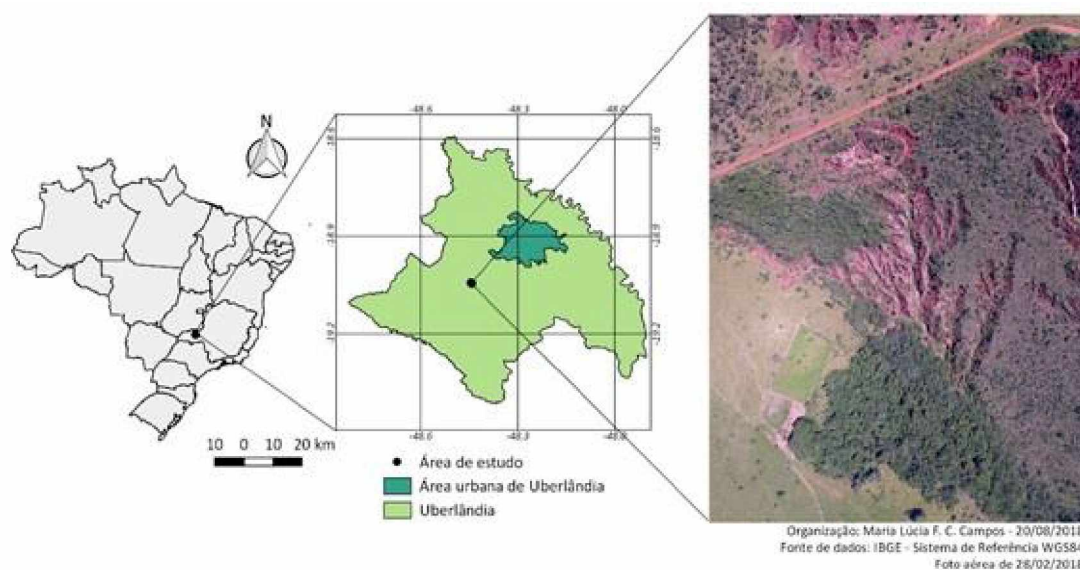
Assim, a partir do pressuposto de que existem variações na distribuição das espécies acompanhando o gradiente pedológico, objetivou-se verificar a influência dos fatores edáficos na distribuição e na ocorrência das espécies colonizadoras de uma voçoroca na região do Triângulo Mineiro.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

A área do presente estudo localiza-se na zona rural do município de Uberlândia e é caracterizada pelas formações vegetacionais do Bioma Cerrado. Trata-se de uma área degradada por voçorocamento, subdividida, em voçoroca mata ( $19^{\circ} 2'41.95''\text{S}$  e  $48^{\circ}26'34.99''\text{O}$ ) e voçoroca cerradão ( $19^{\circ} 2'38.05''\text{S}$  e  $48^{\circ}26'42.43''\text{O}$ ) com fragmentos nativos regenerados de cerradão ( $19^{\circ}2'36.10''\text{S}$  e  $48^{\circ}26'42.64''\text{O}$ ) e mata de galeria ( $19^{\circ}2'44.13''\text{S}$  e  $48^{\circ}26'36.34''\text{O}$ ) em seu entorno. Nesses fragmentos, os solos presentes em condições naturais foram: Latossolo Vermelho Distrófico argissólico e Cambissolo Háplico Tb Distrófico latossólico, respectivamente.

**Figura 3** – Localização da área de estudo.



Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é caracterizado como Tropical de Savana (Aw) com duas estações bem definidas: inverno seco e verão chuvoso com duração aproximada de seis meses cada. O clima apresenta forte influência das massas de ar que atuam sobre a região, sendo elas a Massa Equatorial Continental, a Tropical Atlântica e a Massa de Ar Polar (ALVES et. al., 2002). A temperatura média anual é de  $22^{\circ}\text{C}$ , variando entre médias de  $24^{\circ}\text{C}$  nos meses de outubro a março (meses mais quentes) e  $18^{\circ}\text{C}$  nos meses de junho e julho (meses mais frios) (EMBRAPA, 1982). Em relação à precipitação, há uma variação entre 1300 a 1700 mm/ano (SILVA, 2010).

## 2.2. Amostragem do solo e da vegetação

A área de estudo foi estratificada considerando a voçoroca e os ambientes do entorno, a saber: mata de galeria e cerradão. A voçoroca também foi subdividida em voçoroca mata e voçoroca cerradão, de forma a considerar a influência dos fragmentos nativos do entorno na colonização das espécies na voçoroca, a diferença da fitofisionomia das áreas bem como a morfologia da voçoroca. Ao todo foram lançadas 39 parcelas de 100 m<sup>2</sup> (10 x 10 m e 5 x 20 m nas áreas do fundo da voçoroca onde não foi possível lançar parcelas nas dimensões anteriormente citada) seguindo a distribuição: 10 parcelas em cada ambiente cerradão e mata, 14 parcelas para a voçoroca na parte de influência do cerradão (6 na área de fundo, 4 na vertente esquerda e 4 na vertente direita) e 7 parcelas no ambiente voçoroca na parte de influência da mata de galeria (3 na vertente esquerda e 4 na vertente direita).

Para cada parcela coletou-se o solo a uma profundidade de 0 a 20 cm três amostras simples para formarem uma amostra composta, a fim de caracterizar física (textura) e quimicamente (pH, bases trocáveis, micronutrientes, CTC, P, C-org.) o solo de cada parcela. Amostras indeformadas foram coletadas por meio do método do anel volumétrico para determinação da densidade do solo de 2 a 7 cm de profundidade. Todas as análises seguiram os procedimentos do Manual de Análises de solos da Embrapa (2017). Para verificação das variações pedológicas das áreas selecionadas, foram abertos perfis, seguindo os procedimentos do Manual de Descrição e Coleta de Solos no Campo (SANTOS et al., 2015) com a caracterização morfológica e coleta de solos para análises químicas e físicas. Para os ambientes de mata e cerradão, os solos foram classificados conforme o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018).

