

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

ALINE PARREIRA DE SOUZA

**GEOAMBIENTES E RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO NO NORTE DE MINAS
GERAIS**

**UBERLÂNDIA/MG
2021**

ALINE PARREIRA DE SOUZA

**GEOAMBIENTES E RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO NO NORTE DE MINAS
GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia como requisito parcial obrigatório para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Linha de Pesquisa II: Estudos Ambientais e Geotecnologias

Orientador: Prof. Dr. Guilherme Resende Corrêa

Coorientador: Prof. Dr. Daniel Meira Arruda

**UBERLÂNDIA/MG
2021**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S729 Souza, Aline Parreira de, 1985-
2021 GEOAMBIENTES E RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO NO NORTE DE
MINAS GERAIS [recurso eletrônico] / Aline Parreira de
Souza. - 2021.

Orientador: Guilherme Resende Corrêa.
Coorientador: Daniel Meira Arruda.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de
Uberlândia, Pós-graduação em Geografia.
Modo de acesso: Internet.
Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.519>
Inclui bibliografia.
Inclui ilustrações.

1. Geografia. I. Corrêa, Guilherme Resende, 1981-,
(Orient.). II. Arruda, Daniel Meira, 1988-,
(Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia.
Pós-graduação em Geografia. IV. Título.

CDU: 910.1

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
 Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Geografia
 Av. João Naves de Ávila, 2121, Bloco 1H, Sala 1H35 - Bairro Santa Monica, Uberlândia-MG, CEP 38400-902
 Telefone: (34) 3239-4381/3291-6304 - www.ppgeo.ig.ufu.br - posgeo@ufu.br



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	GEOGRAFIA				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico; Número 511, PPGGEO				
Data:	30 de agosto de 2021	Hora de início:	14h:00m	Hora de encerramento:	17h:30m
Matrícula do Discente:	11912GEO001				
Nome do Discente:	ALINE PARREIRA DE SOUZA				
Título do Trabalho:	GEOAMBIENTES E RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO NO NORTE DE MINAS GERAIS				
Área de concentração:	DINÂMICAS TERRITORIAIS E ESTUDOS AMBIENTAIS				
Linha de pesquisa:	ESTUDOS AMBIENTAIS E GEOTECNOLOGIAS				
Projeto de Pesquisa de vinculação:					

Reuniu-se no Anfiteatro [On-line], Campus [Google Meet], da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em GEOGRAFIA, assim composta: Professores Doutores: José João Leis Leal de Souza - UFV/MG; Prímula Viana Campos - UFV/MG; Daniel Meira Arruda - UNIMONTES/MG e Guilherme Resende Corrêa - IG/UFU orientador(a) do(a) candidato(a). Em função da Pandemia COVID-19, todos os membros participaram de forma on-line.

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

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz 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, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

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



Documento assinado eletronicamente por **José João Leal de Souza, Usuário Externo**, em 31/08/2021, às 09:44, 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 **Guilherme Resende Correa, Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/09/2021, às 10:45, 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 **Prímula Viana Campos, Usuário Externo**, em 08/09/2021, às 10:25, 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 08/09/2021, às 11:14, 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, informando o código verificador **2967365** e o código CRC **DBBB460B**.

*A todas as mulheres da minha família.
Em especial às minhas avós, Vovó Bebel e Vovó Linda,
meus exemplos de força e coragem,
“Tentaram nos enterrar, mal sabiam que éramos sementes.”
(autor desconhecido)*

*E a meu pai, Cairo (in memoriam), o meu pedido de desculpas,
pela minha ausência em seus últimos momento. Até breve...*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, inicialmente, ao Programa de Pós-Graduação em Geografia (PPGEO) pela oportunidade, infraestrutura, atendimentos solicitados e todos os outros recursos disponíveis que auxiliaram a realização desta pesquisa. Agradeço também à todos os professores da Graduação e do Programa de Pós-Graduação em Geografia que contribuíram para a minha formação.

Agradeço, em especial, ao meu orientador, professor Guilherme Resende Corrêa, por compartilhar seu conhecimento e pelas orientações ao longo da minha pesquisa, mas principalmente, por “ser tão bonzinho pra mim”.

Aos meus familiares: meus irmãos, Izabela, Fabiana e Cairo Filho, minha sobrinha Sofia, minha mãe Rosana, meu pai Cairo (*in memoriam*), minha madrastra Graça e minhas avós, Linda e Isabel, que foram a minha base, especialmente nos momentos mais difíceis ao longo do mestrado.

Agradeço também às pessoas que contribuíram efetivamente para a realização desta dissertação, Daniel Arruda, Rúbia, Prímula, Márcio Vena, Ana Paula, G. Palucci, Bel, Rafael, pela ajuda nos trabalhos de campo e, também, pela contribuição em determinados pontos da pesquisa. Sem o auxílio de vocês, seja na “equipe solo, equipe vegetação e/ou equipe estatística” essa pesquisa não seria possível.

Aos amigos do LAPEP: Bel, Malu, Maiko, Ana Paula, G. Palucci, Paula, Diogo G. Bernardes, Rafael, Viviane, Flávia. Também agradeço aos meus amigos do PPGEO, Ana Laura, Tati, Tati Regis, João Victor, Matheus, Alison e Vânia por todo acolhimento e descontrações neste período importante.

Aos membros da banca, professor Daniel Arruda, professora Prímula e professor José João Lelis, por terem aceitado o convite para participarem desta banca e poderem contribuir com seus conhecimentos, enriquecendo ainda mais a pesquisa.

Ao povo brasileiro pelo financiamento dos meus estudos. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro que possibilitou a dedicação integral ao PPGEO e, conseqüentemente, à dissertação.

O meu muito obrigado a todos vocês que tanto me ajudaram a passar por esta etapa tão importante da minha vida.

*Cipó Caboclo tá subindo na virola
Chegou a hora do Pinheiro balançar
Sentir o cheiro do mato, da Imburana
Descansar, morrer de sono na sombra da Barriguda
De nada vale tanto esforço do meu canto
Pra nosso espanto tanta mata haja vão matar
Tal Mata Atlântica e a próxima Amazônica
Arvoredos seculares impossível replantar
Que triste sina teve o Cedro, nosso primo
Desde de menino que eu nem gosto de falar
Depois de tanto sofrimento seu destino
Virou tamborete, mesa, cadeira, balcão de bar
Quem por acaso ouviu falar da Sucupira
Parece até mentira que o Jacarandá
Antes de virar poltrona, porta, armário
Mora no dicionário, vida eterna, milenar*

*Quem hoje é vivo corre perigo
E os inimigos do verde dá sombra ao ar
Que se respira e a clorofila
Das matas virgens destruídas vão lembrar
Que quando chegar a hora
É certo que não demora
Não chame Nossa Senhora
Só quem pode nos salvar é*

*Caviúna, Cerejeira, Baraúna
Imbuia, Pau-d'arco, Solva
Juazeiro e Jatobá
Gonçalo-Alves, Paraíba, Itaúba
Louro, Ipê, Paracaúba
Peroba, Massaranduba
Carvalho, Mogno, Canela, Imbuzeiro
Catuaba, Janaúba, Aroeira, Araribá
Pau-Ferro, Angico, Amargoso, Gameleira
Andiroba, Copaíba, Pau-Brasil, Jequitibá*

Quem hoje é vivo corre perigo

(**Matança**, música e letra de autoria de Jatobá (1981), interpretada por Xangai)

RESUMO

O presente estudo identificou, caracterizou e estimou o estoque de carbono de distintas unidades geoambientais que compõem a Serra da Tenda, uma paisagem representativa do contexto ecotonal do norte de Minas Gerais (**Capítulo 1**); bem como avaliou a composição e estrutura de diferentes comunidades vegetais e sua relação com altitude e propriedades físicas e químicas do solo ao longo do mesmo gradiente geoambiental (**Capítulo 2**). Para a estratificação geoambiental foram avaliados os aspectos pedológicos, geomorfológicos e vegetacionais. Foram descritos e coletados seis perfis de solo. Para coleta de amostras compostas de solo (0-20 cm) e amostragem florística das espécies arbustiva-arbóreas foram alocadas dezoito parcelas de 20 x 20 m. As amostras de solo foram submetidas às análises químicas e físicas, e esses parâmetros foram resumidos por meio da Análise de Componentes Principais (PCA). Empregou-se o método de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). Foram calculados similaridade florística, índice de valor de importância (IVI), os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H'), equabilidade de Pielou (J') e de espécies indicadoras (IndVal). Foi empregada a análise de correspondência canônica (CCA). Foram identificados seis geoambientes: (i) Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX); (ii) Lapiá com Cambissolo (LAP); (iii) Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF); (iv) Mata Seca de Grotas sobre Nitossolo (MSGR); (v) Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT); e (vi) Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR). Houve uma separação dos geoambientes pelas características edáficas e a ocorrência de um gradiente de fertilidade. Na Serra da Tenda, a maior parte dos solos são eutróficos, desenvolvidos de rochas calcárias e pelíticas representadas pelo Grupo Bambuí, e o topo é revestido por depósitos detrito-lateríticos do Terciário (TQ), caracterizado por solos distróficos. O geoambiente MSGR apresentou o maior estoque de carbono (EC) no solo. Os geoambientes analisados demonstraram grande importância para a conservação do carbono no solo. Ocorrem afloramentos em maciços rochosos de calcário com encostas íngremes, grotas e lapiás. No LAP encontra-se uma vegetação Rupestre de Lapiá, nas porções mais elevadas o tipo de vegetação é Cerrado (CENT e CENR) e as encostas e baixada são revestidas por Mata Seca (MSBX, MSAF e MSGR). Foram amostrados 877 indivíduos, distribuídos em 111 espécies, pertencentes a 76 gêneros e 30 famílias. Fabaceae apresentou maior representatividade. A similaridade florística ao nível de espécies foi considerada baixa. Entre os geoambientes existem diferenças nos valores de abundâncias relativas. O índice de diversidade de Shannon-Wiener e equabilidade de Pielou permaneceram entre 1,26-2,96 e 0,78-0,87, respectivamente. A análise de espécies indicadoras revelou que 25 espécies (22,5%) foram indicadoras. A análise da CCA separou as espécies em 3 grupos e, de forma geral, indicou que as variáveis físico-químicas do solo e altitude proporcionaram diferenças na composição florística. Dessa forma, a partir da singularidade de cada geoambiente, em termos fitofisionômicos, topográficos e edáficos, nosso estudo evidenciou a elevada heterogeneidade ambiental, em uma pequena escala espacial, da Serra da Tenda.

ABSTRACT

This study identified, characterized and estimated the carbon stock of different geoenvironmental units that make up the Serra da Tenda, a representative landscape of the ecotonal context of northern Minas Gerais (Chapter 1); as well as evaluated the composition and structure of different plant communities and their relationship with altitude and soil physical and chemical properties along the same geoenvironmental gradient (Chapter 2). For the geoenvironmental stratification, the pedological, geomorphological and vegetational aspects were evaluated. Six soil profiles were described and collected. For the collection of composite soil samples (0-20 cm) and floristic sampling of shrub-tree species, eighteen 20 x 20 m plots were allocated. Soil samples were subjected to chemical and physical analysis, and these parameters were summarized by using Principal Component Analysis (PCA). The non-metric multidimensional scaling method (NMDS) was used. The floristic similarity, importance value index (IVI), Shannon-Wiener diversity (H'), Pielou's evenness (J') and indicator species (IndVal) indices were calculated. Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used. Six geoenvironments were identified: (i) Dry Forest of Lowland on Eutrophic Oxisol (MSBX); (ii) Limestone Pavement with Cambisol (LAP); (iii) Dry Forest with Limestone Outcrop on Nitosol (MSAF); (iv) Dry Forest of Grota on Nitosol (MSGR); (v) Slope Cerrado on Cambisol (CENT); and (vi) Cerrado Encarrascado over Latosol in Chapada (CENR). There was a separation of geoenvironments due to edaphic characteristics and the occurrence of a fertility gradient. In Serra da Tenda, most of the soils are eutrophic, developed from limestone and pelitic rocks represented by the Bambuí Group, and the top is covered by debris-laterite (TQ) deposits from the Tertiary, characterized by dystrophic soils. The MSGR geoenvironment had the highest carbon stock (EC) in the soil. The geoenvironments analyzed showed great importance for the conservation of carbon in the soil. There are outcrops in limestone rock massifs with steep slopes, caves and limestone pavements. In the LAP there is a rocky vegetation of Lapiá (Limestone Pavement), in the higher portions the vegetation type is Cerrado (CENT and CENR) and the slopes and lowlands are covered by Dry Forest (MSBX, MSAF and MSGR). A total of 877 individuals were sampled, distributed in 111 species, belonging to 76 genera and 30 families. Fabaceae showed greater representation. The floristic similarity at the species level was considered low. Among the geoenvironments there are differences in the values of relative abundances. The Shannon-Wiener diversity index and Pielou evenness remained between 1.26-2.96 and 0.78-0.87, respectively. The indicator species analysis revealed that 25 species (22.5%) were indicators. The CCA analysis separated the species into 3 groups and, in general, indicated that the physicochemical variables of the soil and altitude provided differences in the floristic composition. Thus, from the uniqueness of each geoenvironment, in phytophysiognomic, topographical and edaphic terms, our study evidenced the high environmental heterogeneity, on a small spatial scale, of Serra da Tenda.

SUMÁRIO

I - INTRODUÇÃO GERAL	12
REFERÊNCIAS	15
II - CAPÍTULO 1 - Relação solo-ambiente no norte de minas gerais	19
RESUMO	20
1. INTRODUÇÃO	22
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1. Caracterização da área	24
2.1.1. Região de estudo - Norte de Minas Gerais	24
2.1.2. Área de estudo - Montes Claros/MG	27
2.2. Coleta, descrição e análises	28
2.2.1. Estratificação das unidades geoambientais.....	28
2.2.2. Solos.....	29
2.2.3. Densidade do solo.....	30
2.2.4. Estoque de Carbono.....	31
2.2.5. Estatística.....	31
2.2.6. Vegetação.....	32
3. RESULTADOS	32
3.1. Geoambientes	32
3.1.1. Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX)	33
3.1.2. Lapiá com Cambissolo (LAP)	34
3.1.3. Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF)	36
3.1.4. Mata Seca de Grotta sobre Nitossolo (MSGR)	37
3.1.5. Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT)	38
3.1.6. Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR)	38
3.2. Análise dos Componentes Principais (PCA)	41
3.3. Estoque de Carbono	43
4. DISCUSSÃO	44
5. CONCLUSÃO	49
REFERÊNCIAS	50
APÊNDICES – Dados Complementares do Capítulo 1	65

III - CAPÍTULO 2 - Solo e altitude moldam a composição de comunidades vegetais ao longo de gradiente geoambiental no norte de minas gerais	86
RESUMO	87
1. INTRODUÇÃO	89
2. MATERIAL E MÉTODOS	91
2.1. Área de estudo.....	91
2.2. Seleção dos diferentes geoambientes	93
2.3. Coleta de dados	94
2.4. Análise de dados.....	95
3. RESULTADOS	96
3.1. Composição e riqueza de espécies.....	96
3.2. Estrutura da comunidade.....	98
3.3. Análise de espécies indicadoras	98
3.4. Caracterização edáfica	99
3.5. Gradiente pedológico.....	101
3.6. Relação solo-altitude-vegetação.....	103
4. DISCUSSÃO	105
5. CONCLUSÃO	109
REFERÊNCIAS	110
APÊNDICES – Dados Complementares do Capítulo 2	121

INTRODUÇÃO GERAL

A região norte de Minas Gerais abrange um amplo espaço territorial, com grande diversidade hidrográfica, de classes de solos, unidades geológicas e geomorfológicas, de formações vegetais e marcante sazonalidade climática (CÂNDIDO *et al.*, 2019; SILVA, 2016; ARRUDA; SCHAEFER; MORAES, 2015). As relações entre esses elementos refletem uma área ambientalmente heterogênea. Considerada uma região ecotonal, por se localizar em uma área de contato entre os domínios do Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica (AB’SÁBER, 2012; IBGE, 2019), apresenta um complexo gradiente vegetacional, sendo uma área prioritária para a conservação da biodiversidade do estado (DRUMMOND *et al.*, 2005).

Entretanto, Chaves, Andrade e Benitez (2011) apontam que nas últimas décadas, o norte de Minas tem se firmado como uma das últimas fronteiras do estado, tanto no que tange ao setor agropecuário, quanto no setor minerário, por meio de campanhas exploratórias de diversas *commodities*. Esse processo de crescimento das atividades antrópicas promove o desmatamento na região (BRANDÃO, 2000) reduzindo sua cobertura vegetal a esparsos remanescentes que estão cada vez mais isolados (SANTOS *et al.*, 2007; ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2009; CHAVES; ANDRADE; BENITEZ, 2011). Ressalta-se também que o relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021), aponta que o semiárido brasileiro, incluindo o norte de Minas Gerais, já tem enfrentado secas mais intensas e temperaturas mais altas que as normais. Isto, juntamente com o avanço do desmatamento na região, tende a agravar a desertificação, o que implica na perda de nutrientes, umidade e micro-organismos do solo, que são fundamentais para a existência das espécies vegetais (TAVARES, DE ARRUDA, DA SILVA, 2021). As evidências apontadas com relação à importância e necessidade de conservação desta região, não são suficientes para a sua preservação, esse fato, ainda é agravado pela carência de pesquisa sobre os ecossistemas que a compõem (DURÃES *et al.*, 2014).

A configuração da paisagem tem um papel importante sobre os processos ecossistêmicos, sua dinâmica não representa apenas o desenvolvimento individual de seus componentes, mas é o produto direto da incessante interação entre os elementos físicos, bióticos e antrópicos, sendo um conjunto em constante evolução (BERTRAND, 2004). Uma paisagem em uma determinada região é um sistema espaço-temporal aberto (CARVALHO JÚNIOR, 2005), portanto, a compreensão dos elementos que a integram, pressupõe a habilidade de relacionar os fenômenos (correlatos e interdependentes) que interagem em alto grau de associatividade, tornando o estudo da paisagem algo complexo (SCHAEFER *et al.* 2000; CARVALHO JÚNIOR, 2005). Portanto, para o estudo da paisagem, há uma demanda

de uma investigação mais atenta, como também, da aplicação de um método que permita uma análise das relações entre os elementos definidores do ambiente (JATOBÁ, 2017).

Nesse contexto, a abordagem sistêmica busca o entendimento integrado do espaço (TRENTIN, 2011), alguns autores fundamentaram a base para compreendê-la sob a ótica sistêmica, destacando os estudos de: Troll – Ecologia da Paisagem (1950) e Geoecologia (1997); Sotchava (1962) – Geossistemas; Bertrand (1968) – Geossistema, Território e Paisagem; Bertalanffy (1976) – Teoria Geral dos Sistemas; Tricart (1977) – Unidades Ecodinâmicas. Esse método permite ao pesquisador concatenar mais intimamente os aspectos da paisagem e, deste modo, fazer da unidade do meio ambiente, mais realista (GREGORY, 1992; TRENTIN, 2011). No entanto, a compartimentação da paisagem em unidades menores e ambientalmente homogêneas é uma importante ferramenta (DINIZ; OLIVEIRA, 2015). As unidades geoambientais, podem ser agrupadas em diferentes escalas, visando hierarquizar e facilitar a compreensão e caracterização das áreas avaliadas, se constituindo como bases fortalecedoras para o planejamento ambiental (CALDERANO FILHO; GUERRA, CALDERANO, 2013; DINIZ; OLIVEIRA, 2015).

É importante destacar que no país, “é comum a descontinuidade acentuada de paisagem, correlacionada, em muitos casos, com a descontinuidade nas classes de solos” (RESENDE *et al.*, 2014, p.151), sendo assim, um elemento-chave na definição dos ambientes. Dessa forma, vários pesquisadores têm utilizado o solo como estratificador da paisagem, a sua interdependência com o clima, água, substrato rochoso, organismos e vegetação, possui grande influência na organização dos ecossistemas (RESENDE *et al.*, 2014). A caracterização edáfica, tem sido utilizada para entender tempos passados (RESENDE; REZENDE, 1983; LADEIRA, 2010), mas também como subsídio para compreender a evolução das paisagens e servir de base para o planejamento do uso e ocupação do território. Além disso, o solo é o maior compartimento de carbono (C) nos ecossistemas terrestres, os estoques de carbono (EC) no solo representam um dos principais indicadores de boas práticas ambientais e desempenha papel fundamental no controle do aumento de emissão de gases do efeito estufa e consequentes mudanças climáticas globais (MACHADO, 2005; OLIVEIRA; REATTO; ROIG, 2015).

Para Ab’Sáber (2012), em um conjunto espacial de certa ordem de grandeza territorial, onde estejam integradas as feições de relevo, tipos de solos, formas de vegetação e condições climático-hidrológicas, formam-se complexos fisiográficos e biogeográficos homogêneos e extensivos, constituindo as áreas *core*. Nas áreas *core* podem ocorrer enclaves distinguidos por sua própria natureza, e, entre as áreas *core* vizinhas, existem os interespaços de transição

e de contato, que podem formar combinações físicoambientais diferenciadas com expressão regional (AB'SÁBER, 2012). Assim, a zona ecotonal no norte de Minas Gerais propicia a adaptação de vegetações características, com fases de transição bastante complexas, fisionomias diversas e expressiva riqueza florística (DRUMMOND *et al.*, 2005).

A riqueza e composição de espécies pode ser resultado da influência de diversos fatores em diferentes escalas (RODRIGUES *et al.*, 2003). Em níveis regionais, a vegetação é caracterizada principalmente pelo clima (LEDRU, 1993; BONGERS *et al.*, 1999). Em escalas locais, variações topográficas, profundidade, disponibilidade de água e composição físico-química do solo, microambientes, entre outros, têm sido apontados como importantes na seleção e no estabelecimento das espécies influenciando não apenas a riqueza, mas também a distribuição (RODRIGUES *et al.* 1989; BOTREL *et al.*, 2002; SCHAEFER *et al.*, 2012). Uma estreita relação entre solo e vegetação é observada, visto que, o solo disponibiliza nutrientes e água às plantas, que pode ser em maior ou menor quantidade, dependendo de suas características físico, químicas e biológicas (SILVA, 1996; MEURER, 2007; SCHAEFER *et al.* 2012). Esse fato é particularmente evidente em áreas de tensão ecológica, mesmo em pequenas distâncias, o solo manifesta variações, sendo seus atributos, importantes fatores pela gênese de padrões de disponibilidade de recursos, o que afeta diretamente a distribuição de fitofisionomias, habitats e sua biodiversidade (RESENDE *et al.*, 2014).

Neste contexto, a Serra da Tenda, no município de Montes Claros foi a área selecionada para a realização deste estudo, visto que, abriga um mosaico de ecossistemas com grande heterogeneidade ambiental e ecológica, sendo representativa do norte de Minas Gerais. Na Serra da Tenda, a maior parte dos solos são eutróficos, desenvolvidos de rochas calcárias e pelíticas representadas pelo Grupo Bambuí, e o topo é revestido por depósitos detrito-lateríticos do Terciário (TQ), caracterizado por solos distróficos. Ocorrem afloramentos em maciços rochosos de calcário com encostas íngremes, grutas e lapiás. No lapiá encontra-se uma vegetação Rupestre de Lapiá, nas porções mais elevadas o tipo de vegetação é Cerrado e as encostas e baixada são revestidas por Mata Seca. O estudo teve como objetivo, caracterizar as unidades geoambientais e seus principais estratificadores, bem como verificar os efeitos do solo e altitude na composição e estrutura de distintas comunidades vegetais, visando contribuir para a ampliação do conhecimento acerca dessa região tão sensível às pressões antrópicas e mudanças climáticas. Para tanto, o trabalho foi dividido em dois capítulos:

Capítulo 1 – Relação solo-ambiente no norte de Minas Gerais;

Capítulo 2 – Solo e altitude moldam a composição de comunidades vegetais ao longo de gradiente geoambiental no norte de minas gerais.

REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012.
- ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MORAES, M. L. B. de. Relações entre atributos do solo e vegetações da região ecotonal do médio rio São Francisco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, p. 1524-1532, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/H5RXwfGqBBhr3Xr9BNLp8jz/?lang=pt>. Acesso em: mai. 2021. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20150241>
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. Tradução de Olga Cruz. **RA'EGA O Espaço Geográfico em Análise**, Editora UFPR, Curitiba, n. 8, p.141-152, 2004. <https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>
- BONGERS, F.; POORTER, L.; VAN ROMPAEY, R. S. A. R.; PARREN, M. P. E. Distribution of twelve moist forest canopy tree species in Liberia and Cote d'Ivoire: response curves to a climatic gradient. **Journal of Vegetation Science**, v. 10, n. 3, p. 371-382, 1999. <https://doi.org/10.2307/3237066>
- BOTREL, R. T.; OLIVEIRA FILHO, A. T.; RODRIGUES, L. A.; CURY, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 2, p. 195-213, jun. 2002. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/wDFC5GxfYxVTsYxccwrG7wj/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: jun. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200008>
- BRANDÃO, M. Caatinga. In: MENDONÇA, M. P.; LINS, L. V. (Eds.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/ Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte, 2000. p. 75-85.
- CALDERANO FILHO, B.; GUERRA, A. J. T.; CALDERANO, S. B. Diagnóstico geoambiental da microbacia do Córrego Fonseca, para fins de planejamento em paisagens rurais montanhosas. **Geografia** (Londrina), v.22, n.2, p. 117-138, maio/ago. 2013.
- CÂNDIDO, M. de O.; FIUME, B.; CARNEIRO, F. A.; NASCIMENTO, F. M. de F.; COUTINHO, M. M.; SOCORRO, A. S.; SANTANA, M. S.; RIBEIRO, R. S.; CORDEIRO, B. H. de O. L. **Atlas Cartográfico Projeto Águas do Norte de Minas (PANM): Síntese do estudo da disponibilidade hídrica subterrânea**. Belo Horizonte: CPRM, 2019.
- CARVALHO JÚNIOR, W. **Classificação supervisionada de pedopaisagens do domínio dos mares de morros utilizando redes neurais artificiais**. 160f. 2005. Tese de Doutorado. Tese (doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- CHAVES, M. L. de S. C.; ANDRADE, K. W.; BENITEZ, L. Geologia integrada das Folhas Jequitaiá, Bocaiúva e Montes Claros (1:100.000), norte de Minas Gerais. **Geonomos**, v. 19, n. 2, p. 1-7, 2011. Edição especial – 30 anos do CPMTC. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11757>. Acesso em: mar. 2020.

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. de. Compartimentação e caracterização das unidades de paisagem do Seridó Potiguar. **Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium**, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 291-318, jan./jun. 2015.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. (Eds). **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.

DURÃES, M. C. O.; SALES, N. de L. P.; D'ÂNGELO NETO, S.; FIGUEIREDO, M. A. P. Levantamento florístico do estrato arbóreo de três fragmentos de floresta ciliar como subsídio à recomposição da vegetação do Rio Cedro, Montes Claros-MG. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 47-58, 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/cflo/a/pGJxYHNN9DLPzdL8b3SdxDH/?lang=pt>. Acesso em: jun. 2021. <https://doi.org/10.5902/1980509813322>

ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SEVILHA, A. C.; ANAYA, F.; BARBOSA, R.; FERNANDES, G. W.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, A.; SCARIOT, A. O.; NORONHA, S. E.; SAMPAIO, C. A. Sustainability of tropical dry forests: Two case studies in southeastern and central Brazil.

Forest Ecology and Management, v. 258, n. 6, p. 922-930, set. 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112709000334?casa_token=ykY-4UZCI4UAAAAA:qMYudnthaSY1uClSumypp88XK-pbw9gmZjDh3HLnph9Qx8-zwkjqlqfBCTggzft5d1TxW0bw1qP. Acesso em: jun. 2020.

GREGORY, K. J. **A Natureza da Geografia Física**. Tradução de Eduardo de Almeida Navarro. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1992.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Limite Cerrado-Caatinga. In: _____. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Série Relatórios Metodológicos volume 45. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>. Acesso em: fev. 2020.

IPCC – THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: ago. 2021.

JATOBÁ, L. **Análise dialético-materialista da estruturação natural das paisagens contidas na porção centro-oriental de Pernambuco**. 247f. 2017. Tese de Doutorado. Tese (Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente) Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2017.

LADEIRA, F. S. B. Solos do passado: origem e identificação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, p. 1773-1786, dez. 2010. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbcs/a/7zyTLBm8nXMdxteZJB4mQvv/?format=html&lang=pt&stop=previous>. Acesso em: jun. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0100-0683201000060001>

LEDRU, Marie-Pierre. Late Quaternary environmental and climatic changes in central Brazil. **Quaternary research**, v. 39, n. 1, p. 90-98, 1993. <https://doi.org/10.1006/qres.1993.1011>

MACHADO, P. L. O. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Química Nova**, v. 28, n. 2, p. 329-334, 2005.

<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200026>

MEURER, E. J. Fatores que influenciam o crescimento das plantas. *In*: NOVAIS, R. F.; ALVARES V, V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (eds.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 65-90.

OLIVEIRA, E. S.; REATTO, A.; ROIG, H. L. Estoques de carbono do solo segundo os componentes da paisagem. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n.1/2, p. 71-93, jan./ago. 2015. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138868/1/Estoques-de-carbono-do-solo.pdf>. Acesso em: abr. 2020.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 6. ed. rev. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2014.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 105, p. 3-25, 1983.

RODRIGUES, L. A.; CARVALHO, D. A. de.; OLIVEIRA FILHO, A. T. de; BOTREL, R. T.; SILVA, E. A. da. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um fragmento florestal em Luminárias, MG. **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, p. 71-87, 2003. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/abb/a/CYDFWCYmD7W5Smg8sphchjs/?format=pdf&lang=pt>.

Acesso em: jun. 2021. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000100006>

RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. C.; JOLY, C. A.; LEITÃO FILHO, H. F. Estudo florístico fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua, na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, n. 1/2, p. 71-84, 1989.

SANTOS, R. M. dos; VIEIRA, F. de A.; GUSMÃO, E.; NUNES, Y. R. F. Florística e estrutura de uma floresta estacional decidual, no Parque Municipal da Sapucaia, Montes Claros (MG). **Cernea**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 248-256, jul./set. 2007. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/pdf/744/74413302.pdf>. Acesso em: fev. 2020.

SCHAEFER, C. E. G. R.; ALBUQUERQUE, M. A.; CHARMELO, L. L.; CAMPOS, J. C. F.; SIMAS, F. B. Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 20-44, jan./fev. 2000.

SCHAEFER, C. E.G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; FERREIRA JÚNIOR, W. G.; VALENTE, E.; CORRÊA, G. R. Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: fatores edáficos e florístico. *In*: MARTINS, S. V. (org.). **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2 ed. Viçosa: Editora UFV, 2012. p. 143-184.

SILVA, L. F. da. **Solos tropicais: aspectos pedológicos, ecológicos e de manejo**. São Paulo: Terra Brasilis, 1996.

SILVA, M. L. da. Mapeamento de superfícies aplainadas no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 09, n. 02, p. 526-545, mar./abr. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233692/27269>. Acesso em: mai. 2021. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.2.p526-545>

TAVARES, V. C.; DE ARRUDA, Í. R. P.; DA SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p385/38526>. Acesso em: ago. 2021. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p385>

TRENTIN, R. **Mapeamento geomorfológico e caracterização geoambiental da bacia hidrográfica do Rio Itu-oeste do Rio Grande do Sul-Brasil**. 215f. 2011. Tese de Doutorado (Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0023.0012>

CAPÍTULO 1

RELAÇÃO SOLO-AMBIENTE NO NORTE DE MINAS GERAIS

"O gerais corre em volta. Esses gerais são sem tamanho. Enfim, cada um o que quer aprova, o senhor sabe: pão ou pães, é questão de opiniões... O sertão está em toda a parte."

(João Guimarães Rosa, Grande Sertão: Veredas, pág.1)

RESUMO

A região norte de Minas Gerais é caracterizada por uma significativa diversidade de paisagens. Por sua natureza ecotonal, é considerada estratégica para a conservação da biodiversidade no estado. Contudo, pesquisas detalhadas e abrangentes ainda são incipientes, o que reflete na falta de parâmetros para dividir as suas unidades de paisagem e consequentemente estruturar um planejamento adequado para a região. O objetivo deste estudo foi identificar, estimar o estoque de carbono, bem como caracterizar as unidades geoambientais que compõem uma paisagem representativa do norte de Minas Gerais, na Serra da Tenda, de forma a ampliar o conhecimento dessa região tão sensível às pressões antrópicas e mudanças climáticas. Para a estratificação geoambiental foram avaliados os aspectos pedológicos, geomorfológicos e vegetacionais. Foram descritos e coletados seis perfis de solo. Em cada geoambiente foram instaladas três parcelas de 20 x 20 m para coleta de amostras compostas de solo (0-20 cm) e amostragem florística das espécies arbustiva-arbóreas. Amostras de solo foram submetidas às análises químicas e físicas que foram correlacionados através de duas análises de componentes principais (PCA). Foram identificados seis geoambientes: (i) Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX); (ii) Lapiá com Cambissolo (LAP); (iii) Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF); (iv) Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR); (v) Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT); e (vi) Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR). As PCAs indicaram que houve uma separação dos geoambientes pelas características edáficas e a ocorrência de um gradiente de fertilidade. Na Serra da Tenda ocorrem solos eutróficos desenvolvidos de rochas calcárias e pelíticas representadas pelo Grupo Bambuí, e o topo é revestido por depósitos detrítico-lateríticos do Terciário (TQ), caracterizado por solos distróficos. Há afloramentos em maciços de calcário com encostas íngremes, grotas e lapiás. No LAP encontra-se uma vegetação Rupestre de Lapiá, nas regiões mais elevadas o tipo de vegetação é Cerrado e as encostas e baixada são revestidas pela Floresta Estacional Decidual, também conhecida como Mata Seca. As condições do solo e relevo relacionaram-se com a transição da Floresta Estacional Decidual para o Cerrado, a floresta ocorreu em solos mais férteis e o Cerrado se estabeleceu nos solos mais ácidos com maior teor de alumínio. Entretanto, os geoambientes MSBX e CENT apresentaram níveis de fertilidade intermediários, sendo ambientes transicionais. Em termos de estoque total de carbono no solo, se destacaram os geoambientes MSGR, CENT e MSAF, no geral, o estoque de carbono nos geoambientes analisados demonstrou grande importância para a conservação do carbono no solo e no ambiente. Este estudo evidencia a singularidade de cada geoambiente, revelando a elevada heterogeneidade ambiental da Serra da Tenda no contexto ecotonal do norte de Minas Gerais.

Palavras-chave: Paisagem, classificação de solos, Serra da Tenda, geoambientes, estoque de carbono.

ABSTRACT

The northern region of Minas Gerais is characterized by a significant diversity of landscapes. Due to its ecotonal nature, it is considered strategic for the conservation of biodiversity in the state. However, detailed and extensive research is still at its early stage, which reflects the lack of parameters to divide its landscape units and consequently structure adequate planning for the region. The objective of this study was to identify, estimate the carbon stock, as well as characterize the geoenvironmental units that make up a representative landscape of northern Minas Gerais, in Serra da Tenda, in order to expand the knowledge of this region, which is so sensitive to anthropogenic pressures and climate changes. For the geoenvironmental stratification, the pedological, geomorphological and vegetational aspects were evaluated. Six soil profiles were described and collected. In each geoenvironment, three 20 x 20 m plots were installed to collect composite soil samples (0-20 cm) and floristic sampling of shrub-tree species. The physical and chemical attributes were correlated through two principal component analyzes (PCA). Six geoenvironments were identified: (i) Dry Forest Lowland on Eutrophic Oxisol (MSBX); (ii) Limestone Pavement with Cambisol (LAP); (iii) Dry Forest with Limestone Outcrop on Nitosol (MSAF); (iv) Dry Forest of Grota on Nitosol (MSGR); (v) Slope Cerrado on Cambisol (CENT); and (vi) Cerrado Encarrascado over Latosol in Chapada (CENR). The PCAs indicated that there was a separation of the geoenvironments due to the edaphic characteristics and the occurrence of a fertility gradient. In Serra da Tenda there are eutrophic soils developed from limestone and pelitic rocks represented by Bambuí Group, and the top is covered by debris-laterite deposits from the Tertiary (TQ), characterized by dystrophic soils. There are outcrops in limestone massifs with steep slopes, caves and limestone pavements. In the LAP there is a rocky vegetation of Lapiá (limestone pavement), in the higher regions the vegetation type is Cerrado and the slopes and lowlands are covered by Seasonal Deciduous Forest, also known as Dry Forest. The soil conditions and relief were related to the transition from the Seasonal Deciduous Forest to the Cerrado, the forest occurred in more fertile soils and the Cerrado was established in more acidic soils with higher aluminum content. However, the MSBX and CENT geoenvironments showed intermediate levels of fertility, being transitional environments. In terms of total soil carbon stock, the MSGR, CENT and MSAF geoenvironments stood out. In general, the carbon stock in the analyzed geoenvironments showed great importance for the conservation of carbon in the soil and in the environment. This study highlights the uniqueness of each geoenvironment, revealing the high environmental heterogeneity of Serra da Tenda in the ecotonal context of northern Minas Gerais.

Keywords: Landscape, soil classification, Serra da Tenda, geoenvironments, carbon stock.

1. INTRODUÇÃO

A região norte de Minas Gerais é caracterizada por uma significativa diversidade de paisagens. As resistências desiguais oferecidas pelas formações geológicas, juntamente com a ação das mudanças climáticas, principalmente ao longo do Quaternário, e a ação fluvial, esculpindo canais e dissecando o relevo, foram primordiais para a gênese e evolução da paisagem da região (SILVA, 2016). Além disso, a diversidade geológica, geomorfológica e climática da área, resultou numa grande riqueza de formações vegetais (BRANDÃO, 1994; SANTOS *et al.* 2007).

Considerada como área de tensão ecológica (AB’SÁBER, 2021), por sua natureza ecotonal, é estratégica para a conservação da biodiversidade no estado (DRUMMOND *et al.*, 2005; TEIXEIRA, 2012). Entretanto, pesquisas detalhadas e abrangentes ainda são incipientes. Desta forma, o estudo dos solos, sua relação com as fitofisionomias e compartimentação da paisagem na forma de geoambientes auxiliará para melhor compreender a dinâmica ecológica das paisagens norte mineira.

Quando se trata de paisagens, Ab’Sáber (2012) destaca a importância de entendê-las como heranças de processos fisiográficos e biológicos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos naturais e antrópicos de atuação recente. A paisagem é um condicionador do ambiente (MEIRELES *et al.*, 2012), e na análise geoambiental, é um dos temas que mais desperta interesse. Assim, para auxiliar e melhor espacializar estudos da paisagem, faz-se necessário a sua compartimentação em unidades homogêneas, resultando na identificação dos geoambientes (MOREIRA *et al.* 2005; DINIZ; OLIVEIRA, 2015). Dias *et al.* (2002, p. 778) define geoambiente como um “ambiente geográfico que em uma extensão territorial apresenta homogeneidade com relação a determinados fatores ambientais de interesse ou a maioria deles”.

Estudos geoambientais são fundamentais para o conhecimento e caracterização das áreas analisadas (RODRIGUES, 2015), possibilitando evidenciar as condições ecológicas limitantes e, conseqüentemente, determinar suas potencialidades e fragilidades. Vários pesquisadores têm aplicado a compartimentação da paisagem, objetivando gerar subsídios à gestão sustentável dos elementos naturais, em particular os solos (RESENDE; REZENDE, 1983; GUERRA; CUNHA, 1996; DIAS *et al.*, 2002; MARTINS *et al.*, 2006; SANTANA *et al.*, 2010; MENDONÇA *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2015; SCHAEFER *et al.*, 2020). Salienta-se que, entre as variáveis ambientais, o solo é um importante estratificador da paisagem, visto que reflete tanto seus fatores quanto processos de formação.

Para o entendimento das relações do solo com as paisagens, é importante lembrar que os solos resultam de sua interdependência com material de origem, relevo, clima, organismos e o tempo (JENNY, 1941). Além disso, seus processos de formação, isto é, de adições, perdas, translocações e transformações de matéria e energia no perfil de solo são capazes de diferenciar seus horizontes pedogenéticos entre si e em relação ao material de origem (SANTOS *et al.*, 2018). Dessa forma, o solo possui grande influência na organização dos ecossistemas (RESENDE *et al.*, 2014). Nakashima *et al.* (2017), também apontam que para uma melhor apropriação dos dados, os processos são percebidos mais facilmente, na escala do solo. Portanto, tem-se no solo um potencial para delinear o ambiente e a sua formação.

Os ecossistemas terrestres são considerados atualmente como um grande sumidouro de carbono, especialmente os solos (MACHADO, 2005). As evidências da contribuição do dióxido de carbono (CO₂) atmosférico para o desequilíbrio do efeito estufa e consequente aquecimento global têm aumentado o interesse pelo carbono orgânico do solo (BALDOTTO *et al.*, 2015). O carbono presente no solo não é definitivo, podendo, em um período curto ou longo, transferir-se para a atmosfera (MACHADO, 2005). Dessa forma, a conservação dos estoques de carbono nos solos consiste em um importante serviço ambiental e o interesse pela ciclagem do carbono, tanto nas emissões para atmosfera quanto nos sequestros, tem sido cada vez mais intenso desde o Protocolo de Kyoto (BREIDENICH *et al.*, 1998).

Nesse contexto, pode-se apontar que os escassos estudos da região norte de Minas, refletem na falta de parâmetros para dividir as suas unidades de paisagem e consequentemente estruturar um planejamento adequado para a região. Apesar da heterogeneidade de paisagens, das particularidades de seus ecossistemas e diversidade sociocultural, a região encontra-se ameaçada pela expansão de atividades econômicas predatórias (BRANDÃO, 2000; DRUMMOND *et al.*, 2005). A exploração de atividades dos setores minerários e agropecuários com projetos de irrigação, pecuária intensiva e monocultura, expressam a pressão antrópica sofrida pela região (ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2009; CHAVES; ANDRADE; BENITEZ, 2011; TEIXEIRA, 2012).

Esse processo tem acentuado a degradação ambiental, e os desmatamentos originam fragmentos florestais esparsos, compondo os últimos refúgios para muitas espécies vegetais e animais (ESPÍRITO-SANTO *et al.*, 2002). Os refúgios florestais podem apresentar significativa fragilidade ambiental, contudo, são de grande importância para a manutenção de serviços ambientais, como: proteção do solo, ciclagem de nutrientes, manutenção da biodiversidade e recarga hídrica (ROVEDDER *et al.*, 2014).

Concatenar os variados aspectos da paisagem é um desafio aos estudiosos. Sendo a região norte de Minas Gerais pouco analisada no que tange a associação solo-vegetação-relevo-clima-litologia, torna-se necessário maiores estudos para uma melhor compreensão dessas relações nas dinâmicas ambientais. Conhecer essa interação é fundamental para o entendimento de uma região, suas limitações de recursos, potencialidades, importância ecológica e econômica, bem como sua resiliência frente às mudanças ambientais em diferentes escalas.

Diante do exposto, o presente estudo teve como objetivos identificar, caracterizar, bem como, estimar o estoque de carbono das unidades geoambientais que compõem o gradiente pedológico e vegetacional da Serra da Tenda, norte de Minas Gerais, de forma a ampliar o conhecimento dessa região tão sensível às pressões antrópicas e mudanças climáticas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização da área

2.1.1. Região de estudo - Norte de Minas Gerais

Devido a seu posicionamento geográfico, a região norte de Minas Gerais é considerada um ecótono ou “zona de tensão”, pois compreende uma área de transição entre os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do Cerrado ao sul e a oeste, da Caatinga ao norte e Mata Atlântica a leste (AB’SÁBER, 2012; IBGE, 2019). Em estudo recente, o IBGE (2019) estendeu o limite do bioma Caatinga para municípios do norte do estado, por apresentarem características comuns de ambientes semiáridos, como solos pouco intemperizados, rasos e com argila de atividade alta.

Em consonância com sua natureza ecotonal, os componentes fitogeográficos dos biomas adjacentes exibem combinações complexas (AB’SÁBER, 2012) com distintas fitofisionomias, sobretudo quanto a composição de espécies, à abundância e porte dos indivíduos (SANTOS *et al.*, 2007a), que se alternam de acordo com a topografia e atributos do solo (BRANDÃO, 1994, 2000). Desta forma, o norte de Minas Gerais possui dois tipos de formação vegetal, aberta e florestal (RODRIGUES, 2015), compostas pelas diversas fitofisionomias do Cerrado, aliada à presença de Caatingas e das Florestas Estacionais Deciduais (CARDOSO, 2000; SILVA, 2016; IBGE, 2019), estas, também denominadas Matas Secas, são definidas pelo seu ritmo estacional, que se traduz por elevado grau de deciduidade foliar durante a seca (PEDRALLI, 1997).

O clima é caracterizado por transição ecogeográfica entre a região úmida do sudeste e semiárida do nordeste (ANTUNES, 1994; CARDOSO, 2000). De acordo com a classificação de Köppen (1948) há dois domínios climáticos predominantes na região, Aw (tropical úmido de savanas com invernos secos) e o BSh (clima semiárido) (ARRUDA *et al.*, 2013; SILVA, 2016). As chuvas se concentram no verão e são escassas no inverno, que é a estação seca (CÂNDIDO *et al.*, 2019a; MARTÍNEZ, 2007). A média anual de precipitação varia de 700 a 1.600 mm, distribuídas de modo irregular ao longo do ano, com índices mais elevados na porção oeste e sul e menores valores no limite nordeste (CÂNDIDO *et al.*, 2019a). O problema da seca na região é devido não apenas à falta de chuvas, mas também à irregularidade de sua incidência (MARTÍNEZ, 2007), isso também justificou sua inclusão no Polígono das Secas e na SUDENE (SILVA, 2016).

Segundo Silva (2016) a drenagem é composta em maior parte pela bacia do rio São Francisco (76%), seguido pelas bacias do rio Jequitinhonha (14%) e do rio Pardo (10%). Muitos dos afluentes dessas bacias são intermitentes durante o período das secas que, periodicamente, assolam a região (SILVA, 2016).

A ação combinada dos diferentes elementos da paisagem associada à ação do clima e dos organismos vivos (flora, micro, meso e macro fauna) ao longo do tempo, contribuíram para uma ação intempérica diferenciada (SILVA, 2016), resultando na diversidade edáfica da região. O intemperismo juntamente com os processos pedogenéticos gerais e específicos estabeleceram distintas classes de solo no norte de Minas (SILVA, 2016). No Mapa de Solos de Minas Gerais na escala de 1:650.000 (UFV *et al.*, 2010), a região apresenta 21 unidades de mapeamento até o quarto nível categórico, sendo os Latossolos a ocuparem maior área, seguido dos Cambissolos.

A região abrange três entidades geotectônicas distintas: o Cráton São Francisco e os cinturões orogênicos adjacentes, Araçuaí e Brasília (CÂNDIDO *et al.*, 2019b). A geologia está representada em maior extensão por formações geológicas de origem metassedimentar (JACOMINE *et al.*, 1979), sendo composta principalmente pelas formações do Supergrupo Espinhaço (Paleoproterozoico) e do Grupo Bambuí (Neoproterozoico), pelo Grupo Urucuia e Areado (Mesozóico) e por coberturas detrito-lateríticas e depósitos sedimentares (Cenozóico) (CHAVES; ANDRADE, 2014; KUCHENBECKER; COSTA, 2014).

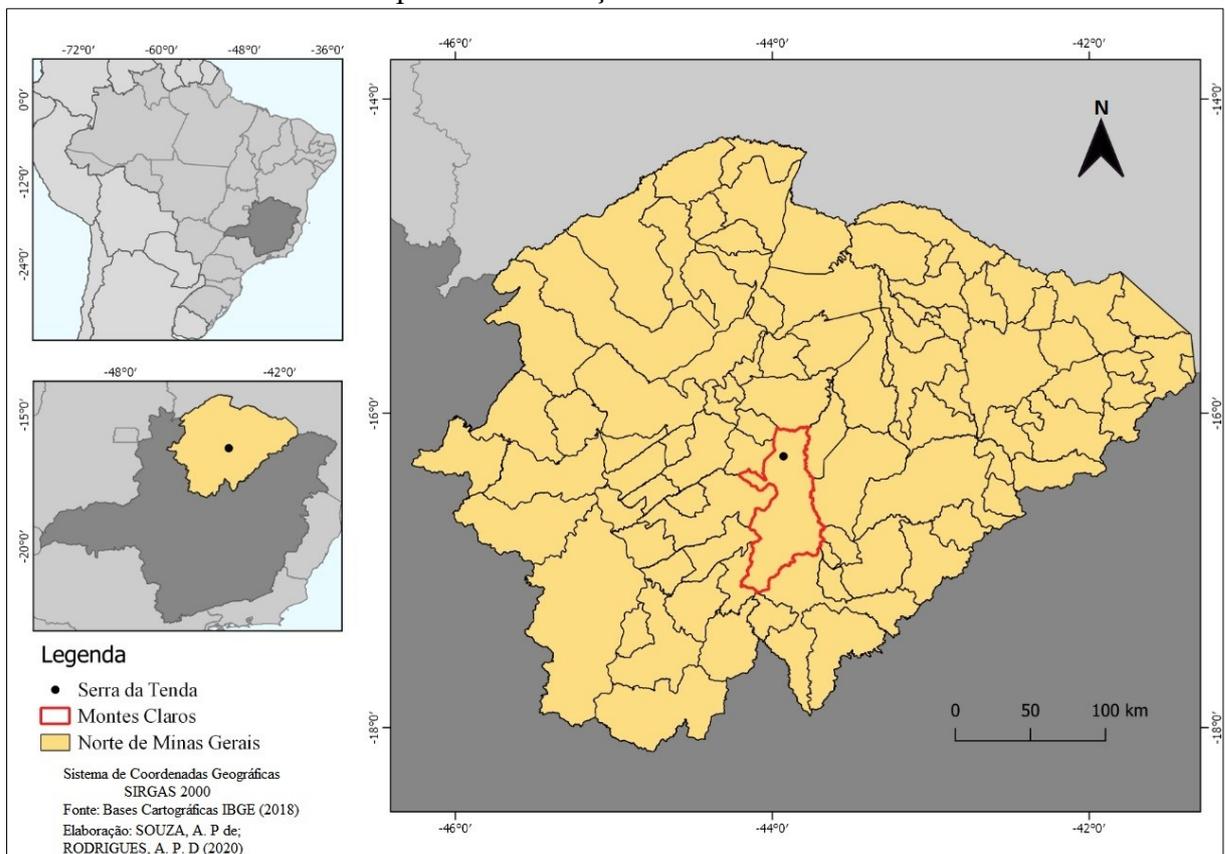
A geomorfologia do norte de Minas configura-se por se desenvolver sobre estruturas antigas do território brasileiro arrasadas por diversas fases erosivas (ROSS, 2006). Destacam-se seis principais unidades morfoesculturais: as planícies, ao longo do curso dos rios, as

depressões, principalmente a Sanfranciscana, e os planaltos, envolvendo serras, patamares e chapadas (SILVA, 2016).