Para a amostragem fitossociológica foi considerado o estrato da vegetação. Para determinação do estrato superior, nas parcelas amostradas foram levantados todos os indivíduos com circunferência (CAS)  $\geq 10$  cm medidos à 30 cm. Para levantamento dos estratos médio e inferior, dentro da parcela maior foram instaladas subparcelas de 25 m<sup>2</sup> (5 x 5 m), onde foram amostrados indivíduos com CAS  $\geq 5$  e  $< 10$  cm, e subparcelas de 4 m<sup>2</sup> (2 x 2 m) para amostragem dos indivíduos com CAS  $< 5$  cm, respectivamente. Para o estrato inferior foi utilizado a escala de valor de cobertura e abundância de Braun-Blanquet (1979) com contagem de indivíduos.

### 2.3. Análise multivariada de gradientes ambientais

Para a realização de análises das correlações entre as variações ambientais e distribuição das espécies registradas no levantamento estrutural, foram feitas Análises de Redundância (RDA) usando o pacote *vegan* do programa R (R Development Core Team 2015). A RDA é um método que combina regressão linear múltipla e análise de componentes principais (PCA) para a análise conjunta de matrizes de variáveis bióticas e abióticas (BORCARD et al., 2018).

A primeira matriz elencou os dados ambientais obtidos das análises físico-química do solo. Nesse caso, foi aplicado o coeficiente de correlação de Pearson, já que é um teste que mede a relação estatística entre duas variáveis contínuas. Os parâmetros selecionados através do coeficiente de correlação de Pearson ( $r > 0,6$ ) foram: pH em água, Densidade, Soma de Bases, Matéria Orgânica, Saturação por Bases, Silte, Fósforo Remanescente, Argila e teores de Fósforo, Alumínio, Cobre, Potássio, Ferro, Manganês e Zinco. Já a segunda matriz foi formada com as espécies que ocorreram em ao menos em 5 parcelas em cada estrato.

Ressalta-se que incluir todas as estruturas espaciais possíveis pode mascarar informações relevantes nas análises da RDA. Portanto, realizou-se, através do procedimento chamado de *forward selection*, a pré-seleção das variáveis. Esse procedimento permite identificar as variáveis que não tem contribuição significativa no resultado e que devem, portanto, serem excluídas da análise.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Aspectos ecológicos

Foram amostrados 1475 indivíduos das formas de vida arbórea, arbustiva e herbácea distribuídos em 118 espécies e 42 famílias botânicas (Tabela 1). O cerradão e a voçoroca cerradão foram as áreas mais ricas, com 65 e 58 espécies, respectivamente. A mata (com 34 espécies) e voçoroca mata (com 36 espécies) apresentaram baixa riqueza de espécies. Para a análise da relação solo-vegetação foi selecionado um total de 22 espécies nativas, considerando as que apareceram em ao menos 5 parcelas por estrato (Tabela 2).

Tabela 1 – Valores de densidade (número total de indivíduos por área amostrada), riqueza (S), número de famílias.

| Ambiente / Estrato                  | Densidade  |           |            | S         |           |           | Famílias  |           |           |
|-------------------------------------|------------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                     | I          | II        | III        | I         | II        | III       | I         | II        | III       |
| Cerradão                            | 317        | 87        | 168        | 46        | 21        | 29        | 28        | 18        | 18        |
| Mata                                | 172        | 37        | 204        | 28        | 13        | 23        | 15        | 8         | 14        |
| Voçoroca Mata                       | 86         | 16        | 98         | 27        | 9         | 14        | 21        | 8         | 12        |
| Voçoroca Cerradão                   | 128        | 9         | 153        | 39        | 8         | 30        | 22        | 7         | 15        |
| <b>Voçoroca total<br/>(VM + VC)</b> | <b>214</b> | <b>25</b> | <b>251</b> | <b>51</b> | <b>14</b> | <b>40</b> | <b>29</b> | <b>11</b> | <b>21</b> |

I – Estrato superior; II – Estrato médio; III – Estrato inferior

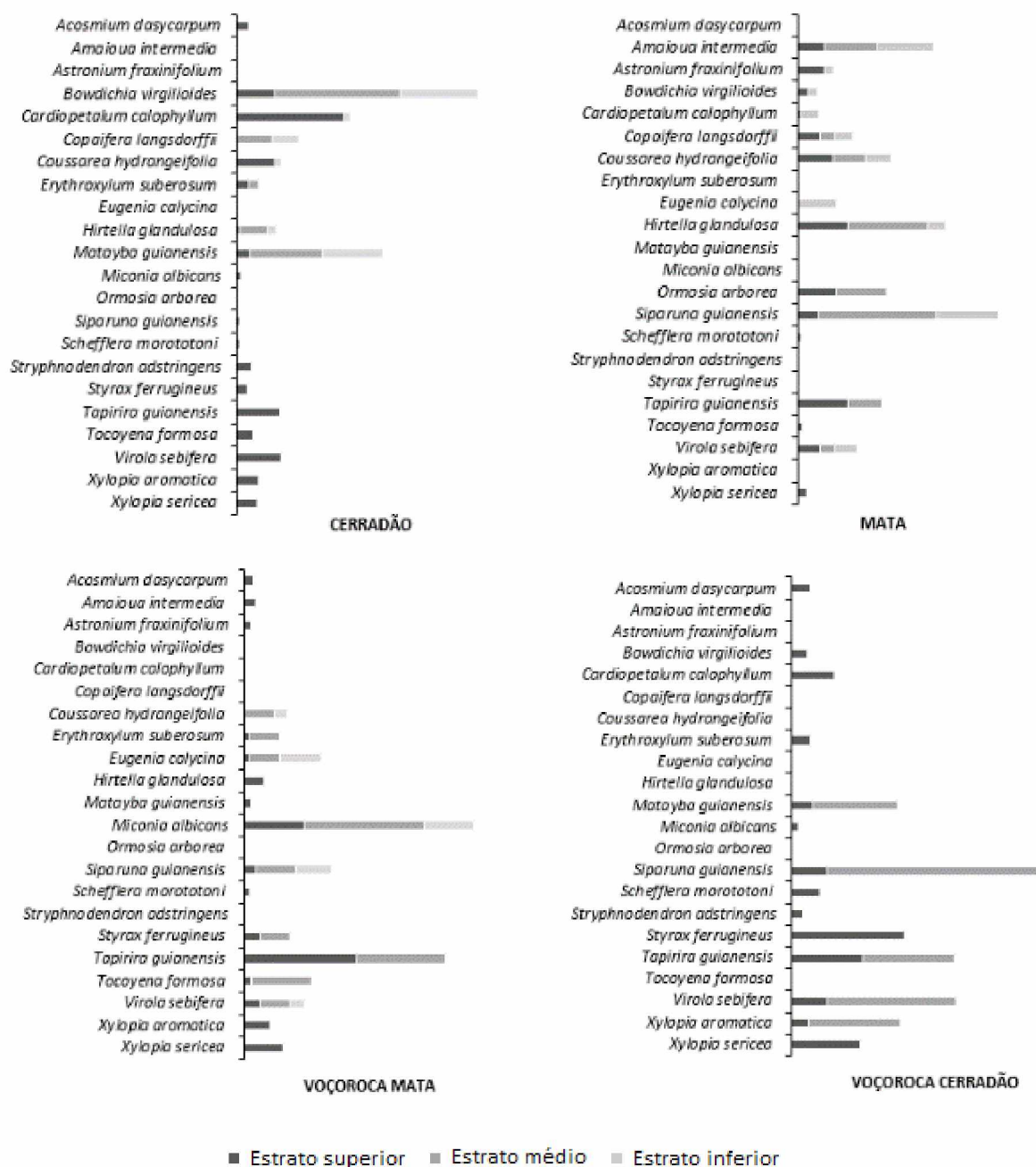
Tabela 2 - Lista das espécies utilizadas nas análises da relação solo-vegetação com local de ocorrência, suas respectivas famílias e códigos.

| CÓDIGO   | ESPÉCIE  | FAMÍLIA          | LOCAIS DE OCORRÊNCIA |                |
|----------|--|------------------|----------------------|----------------|
|          |  |                  | ESTRATO              | AMBIENTE       |
| Acosdasy | <i>Acosmium dasycarpum</i> (Vogel) Yakovlev            | Fabaceae         | S                    | C/VM/VCV       |
| Amaiinte | <i>Amaioua intermedia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f. | Rutaceae         | S/M/I                | M/VM           |
| Astrfrax | <i>Astronium fraxinifolium</i> Schott                  | Anacardiaceae    | S/I                  | M/VM           |
| Bowdvirg | <i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth                    | Fabaceae         | S/I                  | C/M/VCV        |
| Cardcalo | <i>Cardiopetalum calophyllum</i> Schltdl.              | Annonaceae       | S/M/I                | C/M/VCF/VCV    |
| Copalang | <i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.                    | Fabaceae         | S/M/I                | C/M            |
| Coushydr | <i>Coussarea hydrangeifolia</i> (Benth.) Müll.Arg.     | Rutaceae         | S/M/I                | C/M/VM/VCF/VCV |
| Erytsube | <i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.               | Erythroxylaceae  | S/M/I                | C/VM/VCF/VCV   |
| Eugecaly | <i>Eugenia calycina</i> Cambess.                       | Myrtaceae        | S/M/I                | C/M/VM/VCF/VCV |
| Hirtglan | <i>Hirtella glandulosa</i> Spreng.                     | Chrysobalanaceae | S/M/I                | C/M/VM         |
| Mataguia | <i>Matayba guianensis</i> Aubl.                        | Sapindaceae      | S/M/I                | C/VM/VCF/VCV   |
| Micoalbi | <i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana                   | Melastomataceae  | S/M/I                | C/VM/VCF/VCV   |
| Ormoarbo | <i>Ormosia arborea</i> (Vell.) Harms                   | Fabaceae         | S/M                  | M              |
| Schemoro | <i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire et al.    | Araliaceae       | S                    | VCV            |
| Sipaguia | <i>Siparuna guianensis</i> Aubl.                       | Siparunaceae     | S/M/I                | C/M/VM/VCF/VCV |
| Stryadst | <i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville     | Fabaceae         | S                    | C/VCV          |
| Styrferr | <i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.                 | Styracaceae      | S/M/I                | C/VM/VCF/VCV   |
| Tapiguia | <i>Tapirira guianensis</i> Aubl.                       | Anacardiaceae    | S/M/I                | C/M/VM/VCF/VCV |
| Tocoform | <i>Tocoyena formosa</i> (Cham. & Schltdl.) K.Schum.    | Rutaceae         | S/M                  | C/M/VM         |
| Virosebi | <i>Virola sebifera</i> Aubl.                           | Myristicaceae    | S/M/I                | C/M/VM/VCF/VCV |
| Xyloarom | <i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.                  | Annonaceae       | S/M/I                | C/M/VM/VCF     |
| Xyloseri | <i>Xylopia sericea</i> A.St.-Hil.                      | Annonaceae       | S/M/I                | C/M/VCF/VCV    |