Cândido *et al.* (2019b) apontam que a depressão do São Francisco compreende uma região rebaixada, com domínio de relevos aplainados, as rochas calcárias do Grupo Bambuí predominam com suas formas específicas: grutas, vales secos, dolinas e drenagem subterrânea (SILVA, 2016). A parte oeste encontra-se sobre uma faixa de dobramentos antigos que apesar de desgastada pela erosão, ainda apresenta aspecto serrano em grandes extensões (CÂNDIDO *et al.* 2019b), essa área se caracteriza pela presença de superfícies de aplainamento conservadas e o planalto aparece em forma de “chapadões” (SILVA, 2016). A porção a leste, marcada pela presença da Serra do Espinhaço, é caracterizada por terrenos de maior amplitude, com topos planos a suave ondulados delimitados por rebordos escarpados e degraus estruturais (SILVA, 2016; CÂNDIDO *et al.*, 2019b).

Para este estudo, uma área representativa, em bom estado de conservação, em ambientes com materiais calcários, pelíticos e cobertura cenozóica latossolizada com remanescente de vegetação original foi selecionada no município de Montes Claros, MG (Mapa 1).

Mapa 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Base Cartográfica IBGE (2018).
Elaboração: SOUZA, A. P. de; RODRIGUES, A. P. D. (2020).

2.1.2. Área de estudo - Montes Claros/MG

O trabalho foi realizado na Serra da Tenda, (Mapa 1), inserida no município de Montes Claros, entre as coordenadas 16°13'19.01"S, 43°55'21.55"O e 16°17'5.36"S, 43°57'26.59"O. Segundo a classificação de Köppen (1948) o clima da região é do tipo Aw, tropical com inverno seco (ALVARES *et al.*, 2014), mais próximo ao limite do subúmido seco (NIMER; BRANDÃO, 1989). Com média anual de precipitação de aproximadamente 1.086,4 mm, a região apresenta aproximadamente seis meses de seca (IBGE, 2002; INMET, 2019), as chuvas se concentram entre os meses de outubro a março (SILVA, 2019) e o índice pluviométrico diminui gradualmente em direção extremo norte do estado, até atingir valores inferiores a 750 mm/ano (ANA, 2013). A temperatura média anual é em torno de 24°C (CHAVES; ANDRADE, 2014).

O Grupo Bambuí, pertencente ao Supergrupo São Francisco, representa a unidade geológica predominante em Montes Claros (PIRES, 1998; CHAVES; ANDRADE, 2014). Este Grupo, situado sobre o Cráton do São Francisco, constitui uma cobertura sedimentar neoproterozoica, depositados em extenso mar epicontinental (IGLESIAS; UHLEIN, 2009). Em nível regional, os litotipos presentes abrangem uma sequência de rochas pelito-carbonáticas, formadas por metassiltitos na base (Formação Serra de Santa Helena), por calcários e metassiltitos rítmicos na porção intermediária (Formação Lagoa do Jacaré), e por metargilitos e metassiltitos no topo (Formação Serra da Saudade) (CHAVES; ANDRADE, 2014). Na região, depósitos sedimentares cenozoicos aparecem sobre o Grupo Bambuí (CHAVES; ANDRADE, 2014), geralmente, apresentam-se inconsolidados, com espessuras variáveis e ocorrem como coberturas detrito-lateríticas terciárias, e depósitos quaternários na forma de colúvio-eluviais, além de aluviões ocupando margens e leito dos principais rios (HEINECK *et al.*, 2003; MARTÍNEZ, 2007; CHAVES; ANDRADE, 2014). A Serra da Tenda é embasada pela Formação Lagoa do Jacaré, constituída especialmente por calcários de retrabalhamento e eventuais intercalações pelíticas, ocorre o contato gradacional com a Formação Serra da Saudade e esta, apresenta contato de topo por discordância angular e erosiva com cobertura detrito-laterítica (KUCHENBECKER; COSTA, 2014).

Áreas onde predominam calcário, coberturas coluviais ou detrito-lateríticas, relacionam-se principalmente a solos argilosos, de coloração vermelhos a alaranjados (KUCHENBECKER; COSTA, 2014). De acordo com o Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais (UFV *et al.*, 2010), na região de Montes Claros, as classes de solos mais representativas são: NXe (Nitossolo Háptico Eutrófico típico e chernossólico); NXd

(Nitossolo Háplico Distrófico típico); LVAd (Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico); LVe (Latossolo Vermelho Eutrófico típico); LVd (Latossolo Vermelho Distrófico típico); PVAe (Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico típico); PVAd (Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico); CXBd (Cambissolo Háplico Distrófico típico e léptico); RLe (Neossolo Litólico Eutrófico típico e chernossólico).

O relevo é acidentado, marcado por encostas íngremes e escarpas devido aos afloramentos rochosos, os topos em geral são planos a suavemente ondulados, e, associado ao rio Verde Grande e seus afluentes, têm-se áreas mais rebaixadas (KUCHENBECKER; COSTA, 2014). O município pertence às bacias hidrográficas do rio Verde Grande e dos rios Pacuí e São Lambertito (CBHSF, 2019; LEITE; SANTOS; ALMEIDA, 2011). Alguns cursos d'água da bacia são efêmeros e intermitentes devido tanto a fatores naturais, quanto ao intenso uso (VELÁSQUEZ, 2007).

Localizada em uma área ecotonal, entre Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, se destaca por apresentar diferentes formações vegetacionais (SANTOS *et al.*, 2007b, IBGE, 2019). Nas áreas não antropizadas, o Cerrado predomina, caracterizado por vegetação gramíneo-lenhosa baixa e árvores de maior porte ao longo dos cursos d'água perenes (KUCHENBECKER; COSTA, 2014), ocorrem também áreas de transição (SANTOS *et al.*, 2007b, IBGE, 2019). Nas Serras da região, encontra-se o Campo Rupestre sobre os afloramentos de calcário e Floresta Estacional Decidual nas encostas e baixadas (TEIXEIRA, 2012; KUCHENBECKER; COSTA, 2014).

Na região de Montes Claros, a vegetação se encontra fortemente devastada em especial pela pecuária, corte seletivo de madeira, e ainda, nas partes de maior altitude, para o plantio de pinus e eucaliptos (CHAVES; ANDRADE, 2014). Contudo, ainda é possível encontrar um ambiente cárstico característico, com grutas, lapas, lapiás, áreas de Campo Rupestre e Caatinga Rupestre sobre afloramento de rochas calcárias e fragmentos florestais relativamente preservados. Nesse contexto, foi estabelecida uma topossequência, visando representar diferentes fitofisionomias e geoambientes que compõem o gradiente pedológico e vegetacional da Serra da Tenda.

2.2. Coleta, descrição e análises

2.2.1. Estratificação das unidades geoambientais

Para a identificação dos geoambientes, foram utilizadas imagens Rapideye disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE), além de observações

em campo. As imagens Rapideye possuem resolução espacial de 5 m, compostas pelas bandas azul (440 – 510 μm), verde (520 – 590 μm), vermelho (630 – 685 μm), *red-edge* (690 – 730 μm) e infravermelho próximo (760 – 850 μm) (FELIX; KAZMIERCZAK; ESPINDOLA, 2009).

Uma topossequência foi estabelecida e as unidades geoambientais foram estratificadas a partir das características gerais da paisagem, evidenciando as relações entre as variáveis do meio físico e biótico (SCHAEFER *et al.*, 2000, 2016). Para proporcionar a separação e descrição diante da escala admitida no estudo, as delimitações dos espaços físicos com características similares basearam-se nas expressões dos padrões pedológicos, geomorfológicos e suas respectivas fitofisionomias (adaptado de TRICART; KIEWIETDEJONGE, 1992; SCHAEFER, 1997; SCHAEFER *et al.*, 2020).

2.2.2. Solos

Com base nos padrões identificados nas imagens de satélite e nas características gerais da paisagem, ao longo da topossequência, foram amostrados seis perfis de solo em áreas representativas das unidades geoambientais. Trincheiras foram abertas com profundidades variadas, e a descrição morfológica, identificação e coleta de amostras dos horizontes do solo foram realizadas de acordo com Santos *et al.* (2015) e IBGE (2015). Além disso, em cada horizonte, amostras indeformadas de solo foram coletadas em cilindro metálico para cálculo da densidade do solo (DS) (ALMEIDA *et al.*, 2017). A cor dos solos foi definida a partir da *Munsell Soil Color Charts* (MUNSELL, 2009).

Em cada geoambiente foram instaladas três parcelas de 20 x 20 m. Nessas, foram coletadas amostras de solo superficial (0-20 cm) em três repetições na diagonal, posteriormente foram homogeneizadas (em campo), resultando em três amostras compostas por geoambiente.

O material coletado foi transportado para o Laboratório de Pedologia e Estudos da Paisagem da Universidade Federal de Uberlândia (LAPEP – UFU), seco ao ar, destorrado e passado em peneira de malha de 2 mm de abertura para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A TFSA foi encaminhada para o Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (DPS – UFV) e submetida às análises químicas e físicas de rotina, de acordo com os métodos descritos por Teixeira *et al.* (2017).

A análise textural foi realizada com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 horas. Determinação de areia por tamisação (malha 0,053 mm), silte por sedimentação e

argila por pipetagem. Os atributos químicos analisados foram: potencial de hidrogênio em água (pH H₂O) e em solução de cloreto de potássio (pH KCl) 1 mol L⁻¹ em suspensão solo/solução na proporção 1:2,5; fósforo remanescente (P-rem); o fósforo (P), potássio (K⁺), sódio (Na⁺) disponíveis e os micronutrientes cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e Zinco (Zn) disponíveis foram extraídos com solução de Mehlich-1 e determinados por espectrofotômetro de plasma induzido (ICP-OES); os cátions trocáveis cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica; acidez trocável (Al³⁺) por titulometria com hidróxido de sódio (NaOH); a acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foi extraída com solução de acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e quantificada por titulometria com NaOH. A partir dos resultados obtidos foram calculados: soma de bases trocáveis (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica em pH 7,0 (T); índice de saturação por bases (V); índice de saturação por alumínio (m); índice de saturação por sódio (ISNa); teor de matéria orgânica (MO) estimado pela equação: MO = Carbono Orgânico x 1,724. O carbono orgânico (C.org) foi determinado por Walkley-Black sem aquecimento.

A interpretação das análises de solos tiveram como referência os critérios da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999). A partir dos resultados das análises físicas e químicas, os solos foram classificados até o quarto nível categórico, segundo critérios estabelecidos pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS *et al.*, 2018).

2.2.3. Densidade do solo

A densidade do solo (DS) foi calculada pelo método do cilindro volumétrico de acordo com Almeida *et al.* (2017). As amostras coletadas foram transferidas para recipientes numerados e de massa conhecida, foram secos em estufa a 105 °C por 48 horas e pesados após esfriarem. Por este método, a densidade do solo (DS) é dada pela equação:

$$DS = \frac{m_a}{V}, \text{ em que,}$$

DS = densidade do solo (kg dm⁻³) (equivalente a g cm⁻³)

m_a = massa da amostra de solo seco (g)

V = volume do cilindro (cm³)

2.2.4. Estoque de Carbono

O estoque de carbono (EC) no solo foi estimado seguindo recomendações propostas por Fidalgo *et al.* (2007), definidas pela equação: $EC = \frac{C DS E}{100}$, onde,

EC = estoque de carbono no horizonte (kg m^{-2})

C = teor de carbono orgânico (g kg^{-1})

DS = densidade do solo (g cm^{-3})

E = espessura de cada horizonte (cm)

O cálculo foi empregado para todos os horizontes dos perfis de solo, portanto, o EC total consistiu na soma dos EC dos horizontes.

2.2.5. Estatística

A ação conjunta dos atributos físicos e químicos foi analisada através de estatísticas multivariadas, a fim de identificar padrões nas características e distribuição dos solos. Para agrupar atributos dos solos com traços semelhantes, realizaram-se análises de similaridade de *clustering* hierárquico (Apêndice E), o resultado expresso em forma gráfica (dendograma) segrega grupos com traços afins (CAMPOS *et al.*, 2010), o que auxiliou a identificar variáveis pouco explicativas ou colineares. A correlação de Pearson (r) foi aplicada para avaliar o grau de correlação entre os atributos edáficos (Apêndice F).

A Análise de Componentes Principais (PCA) possibilita analisar inter-relações entre um grande número de variáveis e explicá-las em termos de suas dimensões inerentes comuns (eixos), que são combinações lineares das variáveis originais (HAIR JR. *et al.*, 2009; CAMPOS *et al.*, 2010). Os elementos são dispostos ao longo dos eixos correspondentes em relações ordenadas de forma a demonstrar seus arranjos espacializados em figuras bidimensionais. Assim, foram elaboradas duas PCAs, sendo uma com dados das amostras compostas para verificar a separação dos geoambientes e outra com dados dos perfis de solo para verificar a ocorrência de gradiente edáfico entre os geoambientes.

As análises foram realizadas após a padronização, as variáveis edáficas foram transformadas pelo seu logarítmico natural, exceto pH em água e em solução de KCl. Todas as análises estatísticas foram processadas com auxílio do *software* livre R Core Team, versão 3.6.2. (R Development Core Team 2019).

2.2.6. Vegetação

Para a amostragem da vegetação foi empregado o método de parcelas (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), que consiste em delimitar em campo, unidades amostrais que possibilitem uma representação adequada da diversidade local (DURIGAN, 2003). Em cada geoambiente foram instaladas três parcelas de 20 x 20 m para amostragem dos indivíduos arbustivos e arbóreos vivos. Em fisionomias de Floresta Estacional Decidual foram registrados todos os indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP) maior ou igual a 15 cm, e para fisionomias do Cerrado e vegetação Rupestre de Lapiás, foram listados os indivíduos com circunferência a altura do solo (CAS) maior ou igual a 5 cm (MORO; MARTINS, 2011; ARRUDA, 2012). Os espécimes foram herborizados conforme procedimentos usuais (FONSECA; VIEIRA, 2015) e depositados no Herbário Norte Mineiro (MCCA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

A identificação florística foi realizada por especialistas com o uso de literatura especializada e, posteriormente, comparados com exemplares identificados e disponíveis nos herbários virtuais acessados pelas plataformas Flora do Brasil (2020), *Jabot* e *SpeciesLink*. Para circunscrição das famílias, foi seguido o APG IV (CHASE *et al.*, 2016). A padronização das nomenclaturas botânicas foi baseada na Flora do Brasil (2020).

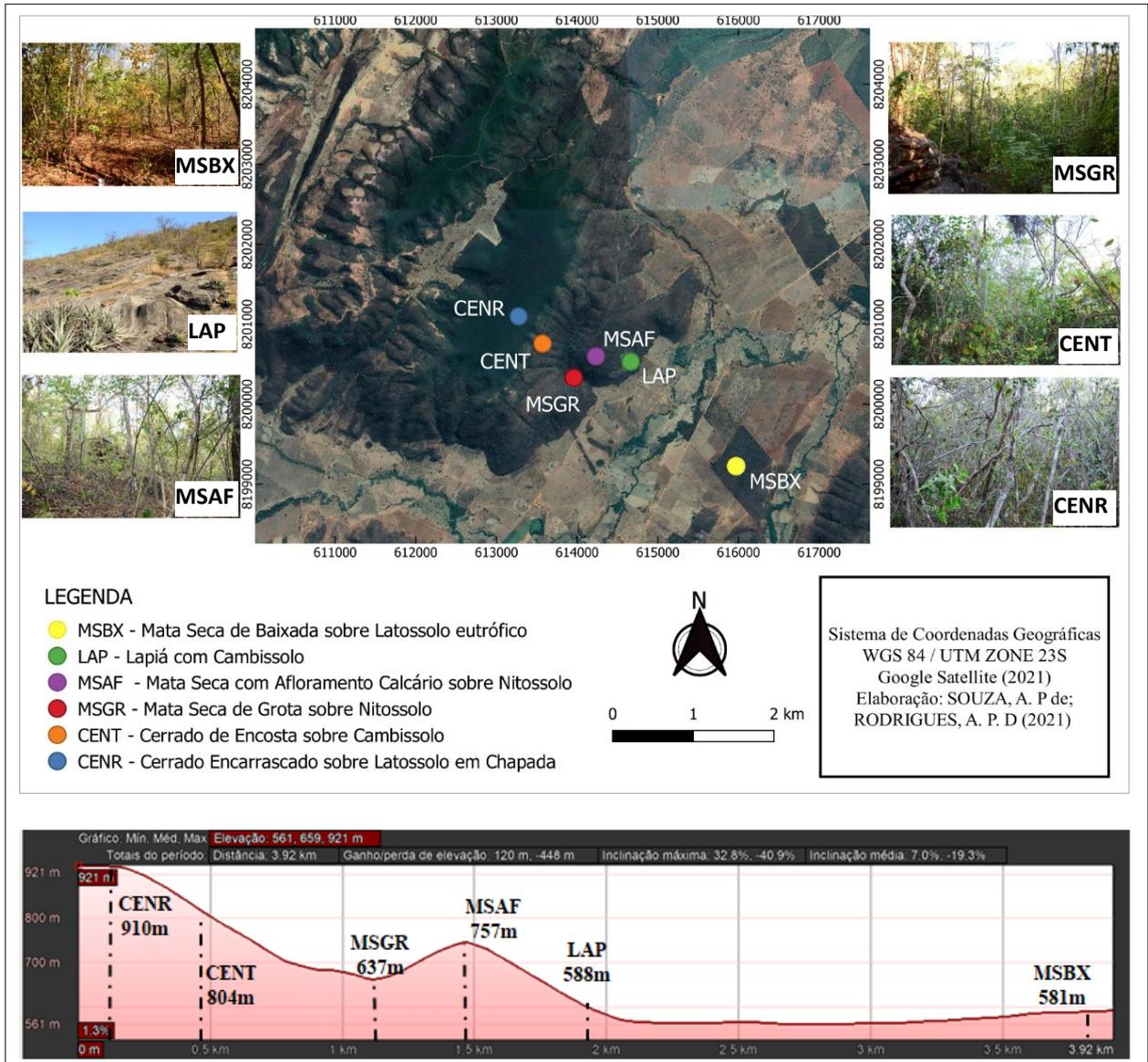
3. RESULTADOS

3.1. Geoambientes

As características pedogeomorfológicas e vegetacionais, identificadas por imagens de satélites e observadas em campo, foram os principais diferenciadores dos geoambientes da Serra da Tenda. Foram identificados seis geoambientes, com características singulares de solo, relevo e vegetação: 1 – Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX); 2 – Lapiá com Cambissolo (LAP); 3 – Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF); 4 – Mata Seca de Grotta sobre Nitossolo (MSGR); 5 – Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT); e 6 – Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR).

A topossequência estabelecida na Serra da Tenda inclui os diferentes seguimentos da paisagem (topo, encostas e baixada) e a distância máxima entre os perfis P1 (MSBX) e P6 (CENR) é de 4,07 km com elevação que varia de 581 m (MSBX) a 910 m (CENR) (Figura 1). A seguir encontram-se as descrições das unidades geoambientais representadas na Figura 1.

Figura 1 – Localização dos geoambientes amostrados com perfil de elevação da toposequência na Serra da Tenda, Norte de MG



MSBX - Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico; LAP - Lapiá com Cambissolo; MSAF - Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo; MSGR - Mata Seca de Grota sobre Nitossolo; CENT - Cerrado de Encosta sobre Cambissolo; CENR - Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada.

Fonte: ESA (2019); Google Earth Pro. Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

3.1.1. Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX)

Neste geoambiente, a 581 m, o relevo é plano com solo profundo e bem drenado, classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico típico (LVe). Apresenta textura argilosa nos horizontes A e BA e no horizonte diagnóstico Bw muito argilosa, e neste, a relação silte/argila (0,17) indicou alto grau de intemperismo (Apêndice A). Destaca-se no perfil de solo, influência de estrutura biogênica, formadas pela ação da fauna, principalmente vestígios de

atividade de térmitas no horizonte A. Em algumas áreas, constataram-se resquícios de *murundus*.

Em relação às características químicas (Figura 2, Apêndice B), a MSBX apresentou maior valor médio de Mn (74,17 mg kg⁻¹) e foi o único geoambiente a apresentar valores significativos para Na⁺ no perfil de solo (média de 51,41 mg kg⁻¹), com variação entre seus horizontes. Com acidez fraca (pH 6,26) e acidez potencial média (2,33 cmol_c kg⁻¹), mostrou-se eutrófico com valores bons para saturação por bases (69,8%) e capacidade de troca catiônica efetiva (5,14 cmol_c kg⁻¹), bem como muito bons para Ca²⁺ (4,17 cmol_c kg⁻¹), contudo, em comparação às outras florestas decíduas amostradas, os valores foram inferiores.

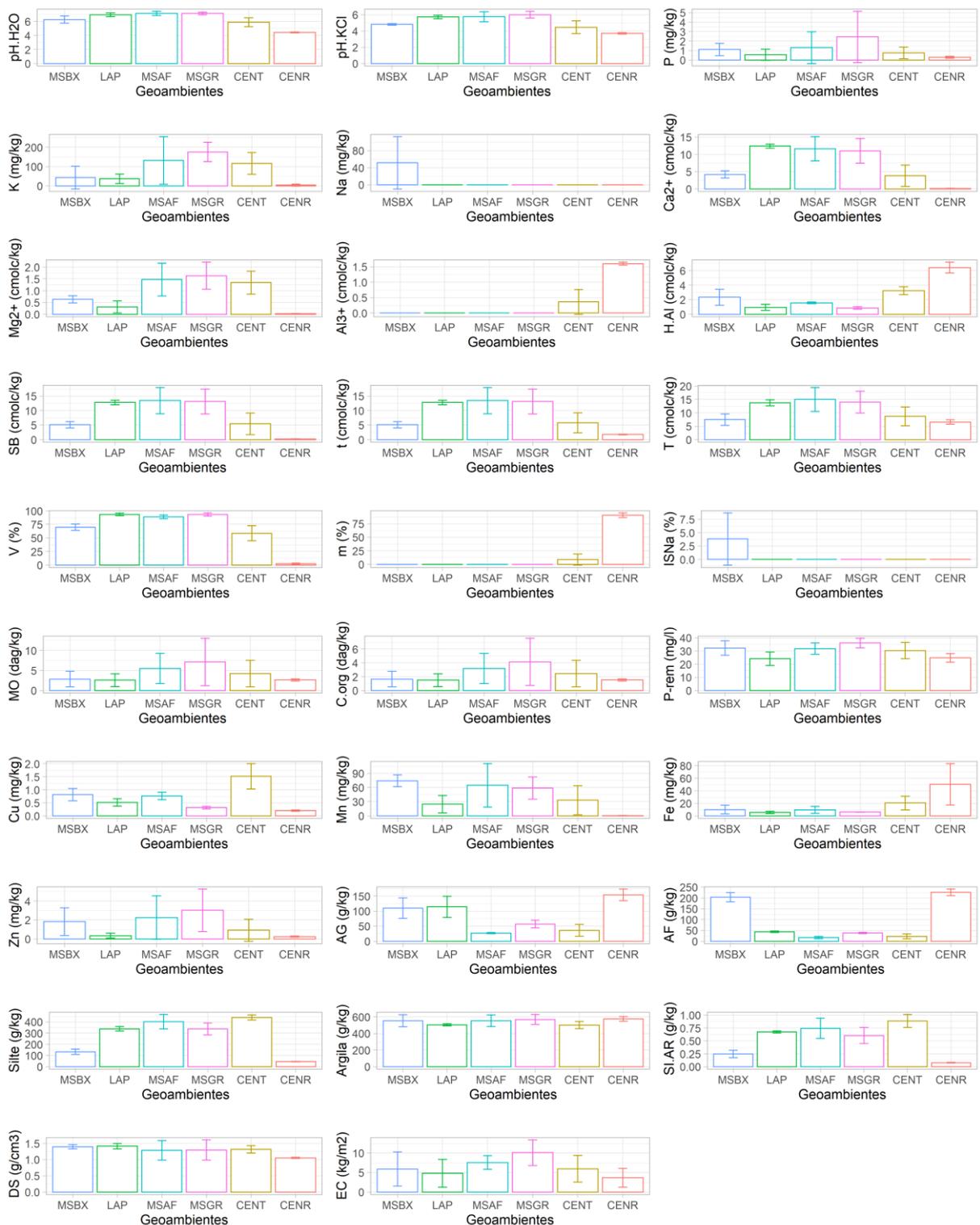
No geral, esse geoambiente se assemelhou mais ao CENT sobre CXbe, se diferenciando do CENR sobre LVd, em virtude de sua maior fertilidade. A vegetação desse geoambiente é determinada pela Floresta Estacional Decidual. Apresenta estrato arbóreo caracterizado pela presença principalmente, de *Combretum cf. fruticosum* (Loefl.) Stuntz, *Casearia decandra* Jacq. e *Acosmium lentiscifolium* Schott.