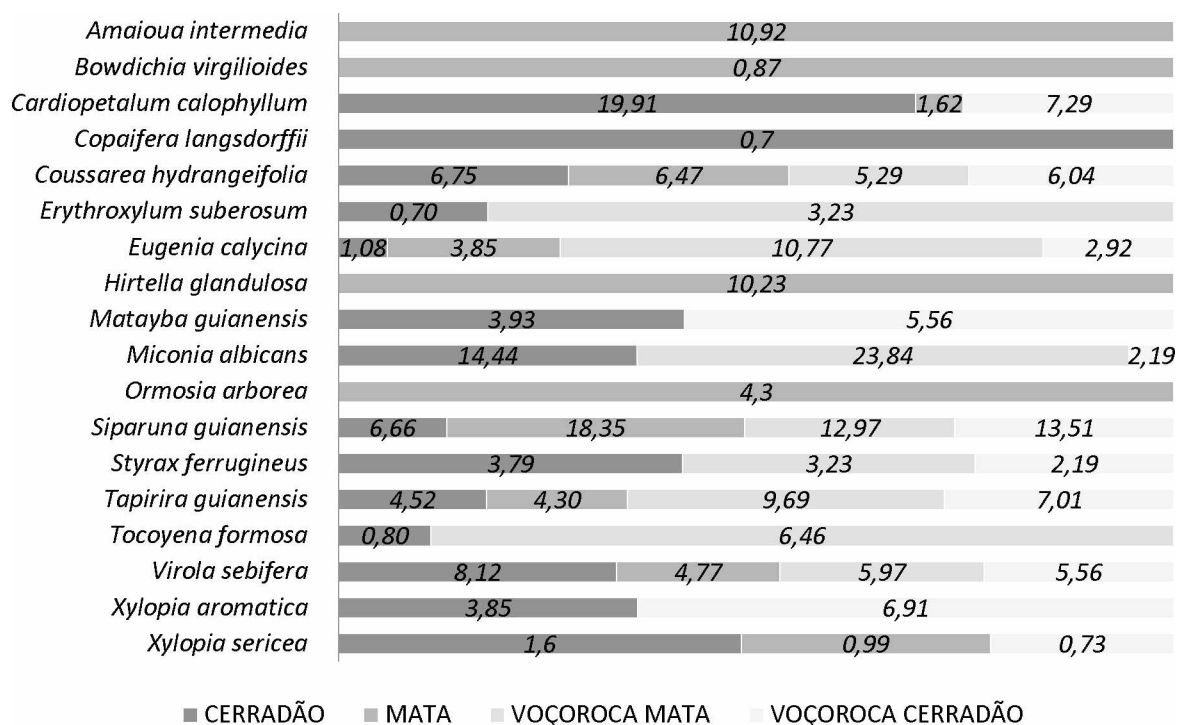
Sendo: S – Superior, M – Médio, I – Inferior, C – Cerradão; M – Mata, VM – Voçoroca Mata; VCF – Voçoroca Cerradão / Fundo; VCV – Voçoroca Cerradão Vertente.

Os dados fitossociológicos das espécies selecionadas são apresentados por estratos a seguir (Figura 1, Figura 2).

**Figura 1** - Valores de importância das espécies utilizadas selecionadas para as análises por estrato



**Figura 2** - Valores de regeneração natural das espécies arbóreas e arbustivas selecionadas para as análises por ambiente.



Pelo critério de seleção, das 22 espécies, quatro delas não apareceram nos estratos de regeneração natural (médio e inferior), a saber: *Acosmium dasycarpum*, *Astronium fraxinifolium*, *Schefflera morototoni* e *Stryphnodendron adstringens*. Já as que apareceram em todos os ambientes e com maiores valores de importância foram *Siparuna guianensis*, *Tapirira guianensis* e *Viola sebifera*. A espécie *Ormosia arborea*, foi a única que apareceu exclusivamente no ambiente de mata.

A espécie *Cardiopetalum calophyllum* foi bastante expressiva no cerrado, ausente na voçoroca cerrado e com relativa expressividade na voçoroca mata. A espécie *Matayba guianensis* teve destaque no cerrado e voçoroca cerrado, mas pouco expressiva nas demais áreas.

Quanto aos valores de regeneração natural, de maneira geral foi na voçoroca mata e no cerrado que as espécies apresentaram maiores valores. A espécie *Miconia albicans* (23,84) destaque para o primeiro ambiente e a *Siparuna guianensis* teve expressividade nos quatro ambientes, com 6,66 no cerrado, 18,35 na mata, 12,97 na voçoroca mata e 13,51 na voçoroca cerrado.

### 3.2. Análise multivariada de gradientes ambientais

A análise prévia para seleção das variáveis edáficas utilizadas (PCA), indicou pH em água, Densidade, Soma de Bases, Matéria Orgânica, Saturação por Bases, Silte, Fósforo Remanescente, Argila e teores de Fósforo, Alumínio, Cobre, Potássio, Ferro, Manganês e Zinco como as variáveis principais na formação do gradiente. Não foram utilizadas as variáveis Matéria Orgânica, Fósforo Remanescente, Argila e Cobre, tendo em vista que na checagem de colinearidade, os valores foram os mais altos ( $> 8$ ) e poderiam enviesar os resultados.

Em sequência, a RDA foi realizada para detectar quais variáveis melhor explicam a distribuição das espécies selecionadas na área de estudo. Ressalta-se que a análise da RDA foi rodada para todos os estratos individualmente e em conjunto.

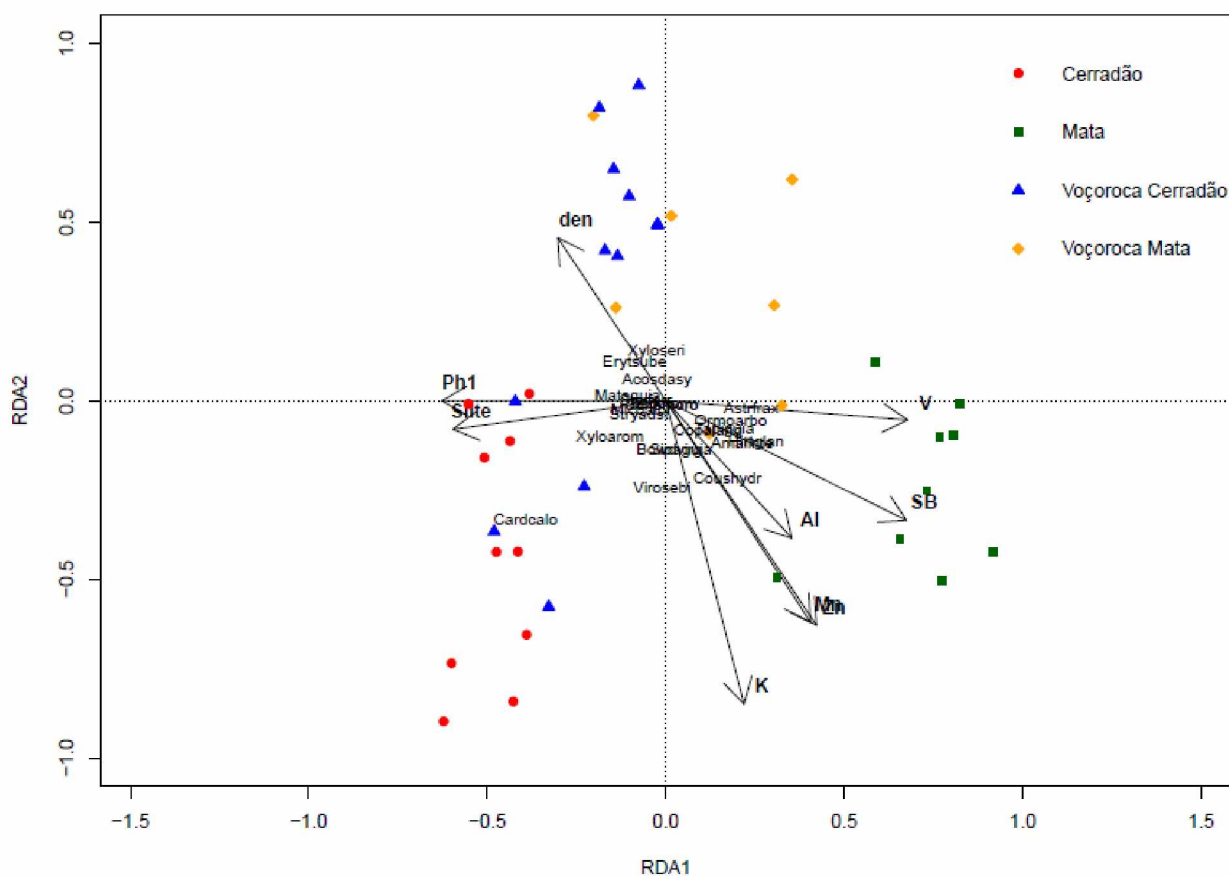
Para o estrato superior foram utilizadas 21 espécies. O procedimento de seleção *forward* da RDA não identificou contribuição significativa das variáveis Fósforo e Ferro, o que proporcionou essas exclusões para a RDA desse estrato.

A RDA mostrou que as variáveis do solo explicam a distribuição das espécies em 8,61 % (12,52% não ajustado,  $F = 1,4946$  e  $P = 0,001$ ). O resultado da RDA (Figura 3) mostra que os dois primeiros eixos canônicos explicam juntos 16,50% da variância total dos dados de resposta, sendo o primeiro eixo sozinho explicando 9,62%. Contudo, com o  $R^2$  ajustado, as proporções em relação a variância do valor explicado mostram que o primeiro eixo sozinho explica 2,73 % e os dois primeiros eixos juntos 4,70 %.

O primeiro eixo é positivamente relacionado com as variáveis alumínio, soma de bases, saturação, manganês, ferro e zinco, correlacionado negativamente com densidade, pH em água e silte. Já o segundo eixo é positivamente relacionado apenas com a densidade e negativamente relacionada com as demais.

Nesse estrato a variável com maior coeficiente de estrutura no eixo 1 foi saturação (0,68), seguido de soma de bases (0,67) e no eixo 2 foi o teor de potássio (0,85). Essas variáveis evidenciaram um gradiente espacial no diagrama mostrando que na parte superior está o ambiente voçoroca mata. Na parte inferior estão os fragmentos de entorno, cerradão e mata, sendo o primeiro no quadrante esquerdo e o segundo no quadrante direito. As parcelas da voçoroca cerradão apresentaram-se mais dispersas na lateral esquerda do diagrama (Figura 3).