Esse geoambiente foi um dos poucos fragmentos com regeneração avançada, por sua boa fertilidade e relevo plano, essas áreas são geralmente suprimidas e utilizadas para pastagens e monocultura irrigada. No local, observou-se presença de gado, além de corte seletivo da *Astronium urundeuva* (M.Allemão) Engl. (Aroeira), devido a seu alto valor madeireiro.

3.1.2. Lapiá com Cambissolo (LAP)

No terço inferior da Serra da Tenda predomina afloramentos calcários, com formas de carste em extensos campos de lapiás e que se diferenciam das paisagens dominantes ao redor. No LAP os solos são encontrados em bolsões esparsos. Com relevo fortemente ondulado e declividade entre 20 e 45%, observou-se ocorrência de erosão moderada, quando na ausência de afloramento rochoso. O perfil de solo representativo foi aberto em altitude de 588 m e classificado como Cambissolo Háplico Tb Eutrófico léptico (CXbe), sendo imperfeitamente drenado, epipedregoso e com presença de pequenas concreções minerais de manganês (5-15%) nos horizontes Bi e BC. Entre os horizontes A e Bi, verificou-se pequenos blocos de quartzo e em parte da fração areia, houve atração magnética. O solo apresentou textura argilosa em todo o perfil (Apêndice A). A relação areia grossa/areia fina dos horizontes Bi (2,09) e BC (2,04) foram consideravelmente inferiores ao horizonte A (3,88) (Apêndice A), indicando uma possível descontinuidade litológica.

Figura 2 – *Mult Barplots* com os atributos dos solos e suas variações entre os perfis representativos dos geoambientes amostrados, na Serra da Tenda, norte de MG



Para análise: pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; pH KCl - potencial de hidrogênio em solução de cloreto de potássio; P - fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; 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 - matéria orgânica; C.org - carbono orgânico; P-rem - fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco; AG - areia grossa; AF - areia fina; SI.AR - relação silte/argila; DS - densidade do solo; EC - estoque de carbono. Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

A média entre os horizontes do perfil obteve os menores valores de matéria orgânica ($2,57 \text{ dag kg}^{-1}$) quando comparado aos outros geoambientes. Apesar do valor nulo para Na^+ , no perfil, e valores baixos para K^+ ($36,32 \text{ mg kg}^{-1}$) e Mg^{2+} ($0,31 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), demonstrou valores muito altos para Ca^{2+} ($12,41 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), uma herança do material de origem, expressando valores altos para soma e saturação por base (93,3%) e pH próximo a neutralidade (6,95) (Figura 2, Apêndice B).

Nesse geoambiente se desenvolve uma vegetação Rupestre de Lapiás, caracterizada por fisionomia aberta, com muitas espécies espinhentas, com folhas ásperas e hirsutas. Entre as fendas dos afloramentos rochosos e em pequenos bolsões de solo origina um estrato herbáceo-arbustivo com presença de espécies predominantemente heliófitas. Ocorrem espécies do gênero *Selaginella*, além de notável presença de plantas xerófitas do gênero *Melocactus* e *Encholirium*. Nas fendas mais profundas, que apresentam maior retenção de umidade e mais substrato, ocorrem espécies com formas de vida mais arbórea e arbustiva, as espécies mais frequentes foram *Lippia organoides* Kunth e *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett. Nas fendas maiores também é possível encontrar espécies arbóreas de grande porte como a *Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna, *Ceiba pubiflora* (A.St.-Hil.) K.Schum. e *Pseudobombax marginatum* (A.St.-Hil., Juss. & Cambess.) A.Robyns. Esses afloramentos, além de exibirem uma flora específica, com frequência, as cavidades neles formadas, servem como abrigo para a fauna.

3.1.3. Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF)

No terço médio da serra, a vegetação Rupestre de Lapiás, é aos poucos substituído pela Mata Seca. A rochividade neste geoambiente é moderada (10-30%) e apesar de seu relevo forte ondulado, com declividade entre 20 a 45%, não se constatou erosão. O perfil de solo, aberto em altitude de 757 m, foi classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico típico (NVe), sendo considerado bem drenado. Os horizontes A e AB apresentaram textura argilo-siltosa e o horizonte diagnóstico B nítico a textura foi muito argilosa (Apêndice A), o qual também apresentou cerosidade comum e moderada. Observou-se estrutura de canais biogênicos no perfil, além de uma camada de serapilheira de 3 cm de espessura sobre o horizonte A. Foi o ambiente que apresentou os menores teores de areia grossa (27 g kg^{-1}) e areia fina ($16,67 \text{ mg kg}^{-1}$) (Figura 2, Apêndice A).

Derivado de rocha calcária, o solo é caracterizado pela alta fertilidade natural. Possui pH de alcalinidade fraca (7,14) e altos valores médio para K^+ ($131,47 \text{ mg kg}^{-1}$), Ca^{2+} ($11,63$

mg kg⁻¹) e Mg²⁺ (1,47 mg kg⁻¹), esses nutrientes apresentam variação no perfil, decrescendo em profundidade. Comportamento semelhante é verificado para capacidade de troca catiônica efetiva (13,44 cmol_c kg⁻¹), soma e saturação por bases (88,9%), além da matéria orgânica (5,50 dag kg⁻¹) (Figura 2, Apêndice B).

Nessa parte da encosta, onde ainda se verifica presença de afloramento de rochas calcárias, a fitofisionomia é caracterizada pela Floresta Estacional Decidual, e o estrato arbóreo é dominado pela espécie *Casearia decandra*, também é relevante nesse geoambiente as espécies *Astronium urundeuva* e *Combretum cf. fruticosum*.

3.1.4. Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR)

No terço médio da encosta, encontra-se também um ambiente de grota, onde nas falhas das rochas e nos moldes de amplas ravinas, se estabelece um curso d'água intermitente. Dessa forma, este geoambiente é mais úmido e apresenta uma Mata Seca com aspecto mais semelhante à Floresta Estacional Semidecidual, contudo, há indícios que no passado, esse geoambiente era ainda mais úmido, visto que o curso d'água era perene, e foi secando em períodos mais recentes.

Esse geoambiente é ligeiramente rochoso (2-10%), com relevo ondulado e declividade entre 8 a 20%, sem erosão aparente. A área é estável, de acúmulo de material, e possui uma camada de serapilheira de 3 cm de espessura. O perfil de solo representativo foi aberto ao nível do solo, em altitude de 637 m e classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico típico (NVe). Corresponde a um solo bem drenado, com estrutura forte e cerosidade comum e moderada nos horizontes B1 e B2. Este solo possui textura argilosa nos horizontes A e B2 e textura muito argilosa no B1 (Apêndice A). Verifica-se um incremento de argila do horizonte A para o B1, contudo, não o suficiente para caracterizar um B textural. No perfil, observou-se atividade biogênica, expressa pelas galerias de térmitas.

Este solo apresentou menor valor médio de acidez potencial (0,86 cmol_c kg⁻¹) e maiores valores médio para P (2,43 mg kg⁻¹), K⁺ (175,79 mg kg⁻¹), Mg²⁺ (1,64 cmol_c kg⁻¹) e matéria orgânica (7,14 dag kg⁻¹). Além disso, apresentou altos valores médios para pH (7,13), soma e saturação por bases (93,3%) e capacidade de troca catiônica efetiva (13,12 cmol_c kg⁻¹) (Figura 2, Apêndice B). Assim, não apresentou diferenças significativas quanto a fertilidade natural em comparação com os geoambientes MSAF sobre NVe e LAP com CXbe.

Nessa área mais úmida da encosta, o estrato arbustivo-arbóreo é mais adensado e foi observado maior número de indivíduos em relação às demais fitofisionomias de Mata Seca da

topossequência. O estrato arbóreo exibiu maior ocorrência da espécie *Leucochloron minarum* (Glaz. ex Harms) Barneby & J.W.Grimes, que é uma espécie endêmica do Brasil ameaçada de extinção. Também são representativos, indivíduos da espécie *Astronium urundeuva*, *Combretum leprosum* Mart. e *Goniorrhachis marginata* Taub.. Destaca-se que na MSGR, verificou-se um número maior de árvores mortas.

3.1.5. Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT)

Esta unidade no terço superior representa uma área com relevo mais dissecado, sendo considerado montanhoso pela declividade acentuada de 45 a 75%. Neste local, o solo desenvolvido de rochas pelíticas do Grupo Bambuí, não favoreceu a morfogênese, assim, as feições erosivas são pouco expressivas. Em altitude de 804 m, o solo imperfeitamente drenado foi classificado como Cambissolo Háplico Tb Eutrófico leptofragmentário (CXbe), com textura argilo-siltosa em todo o perfil (Apêndice A), sendo considerado cascalhento (15-50%) nos horizontes BA, Bi e BC e com cascalho no horizontes A (8-15%). Também se observou calhaus e matacão em todos os horizontes. Verificou-se serapilheira com espessura de 1 cm, além da ação da fauna pela presença de formigas saúvas e de galerias de térmitas, especialmente no horizonte A.

Quanto aos atributos químicos (Figura 2, Apêndice B), exibiu maiores valores médios para Cu ($1,52 \text{ mg kg}^{-1}$) em relação aos demais solos. Apesar de ser eutrófico, o pH é de acidez média (5,88), os teores médios dos nutrientes, capacidade de troca catiônica ($5,81 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), soma e saturação por bases (58,6%) apresentaram valores mais baixos quando comparados aos outros geoambientes da encosta (LAP, MSAF e MSGR). Além disso, ainda em comparação aos solos da encosta, obteve valores maiores para acidez potencial ($3,24 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e Fe ($20,42 \text{ mg kg}^{-1}$), o que indica que é um ambiente transicional para o CENR sobre Latossolo mais intemperizado do topo.

A Mata Seca sobre Nitossolo vai sendo substituídas por uma fitofisionomia de Cerrado típico sobre Cambissolo desenvolvido de rocha pelítica. Nesta formação, destaca-se a abundância de *Magonia pubescens* A.St.-Hil., *Dilodendron bipinnatum* Radlk., *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith e *Monteverdia floribunda* (Reissek) Biral.

3.1.6. Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR)

No ponto mais alto da topossequência, em altitude de 910 m, encontram-se os topos aplainados em forma de chapada, associado a solos oriundos da cobertura sedimentar detrítico-

laterítica do Terciário (TQ). O solo representativo deste geoambientes é o Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd), bem drenado, sendo o único solo distrófico dos geoambientes. Apresentou o menor valor médio para silte ($44,3 \text{ g kg}^{-1}$) e os maiores para argila (576 g kg^{-1}), areia grossa (154 g kg^{-1}) e areia fina (226 g kg^{-1}) (Figura 2, Apêndice A). A textura é argilosa em todo seu perfil e a relação silte/argila (0,08) indicou elevado grau de intemperismo. Cerca de 30% da área não dispõe de cobertura de serapilheira. Vale destacar que as características morfológicas deste solo, favorecem a recarga de aquíferos de superfície, implicando em boa condição para manutenção de drenagem perene, embora a drenagem atualmente (MSGR) seja intermitente.

Ao contrário dos geoambientes desenvolvidos nos substratos mais ricos do Grupo Bambuí, esse solo é comparativamente mais pobre e o pouco nutriente que possui, tende a diminuir com a profundidade. Exibe elevada acidez (4,41) e altos níveis de saturação por alumínio (90,7%), sendo o valor de Al^{3+} ($1,60 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) superior à soma de base ($0,17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$). Apesar do solo com pouca serapilheira e teores baixos de nutrientes, de acordo com as recomendações da CFSEMG (1999), a matéria orgânica obteve níveis médios ($2,62 \text{ dag kg}^{-1}$).

O Cerradão é a formação típica deste ambiente e apresenta uma vegetação mais densa. Contudo, sua vegetação foi de difícil caracterização, provavelmente por ser uma área sujeita a fogo recorrente, ocasionando constante rebrota, e/ou pela falta de nutrientes para dar suporte a uma vegetação mais robusta, tornando o Cerradão com aspecto encarrascado. Dentre todos os geoambientes, este foi o que obteve maior número de indivíduos registrados, sendo a espécie mais frequente a *Copaifera coriacea* Mart.. Além disso, destacaram-se as espécies: *Callisthene major* Mart., *Byrsonima correifolia* A.Juss., *Heisteria ovata* Benth. e *Eugenia aurata* O.Berg.

Quadro 1 – Informações gerais dos geoambientes da Serra da Tenda, Norte de MG

Unidade Geoambiental	Coordenadas	Material de Origem	Solo	Relevo Local / Altitude (m)	Drenagem	Pedregosidade e Rochosidade	Vegetação
1 – MSBX	16°17'8.49"S / 43°54'51.87"O	Calcário do Grupo Bambuí	Latossolo Vermelho Eutrófico típico	Plano (Altitude 581 m)	Bem drenado	Não pedregoso e não rochoso	Floresta Estacional Decidual
2 – LAP	16°16'26.62"S / 43°55'36.52"O	Calcário do Grupo Bambuí	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico léptico	Forte ondulado (Altitude 588 m)	Imperfeitamente drenado	Pedregoso e extremamente rochoso	Vegetação Rupestre de Lapiás
3 – MSAF	16°16'21.77"S / 43°55'51.2"O	Calcário do Grupo Bambuí	Nitossolo Vermelho Eutrófico típico	Forte ondulado (Altitude 757 m)	Bem drenado	Não pedregoso e moderadamente rochoso	Floresta Estacional Decidual
4 – MSGR	16°16'30.02"S / 43°55'59.9"O	Calcário do Grupo Bambuí	Nitossolo Vermelho Eutrófico típico	Ondulado (Altitude 637 m)	Bem drenado	Não pedregoso e ligeiramente rochoso	Floresta Estacional Decidual
5 – CENT	16°16'13.06"S / 43°56'12.52"O	Rochas Pelíticas do Grupo Bambuí	Cambissolo Háptico Tb Eutrófico leptofragmentário	Montanhoso (Altitude 804 m)	Imperfeitamente drenado	Muito pedregoso e não rochoso	Cerrado típico
6 – CENR	16°16'8.56"S / 43°56'24.2"O	Cobertura sedimentar detrítico-laterítica do Terciário	Latossolo Vermelho Distrófico típico	Plano (Altitude 910 m)	Bem drenado	Não pedregoso e não rochoso	Cerradão

MSBX - Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico; LAP - Lapiá com Cambissolo; MSAF - Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo; MSGR - Mata Seca de Grota sobre Nitossolo; CENT - Cerrado de Encosta sobre Cambissolo; CENR - Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada. Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

3.2. Análise dos Componentes Principais (PCA)

Os resultados demonstram que as duas PCAs (Figura 3 e Figura 4) apresentaram valores elevados para o Eixo 1 e baixos para o Eixo 2. Ambas indicam que houve uma separação dos geoambientes pelas características do solo e a ocorrência de um gradiente de fertilidade (Figura 3 e Figura 4).

Os dois primeiros eixos da PCA das amostras compostas explicaram 80,4% da variação nos dados (Figura 3). O primeiro eixo representou 56,6% da variação total dos dados, e apresentou correlação forte positiva com silte e SB ($R = 0,93$), SI/AR ($R = 0,91$), t ($R = 0,90$), Ca^{2+} ($R = 0,88$) e pH H₂O ($R = 0,86$), e correlação forte negativa com Al^{3+} ($R = -0,91$) e $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$ ($R = -0,89$). O segundo eixo explicou 23,8% da variação e apresentou forte correlação negativa com Na^+ ($R = -0,94$) (Figura 3 e Apêndice G).

A PCA dos perfis de solo explicou 70,7% da variação nos dois primeiros eixos (Figura 4). O Eixo 1 explicou 56,2% e foi fortemente correlacionado positivamente com SB ($R = 0,92$), t ($R = 0,90$), Ca^{2+} ($R = 0,86$), pH H₂O e Mg^{2+} ($R = 0,85$), silte e K^+ ($R = 0,83$), SI/AR ($R = 0,82$). O Eixo 2 significou 14,5% da variação, e não apresentou correlação forte com as variáveis (Figura 4 e Apêndice G).

Figura 3 – Diagrama de ordenação da PCA para as variáveis do solo, dados das amostras compostas¹

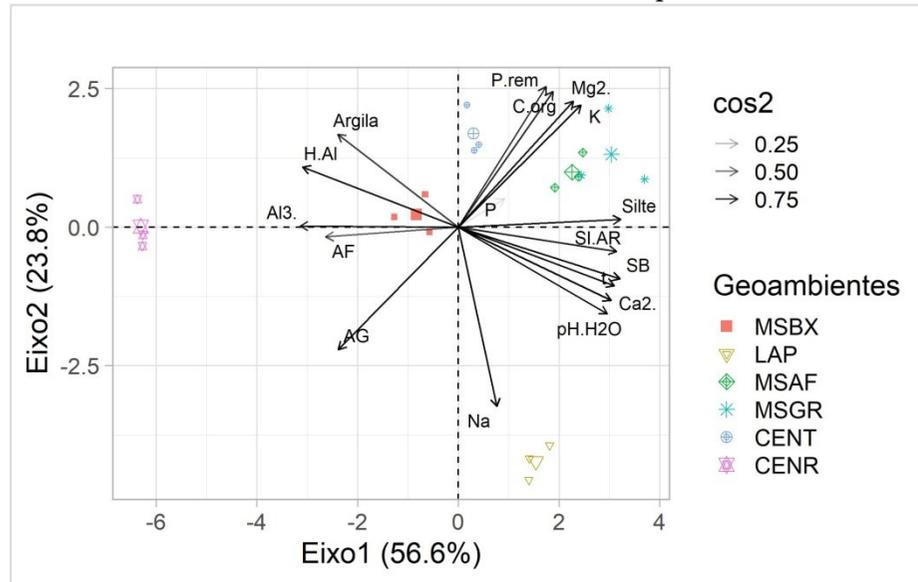
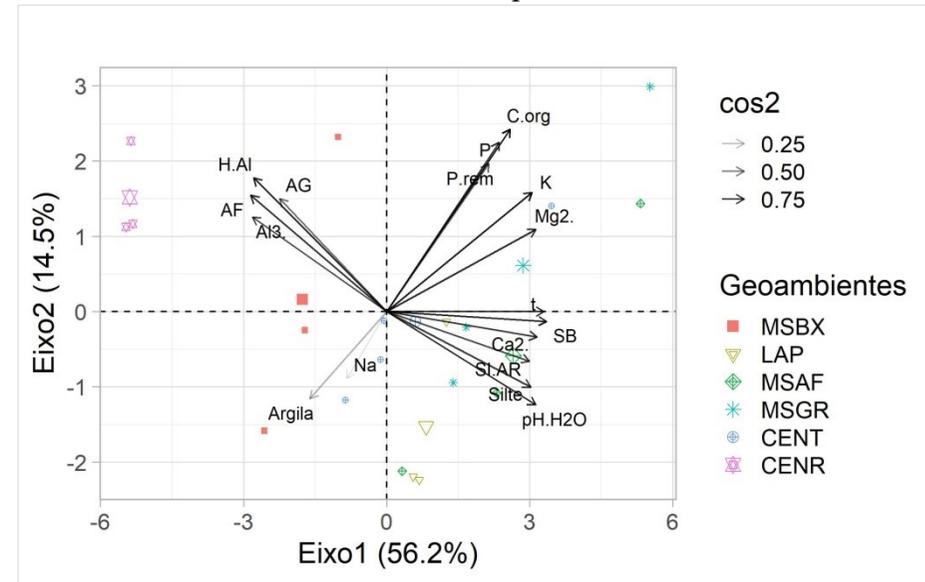


Figura 4 – Diagrama de ordenação da PCA para as variáveis do solo, dados dos perfis²



MSBX - Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico; LAP - Lapiá com Cambissolo; MSAF - Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo; MSGR - Mata Seca de Grota sobre Nitossolo; CENT - Cerrado de Encosta sobre Cambissolo; CENR - Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada; cos² - qualidade da representação da variável no eixo de componentes principais. Para análise: pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; P - fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺+Al³⁺ - acidez potencial; SB - soma de bases trocáveis; t - capacidade de troca catiônica efetiva; C.org – carbono orgânico; P-rem - fósforo remanescente; AG - areia grossa; AF - areia fina; SI/AR - relação silte/argila.

Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

^{1 2}A correlação entre os atributos edáficos pode ser verificada no material complementar, Apêndices E e F. A correlação dos atributos com os dois principais eixos da PCA encontram-se no Apêndice G

3.3. Estoque de Carbono

A quantificação do estoque de carbono (EC) foi realizada para todos os horizontes dos solos (Tabela 1). Os teores médios de carbono orgânico (C.org) nos solos dos geoambientes variaram de 14,9 g kg⁻¹ (LAP) a 41,4 g kg⁻¹ (MSGR), sendo os valores na MSGR muito bons, na MSAF e CENT bons e MSBX, LAP e CENR valores médios.

Nos geoambientes LAP, MSGR e CENT, os níveis de EC apresentaram maiores teores no horizonte superior e decresceram em profundidade. No entanto, dado as diferenças, principalmente na espessura (E) dos horizontes, alguns resultados de EC não seguiram esse padrão, resultando em estoques mais elevados em profundidade. Os geoambientes MSBX e MSAF apresentaram EC maiores na camada superior, seguidos pela camada inferior e intermediária. O geoambiente CENR obteve EC mais elevado na camada inferior, seguido pela superior e intermediária.

Tabela 1 – Estoque de Carbono no solo dos geoambientes

Geoambiente	Horizonte	C.org (g kg ⁻¹)	DS (g cm ⁻³)	E (cm)	EC (kg m ⁻²)
MSBX sobre LVe	A	29,29	1,33	28,00	10,91
	BA	12,35	1,39	16,00	2,75
	Bw	7,71	1,46	36,00	4,05
Total					17,72
LAP com CXbe	A	25,46	1,40	24,00	8,53
	Bi	10,79	1,34	31,00	4,48
	BC	8,47	1,50	11,00	1,40
Total					14,41
MSAF sobre NVe	A	55,57	0,96	18,00	9,60
	AB	27,78	1,35	17,00	6,39
	B	12,35	1,55	35,00	6,70
Total					22,69
MSGR sobre NVe	A	81,03	0,95	18,00	13,88
	B1	21,58	1,38	29,00	8,61
	B2	21,58	1,56	23,00	7,76
Total					30,25
CENT sobre CXbe	A	52,44	1,16	17,00	10,33
	BA	21,58	1,35	21,00	6,12
	Bi	13,86	1,43	27,00	5,35
	BC	10,03	1,33	15,00	2,01
Total					23,80
CENR sobre LVd	A	17,00	1,04	15,00	2,66
	BA	14,68	1,05	12,00	1,85
	Bw	13,86	1,07	43,00	6,41
Total					10,91

C.org - carbono orgânico; DS - densidade do solo; E - espessura do horizonte; EC - estoque de carbono. MSBX - Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico; LAP - Lapiá com Cambissolo; MSAF - Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo; MSGR - Mata Seca de Grota sobre Nitossolo; CENT - Cerrado de Encosta sobre Cambissolo; CENR - Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada.

Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

O EC total dos geoambientes, em ordem decrescente: MSGR com 30,25 kg m⁻²; CENT com 23,80 kg m⁻²; MSAF com 22,69 kg m⁻²; MSBX com 17,72 kg m⁻²; LAP com 14,41 kg m⁻²; CENR com 10,91 kg m⁻². O EC apresentou correlação forte com as variáveis Zn, K⁺, P e P-rem ($r = 0,8$); correlação moderada com Mg²⁺, Mn ($r = 0,7$); e correlação fraca com T, t e SB ($r = 0,6$) (Apêndices F e H).

4. DISCUSSÃO

Em geral, as paisagens podem ser estratificadas em segmentos topográficos correspondentes a diferentes ambientes, sujeitos a distintos processos pedogenéticos (TEIXEIRA, 2012) e conseqüentemente relacionados a variações das estruturas e distribuição dos complexos vegetacionais (FERREIRA-JÚNIOR *et al.*, 2007). Na Serra da Tenda ocorrem afloramentos em maciços rochosos de calcário com encostas íngremes, grotas e lapiás. No lapiá encontra-se uma vegetação Rupestre de Lapiá, nas porções mais elevadas o tipo de vegetação é Cerrado e as encostas e baixada são revestidas por Mata Seca. No geral os solos apresentaram valores altos para argila e a textura variou de argilo-siltosos a muito argilosos. A porcentagem do índice de saturação por bases indicou que a maioria dos solos são eutróficos, com médias maiores que 58,6% (CENT) e atingindo 93,3% (LAP e MSGR), com elevados valores para soma de bases e baixa associação com alumínio. A exceção foi encontrada no topo (CENR), o solo com pH ácido e distrófico, com menor saturação por bases (2,5%) e maior saturação por alumínio (90,7%).

Os eixos da PCA demonstram que a área em estudo apresentou um gradiente de fertilidade associado ao material de origem e que os geoambientes foram separados em função das características edáficas. Comumente, o clima é um fator relevante na formação do solo (THOMAS, 1994). Entretanto, quando a umidade é mais escassa, como nos ambientes semiáridos, há uma menor ação do intemperismo químico, e a litologia ganha destaque no conjunto de características e propriedades do solo refletindo forte correlação com material de origem e influência do relevo (ARAÚJO FILHO, 2011).

O geoambiente do topo (CENR) revestido por depósitos detrito-lateríticos do Terciário é caracterizado por solos mais desenvolvidos (CHAVES; ANDRADE, 2014), representado pelo Latossolo, nas PCAs se distanciou dos demais, pois representa uma extremidade distrófica de elevada acidez e rico em Al³⁺. A formação vegetal é o Cerradão, que frequentemente são considerados como florestas (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008), embora sejam mais baixos em estatura do que os outros tipos de

floresta encontrados no Domínio Cerrado (BUENO *et al.*, 2018) e, comumente, se desenvolvem em solos de média a baixa fertilidade (RIBEIRO; WALTER, 2008). No outro extremo do gradiente da PCA das amostras compostas, encontram-se os geoambientes mais ricos em nutrientes, a *e.g.* da Mata Seca no terço médio (MSAF e MSGR), associados a formações calcárias do Grupo Bambuí, com solos com alta saturação por bases e baixa acidez potencial, como o Nitossolo Vermelho Eutrófico típico. As espécies arbóreas dominantes de Floresta Estacional Decidual são inerentes a solos mais férteis, com níveis mais elevados de Ca^{2+} e Mg^{2+} e níveis mais baixos de Al^{3+} (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002; RIBEIRO; WALTER, 2008; BUENO *et al.*, 2018).

No geoambiente LAP, também originário dos calcários do Grupo Bambuí, verificou-se a distinção das variáveis associadas a um solo em bolsões, menos desenvolvido e com menor aporte de matéria orgânica. O Cambissolo do afloramento calcário se distanciou na PCA, pois apresentou pH quase neutro, menores teores para P, K^+ e Mg^{2+} entretanto, obteve valores maiores de Ca^{2+} em comparação com os geoambientes mais férteis, MSAF e MSGR, assim, no geral, não apresentou diferenças significativas de fertilidade em relação a ambos, além disso, houve presença de Na^+ nas amostras compostas. A composição vegetal do LAP se distingue dos outros ambientes, por se tratar de uma fitofisionomia rupestre aberta, com ocorrência de espécies principalmente de porte herbáceo-arbustivo, adaptadas a características ambientais restritivas, como solos rasos, auto grau de insolação e baixa retenção de umidade (IBISCH *et al.*, 1995; OLIVEIRA; GODOY, 2007; SCHAEFER *et al.* 2015), cercada por florestas (TEIXEIRA, 2012).

Os geoambientes MSBX e CENT relacionaram-se com teores intermediários de fertilidade, se apresentando como ambientes de transição nas PCAs. O solo da MSBX também originário do calcário do Grupo Bambuí, é representado pelo Latossolo Eutrófico, contudo, em comparação às outras florestas decíduas amostradas, exibiu valores inferiores para os nutrientes, pH, soma e saturação por bases. Isso, em conjunto com a relação entre silte e argila (0,25) indica que esse ambiente de baixada, recebe sedimentos com maior disponibilidade de nutrientes a montante, porém, com grau de pedogênese elevado, semelhante ao CENR. Além disso, a intensa atividade biológica (presença de murundus) também colabora com a concentração e redistribuição de nutrientes em solos mais intemperizados. Nas PCAs, a MSBX se aproxima dos mesmos vetores do CENR, ambos são caracterizados pelo Latossolo, mas se diferem em função da fertilidade. O CENT é caracterizado pelo Cambissolo, formado de rochas pelíticas do Grupo Bambuí, com teores muito baixos para Al^{3+} e bons para soma e saturação por bases, fatores que contribuiram para

maior fertilidade deste geoambiente representado por um Cerrado típico com características próprias e com níveis de fertilidade edáfica intermediários entre o CENR e MSAF e MSGR. O Cerrado geralmente desenvolve-se em solos profundos, bem drenados, com alta concentração de alumínio trocável, baixa capacidade de troca catiônica e bases trocáveis (FURLEY; RATTER, 1988; RIBEIRO; WALTER, 2008), entretanto, o CENT apresentou um Cerrado típico sobre solo eutrófico (CXbe), conferindo uma característica singular, aproximando-o dos geoambientes de Mata Seca nas PCAs.

Nos ambientes mais altos (CENT e CENR) a fitofisionomia é do Domínio Cerrado, contudo, ambos se diferenciam pela fertilidade e textura. O Domínio do Cerrado engloba diversos tipos fitofisionômicos, distintos pela forma, estrutura, crescimento, mudanças estacionais, além de sua adaptação em relação à adversidade ambiental como drenagem, fertilidade e outros (RIBEIRO; WALTER, 2008). Segundo Ratter (1992), a transição de Cerrado típico para floresta decídua em áreas de ecótono, possui relação com os fatores edáficos, está relacionada com mudanças de solo mesotrófico e eutróficos, para solos distróficos. Segundo esse mesmo autor, ao analisar solos de áreas de ecótono de cerradão mesotrófico para floresta decídua, pesquisadores detectaram que existe sobreposição nas condições do solo com características de cada tipo de vegetação (RATTER, 1992).

Na encosta e baixada, exceto no ambiente de Lapiá no terço inferior, predomina a Floresta Estacional Decidual, que se caracteriza pela perda das folhas (mais de 50% das folhas) durante a estação seca do ano (SCARIOT; SEVILHA, 2005; ESPÍRITO-SANTO, *et al.*, 2008). A lei da Mata Atlântica (Lei n. 11.428) reconhece a Floresta Estacional Decidual como formação florestal integrante do bioma Mata Atlântica. Além disso, as Matas Secas encontram-se distribuídas, dentro do domínio fitogeográfico do Cerrado, ocorrendo também, fragmentos sobre o domínio da Caatinga e em áreas de transição (PEDRALLI, 1997; GONÇALVES, 2015). Essas florestas guardam uma semelhança fisionômica ligada à sazonalidade climática (GONÇALVES, 2015).

Para Conti e Furlan (2003), a origem do mosaico geobotânico no país, é resultado da expansão e retração das florestas, Cerrados e Caatingas, provocadas pela alternância de climas úmidos e secos nas regiões tropicais, durante os períodos glaciais do Quaternário. Quando se trata das influências do clima na elaboração natural das paisagens é fundamental salientar a importância das variações climáticas ocorridas nos períodos Terciário, e principalmente, no Quaternário (BASTOS; CORDEIRO, 2012), as quais implicaram em processos lentos de modificações do modelado terrestre (NUNES; VILAS BOAS; SILVA, 2011).

Por toda região ecotonal do norte de MG, verifica-se presença de murundus, e sua frequência é diminuída no interior do domínio da Caatinga (ARRUDA, 2012). No geoambiente MSBX sobre Latossolo Eutrófico, constatou-se a presença desses montículos de solo construídos por térmitas (SIMÕES, 2012). Arruda *et al.* (2013) ao analisarem os padrões fitogeográficos das Matas Secas na região ecotonal do norte de MG, apontaram que os murundus associados a Latossolos, são relíquias de um período mais úmido, precedente do Quaternário Tardio. Os autores ainda refletem que os vales e depressões dos rios Verde Grande e São Francisco, provavelmente, sustentavam extensas formações florestais semidecíduais e concluem que, estas, submetidas a um clima bem mais seco, levou ao cenário dos dias atuais no Complexo Decidual (ARRUDA *et al.*, 2013).

Nesse contexto, Rodrigues e Ribeiro (2009) sugerem que a vegetação do Campo Rupestre sobre calcário também representam formações relictuais de períodos secos passados. Os afloramentos passaram a ser refúgios de espécies de cactáceas, as quais responderam de forma positiva às novas condições climáticas, no entanto, permaneceram em espaços que possuíam sérias restrições ao armazenamento hídrico (e mais similares às condições em que foram colonizadas) (RODRIGUES; RIBEIRO, 2009). Além disso, esses afloramentos guardam com frequência, registros históricos e pré-históricos como fósseis, objetos arqueológicos e pinturas rupestres (BRINA, 1998).

Inserida no sul do semiárido, no espaço que abrange o Polígono das Secas em função da variabilidade e vulnerabilidade climática e ao regime hidrológico, a área em análise está sujeita a estiagens prolongadas e risco de secas (ANTUNES, 1994; CECS, 2020). No entanto, verificou-se na topossequência, uma drenagem que no passado recente era perene, mas que atualmente, tornou-se intermitente. Junto a isso, as árvores mortas encontradas em campo, principalmente no ambiente mais úmido (MSGR) e os relatos da população da região que confirmam que existiam indivíduos arbóreos muito antigos que estão morrendo nos últimos anos, indicam que a região está se tornando mais seca. O semiárido brasileiro, incluindo o norte de Minas Gerais, já tem enfrentado secas mais intensas e temperaturas mais altas que as normais (IPCC, 2021). Esse fato, juntamente com o avanço do desmatamento na região, tende a agravar a desertificação (TAVARES, DE ARRUDA, DA SILVA, 2021).

Considerando um tempo mais recente, nota-se que algumas décadas de ação antrópica desordenada foram suficientemente responsáveis por uma alteração generalizada, especialmente dos recursos naturais renováveis, deixando marcas bastante claras da magnitude da ação humana como agente transformador das paisagens (BASTOS; CORDEIRO, 2012). Nas últimas décadas, o norte de Minas Gerais tem se firmado como uma

das últimas fronteiras do estado, tanto no que tange ao setor agropecuário, quanto no setor minerário, por meio de campanhas exploratória de diversas *commodities* (CHAVES *et al.*, 2011). O Cerrado é uma das principais regiões de expansão agropecuária do país (ALVES, 2005), no mesmo sentido, em pesquisa realizada acerca das Florestas Estacionais Deciduais no Brasil, Gonçalves (2015) alerta que, por se concentrarem em solos considerados mais ricos e férteis, as Matas Secas, geralmente, encontram-se em zonas de intenso desmatamento para implantação de agricultura, silvicultura e pastagens (WERNECK *et al.*, 2000, DRUMMOND *et al.*, 2005; IEF, 2008), provocando distúrbios severos em suas espécies e habitats (ESPÍRITO SANTO, *et al.*, 2008). Isto corrobora com observações feitas no presente estudo, em que se verificaram poucos fragmentos florestais preservados, principalmente em áreas planas de baixada, além de corte seletivo de árvores com madeira de alto valor econômico, como Aroeira (*Astronium urundeuva*) e Braúna-do-Serão (*Schinopsis brasiliensis*) (KIILL; LIMA, 2011; MARTINELLI; MORAES, 2013).

No entanto, mesmo em fragmentos florestais, a diversidade de solos, de formações e espécies vegetais foram significativas na área de estudo. Assim, Rovedder *et al.* (2014) afirmam que a qualidade dos recursos hidrológicos e edáficos em ambientes frágeis são alguns dos aspectos que comprovam a relevância da conservação dos locais de refúgio florestal. Também vale destacar que áreas florestais tem papel importante no ciclo do carbono (C) (WATSON *et al.*, 2000). Ao alterar ecossistemas naturais para outros tipos de uso da terra, geralmente há redução do estoque de carbono no solo (CALONEGO *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2019), promovendo sua liberação para a atmosfera, não sendo, no decorrer do tempo, restituído na mesma dimensão dos déficits (STÜRMER *et al.* 2011; SANTOS *et al.*, 2019).

O EC nos geoambientes analisados demonstrou grande importância para a conservação do carbono no solo e no ambiente. Destacaram-se os geoambientes: MSGR, CENT e MSAF, que obtiveram, respectivamente, os teores mais elevados de EC total no solo, e mesmo com a declividade da área, a morfogênese e consequente perda de C.org. por erosão não foram significativas. A MSGR é mais úmida e apresentou maior EC, a quantidade mais elevada de C detectada para os solos deste geoambiente, de Floresta Estacional Decidual, é em decorrência da expressiva formação e decomposição da serapilheira, sendo estruturalmente mais complexa e com um maior percentual de biomassa em relação às outras formações (ARRUDA; SCHAEFER; MORAES, 2015). Tendo em vista que a MO é a principal fonte de C.org., Castro Filho *et al.* (1998) destacam a relevância da MO em relação aos atributos físicos do solo, a qual auxilia para a melhoria da porosidade, aeração, infiltração

e armazenamento de água no solo. A agregação do solo favorece o aumento dos estoques de carbono (CASTRO FILHO *et al.* 2002). Já, os estoques mais baixos foram do geoambiente CENR, que possui menores valores de C.org. e exibiu baixo acúmulo de serapilheira. Os principais processos que influenciam a diminuição do C no solo estariam ligados aos processos de erosão, decomposição, volatilização e lixiviação (LAL, 1997).

Ainda nesse sentido, diversos autores constataram que os EC dependem da qualidade do solo e estão diretamente relacionados com a fração mais fina (argila ou silte), por se mostrarem determinantes na estabilização da MO (ADUAN; VILELA; KLINK, 2003; GATTO *et al.*, 2010; NAIR *et al.*, 2011; ROSENDO; ROSA, 2012). O maior teor de argila propicia a formação de agregados estáveis, os quais dificultariam tanto a decomposição quanto a mineralização das frações orgânicas do solo (HASSINK; WHITMORE; KUBÁT, 1997; MATUS; MAIRE, 2000; GATTO *et al.*, 2010). Lal (2007), também afirma que solos mais arenosos tendem a apresentar maior perda de carbono, devido a maior lixiviação, menor agregação das partículas do solo e baixa atividade das argilas. Os solos dos geoambientes analisados são de textura argilo-siltosa a muito argilosa, confirmando a influência dessa área de elevada capacidade de acúmulo de C.org., sendo indispensáveis para manutenção dos serviços ambientais. É importante ressaltar que, pelo solo ser o maior reservatório de carbono nos ecossistemas terrestres, com a conservação e uso adequado do solo, pode-se amenizar os impactos negativos da mudança climática global (MACHADO, 2005).

5. CONCLUSÃO

A heterogeneidade de ambientes da paisagem representativa do norte de Minas Gerais foi representada pela estratificação de seis unidades geoambientais, e a diversidade implicou em diferenças de solo, relevo e vegetação associados. Houve uma separação dos geoambientes pelas características edáficas e a ocorrência de um gradiente de fertilidade. Os geoambientes com Mata Seca, MSAF e MSGR em Nitossolo Vermelho Eutrófico típico, com alta saturação por bases e baixa acidez potencial; já o geoambiente de topo, com fitofisionomia de Cerradão, CENR, com Latossolo Vermelho Distrófico típico, com elevada acidez e altos teores de Al^{3+} ; o geoambiente LAP no afloramento calcário do terço inferior apresentou uma vegetação Rupestre de Lapiá de porte herbáceo-arbustivo associada ao Cambissolo Háplico Tb Eutrófico típico, rico em Ca^{2+} ; os geoambientes MSBX na porção mais baixa da topossequência com Floresta Estacional Decidual sobre Latossolo Vermelho Eutrófico típico e CENT no terço superior com Cerrado típico sobre Cambissolo Háplico Tb

Eutrófico leptofragmentário relacionaram-se com teores intermediários de fertilidade. O geoambiente MSGR apresentou o maior estoque de carbono (EC) no solo. Os geoambientes analisados demonstraram grande importância para a conservação do carbono no solo, o que contribui para a redução de carbono presente na atmosfera.

A região norte de Minas Gerais possui grande diversidade de paisagens, expressa pela heterogeneidade ecológica e ambiental, no entanto, estão ameaçadas por ações antrópicas que favorecem processos severos de degradação dos recursos naturais, que podem culminar em desertificação.

REFERÊNCIAS

AB’SÁBER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012.

ADUAN, R. E.; VILELA, M. de F.; KLINK, C. A. **Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres: o caso do Cerrado brasileiro**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2003.

Documentos, 105. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40543/1/Ciclagem-de-Carbono-em-Ecossistemas-Terrestres-O-Caso-do-Cerrado-Brasileiro-.pdf>. Acesso em: maio 2020.

ALMEIDA, B. G. de; VIANA, J. H. M.; TEIXEIRA, W. G.; DONAGEMMA, G. K. Densidade do solo. In: TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed. Téc.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 65-75.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. de M.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, jan. 2014. Disponível em:

http://www.lerf.eco.br/img/publicacoes/Alvares_etal_2014.pdf. Acesso em: jun. 2019.

<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ALVES, V. E. L. A mobilidade sulista e a expansão da fronteira agrícola brasileira. **Revista de Saúde Pública**, n.2, p.40-68, 2005. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Verde Grande. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2013.

Disponível em:

https://arquivos.ana.gov.br/servicos/planejamento/planoderecursos/20150902_PRH_Verde_Grande.pdf. Acesso em: maio 2019.

ANTUNES, F. Z. Área Mineira do Polígono das Secas; caracterização climática. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 15-19, 1994. Caatinga.

ARAÚJO FILHO, J. C. de. Relação solo e paisagem no Bioma Caatinga. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 14., 201, Dourados. **Dinâmicas socioambientais das inter-relações às interdependências**. Dourados: UFGD, 2011.

Disponível em:

<http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=ad&id=896995&biblioteca=vazio&busca=896995&qFacets=896995&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1>. Acesso em: nov. 2020.

ARRUDA, D. M. **Gradientes edáficos e sua relação com as fitofisionomias do semi-árido meridional brasileiro**. 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

ARRUDA, D. M.; FERREIRA-JÚNIOR, W. G.; DUQUE-BRASIL, R.; SCHAEFER, C. E. G. R. Phytogeographical patterns of dry forests sensu stricto in northern Minas Gerais State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 85, n. 2, p. 623-634, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/aabc/v85n2/0001-3765-aabc-85-02-623.pdf>. Acesso em: fev. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000200011>

ARRUDA, D. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MORAES, M. L. B. de. Relações entre Atributos do Solo e Vegetações da Região Ecotonal do Médio Rio São Francisco, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 1524-1532, nov./dez. 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150241>. Acesso em: 18 Mar. 2020. <https://doi.org/10.1590/01000683rbc20150241>

BALDOTTO, M. A.; VIEIRA, E. M.; SOUZA, D. O.; BALDOTTO, L. E. B. Estoque e frações de carbono orgânico e fertilidade de solo sob floresta, agricultura e pecuária. **Revista Ceres**, v. 62, n. 3, p. 301-309, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/hqdqfpxshLGSZdyGGLzfsmg/?lang=pt>. Acesso em: 19 Mar. 2020. <https://doi.org/10.1590/0034-737X201562030010>

BASTOS, F. de H.; CORDEIRO, A. M. N. Fatores naturais na evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral. **Revista Geonorte**, v. 2, n. 4, p. 464–476, jun. 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.ufam.edu.br/revista-geonorte/article/view/2099>. Acesso em: 22 Ago. 2020.

BIGARELLA, J. J.; AB´SÁBER, A. N. Palaogeographische und Palaoklimatische Aspekte des Kanazoikums in Sudbrasilien. **Ziet. Fur Geomorph.**, Berlin, v. 8, n. 3, p. 286-312, 1964.

BIGARELLA, J. J.; BECKER, R. D.; SANTOS, G. F. dos; **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1994.

BRANDÃO, M. Área Mineira do Polígono das Secas; cobertura vegetal. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 15-19, 1994. Caatinga.

BRANDÃO, M. Caatinga. In: MENDONÇA, M. P.; LINS, L. V. (Eds.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/ Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte, 2000. p. 75-85.

BRASIL. **Lei Nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm. Acesso em: mar. 2021.

BREIDENICH, C.; MAGRAW, D.; ROWLEY, A.; RUBIN, J. W. The Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change. **American Journal of International Law**, Cambridge, v. 92, n. 2, p. 315-331, abr. 1998. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/journals/american-journal-of-international-law/article/abs/kyoto-protocol-to-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change/963B9A4FEED7342563BFE2A5B17AD188>. Acesso em: abr. 2020. <https://doi.org/10.2307/2998044>

BRINA, A. L. **Aspectos da dinâmica da vegetação associada a afloramentos calcários na APA carste de Lagoa Santa, MG**. 1998. 119 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1998.

BUENO, M. L.; DEXTER, K. G.; PENNINGTON, R. T.; PONTARA, V.; NEVES, D. M.; RATTER, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. The environmental triangle of the Cerrado Domain: Ecological factors driving shifts in tree species composition between forests and savannas. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 5, p. 2109-2120, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12969>

CALONEGO, J. C. SANTOS, C. H. dos; TIRITAN, C. S.; CUNHA JÚNIOR, J. R. Estoques de carbono e propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v. 25, n. 2, p. 128-135, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2078>. Acesso em: abr. 2020.

CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. de; RIBEIRO FILHO, M. R.; OLIVEIRA, I. A. de. Interferências dos pedoambientes nos atributos do solo em uma topossequência de transição Campos/Floresta. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 4, p. 527-535, out./dez. 2010. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000400004>

CÂNDIDO, M. de O.; BEATO, D. A. C.; FIUME, B.; SCUDINO, P. C. B.; CARNEIRO, F. A.; NASCIMENTO, F. M. de F.; COUTINHO, M. M.; ALMEIDA, C. S. C. de.; SOCORRO, A. S.; SANTANA, M. S.; RIBEIRO, R. S.; CORDEIRO, B. H. de O. L. **Projeto Águas do Norte de Minas - PANM: Estudo da Disponibilidade Hídrica Subterrânea do Norte de Minas Gerais**. Relatório de integração. Belo Horizonte: CPRM, 2019b.

CÂNDIDO, M. de O.; FIUME, B.; CARNEIRO, F. A.; NASCIMENTO, F. M. de F.; COUTINHO, M. M.; SOCORRO, A. S.; SANTANA, M. S.; RIBEIRO, R. S.; CORDEIRO, B. H. de O. L. **Atlas Cartográfico Projeto Águas do Norte de Minas (PANM): Síntese do estudo da disponibilidade hídrica subterrânea**. Belo Horizonte: CPRM, 2019a.

CARDOSO, J. M. A. A região Norte de Minas Gerais: um estudo da dinâmica de suas transformações espaciais. *In*: OLIVEIRA, M. F. M. de; RODRIGUES, L. (Orgs.). **Formação social e econômica do Norte de Minas**. Montes Claros: Editora Unimontes, 2000.

CARVALHO JUNIOR, W. **Classificação supervisionada de pedopaisagens do domínio dos mares de morros utilizando Redes Neurais Artificiais**. 2005. 143 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2005. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/10972>. Acesso em: 16 Mar. 2020.

CASTRO FILHO, C.; LOURENÇO, A.; GUIMARÃES, M. de F.; FONSECA, I. C. B. Aggregate stability under different soil management systems in a red latosol in the state of

Paraná, Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 65, n. 1, p. 45-51, abr. 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167198701002756>. Acesso em: nov. 2020. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(01\)00275-6](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(01)00275-6)

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 22, n. 3, p. 527-538, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v22n3/19.pdf>. Acesso em: nov. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-06831998000300019>

CBHSF – COMITÊ DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO. **Comitês de Afluentes**. Informações dos dezoito Comitês de Afluentes da bacia do rio São Francisco. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/comites-de-afluentes/>. Acesso em: maio 2019.

CECS – CENTRO DE ESTUDOS DE CONVIVÊNCIA COM O SEMIÁRIDO. Semiárido Mineiro. **Polígono das Secas em Minas Gerais**. 2020. Disponível em: <http://www.cecs.unimontes.br/index.php/pt/semiario/poligono-das-secas>. Acesso em: nov. 2020.