**Figura 3** - Análise de Redundância (RDA) realizadas entre as espécies no estrato superior e as variáveis do solo.



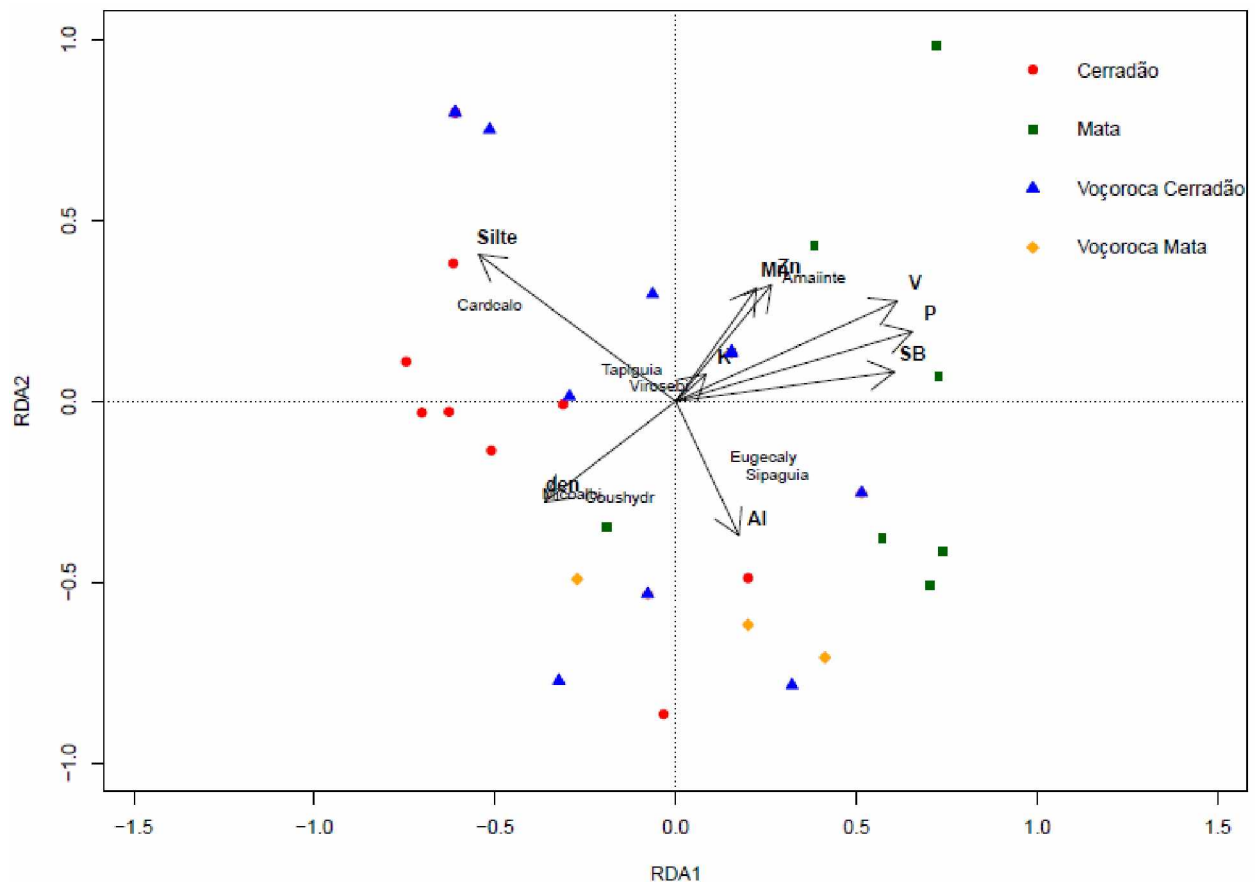
A espécie *Cardiopetalum calophyllum* está mais associada com as áreas do cerradão e voçoroca cerradão e mostrou-se negativamente correlacionado aos dois eixos da RDA. A espécie *Coussarea hydrangeifolia* mostrou-se positivamente relacionada ao eixo 1 e negativamente relacionada ao eixo 2, possuindo maior associação com a mata e com os teores de alumínio, manganês e zinco para a primeira e soma de bases para as demais. Na voçoroca mata observou-se as espécies *Astronium fraxinifolium*, *Acosmium dasycarpum* e *Xylopia sericea* associadas à valores mais elevados de densidade e a espécie *Erythroxylum suberosum* relacionada à valores mais elevados de saturação por bases.

Para a realização da RDA no estrato médio foram utilizadas 6 espécies. A RDA (Figura 4) deste estrato não apresentou correlação significativa ( $F = 1,2594$  e  $P = 0,123$ ) com  $R^2$  de 6,99 %. Nesse caso, a distribuição das espécies foi meramente acaso. Ressalta-se que nesse estrato, um total de 13 parcelas não apresentaram indivíduos para análise.

A RDA mostrou que as variáveis do solo explicam a distribuição das espécies em 11,42 % (16,75 % não ajustado,  $F = 1,6948$  e  $P = 0,002$ ). O resultado da RDA mostra que os dois primeiros eixos canônicos explicam juntos 22,00% da variância total dos dados de resposta, sendo o primeiro eixo sozinho explicando 13,74%. Contudo, com o  $R^2$  ajustado, as proporções em relação a variância do valor explicado mostram que o primeiro eixo sozinho explica 4,84 % e os dois primeiros eixos juntos 7,75%.

92

**Figura 5** - Análise de Redundância (RDA) realizadas entre as espécies no estrato inferior e as variáveis do solo.



A espécie *Cardiopetalum calophyllum* está mais associada com as áreas do cerradão e voçoroca cerradão, ao teor de silte e mostrou-se negativamente correlacionado com o eixo 1 e positivamente com o eixo 2. Também correlacionado ao teor de silte, encontrou-se as *Tapirira guianensis* e *Virola sebifera*. As espécies *Miconia albicans* e *Coussarea hydrangeifolia* correlacionaram-se à densidade, sendo negativamente relacionadas aos dois primeiros eixos da RDA. A espécie *Amaioua intermedia* correlacionou-se ao micronutrientes zinco e manganês e ao ambiente de mata. E por fim, as espécies *Eugenia calycina* e *Siparuna guianensis* correlacionaram-se ao alumínio.

Para a análise da amostragem conjunta dos estratos, foram selecionadas 22 espécies. A RDA mostrou significância da correlação solo e vegetação, sendo que as variáveis do solo explicam a distribuição das espécies em 6,30 % (11,25 % não ajustado,  $F = 1,4380$  e  $P = 0,002$ ).