CHASE, M. W.; BYNG, J. W.; CHRISTENHUSZ, M. J. M.; FAY, M. F.; JUDD, W. S.; MABBERLEY, D. J.; SENNIKOV, A. N.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; STEVENS, P. F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016. Disponível em: <https://academic.oup.com/botlinnean/article/181/1/1/2416499>. Acesso em: out. 2019. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

CHAVES, M. L. de S. C.; ANDRADE, K. W. **Geologia e recursos minerais da folha Montes Claros SE. 23-XA-VI**: Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2014. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/18279>. Acesso em: maio 2019.

CHAVES, M. L. de S. C.; ANDRADE, K. W.; BENITEZ, L. Geologia integrada das Folhas Jequitaiá, Bocaiúva e Montes Claros (1:100.000), norte de Minas Gerais. **Geonomos**, v. 19, n. 2, p. 1-7, 2011. Edição especial – 30 anos do CPMTC. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11757>. Acesso em: mar. 2020.

CNCFLORA – CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA. **Projeto Lista Vermelha**. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/>. Acesso em: mar. 2021.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geocologia: O Clima, os Solos e a Biota. *In*: ROSS, J. L. S. (Org.). **Geografia do Brasil**. 5. ed. rev. e ampl. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003. p. 67-208.

DIAS, H. C. T.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L. E. F.; VENTORIM, L. B. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte-MG. **Revista Árvore [online]**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 777-786, nov./dez. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600014>. Acesso em: 15 Maio 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600014>

DINIZ, M. T. M.; OLIVEIRA, G. P. de. Compartimentação e Caracterização Geoambiental do Seridó Potiguar. **Brazilian Geographical Journal**, Ituiutaba, v. 6, n. 1, p. 291-318, jan./jun. 2015. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/braziliangeojournal/article/view/28895>. Acesso em: 14 Mar. 2020.

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. (Eds). **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.

DURIGAN, G. Métodos para análise de vegetação arbórea. *In*: CULLEN JUNIOR, L.; RUDRAN, R.; VALLADARES-PÁDUA, C. Organizadores. **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR: Fundação Boticário de Proteção à Natureza, 2003.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; OLIVEIRA FILHO, A. T. de; MACHADO, E. L. M.; SOUZA, J. S.; FONTES, M. A. L.; MARQUES, J. J. G. S. M. Variáveis ambientais e a distribuição de espécies arbóreas em um remanescente de floresta estacional semidecídua montana no campus da Universidade Federal de Lavras, MG. **Acta Botanica Brasílica**, São Paulo, v. 16, n. 3, p. 331-351, jul./set. 2002. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-33062002000300006&script=sci_arttext. Acesso em: maio 2020.
<https://doi.org/10.1590/S0102-33062002000300006>

ESPÍRITO-SANTO, M. M.; SEVILHA, A. C.; ANAYA, F.; BARBOSA, R.; FERNANDES, G. W.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, A.; SCARIOT, A. O.; NORONHA, S. E.; SAMPAIO, C. A. Sustainability of tropical dry forests: Two case studies in southeastern and central Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 6, p. 922-930, set. 2009. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112709000334?casa_token=ykY-4UZC14UAAAAA:qMYudnthaSY1uC1Sumypp88XK-pbw9gmZjDh3HLnph9Qx8-zwkjlqulfBCTggzfT5d1TxW0bw1qP. Acesso em: jun. 2020.

ESPÍRITO-SANTO, M. M.; FAGUNDES, M.; SEVILHA, A. C.; SCARIOT, A. O.; SÁNCHEZ-AZOFEIFA, A.; NORONHA, S. E.; FERNANDES, G. W. Florestas estacionais decíduas brasileiras: distribuição e estado de conservação. **MG Biota**, v. 1, n. 2, p. 5-13, 2008.

FELIX, I. M.; KAZMIERCZAK, M. L.; ESPINDOLA, G. M. Rapideye: a nova geração de satélites de Observação da Terra. *In*: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, abr. 2009, Natal. **Anais...** INPE, abr. 2009, p. 7619-7622. Disponível em: <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.17.14.18/doc/7619-7622.pdf>. Acesso em: mar. 2020.

FERREIRA-JÚNIOR, W. G.; SILVA, A. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MEIRA NETO, J. A. A.; DIAS, A. S.; IGNÁCIO, M.; MEDEIROS, M. C. M. P. Influence of soils and topographic gradients on tree species distribution in a brazilian atlantic tropical semideciduous forest. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 64, n. 2, p. 137-157, jul. 2007. Disponível em: <http://www.leep.ufv.br/en-US/publicacao/influence-of-soils-and-topographic-gradients-on-tree-species-distribution-in-a-brazilian-atlantic-tropical-semideciduous-forest>. Acesso em: out. 2020. <https://doi.org/10.1017/S0960428607000832>

FIDALGO, E. C. C.; BENITES, V. de M.; MACHADO, P. L. O. de A.; MADARI, B. E.; COELHO, M. R.; MOURA, I. B. de; LIMA, C. X. de. **Estoque de carbono nos solos do Brasil**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 121.

FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: fev. 2020.

FONSECA, R. S.; VIEIRA, M.F. **Coleções botânicas com enfoque em Herbário**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Rubia-Fonseca-2/publication/280004435_Colecoes_botanicas_com_enfoque_em_herbario/links/55a314a208ae1c0e04653520/Colecoes-botanicas-com-enfoque-em-herbario.pdf. Acesso em: out. 2019.

GATTO, A.; BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F.; SILVA, I. R. da; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; VILLANI, E. M. de A. Estoques de carbono no solo e na biomassa em plantações de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 34, p. 1069-1079, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbcs/v34n4/07.pdf>. Acesso em: 23 Ago. 2020.
<https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400007>

GONÇALVES, T. S. A floresta estacional decidual no Brasil: distribuição geográfica e influência dos aspectos pedogeomorfológicos na vegetação. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 144-153, jan-abr. 2015. Disponível em: Acesso em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/15213>. 18 Set. 2020.
<https://doi.org/10.5902/2236130815213>

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Orgs.). **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. p. 337-379.

HAIR JR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Tradução de Adonai Schlup Sant'Anna. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HASSINK, J.; WHITMORE, A. P.; KUBÁT, J. Size and density fractionation of soil organic matter and the physical capacity of soils to protect organic matter. **European Journal of Agronomy**, v. 7, ed. 1-3, p. 189-199, 1997. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1161030197000452>. Acesso em: maio 2020. [https://doi.org/10.1016/S1161-0301\(97\)00045-2](https://doi.org/10.1016/S1161-0301(97)00045-2)

HEINECK, C. A.; LEITE, C. A. S.; SILVA, M. A. da; VIEIRA, V. S. (Orgs.). **Mapa Geológico do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: COMIG; CPRM, 2003. Escala 1:1.000.000. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/5016?show=full>. Acesso em: fev. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Manual técnico de pedologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Limite Cerrado-Caatinga. In: _____. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil**: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro:

IBGE, 2019. Série Relatórios Metodológicos volume 45. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>. Acesso em: fev. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de climas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/15817-clima.html?=&t=downloads>. Acesso em: maio 2019.

IBISCH, P. L.; RAUER, G.; RUDOLPH, D.; BARTHLOTT, W. Floristic, biogeographical, and vegetational aspects of Pre-Cambrian rock outcrops (inselbergs) in eastern Bolivia. **Flora**, v. 190, n. 4, p. 299-314, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0367253017306709>. Acesso em: fev. 2021. [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30670-9](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30670-9)

IEF- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. Parque Estadual da Mata Seca: ecologia, ocupação humana do entorno e conservação. **MG Biota**: Belo Horizonte: IEF, v. 1, n. 2, jun./jul. 2008. Boletim Técnico Científico da Diretoria de Biodiversidade do IEF - MG. Disponível em: http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/MGBIOTA/mgbiota02_062008.pdf. Acesso em: nov. 2020.

IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 39, n.2, p. 256-266, jun. 2009. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7661>. Acesso em: fev. 2020. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2009392256266>

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normal Climatológicas do Brasil 1981-2010. **Precipitação Acumulada (mm)**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: maio 2019.

IPCC – THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: ago. 2021.

JABOT. **Banco de dados da Flora Brasileira**. JBRJ - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://jabot.jbrj.gov.br/>. Acesso em: out. 2019.

JACOMINE, P.K. T.; CAVALCANTI, A. C.; FORMIGA, R. A.; SILVA, F. B. R. e; BURGOS, N.; MEDEIROS, L. A. R.; LOPES, O. F.; MELO FILHO, H. F. R. de; PESSÔA, S. C. P.; LIMA, P. C. **Levantamento exploratório - reconhecimento de solos do Norte de Minas Gerais**: área de atuação da SUDENE. Recife: EMBRAPA/SNLCS – SUDENE/DRN, 1979.

JENNY, H. **Factors of Soil Formation**: a system of quantitative pedology. McGraw-Hill, New York, 1941. <https://doi.org/10.1097/00010694-194111000-00009>

KIILL, L. H. P.; LIMA, P. C. F. **Plano de manejo para espécies da Caatinga ameaçadas de extinção na Reserva Legal do Projeto Salitre**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011.

Documentos, 243. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/54776/1/SDC243.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

KÖPPEN, W. *Climatologia: com un estudio de los climas de la tierra*. México: Fondo de Cultura Economica, 1948.

KUCHENBECKER, M.; COSTA, R. D. da. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa. **Projeto Norte de Minas: Folha Capitão Enéas (SE.23-X-A-III) Escala 1:100.000**. 2014. Programa mapeamento geológico do estado de Minas Gerais.

LAL, R. Carbon management in agricultural soils. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v. 12, n. 2, p. 303-322, fev. 2007. Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-006-9036-7>. Acesso em: maio 2020.

<https://doi.org/10.1007/s11027-006-9036-7>

LAL, R. Soil processes and greenhouse effect. *In*: LAL, R.; BLUM, W. H.; VALENTINE, C.; STEWART, B. A. (Eds.). **Methods for assessment of soil degradation**. Boca Raton: CRC Press, 1997. p. 199-212. (Advances in Soil Science, 9).

LEITE, M. E.; SANTOS, I. S.; ALMEIDA, J. W. L. Mudança de uso do solo na bacia do rio Vieira, em Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 779-792, 2011. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/558b/ef8f5db0935c57169c6949700cbe92615cdc.pdf>. Acesso em: maio 2019.

MACHADO, P. L. de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global.

Química Nova, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 329-334, mar./abr. 2005. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200026>. Acesso em: 19 Mar. 2020.

<https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200026>

MARIANO, G. V. P.; SILVA, V. P. G. da; SANTOS, L. C. da S.; PIRES, W. K. L.; CARMO, M. de C. A. do; VALE, V. S. do. Estrutura e dinâmica comparativa entre cerradão distrófico e mesotrófico. **Agropecuária Científica no Semiárido (ACSA)**, Patos-PB, v. 15, n. 3, p. 184-190, 2019. Edição Especial VI CONEFLO. Disponível em:

<http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/1174>. Acesso em: nov. 2020.

<https://doi.org/10.30969/acsa.v15i3.1174>

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. (Orgs.). Tradução Flávia Anderson. **Livro Vermelho da flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://ckan.jbrj.gov.br/dataset/23f2e24c-5676-4acd-83f0-03621cba4364/resource/1c77ec02-b490-4caa-83dc-33a418488c70/download/livro-vermelho-da-flora-do-brasil--2013.pdf>. Acesso em: out. 2020.

MARTÍNEZ, M. I. **Estratigrafia e tectônica do Grupo Bambuí no norte do estado de Minas Gerais**. 2007. 147f. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MARTINS, A. K. E.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, E.; SOARES, V. P.; CORRÊA, G. R.; MENDONÇA, B. A. F. de. Relações solo-geoambiente em áreas de ocorrências de Ipucas na planície do Médio Araguaia - Estado de Tocantins. **Revista Árvore [online]**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 297-310, mar./abr. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200017>. Acesso em: 10 Abr. 2020.

<https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200017>

MATUS, F. J.; MAIRE G. C. R. Relación entre la matéria orgánica del suelo, textura del suelo y tasas de mineralización de carbono y nitrógeno. **Agric. Técnica**, Chillán, v. 60, n. 2, p. 112-126, abr. 2000. Disponível em:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072000000200003.

Acesso em: maio 2020. <https://doi.org/10.4067/S0365-28072000000200003>

MEIRELES, H. T.; MARQUES JÚNIOR, J.; CAMPOS, M. C. C.; PEREIRA, G. T. Relações solo-paisagem em topossequência de origem basáltica. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 129-136, abr./jun. 2012. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200001>. Acesso em: 15 Mar. 2020.

<https://doi.org/10.1590/S1983-40632012000200001>

MELO, P. H. A. de; LOMBARDI, J. A.; SALINO, A.; CARVALHO, D. A. de. Composição florística de angiospermas no carste do Alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil.

Rodriguésia, Rio de Janeiro, v. 64, n.1, p. 29-52, jan./mar. 2013. Disponível em:

<https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000100004>. Acesso em: 13 Abr. 2020.

<https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000100004>

MENDONÇA, B. A. F.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F. N. B.; VALE JUNIOR, J. F. do; LISBOA, B. de A. R.; MENDONÇA, J. G. F. de. Solos e geoambientes do Parque Nacional do Viruá e entorno, Roraima: visão integrada da paisagem e serviço ambiental. **Ciências Florestal [online]**, Santa Maria, vol.23, n.2, p.427-442, abr./jun. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198050989287>. Acesso em: 18 de Mar. 2020.

<https://doi.org/10.5902/198050989287>

MOREIRA, G. F.; OLIVEIRA, F. S. de; FRANÇA, M. M.; SOUZA, E. de; FARIA, A. L. L. de. Estratificação ambiental numa topossequência no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro – MG. **Cadernos de Geografia**, v. 15, n. 24, 2005, 78-98.

MOREIRA, H. F. “**Se for pra morrer de fome, eu prefiro morrer de tiro**”: o Norte de Minas e a formação de lideranças rurais. 2010. 129 f. Dissertação (Mestrado de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade). Instituto de Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2010. Disponível em: <http://institucional.ufrj.br/portalcpsda/files/2018/08/2010.dissertacao.HUGO-FONSECA-MOREIRA.pdf>. Acesso em: 19 Maio 2020.

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de Levantamento do componente arbóreo-arbustivo. In: FELFILI, J. M. EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A. (eds.). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos**. Editora UFV, Viçosa, p. 174-212, 2011.

MUNSELL. **Munsell soil-color chats**. Baltimore: Munsell Color Company, 2009.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. A. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547p.

NAIR, P. K. R.; TONUCCI, R. G.; GARCIA, R.; NAIR, V. D. Silvopasture and carbono sequestration with special reference to the Brazilian Savanna (Cerrado). *In*: KUMAR, B. M.; NAIR, P. K. R. (Eds.). **Carbon sequestration potential of agroforestry systems: opportunities and challenges**. Dordrecht: Springer, 2011. p. 145-162. (Advances in Agroforestry, 8). Disponível em:
https://www.researchgate.net/publication/226889512_Silvopasture_and_Carbon_Sequestration_with_Special_Reference_to_the_Brazilian_Savanna_Cerrado. Acesso em: maio 2020.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-1630-8_8

NAKASHIMA, M. R.; ALVES, G. B.; BARREIROS, A. M.; QUEIROZ NETO, J. P. Dos solos à paisagem: uma discussão teórico-metodológica. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**, v. 13, n. 20, p. 30-52, jan./abr. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5418/RA2017.1320.0003>. Acesso em: 18 Mar. 2020.
<https://doi.org/10.5418/RA2017.1320.0003>

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. (Orgs.). **Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. Disponível em:
<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=280951&view=detalhes>. Acesso em: maio 2019.

NOGUEIRA, M. C. R. **Gerais a dentro e a fora: identidade e territorialidade entre Geraizeiros do Norte de Minas Gerais**. 2009. 233 f. Tese (Doutorado em Antropologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009. Disponível em:
https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/4614/1/2009_MonicaCeleidaRabeloNogueira.pdf. Acesso em: 11 Mar. 2020.

NUNES, F. C.; VILAS BOAS, G. da S.; SILVA, E. F. da. **Mudanças climáticas e seus reflexos na paisagem do quaternário: primeiras reflexões**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. Documentos 157. Disponível em:
<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/950779>. Acesso em: nov. 2020.

OLIVEIRA, E. S.; REATTO, A.; ROIG, H. L. Estoques de carbono do solo segundo os componentes da paisagem. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 32, n.1/2, p. 71-93, jan./ago. 2015. Disponível em:
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/138868/1/Estoques-de-carbono-do-solo.pdf>. Acesso em: abr. 2020.

OLIVEIRA, R. B. de; GODOY, S. A. P. de. Composição florística dos afloramentos rochosos do Morro do Forno, Altinópolis, São Paulo. **Biota Neotropica**, v. 7, p. 37-47, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/sjR5bzYKsJCvnr3wYvjcb3C/?lang=pt>. Acesso em: fev. 2021. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032007000200004>

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. *In*: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R. J. (Eds.). **The cerrados of Brazil**. New York, NY: Columbia University Press, 2002. p. 91-120.
<https://doi.org/10.7312/oliv12042-007>

PEDRALLI, G. Florestas secas sobre afloramentos de calcário em Minas Gerais: florística e fisionomia. **Bios: Cadernos do Departamento de Ciências Biológicas da PUC Minas**, Belo Horizonte, v. 5, n. 5, p. 81-88, 1997.

PILO, L. B. Geomorfologia cárstica. Revisão de literatura. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Brasília, v. 1, n. 1, p. 88-102, jan./dez. 2000. Disponível em: <http://lsie.unb.br/rbg/index.php/rbg/article/view/73>. Acesso em: maio 2019. <https://doi.org/10.20502/rbg.v1i1.73>

PIRES, F. R. M. Arcabouço Geológico. *In*: CUNHA S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

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

RATTER, J. A. Transition between cerrado and forest vegetation in Brazil. *In*: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (Eds.) **Nature and dynamics of forest-savanna boundaries**. London: Chapman & Hall, 1992. p. 417-429.

RESENDE, M.; CURI, N.; REZENDE, S. B.; CORRÊA, G. F.; KER, J. C. **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 6. ed. rev. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2014.

RESENDE, M.; REZENDE, S. B. Levantamento de solos: uma estratificação de ambientes. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 105, p. 3-25, 1983.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG), 1999.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds.). **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados / Embrapa Informação Tecnológica, 2008. p. 152-212.

RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos ecológicos, sociológicos e florísticos**. Revisado por Cecília M. Rizzini. 2. ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1997.

RODRIGUES, B. D.; RIBEIRO, C. M. Aplicação da teoria dos refúgios ecológicos sobre a flora rupestre de Lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil. *In*: Encontro de Geógrafos da América Latina, 12., 2009, Montevidéo, 2009. **Anais...** Montevidéo, Uruguai. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Impactoambiental/73.pdf>. Acesso em: nov. 2020.

RODRIGUES, P. M. S. **Geoambientes e relação solo-vegetação no Parque Estadual Caminho dos Gerais, Serra Geral, Norte de MG**. 2015. 93f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

RODRIGUES, P. M. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; CORRÊA, G. R.; CAMPOS, P. V.; NERI, A. V. Solos, relevo e vegetação determinam os geoambientes de unidade de conservação do norte de Minas Gerais, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo-RS, v. 10, n. 1, p.31-42, jan./abr. 2015. Disponível em:

<http://revistas.unisinos.br/index.php/neotropical/article/view/nbc.2015.101.05/4495>. Acesso em: maio 2020. <https://doi.org/10.4013/nbc.2015.101.05>

ROSENDO, J. dos S.; ROSA, R. Comparação do estoque de C estimado em pastagens e vegetação nativa de cerrado. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia-MG, v. 24, n. 2, p. 359-376, maio/ago. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/sn/v24n2/14.pdf>. Acesso em: maio 2020. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132012000200014>

ROSS, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídio para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2006.

ROVEDDER, A. P. M.; ALMEIDA, C. M. de; ARAUJO, M. M.; TONETTO, T. da S. SCOTTI, M. S. V. Relação solo-vegetação em remanescente da floresta estacional decidual na Região Central do Rio Grande do Sul. **Ciências Rural [online]**, Santa Maria, vol.44, n.12, p. 2178-2185, dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130698>. Acesso em: 10 Abr. 2020. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20130698>

SANTANA, H. M. de P.; LACERDA, M. P. C.; BARROS, M. A.; BARBOSA, I. O. Unidades pedoambientais da região de Santa Tereza, estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 40, n. 1, p. 8-19, jan./mar. 2010. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/3839>. Acesso em: 22 Maio 2020. <https://doi.org/10.5216/pat.v40i1.3839>

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, K. F. dos; BARBOSA, F. T.; BERTOL, I.; WERNER, R. de S.; WOLSCHICK, N. H.; MOTA, J. N. Teores e estoques de carbono orgânico do solo em diferentes usos da terra no Planalto Sul de Santa Catarina. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages-SC, v. 18, n. 2, p. 222-229, 2019. Disponível em: <https://revistas.udesc.br/index.php/agroveterinaria/article/view/13103>. Acesso em: maio 2020. <https://doi.org/10.5965/223811711812019222>

SANTOS, R. D. dos; SANTOS, H. G. dos; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. dos. SHIMIZU, S. H. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 7. ed. rev. e ampl. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS), 2015.

SANTOS, R. M. dos; VIEIRA, F. de A.; FAGUNDES, M.; NUNES, Y. R. F.; GUSMÃO, E. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.135-144, jan./fev. 2007a. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rarv/v31n1/15.pdf>. Acesso em: fev. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100015>

SANTOS, R. M. dos; VIEIRA, F. de A.; GUSMÃO, E.; NUNES, Y. R. F. Florística e estrutura de uma floresta estacional decidual, no Parque Municipal da Sapucaia, Montes Claros (MG). **Cernea**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 248-256, jul./set. 2007b. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74413302.pdf>. Acesso em: fev. 2020.

SCARIOT, A.; SEVILHA, A. C. Biodiversidade, estrutura e conservação de florestas estacionais decíduas no cerrado. *In*: SCARIOT, A.; SOUSA-SILVA, J. C.; FELFILI, J. M. (Eds.). **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. P. 122-139.

SCHAEFER, C. E. G. R. Ecogeography and human scenario in northeast Roraima, Brazil. **Ciência e Cultura (SBPC)**, São Paulo, v. 49, n. 4, p. 241- 252, 1997.

SCHAEFER, C. E. G. R.; ALBUQUERQUE, M. A.; CHARMELO, L. L.; CAMPOS, J. C. F.; SIMAS, F. B. Elementos da paisagem e a gestão da qualidade ambiental. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 21, n. 202, p. 20-44, jan./fev. 2000.

SCHAEFER, C. E. G. R.; CAMPOS, P. V.; CANDIDO, H. G.; CORRÊA, G. R.; FARIA, R. M.; VALE JUNIOR, J. F. do. Serras e pantanais arenosos: solos e geoambientes em unidade de conservação da Amazônia, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 15, p. 43-69, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/neotropical.15.e49221>. Acesso em: 15 Mar. 2020. <https://doi.org/10.3897/neotropical.15.e49221>

SCHAEFER, C. E. G. R.; CÂNDIDO, H. G.; CORRÊA, G. R.; PEREIRA, A.; NUNES, J. A.; SOUZA, O. F.; MARINS, A.; FERNANDES FILHO, E.; KER, J. C. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Brasil: uma revisão crítica e papel ecológico de termiteiros. **Geossistemas Ferruginosos do Brasil**. (Eds FF do Carmo and LHY Kamino), p. 77-102, 2015.

SCHAEFER, C. E. G. R.; LIMA NETO, E. de; CORRÊA, G. R.; SIMAS, F. N. B.; CAMPOS, J. F.; MENDONÇA, B. A. F. de; NUNES, J. A. Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, Belém, v. 11, n. 1, p. 85-101, jan./abr. 2016.

SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. (Eds). **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA/IEF, 2006.

SILVA, F. G. Análise integrada da vulnerabilidade ambiental: risco de movimento de massa na cidade de Montes Claros/MG. **OKARA: Geografia em debate**, v. 13, n. 2, p. 561-574, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/45835>. Acesso em: maio 2019.

SILVA, M. L. da. A Dinâmica de Expansão e Retração de Cerrados e Caatingas no Período Quaternário: Uma Análise Segundo a Perspectiva da Teoria dos Refúgios e Redutos Florestais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 11, p. 57-73, dez. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232642>. Acesso em: 11 Set. 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v4i1.232642>

SILVA, M. L. da. Mapeamento de superfícies aplainadas no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 09, n. 02, p. 526-545, mar./abr. 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233692/27269>. Acesso em: fev. 2020. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.2.p526-545>

SIMÕES, D. F. de F. **Pedogênese e propriedades físicas, químicas, morfológicas de solos e murundus no Médio Jequitinhonha, Minas Gerais**. 2012. 89 f. Tese (Doutorado em Fertilidade do solo e nutrição de plantas; Gênese, Morfologia e Classificação, Mineralogia,

Química,) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/1643>. Acesso em: 13 Set. 2020.

SPECIESLINK. **Banco de Dados**. Disponível em: <http://www.splink.org.br/>. Acesso em: fev. 2020.