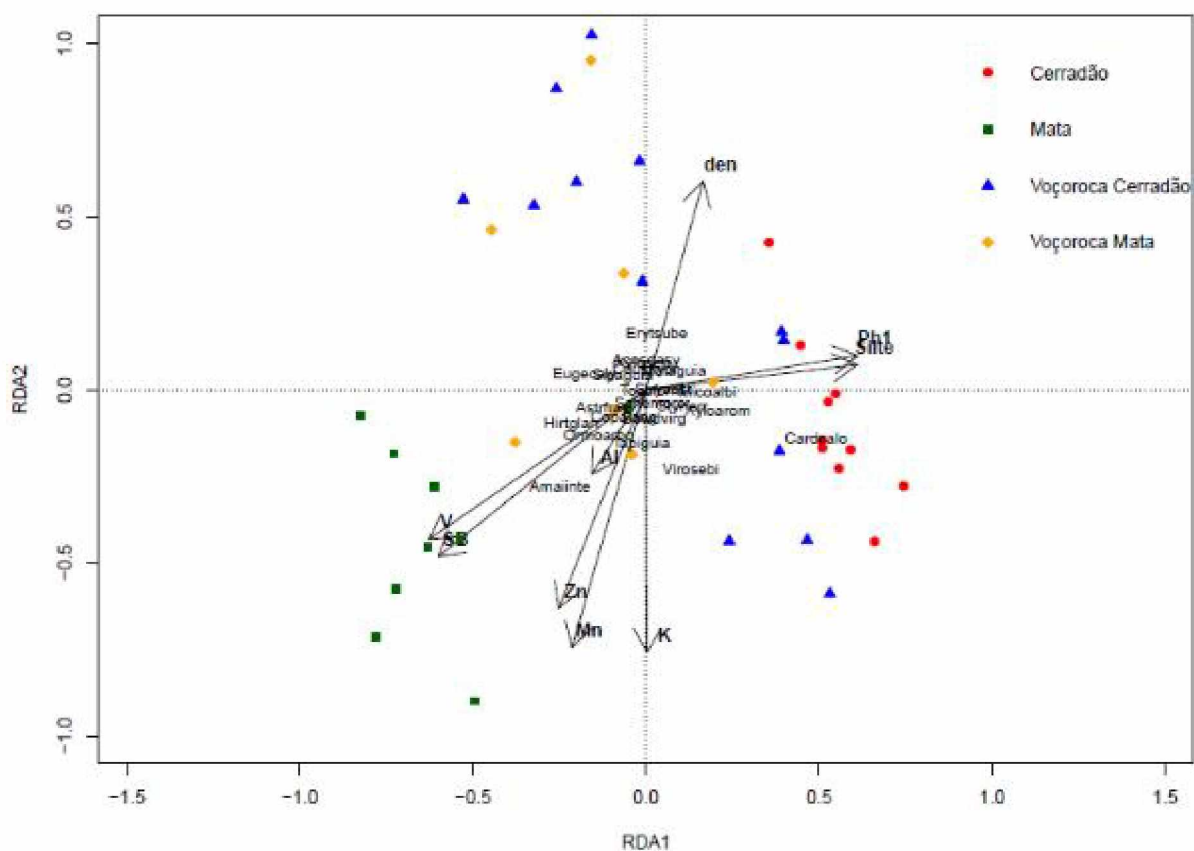
Os autovalores para os dois primeiros eixos explicaram 2,36 % e 1,19 % da variação dos dados ( $R^2$  ajustado). O procedimento de seleção *forward* da RDA não identificou contribuição significativa das variáveis fósforo e ferro, sendo excluídas da análise.

As variáveis com os maiores coeficientes de correlação para o eixo 1 foram saturação (-0,62), silte (0,61), e pH em água (-0,61) e para o segundo eixo foram potássio (-0,76), e manganês (-0,74).

Pelo diagrama (Figura 6) é possível verificar as que parcelas do ambiente mata se concentraram no quadrante inferior à esquerda e que as parcelas dos demais ambientes se distribuíram de forma dispersa, principalmente as parcelas da voçoroca cerradão.

As espécies *Cardiopetalum calophyllum* e *Amaioua intermedia* apresentaram maiores coeficientes de correlação com o eixo 1 (-0,49 e -0,25 respectivamente), sendo a primeira mais relacionada com as parcelas dos ambientes de cerradão e voçoroca cerradão e a segunda com a voçoroca mata. Para o eixo 2, as maiores correlações foram as espécies *Amaioua intermedia* (-0,28) e *Virola sebifera*. (-0,23), sendo essa distribuída entre voçoroca mata e voçoroca cerradão. Aquela correlacionada com os as variáveis de soma de base e alumínio e essa com potássio. Ademais, apenas 4 espécies apresentaram correlações maiores que 0,15 com os eixos da RDA, a saber: *Xylopia aromática* (0,21 para o eixo 1), *Hirtella glandulosa* (-0,021 para eixo 1), *Miconia albicans* (0,18 para eixo 1), *Eugenia calycina* (-0,018 para eixo 1), *Erythroxylum suberosum* (0,16 para eixo 2) e *Tapirira guianensis* (-0,16 para o eixo 2). Essa situação é visualizada no diagrama com a acumulação das espécies na área central bem como é o que justifica a baixa explicação da variabilidade dos dados (Figura 6).

**Figura 6 -** Análise de Redundância (RDA) realizadas entre as espécies de toda a amostragem e as variáveis do solo.



Verificou-se através da análise das variáveis do solo, que a distribuição das espécies no estrato superior, inferior e na amostragem conjunta dos estratos teve baixa correlação e, no estrato médio a distribuição foi meramente ao acaso. Tal situação pode ser justificada ao levar em consideração que se trata de uma situação aberta com  $n$  interações naturais possíveis. Fatores além das características do solo, tais como fauna local, microclima, umidade, radiação solar, direção do vento, dispersão e propagação das espécies, fatores antrópicos podem complementar as informações apresentadas.

#### 4. CONCLUSÃO

No estrato médio as espécies nativas não apresentaram importantes correlações com as principais variáveis ambientais utilizadas na RDA, sendo sua distribuição meramente ao acaso. Nos demais estratos e na amostragem conjunta, a análise da distribuição apresentou significância na correlação com variáveis do solo, com explicação dos dados em 8,61 %, 11,42 e 6,30 %.