STÜRMER, S. L. K.; ROSSATO, O. B.; COPETTI, A. C. C.; SANTOS, D. R. dos; CALEGARI, A.; BRUM, B. Variações nos teores de carbono orgânico em função do desmatamento e revegetação natural do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 241-250, abr.-jun., 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cflo/v21n2/1980-5098-cflo-21-02-00241.pdf>. Acesso em: abr. 2020. <https://doi.org/10.5902/198050983228>

TAVARES, V. C.; DE ARRUDA, Í. R. P.; DA SILVA, D. G. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **Geosul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/2177-5230.2019v34n70p385/38526>. Acesso em: ago. 2021. <https://doi.org/10.5007/2177-5230.2019v34n70p385>

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed. Téc.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TEIXEIRA, R. D. B. L. **Diversos olhares sobre a paisagem da mata seca de Santana da Serra-MG: Relações solo-vegetação e etnoecologia**. 2012. 169 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichester: John Wiley & Sons, 1994.

TRICART, J.; KIEWITDEJONGE, C. **Ecogeography and rural management: a contribution to the international geosphere-biosphere programme**. Harlow: Longman Scientific, 1992.

UFV – UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA; CETEC – CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS; UFLA – UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS; FEAM – FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte: FEAM, 2010. Escala: 1:650.000. Disponível em: http://www.dps.ufv.br/?page_id=742. Acesso em: fev. 2020.

VELÁSQUEZ, L. N. M. (Coord.). **Investigação hidrogeológica do Flúor em aquíferos carbonáticos do Médio São Francisco, MG, e epidemiologia da fluorose dentária associada**. Belo Horizonte: UFMG, 2007. Relatório CNPq.

WATSON, R. T.; NOBLE, I. R.; BOLIN, B.; RAVINDRANATH, N. H.; VERARDO, D. J.; DOKKEN, D. J. (Eds). Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Special Report. **Land Use, Land-Use Change and Forestry**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/land-use-land-use-change-and-forestry/>. Acesso em: maio 2020.

WERNECK, M. S; FRANCESCHINELLI, E. V; TAMEIRÃO NETO, E. Mudanças na florística e estrutura de uma floresta decídua durante um período de quatro anos (1994-1998),

na região do triângulo mineiro, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 4, p. 401-413, 2000. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042000000400006>

APÊNDICES
DADOS COMPLEMENTARES DO CAPÍTULO 1

APÊNDICE A – Resultados das análises físicas dos perfis de solos representativos dos geoambientes amostrados

Horizonte	Profundidade	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	AG/AF	SI/AR	DS	Classe Textural
	cm	úmida	g kg ⁻¹						g cm ⁻³	
P1 (MSBX) - Mata Seca de Baixada - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico										
A	0-28	2,5 YR 3/3	149	226	146	478	0.66	0.31	1.33	Argila
BA	28-44	2,5 YR 3/4	94	202	147	557	0.47	0.26	1.39	Argila
Bw	44-80+	2,5 YR 4/4	87	183	105	624	0.48	0.17	1.46	Muito Argilosa
P2 (LAP) - Lapiá - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico										
A	0-24	10 YR 4/2	155	40	316	489	3.88	0.65	1.40	Argila
Bi	24-55	10 YR 4/3	92	44	352	512	2.09	0.69	1.34	Argila
BC	55-66+	10 YR 4/3	96	47	347	510	2.04	0.68	1.50	Argila
P3 (MSAF) - Mata Seca com Afloramento Calcário - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico										
A	0-18	2,5 YR 3/2	27	22	445	507	1.23	0.88	0.96	Argilo-Siltosa
AB	18-35	2,5 YR 4/3	29	16	434	521	1.81	0.83	1.35	Argilo-Siltosa
B	35-70+	2,5 YR 4/4	25	12	329	633	2.08	0.52	1.55	Muito Argilosa
P4 (MSGR) - Mata Seca de Grotta - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico										
A	0-18	2,5 YR 3/2	70	39	381	510	1.79	0.75	0.95	Argila
B1	18-47	2,5 YR 4/4	57	34	278	632	1.68	0.44	1.38	Muito Argilosa
B2	47-70+	2,5 YR 3/3	44	40	351	564	1.10	0.62	1.56	Argila
P5 (CENT) - Cerrado de Encosta - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico leptofragmentário										
A	0-17	5 YR 4/3	49	35	473	444	1.40	1.07	1.16	Argilo-Siltosa
BA	17-38	5 YR 4/4	55	29	426	490	1.90	0.87	1.35	Argilo-Siltosa
Bi	38-65	5 YR 4/6	28	16	425	531	1.75	0.80	1.43	Argilo-Siltosa
BC	65-80+	2,5 YR 4/6	12	10	436	541	1.20	0.81	1.33	Argilo-Siltosa
P6 (CENR) - Cerrado Encarrascado em Chapada - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico										
A	0-15	2,5 YR 4/4	176	237	44	544	0.74	0.08	1.04	Argila
BA	15-27	2,5 YR 4/6	146	209	47	598	0.70	0.08	1.05	Argila
Bw	27-70+	2,5 YR 4/4	140	232	42	586	0.60	0.07	1.07	Argila

AG/AF - relação areia grossa/areia fina; SI/AR - relação silte/argila; DS - densidade do solo.

Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

APÊNDICE B – Resultados das análises químicas dos perfis de solos representativos dos geoambientes amostrados

Hor./Prof.	pH	pH	ΔpH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	H ₂ O	KCl			mg kg ⁻¹			cmolc kg ⁻¹					%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹					
P1 (MSBX) - Mata Seca de Baixada - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																						
A (0-28)	5.70	4.73	-0.97	1.80	111.33	0.00	5.14	0.74	0.00	3.59	6.17	6.17	9.76	63.2	0.0	0.00	5.05	36.9	0.55	84.04	3.32	3.48
BA (28-44)	6.35	4.94	-1.41	0.51	12.01	35.18	4.32	0.70	0.00	1.89	5.20	5.20	7.09	73.4	0.0	2.16	2.13	33.5	0.88	78.61	9.61	1.22
Bw (44-80+)	6.74	4.77	-1.97	1.01	6.73	119.03	3.04	0.46	0.00	1.51	4.04	4.04	5.56	72.8	0.0	9.31	1.33	26.2	1.01	59.87	16.90	0.77
P2 (LAP) - Lapiá - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico																						
A (0-24)	6.66	5.49	-1.17	1.22	64.95	0.00	12.73	0.61	0.00	1.42	13.50	13.50	14.92	90.5	0.0	0.00	4.39	29.9	0.68	45.77	7.41	0.63
Bi (24-55)	7.05	5.77	-1.28	0.26	20.93	0.00	11.77	0.16	0.00	0.70	11.98	11.98	12.68	94.5	0.0	0.00	1.86	21.1	0.42	11.34	3.66	0.22
BC (55-66+)	7.14	5.93	-1.21	0.18	23.08	0.00	12.74	0.17	0.00	0.71	12.97	12.97	13.68	94.8	0.0	0.00	1.46	21.2	0.45	17.13	4.97	0.17
P3 (MSAF) - Mata Seca com Afloramento Calcário - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																						
A (0-18)	7.46	6.41	-1.05	3.22	269.77	0.00	15.39	2.23	0.00	1.45	18.31	18.31	19.77	92.7	0.0	0.00	9.58	36.5	0.70	116.93	8.30	4.86
AB (18-35)	7.12	5.66	-1.46	0.53	91.89	0.00	11.05	1.33	0.00	1.68	12.62	12.62	14.30	88.3	0.0	0.00	4.79	30.2	0.67	44.97	4.42	1.37
B (35-70+)	6.85	5.20	-1.65	0.16	32.77	0.00	8.45	0.86	0.00	1.56	9.39	9.39	10.94	85.8	0.0	0.00	2.13	28.3	0.93	31.70	15.65	0.53
P4 (MSGR) - Mata Seca de Grotta - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																						
A (0-18)	7.35	6.49	-0.86	5.49	232.43	0.00	15.08	2.30	0.00	0.65	17.97	17.97	18.62	96.5	0.0	0.00	13.97	38.40	0.36	86.08	6.35	5.60
B1 (18-47)	7.01	5.85	-1.16	1.50	158.33	0.00	9.72	1.38	0.00	0.92	11.52	11.52	12.43	92.6	0.0	0.00	3.72	37.70	0.32	47.50	5.83	1.67
B2 (47-70+)	7.03	5.69	-1.34	0.31	136.60	0.00	8.30	1.23	0.00	1.01	9.88	9.88	10.89	90.7	0.0	0.00	3.72	31.80	0.26	43.23	5.74	1.78
P5 (CENT) - Cerrado de Encosta - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico leptofragmentário																						
A (0-17)	6.79	5.64	-1.15	1.67	200.60	0.00	8.36	2.07	0.00	2.82	10.94	10.94	13.76	79.5	0.0	0.00	9.04	36.9	0.94	73.66	7.42	2.64
BA (17-38)	5.72	4.12	-1.60	0.54	96.50	0.00	2.91	1.08	0.26	4.02	4.24	4.50	8.26	51.4	5.8	0.00	3.72	29.5	1.83	39.22	22.52	0.40
Bi (38-65)	5.69	4.04	-1.65	0.34	81.86	0.00	2.22	1.17	0.25	3.16	3.60	3.85	6.75	53.3	6.4	0.00	2.39	32.5	2.00	13.99	33.60	0.35
BC (65-80+)	5.32	4.05	-1.27	0.44	85.54	0.00	1.75	1.05	0.93	2.97	3.01	3.95	5.98	50.4	23.7	0.00	1.73	22.2	1.31	5.32	18.15	0.26
P6 (CENR) - Cerrado Encarrascado em Chapada - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico																						
A (0-15)	4.35	3.60	-0.75	0.38	9.46	0.00	0.21	0.04	1.65	7.28	0.27	1.93	7.56	3.6	85.8	0.00	2.93	28.3	0.22	0.85	87.56	0.31
BA (15-27)	4.41	3.75	-0.66	0.28	1.87	0.00	0.10	0.02	1.55	5.90	0.13	1.68	6.03	2.2	92.2	0.00	2.53	23.8	0.22	0.37	38.77	0.22
Bw (27-70+)	4.48	3.77	-0.71	0.18	0.00	0.00	0.09	0.01	1.60	6.05	0.10	1.71	6.15	1.6	94.1	0.00	2.39	22.0	0.17	0.28	24.57	0.19

Para análise: pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; pH KCl - pH em solução de cloreto de potássio; P - fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; 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 - matéria orgânica; P-rem - fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco.

Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

APÊNDICE C – Resultados das análises físicas das amostras compostas de solos representativos dos geoambientes amostrados

Amostras Compostas	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
(0-20 cm)	g kg⁻¹				
P1 (MSBX) - Mata Seca de Baixada - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico					
Composta - Parcela 01	100	214	200	487	Argila
Composta - Parcela 02	136	244	180	440	Argila
Composta - Parcela 03	98	198	233	471	Argila
P2 (LAP) - Lapiá - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico					
Composta - Parcela 01	144	44	384	428	Argila
Composta - Parcela 02	113	39	438	409	Argilo-Siltosa
Composta - Parcela 03	158	83	386	374	Franco-Argilosa
P3 (MSAF) - Mata Seca com Afloramento Calcário - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico					
Composta - Parcela 01	51	22	407	521	Argilo-Siltosa
Composta - Parcela 02	36	15	440	508	Argilo-Siltosa
Composta - Parcela 03	52	25	440	483	Argilo-Siltosa
P4 (MSGR) - Mata Seca de Grota - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico					
Composta - Parcela 01	44	44	418	493	Argilo-Siltosa
Composta - Parcela 02	34	29	539	398	Franco-Argilo-Siltosa
Composta - Parcela 03	57	81	449	413	Argilo-Siltosa
P5 (CENT) - Cerrado de Encosta - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico leptofragmentário					
Composta - Parcela 01	56	31	433	481	Argilo-Siltosa
Composta - Parcela 02	36	34	428	502	Argilo-Siltosa
Composta - Parcela 03	31	43	387	539	Argila
P6 (CENR) - Cerrado Encarrascado em Chapada - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico					
Composta - Parcela 01	127	178	55	640	Muito Argilosa
Composta - Parcela 02	189	224	28	560	Argila
Composta - Parcela 03	180	219	46	556	Argila

As amostras compostas foram resultado da homogeneização de 03 amostras simples de cada parcela.
Org. SOUZA, A. P. de. (2021).

APÊNDICE D – Resultados das análises químicas das amostras compostas de solos representativos dos geoambientes amostrados

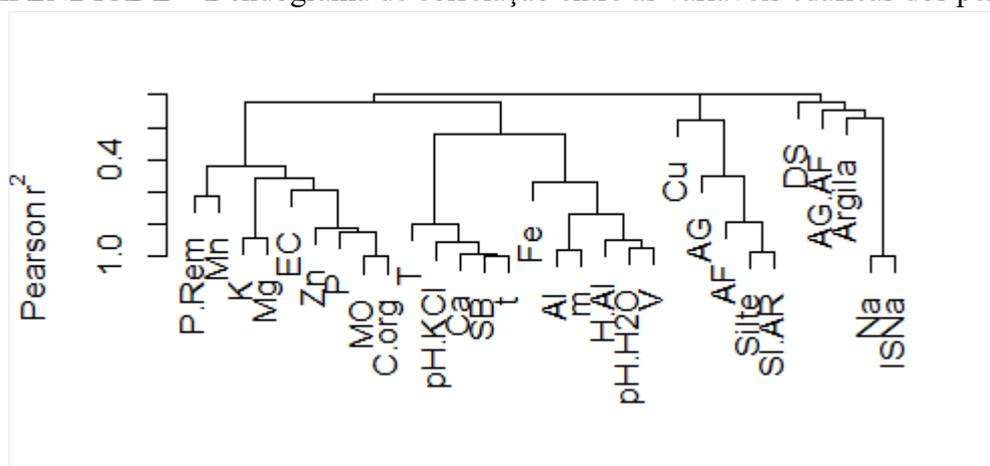
Compostas (0-20 cm)	pH H ₂ O	P	K ⁺ mg kg ⁻¹	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺ cmolc kg ⁻¹	SB	t	T	V	m %	ISNa	MO dag kg ⁻¹	C.org	P-Rem mg L ⁻¹	Cu	Mn mg kg ⁻¹	Fe	Zn
P1 (MSBX) - Mata Seca de Baixada - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																					
Comp.Parc-01	6.66	1.69	122.82	0.00	8.23	1.07	0.00	1.42	9.61	9.61	11.04	87.10	0.00	0.00	4.92	2.85	30.70	0.50	128.15	3.56	4.41
Comp.Parc-02	6.13	2.16	105.53	0.00	6.35	0.97	0.00	3.37	7.59	7.59	10.96	69.20	0.00	0.00	5.45	3.16	35.30	0.74	148.00	3.81	5.02
Comp.Parc-03	6.45	1.04	162.62	0.00	5.86	0.93	0.00	1.90	7.21	7.21	9.11	79.10	0.00	0.00	4.92	2.85	35.40	0.64	138.75	4.07	4.41
P2 (LAP) - Lapiá - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico																					
Comp.Parc-01	7.71	0.27	52.44	15.24	13.88	0.39	0.00	0.00	14.47	14.47	14.47	100.00	0.00	0.46	3.99	2.31	23.20	0.38	11.75	1.63	0.25
Comp.Parc-02	8.03	0.45	62.50	13.26	13.36	0.38	0.00	0.00	13.96	13.96	13.96	100.00	0.00	0.41	3.46	2.01	23.50	0.38	13.30	2.23	0.53
Comp.Parc-03	8.19	0.74	56.08	13.90	13.18	0.32	0.00	0.00	13.71	13.71	13.71	100.00	0.00	0.44	3.33	1.93	22.60	0.32	7.50	1.32	0.33
P3 (MSAF) - Mata Seca com Afloramento Calcário - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																					
Comp.Parc-01	7.15	2.25	169.05	0.00	13.17	0.95	0.00	1.89	14.56	14.56	16.45	88.50	0.00	0.00	9.44	5.48	33.10	0.49	77.42	5.93	2.54
Comp.Parc-02	6.73	1.47	155.90	0.00	11.83	1.67	0.00	2.48	13.90	13.90	16.38	84.90	0.00	0.00	7.98	4.63	34.70	0.44	51.91	3.85	1.72
Comp.Parc-03	6.63	1.40	172.21	0.00	10.76	1.27	0.00	2.53	12.48	12.48	15.00	83.20	0.00	0.00	7.05	4.09	30.90	0.51	81.61	3.84	3.11
P4 (MSGR) - Mata Seca de Grota - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																					
Comp.Parc-01	7.34	1.88	254.45	0.00	10.18	1.85	0.00	0.72	12.68	12.68	13.39	94.60	0.00	0.00	7.85	4.55	40.70	0.34	103.93	4.66	5.04
Comp.Parc-02	6.43	1.33	127.60	0.00	8.65	1.54	0.00	2.84	10.52	10.52	13.35	78.80	0.00	0.00	7.18	4.16	34.70	0.43	121.22	6.73	4.39
Comp.Parc-03	7.50	29.87	184.69	0.00	13.50	0.99	0.00	0.57	14.96	14.96	15.53	96.40	0.00	0.00	9.98	5.79	34.90	0.41	157.55	5.47	7.60
P5 (CENT) - Cerrado de Encosta - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico leptofragmentário																					
Comp.Parc-01	5.69	0.88	162.59	0.00	4.59	1.49	0.00	3.45	6.50	6.50	9.95	65.40	0.00	0.00	6.38	3.70	30.90	1.31	51.52	18.73	1.41
Comp.Parc-02	5.72	0.86	168.59	0.66	5.23	1.21	0.00	3.70	6.88	6.88	10.58	65.00	0.00	0.03	6.25	3.63	30.10	1.52	66.23	20.21	1.25
Comp.Parc-03	5.67	1.09	162.32	0.00	5.19	1.37	0.00	4.56	6.98	6.98	11.54	60.50	0.00	0.00	7.71	4.47	33.10	1.23	59.82	21.25	1.52
P6 (CENR) - Cerrado Encarrascado em Chapada - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico																					
Comp.Parc-01	4.19	1.45	24.11	0.00	0.34	0.11	2.19	10.32	0.50	2.69	10.82	4.6	81.4	0.00	4.79	2.78	22.8	0.077	1.929	190.765	0.376
Comp.Parc-02	4.46	2.55	14.59	0.00	0.31	0.08	1.94	8.30	0.43	2.37	8.73	4.90	81.90	0.00	4.12	2.39	25.00	0.20	1.64	120.67	0.32
Comp.Parc-03	4.19	1.15	19.10	0.00	0.31	0.09	1.94	9.17	0.44	2.38	9.61	4.60	81.50	0.00	4.39	2.55	25.10	0.21	2.10	134.49	0.37

As amostras compostas foram resultado da homogeneização de 03 amostras simples de cada parcela.

Para análise: pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; P - fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; 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 - matéria orgânica; C.or. - carbono orgânico; P-rem - fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco.

Org. SOUZA, A. P. de. (2021).

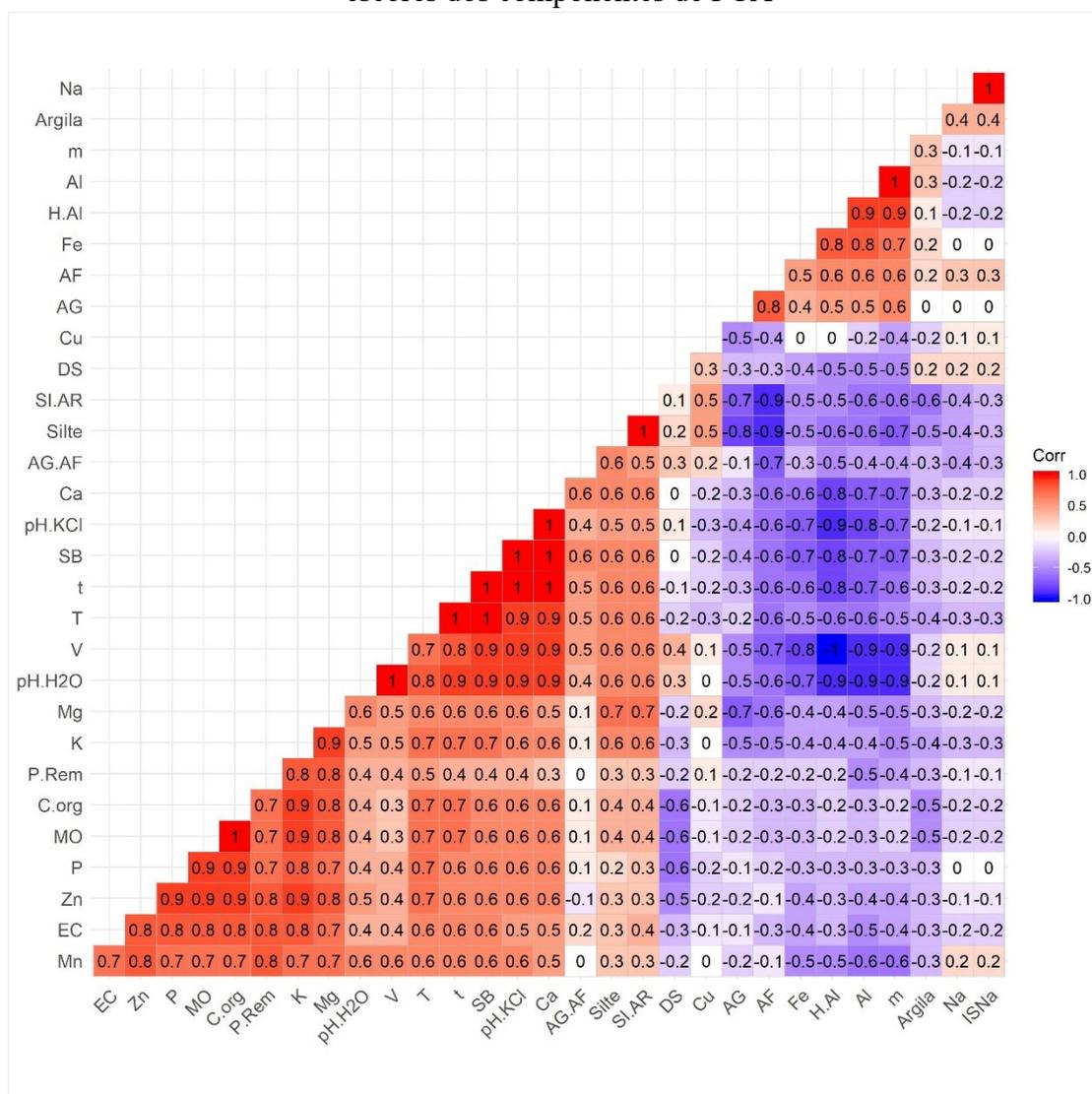
APÊNDICE E – Dendograma de correlação entre as variáveis edáficas dos perfis



Para análise: AG - areia grossa; AF - areia fina; AG/AF - relação areia grossa/areia fina; SI/AR - relação silte/argila; DS - densidade do solo; pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; pH KCl - pH em solução de cloreto de potássio; P - fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; 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 - matéria orgânica; C.org. - carbono orgânico; P-rem - fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco; EC - estoque de carbono.

Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

APÊNDICE F – Correlação de Pearson entre todas as variáveis individuais dos perfis com os escores dos componentes de PCA



Para análise: AG - areia grossa; AF - areia fina; AG/AF - relação areia grossa/areia fina; SI/AR - relação silte/argila; DS - densidade do solo; pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; pH KCl - pH em solução de cloreto de potássio; P - fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; 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 - matéria orgânica; C.org. - carbono orgânico; P-rem - fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco; EC - estoque de carbono.

Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

APÊNDICE G – Tabela de correlação das variáveis edáficas com os dois primeiros eixos da PCA

Variáveis do solo	Compostas		Perfis	
	Eixo 1	Eixo 2	Eixo 1	Eixo 2
AG	-0.69	-0.64	-0.61	0.41
AF	-0.76	-0.05	-0.78	0.42
Silte	0.93	0.04	0.83	-0.27
Argila	-0.69	0.48	-0.44	-0.32
SI/AR	0.91	-0.13	0.82	-0.18
pH H ₂ O	0.86	-0.45	0.85	-0.34
P	0.27	0.15	0.64	0.61
K ⁺	0.70	0.64	0.83	0.43
Na ⁺	0.22	-0.94	-0.23	-0.24
Ca ²⁺	0.88	-0.38	0.86	-0.09
Mg ²⁺	0.66	0.66	0.85	0.30
Al ³⁺	-0.91	0.01	-0.77	0.34
H ⁺ +Al ³⁺	-0.89	0.31	-0.76	0.49
SB	0.93	-0.27	0.92	-0.04
t	0.90	-0.31	0.90	0.00
C.org	0.54	0.71	0.71	0.66
P-Rem	0.50	0.73	0.59	0.54

Os fatores que se correlacionam significativamente com os eixos da PCA são destacados em negrito na cor preta para correlações positivas e negrito vermelho para correlações negativas.