A distribuição das espécies é mais influenciada pelos teores de alumínio, manganês, zinco, densidade, potássio, silte, soma de bases, pH em água. As espécies que tiveram maiores correlações com as variáveis pedológicas foram *Cardiopetalum calophyllum*, *Coussarea hydrangeifolia*, *Astronium fraxinifolium*, *Acosmium dasycarpum*, *Xylopia sericea* e *Erythroxylum suberosum* para o estrato superior. No estrato inferior, as 8 espécies selecionadas para análise (*Cardiopetalum calophyllum*, *Tapirira guianensis*, *Virola sebifera*, *Miconia albicans*, *Coussarea hydrangeifolia*, *Amaioua intermedia*, *Eugenia calycina* e *Siparuna guianensis*) apresentaram altas correlações com as variáveis do solo analisadas. Já para a análise conjunta dos estratos, das 22 espécies analisadas, cabe destacar 9 com maiores correlações com o gradiente pedológico, a saber: *Cardiopetalum calophyllum*, *Amaioua intermedia*, *Virola sebifera*, *Xylopia aromática*, *Hirtella glandulosa*, *Miconia albicans*, *Eugenia calycina*, *Erythroxylum suberosum* e *Tapirira guianensis*. Cabe destacar que tais espécies são mais prováveis para colonizar ambientes em condições edáficas similares, sendo inclusive tolerantes aos altos níveis de alumínio no solo.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, DS. Modelos de recuperação ambiental. *In: Recuperação ambiental da Mata Atlântica*. 3rd ed. rev. and enl. Ilhéus: Editus, 2016. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788574554402>
- ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A.; PEREIRA, I. M. **Avaliação da regeneração natural na recomposição de mata ciliares em nascentes na região sul de Minas Gerais**. Lavras: Cerne, v. 12, n. 4, p. 360-372, 2006.
- ALVES, R. R.; ALVES, R. R.; RODRIGUES, S. C. **Impactos ambientais e processos erosivos em microbacia hidrográfica no município de Uberlândia**. *In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, IV.*, 2002. *Anais...* São Luís: UFMA, v.1. 2002.
- ALVES, M. C.R; NASCIMENTO, V.; SOUZA, Z. M. **Recuperação em área de empréstimo usada para construção de usina hidrelétrica**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.16, n.8, p.887–893, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000800011>
- BOCARD, D; GILLET, F.; LEGENDRE P. **Numerical Ecology with R**. Springer. New York. 2018. 306p.
- BRAUN-BLANQUET, J. **Fitosociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: H. Blume, 1979.
- CORREIA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado - Manual para revegetação**. 2. ed. Brasília: Universa, 2009. 174 p.
- DURINGAN, G. **Bases e diretrizes para a restauração da vegetação de cerrado**. *In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (org.) Restauração ecológica de ecossistemas naturais*. Botucatu-SP. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. 2008. p. 186-204.
- EMBRAPA **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Embrapa Solos. 2018. 356p.
- EMBRAPA **Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: Bol. de Pesquisa, 1982. 526p.
- HOSOKAWA, R. T.; MOURA, J. B.; CUNHA, U. S. **Introdução ao manejo e economia de florestas**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1998. 162 p.
- MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: ações em Áreas de Preservação Permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2010. 270 p.

MARTINS, S. V. **Recuperação de matas ciliares**. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2001

R CORE TEAM. **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 30 out. 2019.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (ed.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados. 2008. v.1, p. 151-199.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Recomposição de florestas nativas: princípios gerais e subsídios para uma definição metodológica. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, [s.l.], v. 2, p. 4-15. 1996. DOI: <https://doi.org/10.14295/rbho.v2i1.114>.

RUGGIERO, P. G. C. et al. **Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil**. Netherlands: Plant Ecology, n. 160, p. 1-16, 2002.

SILVA, A. H. de. **Medidas físicas e biológicas com potencial para uso em recuperação de voçoroca no município de Uberlândia – MG**. Dissertação (Mestrado). Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia 2010. 136 p.

## II - CONCLUSÕES GERAIS

Os solos presentes na área de estudo são distróficos, ácidos e possuem alto grau de intemperismo. Especificamente na área da voçoroca, o principal problema para a qualidade dos solos foi associado aos baixos teores de matéria orgânica, especialmente onde a erosão é mais ativa, impedindo a formação de horizonte A e dificultando o restabelecimento da vegetação. Avaliando uma voçoroca e seus fragmentos nativos do entorno, pôde-se comprovar que o cerradão exerce maior influência na voçoroca do que a mata, já que as espécies compartilhadas entre esses ambientes se apresentaram em maior número. Em contrapartida, outras áreas contribuem para a colonização da mesma, já que a voçoroca apresentou um número alto de espécies que não apareceram nesses fragmentos do entorno.

Considerando as espécies nativas que se destacaram em valor de importância ou no índice de regeneração natural, as espécies *Tapirira guianensis*, *Virola sebifera*, *Miconia albicans*, *Poaceae 1*, *Styrax ferrugineus*, *Siparuna guianensis*, *Tocoyena formosa*, *Ocimum sp.*, *Sp2*, *Paspalum sp.*, *Paspalidium geminatum*, *Eugenia calycina*, *Coussarea hydrangeifolia*, *Erythroxylum suberosum*, *Cardiopetalum calophyllum*, *Hyptidendron sp.*, *Xylopia aromática*, *Matayba guianensis*, *Palicourea rígida*, reafirmam o desempenho superior na colonização e estruturação da voçoroca. Tais espécies apresentaram-se mais tolerantes aos baixos teores de matéria orgânica e aos altos níveis de alumínio no solo. Pensando em programas de recuperação de área degradadas, essas espécies são indicadas para áreas sob condições semelhantes.

Quando associadas as variáveis edáficas, as análises da distribuição das espécies do estrato superior, inferior e da amostragem conjunta dos estratos apresentaram significância na correlação, sob maior influência pelos teores de alumínio, manganês, zinco, densidade, potássio, silte, soma de bases, soma de bases, pH em água. O estrato médio não apresentou significância, demonstrando que a ocorrência das espécies foi meramente ao acaso.

As condições de contorno do problema possuem  $n$  interações naturais, sendo os atributos pedológicos parte do diagnóstico. Nesse sentido, sugere-se a realização de estudos complementares a estas análises de forma a avaliar outros fatores naturais como atributos de análise na distribuição das espécies.