Para análise: AG - areia grossa; AF - areia fina; SI/AR - relação silte/argila; pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; P - fósforo disponível; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; SB - soma de bases trocáveis; t - capacidade de troca catiônica efetiva; C.org. - carbono orgânico; P-rem - fósforo remanescente.

Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

APÊNDICE H – Tabela de correlação do estoque de carbono (EC) com as variáveis edáficas

Elemento	Camada		
	Superior	Intermediária	Inferior
AG	-0.59	-0.78	0.00
AF	-0.54	-0.85	0.17
Silte	0.64	0.68	-0.31
Argila	-0.48	0.09	0.60
pH H ₂ O	0.79	0.66	-0.01
pH KCl	0.80	0.62	0.00
P	0.80	0.77	-0.21
K ⁺	0.74	0.97	0.24
Na ⁺	0.00	-0.44	-0.12
Ca ²⁺	0.70	0.62	-0.11
Mg ²⁺	0.75	0.83	0.27
Al ³⁺	-0.88	-0.60	0.02
H ⁺ +Al ³⁺	-0.84	-0.59	0.19
SB	0.73	0.70	-0.08
t	0.70	0.69	-0.09
T	0.65	0.70	-0.01
V	0.84	0.65	-0.11
m	-0.88	-0.61	0.19
ISNa	0.00	-0.44	-0.12
MO	0.79	0.67	0.79
C.org	0.79	0.67	0.79
P-Rem	0.88	0.59	0.74
Cu	0.35	0.10	-0.46
Mn	0.79	0.22	0.27
Fe	-0.88	-0.52	0.13
Zn	0.81	0.60	0.61

Os fatores que se correlacionam significativamente com os eixos da PCA são destacados em negrito na cor preta para correlações positivas e negrito vermelho para correlações negativas.

Para análise: AG - areia grossa; AF - areia fina; pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; pH KCl - pH em solução de cloreto de potássio; P - fósforo; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio; Mg²⁺ - magnésio; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; 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 - matéria orgânica; C.org. - carbono orgânico; P-rem - fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco.

Org. SOUZA, A. P. de. (2020).

APÊNDICE I – Características gerais e descrição morfológica dos solos amostrados

Perfil 01 - Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX)

Data: 30/05/2019

Município e Estado: Montes Claros-MG

Localização: 16°17'08.5"S ; 43°54'51.9"O

Altitude: 581 m

Situação e declividade e Cobertura Vegetal sobre o Perfil:

Trincheira aberta na baixada em área de Mata Seca

Litologia / Material de origem: Calcário / Grupo Bambuí

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Relevo regional: Plano / Montanhoso

Relevo e declividade local: Plano (< 3%)

Erosão: Não aparente

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Floresta Estacional Decidual

Uso atual: Reserva / corte seletivo de madeira / presença de gado

Clima: Aw, na classificação de Köppen

Classificação: LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa



Descrição Morfológica:

A: (0-28 cm) (2,5 YR 3/3) Argila. Transição entre horizontes gradual e plana. Estrutura moderada, média, em blocos subangulares, e fraca, pequena, granular. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Muitas raízes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

BA: (28-44 cm) (2,5 YR 3/4) Argila. Transição entre horizontes gradual e plana. Estrutura moderada, média, em blocos subangulares, e fraca, pequena, granular. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Muitas raízes de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

Bw: (44-80+ cm) (2,5 YR 4/4) Muito Argilosa. Estrutura moderada, média a grande, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é muito dura e solo úmido é friável. Solo molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Raízes comuns, de muito finas (< 1 mm) a muito grossas (> 10 mm).

Fatores Biológicos / Observações: Canais biogênicos, presença de minhocas e principalmente cupins. Muitos resquícos de atividade de térmitas no horizonte A. Em algumas áreas há resquícos de murundus. Há corte seletivo de madeira (Aroeira) e presença de gado na mata. Pouca atração magnética na fração areia, pode ser herança do calcário. Coletou-se os anéis volumétricos (Anel 1) nos horizontes e amostras compostas (de 3 simples) nas 3 parcelas instaladas de 20 x 20 m.

Horizonte	Profundidade	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	AG/AF	SI/AR	DS	Textura
	cm	úmida	g kg ⁻¹						g cm ⁻³	
P1 - Mata Seca de Baixada - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico										
A	0-28	2,5 YR 3/3	149	226	146	478	0.66	0.31	1.33	Argila
BA	28-44	2,5 YR 3/4	94	202	147	557	0.47	0.26	1.39	Argila
Bw	44-80+	2,5 YR 4/4	87	183	105	624	0.48	0.17	1.46	Muito Argilosa

Hor./Prof.	pH	pH	ΔpH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	H ₂ O	KCl			mg kg ⁻¹			cmolc kg ⁻¹					%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹					
P1 - Mata Seca de Baixada - LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																						
A (0-28)	5.70	4.73	-0.97	1.80	111.33	0.00	5.14	0.74	0.00	3.59	6.17	6.17	9.76	63.2	0.0	0.00	5.05	36.9	0.55	84.04	3.32	3.48
BA (28-44)	6.35	4.94	-1.41	0.51	12.01	35.18	4.32	0.70	0.00	1.89	5.20	5.20	7.09	73.4	0.0	2.16	2.13	33.5	0.88	78.61	9.61	1.22
Bw (44-80+)	6.74	4.77	-1.97	1.01	6.73	119.03	3.04	0.46	0.00	1.51	4.04	4.04	5.56	72.8	0.0	9.31	1.33	26.2	1.01	59.87	16.90	0.77

Perfil 02 – Lapiá com Cambissolo (LAP)

Data: 26/05/2019

Município e Estado: Montes Claros-MG

Localização: 16°16'26.6"S ; 43°55'36.5"O

Altitude: 588 m

Situação e declividade e Cobertura Vegetal sobre o Perfil:

Trincheira aberta em terço inferior em área de Lapiá e área de bolsão de solo

Litologia / Material de origem: Calcário / Grupo Bambuí

Pedregosidade: Pedregosa (3-15%)

Rochosidade: Extremamente rochosa (> 90%)

Relevo regional: Suave ondulado / Montanhoso

Relevo e declividade local: Forte ondulado (20-45%)

Erosão: Moderada

Drenagem: Imperfeitamente drenado

Vegetação primária: Vegetação Rupestre de Lapiás

Uso atual: Área de preservação

Clima: Aw, na classificação de Köppen

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa



Descrição Morfológica:

A: (0-24 cm) (10 YR 4/2) Argila. Transição entre horizontes clara e plana. Estrutura forte, pequena, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é ligeiramente dura e solo úmido é muito friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Raízes comuns, de muito finas (< 1 mm) a muito grossas (> 10 mm).

Bi: (24-55 cm) (10 YR 4/3) Argila. Transição entre horizontes clara e plana. Estrutura moderada, pequena a média, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Nódulos e concreções de Mn, pouco (5-15%), esférica e pequeno (< 1 cm). Poucas raízes de muito finas (< 1 mm) a finas (1 < 2 mm).

BC: (55-66+ cm) (10 YR 4/3) Argila. Estrutura fraca, pequena a média, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Nódulos e concreções de Mn, pouco (5-15%), esférica e pequeno (< 1 cm). Raízes raras, muito finas (< 1 mm).

Fatores Biológicos / Observações: Epi pedregoso, atração magnética em parte da fração areia. Presença de pequenos blocos de quartzo entre os horizontes A e Bi. Coletado solo total, sem selecionar fração. Coletou-se os anéis volumétricos (Anel 1) nos horizontes e amostras compostas (de 3 simples) nas 3 parcelas instaladas de 20 x 20 m.

Horizonte	Profundidade	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	AG/AF	SI/AR	DS	Textura
	cm	úmida	g kg ⁻¹					g cm ⁻³		
P2 - Lapiá - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico										
A	0-24	10 YR 4/2	155	40	316	489	3.88	0.65	1.40	Argila
Bi	24-55	10 YR 4/3	92	44	352	512	2.09	0.69	1.34	Argila
BC	55-66+	10 YR 4/3	96	47	347	510	2.04	0.68	1.50	Argila

Hor./Prof.	pH	pH	ΔpH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	H ₂ O	KCl			mg kg ⁻¹			cmolc kg ⁻¹					%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹					
P2 - Lapiá - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico léptico																						
A (0-24)	6.66	5.49	-1.17	1.22	64.95	0.00	12.73	0.61	0.00	1.42	13.50	13.50	14.92	90.5	0.0	0.00	4.39	29.9	0.68	45.77	7.41	0.63
Bi (24-55)	7.05	5.77	-1.28	0.26	20.93	0.00	11.77	0.16	0.00	0.70	11.98	11.98	12.68	94.5	0.0	0.00	1.86	21.1	0.42	11.34	3.66	0.22
BC (55-66+)	7.14	5.93	-1.21	0.18	23.08	0.00	12.74	0.17	0.00	0.71	12.97	12.97	13.68	94.8	0.0	0.00	1.46	21.2	0.45	17.13	4.97	0.17

Perfil 03 - Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF)

Data: 26/05/2019

Município e Estado: Montes Claros-MG

Localização: 16°16'21.8"S ; 43°55'51.2"O

Altitude: 757 m

Situação e declividade e Cobertura Vegetal sobre o Perfil:

Trincheira aberta em terço médio em ambiente de Mata Seca

Litologia / Material de origem: Calcário / Grupo Bambuí

Pedregosidade:

Rochosidade: Moderadamente rochosa (10-30%)

Relevo regional: Plano / Montanhoso

Relevo e declividade local: Forte ondulado (20-45%)

Erosão: Não aparente

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Floresta Estacional Decidual

Uso atual: Vegetação Primária

Clima: Aw, na classificação de Köppen

Classificação: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa



Descrição Morfológica:

A: (0-18 cm) (2,5 YR 3/2) Argilo-Siltosa. Transição entre horizontes gradual e plana. Estrutura moderada, média a pequena, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Raízes abundantes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

AB: (18-35 cm) (2,5 YR 4/3) Argilo-Siltosa. Transição entre horizontes gradual e plana. Estrutura forte, média a pequena, em blocos angulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Raízes abundantes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

B: (35-70+ cm) (2,5 YR 4/4) Muito Argilosa. Estrutura forte, média a pequena, em blocos angulares. Consistência de solo seco é muito dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Cerosidade é moderada e comum. Raízes comuns, de muito finas (< 1 mm) a muito grossas (> 10 mm).

Fatores Biológicos / Observações: Estrutura de canais biogênicos no horizonte A. Serapilheira 3 cm. Não houve atração magnética. Coletado solo total, sem selecionar fração. Coletou-se os anéis volumétricos (Anel 1) nos horizontes e amostras compostas (de 3 simples) nas 3 parcelas instaladas de 20 x 20 m.

Horizonte	Profundidade	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	AG/AF	SI/AR	DS	Textura
	cm	úmida	g kg ⁻¹						g cm ⁻³	
P3 - Mata Seca com Afloramento Calcário - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico										
A	0-18	2,5 YR 3/2	27	22	445	507	1.23	0.88	0.96	Argilo-Siltosa
AB	18-35	2,5 YR 4/3	29	16	434	521	1.81	0.83	1.35	Argilo-Siltosa
B	35-70+	2,5 YR 4/4	25	12	329	633	2.08	0.52	1.55	Muito Argilosa

Hor./Prof.	pH	pH	ΔpH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	H ₂ O	KCl			mg kg ⁻¹			cmolc kg ⁻¹				%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹						
P3 - Mata Seca com Afloramento Calcário - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																						
A (0-18)	7.46	6.41	-1.05	3.22	269.77	0.00	15.39	2.23	0.00	1.45	18.31	18.31	19.77	92.7	0.0	0.00	9.58	36.5	0.70	116.93	8.30	4.86
AB (18-35)	7.12	5.66	-1.46	0.53	91.89	0.00	11.05	1.33	0.00	1.68	12.62	12.62	14.30	88.3	0.0	0.00	4.79	30.2	0.67	44.97	4.42	1.37
B (35-70+)	6.85	5.20	-1.65	0.16	32.77	0.00	8.45	0.86	0.00	1.56	9.39	9.39	10.94	85.8	0.0	0.00	2.13	28.3	0.93	31.70	15.65	0.53

Perfil 04 - Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR)

Data: 27/05/2019

Município e Estado: Montes Claros-MG

Localização: 16°16'30.0"S ; 43°55'59.9"O

Altitude: 637 m

Situação e declividade e Cobertura Vegetal sobre o Perfil:

Trincheira aberta a nível do solo em terço médio em ambiente de Mata Seca

Litologia / Material de origem: Calcário / Grupo Bambuí

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Ligeiramente rochosa (2-10%)

Relevo regional: Plano / Montanhoso

Relevo e declividade local: Ondulado (8-20%)

Erosão: Não aparente

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Floresta Estacional Decidual

Uso atual: Vegetação primária

Clima: Aw, na classificação de Köppen

Classificação: NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa



Descrição Morfológica:

A: (0-18 cm) (2,5 YR 3/2) Argila. Transição entre horizontes clara e plana. Estrutura forte, média a pequena, em blocos angulares. Consistência de solo seco é ligeiramente dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Raízes abundantes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

B1: (18-47 cm) (2,5 YR 4/4) Muito Argilosa. Transição entre horizontes clara e plana. Estrutura forte, média a grande, em blocos angulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Cerosidade é moderada e comum. Raízes abundantes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

B2: (47-70+ cm) (2,5 YR 3/3) Argila. Estrutura forte, média a pequena, em blocos angulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Cerosidade é moderada e comum. Muitas raízes, de muito finas (< 1 mm) a muito grossas (> 10 mm).

Fatores Biológicos / Observações: Galerias de cupins. Serapilheira de 3 cm. Pouca atração magnética em alguns minerais da fração areia. Área estável de acúmulo de material. O ambiente era mais úmido e com o tempo foi secando, antes tinha curso d'água perene que hoje é intermitente. Observou-se mais árvores mortas, semidecíduas estão sentindo mais (importante!). Coletado solo total, sem selecionar fração. Coletou-se os anéis volumétricos (Anel 1) nos horizontes e amostras compostas (de 3 simples) nas 3 parcelas instaladas de 20 x 20 m.

Horizonte	Profundidade	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	AG/AF	SI/AR	DS	Textura
	cm	úmida	g kg ⁻¹				g cm ⁻³			
P4 - Mata Seca de Grota - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico										
A	0-18	2,5 YR 3/2	70	39	381	510	1.79	0.75	0.95	Argila
B1	18-47	2,5 YR 4/4	57	34	278	632	1.68	0.44	1.38	Muito Argilosa
B2	47-70+	2,5 YR 3/3	44	40	351	564	1.10	0.62	1.56	Argila

Hor./Prof.	pH	pH	ΔpH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	H ₂ O	KCl			mg kg ⁻¹			cmolc kg ⁻¹				%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹						
P4 - Mata Seca de Grota - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico																						
A (0-18)	7.35	6.49	-0.86	5.49	232.43	0.00	15.08	2.30	0.00	0.65	17.97	17.97	18.62	96.5	0.0	0.00	13.97	38.40	0.36	86.08	6.35	5.60
B1 (18-47)	7.01	5.85	-1.16	1.50	158.33	0.00	9.72	1.38	0.00	0.92	11.52	11.52	12.43	92.6	0.0	0.00	3.72	37.70	0.32	47.50	5.83	1.67
B2 (47-70+)	7.03	5.69	-1.34	0.31	136.60	0.00	8.30	1.23	0.00	1.01	9.88	9.88	10.89	90.7	0.0	0.00	3.72	31.80	0.26	43.23	5.74	1.78

Perfil 05 – Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT)

Data: 28/05/2019

Município e Estado: Montes Claros-MG

Localização: 16°16'13.1"S ; 43°56'12.5"O

Altitude: 804 m

Situação e declividade e Cobertura Vegetal sobre o Perfil:

Trincheira aberta em terço superior em área de Cerrado (de pelítica)

Litologia / Material de origem: Rochas Pelíticas / Grupo Bambuí

Pedregosidade: Muito pedregosa (15-50%)

Rochosidade: Não rochosa

Relevo regional: Plano / Montanhoso

Relevo e declividade local: Montanhoso (45-75%)

Erosão: Ligeira

Drenagem: Imperfeitamente drenado

Vegetação primária: Cerrado típico (de pelítica)

Uso atual: Vegetação primária

Clima: Aw, na classificação de Köppen

Classificação: CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico leptofragmentário

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa



Descrição Morfológica:

A: (0-17 cm) (5 YR 4/3) Argilo-Siltosa. Transição entre horizontes clara e plana. Frações grosseiras, com cascalho (8-15%). Contém calhau e matacão. Estrutura moderada, média a pequena, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é ligeiramente dura e solo úmido é muito friável. Solo molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Muitas raízes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

BA: (17-38 cm) (5 YR 4/4) Argilo-Siltosa. Transição entre horizontes clara e plana. Frações grosseiras, cascalhenta (15-50%). Contém calhau e matacão. Estrutura fraca, média a pequena, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Muitas raízes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

Bi: (38-65 cm) (5 YR 4/6) Argilo-Siltosa. Transição entre horizontes clara e plana. Frações grosseiras, cascalhenta (15-50%). Contém calhau e matacão. Estrutura moderada, média a pequena, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é plástico e pegajoso. Raízes comuns, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

BC: (65-80+ cm) (2,5 YR 4/6) Argilo-Siltosa. Frações grosseiras, cascalhenta (15-50%). Contém calhau e matacão. Estrutura fraca, média a pequena, em blocos subangulares. Consistência de solo seco é dura e solo úmido é friável. Solo molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Raízes comuns, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

Fatores Biológicos / Observações: Algumas galerias de cupins, especialmente no horizonte A. Presença de formigas saúvas. Serapilheira com 1 cm. Erosão – morfogênese – pouca drenagem, declividade alta. Não favorece mais a morfogênese devido ao material. Coletou-se os anéis volumétricos (Anel 1) nos horizontes e amostras compostas (de 3 simples) nas 3 parcelas instaladas de 20 x 20 m.

Horizonte	Profundidade	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	AG/AF	SI/AR	DS	Textura
	cm	úmida	g kg ⁻¹						g cm ⁻³	
P5 - Cerrado de Encosta - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico leptofragmentário										
A	0-17	5 YR 4/3	49	35	473	444	1.40	1.07	1.16	Argilo-Siltosa
BA	17-38	5 YR 4/4	55	29	426	490	1.90	0.87	1.35	Argilo-Siltosa
Bi	38-65	5 YR 4/6	28	16	425	531	1.75	0.80	1.43	Argilo-Siltosa
BC	65-80+	2,5 YR 4/6	12	10	436	541	1.20	0.81	1.33	Argilo-Siltosa

Hor./Prof.	pH	pH	ΔpH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	H ₂ O	KCl			mg kg ⁻¹			cmolc kg ⁻¹				%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹						
P5 - Cerrado de Encosta - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico leptofragmentário																						
A (0-17)	6.79	5.64	-1.15	1.67	200.60	0.00	8.36	2.07	0.00	2.82	10.94	10.94	13.76	79.5	0.0	0.00	9.04	36.9	0.94	73.66	7.42	2.64
BA (17-38)	5.72	4.12	-1.60	0.54	96.50	0.00	2.91	1.08	0.26	4.02	4.24	4.50	8.26	51.4	5.8	0.00	3.72	29.5	1.83	39.22	22.52	0.40
Bi (38-65)	5.69	4.04	-1.65	0.34	81.86	0.00	2.22	1.17	0.25	3.16	3.60	3.85	6.75	53.3	6.4	0.00	2.39	32.5	2.00	13.99	33.60	0.35
BC (65-80+)	5.32	4.05	-1.27	0.44	85.54	0.00	1.75	1.05	0.93	2.97	3.01	3.95	5.98	50.4	23.7	0.00	1.73	22.2	1.31	5.32	18.15	0.26

Perfil 06 – Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR)

Data: 29/05/2019

Município e Estado: Montes Claros-MG

Localização: 16°16'08.6"S ; 43°56'24.2"O

Altitude: 910 m

Situação e declividade e Cobertura Vegetal sobre o Perfil:

Trincheira aberta em alto de chapada em vegetação de Cerrado

Litologia / Material de origem: Coberturas sedimentar detrítico-laterítica do Terciário

Pedregosidade: Não pedregosa

Rochosidade: Não rochosa

Relevo regional: Plano / Montanhoso

Relevo e declividade local: Plano (< 3%)

Erosão: Não aparente

Drenagem: Bem drenado

Vegetação primária: Cerradão (aspecto de encarrascado)

Uso atual: Vegetação primária / pode ser uma sucessão por rebrota de Cerradão

Clima: Aw, na classificação de Köppen

Classificação: LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico

Descrito e coletado por: Guilherme Resende Corrêa



Descrição Morfológica:

A: (0-15 cm) (2,5 YR 4/4) Argila. Transição entre horizontes clara e plana. Estrutura moderada, média, em blocos subangulares, e fraca, pequena, granular. Consistência de solo seco é macia e solo úmido é muito friável. Solo molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Muitas raízes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

BA: (15-27 cm) (2,5 YR 4/6) Argila. Transição entre horizontes gradual e plana. Estrutura moderada, média, em blocos subangulares, e fraca, pequena, granular. Consistência de solo seco é macia e solo úmido é muito friável. Solo molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Muitas raízes, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

Bw: (27-70+ cm) (2,5 YR 4/4) Argila. Estrutura moderada, média, em blocos subangulares, e fraca, pequena, granular. Consistência de solo seco é macia e solo úmido é muito friável. Solo molhado é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. Raízes comuns, de muito finas (< 1mm) a muito grossas (> 10mm).

Fatores Biológicos / Observações: Presença de canais de térmitas, condutas biológicas. Horizonte A – predominância biogênica. Solo com pouca serapilheira. Cerca de 30% sem cobertura de serapilheira. Grãos de quartzo. As características morfológicas deste solo favorecem a recarga de aquíferos, não era para a drenagem ter secado. Coletou-se os anéis volumétricos (Anel 1) nos horizontes e amostras compostas (de 3 simples) nas 3 parcelas instaladas de 20 x 20 m.

Horizonte	Profundidade	Cor	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	AG/AF	SI/AR	DS	Textura
	cm	úmida	g kg ⁻¹				g cm ⁻³			
P6 - Cerrado Encarrascado em Chapada - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico										
A	0-15	2,5 YR 4/4	176	237	44	544	0.74	0.08	1.04	Argila
BA	15-27	2,5 YR 4/6	146	209	47	598	0.70	0.08	1.05	Argila
Bw	27-70+	2,5 YR 4/4	140	232	42	586	0.60	0.07	1.07	Argila

Hor./Prof.	pH	pH	ΔpH	P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H ⁺ +Al ³⁺	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
cm	H ₂ O	KCl			mg kg ⁻¹			cmolc kg ⁻¹				%		dag kg ⁻¹	mg L ⁻¹	mg kg ⁻¹						
P6 - Cerrado Encarrascado em Chapada - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico																						
A (0-15)	4.35	3.60	-0.75	0.38	9.46	0.00	0.21	0.04	1.65	7.28	0.27	1.93	7.56	3.6	85.8	0.00	2.93	28.3	0.22	0.85	87.56	0.31
BA (15-27)	4.41	3.75	-0.66	0.28	1.87	0.00	0.10	0.02	1.55	5.90	0.13	1.68	6.03	2.2	92.2	0.00	2.53	23.8	0.22	0.37	38.77	0.22
Bw (27-70+)	4.48	3.77	-0.71	0.18	0.00	0.00	0.09	0.01	1.60	6.05	0.10	1.71	6.15	1.6	94.1	0.00	2.39	22.0	0.17	0.28	24.57	0.19

CAPÍTULO 2

SOLO E ALTITUDE MOLDAM A COMPOSIÇÃO DE COMUNIDADES VEGETAIS AO LONGO DE GRADIENTE GEOAMBIENTAL NO NORTE DE MINAS GERAIS

"O correr da vida embrulha tudo, a vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem."

(João Guimarães Rosa, Grande Sertão: Veredas, pág.278)

RESUMO

Em escala local, o solo é um importante modelador da seleção e estabelecimento de espécies vegetais, especialmente em zonas de transição floresta-savana. Estudos que avaliam a relação entre a flora e variáveis ambientais são extremamente válidos e escassos, principalmente em áreas de transição para fins de conservação. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi avaliar a composição e estrutura de distintas comunidades vegetais e sua relação com altitude e propriedades físicas e químicas do solo ao longo do gradiente geoambiental da Serra da Tenda, uma paisagem representativa do contexto ecotonal do norte de Minas Gerais. Foram alocadas dezoito parcelas de 20 x 20 m em seis específicos geoambientes: Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX), Lapiá com Cambissolo (LAP), Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF), Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR), Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT) e Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR). Amostras de solo (0-20 cm de profundidade) foram submetidas às análises químicas e físicas. A similaridade florística foi calculada através do índice de *Jaccard*. Para analisar a variabilidade da composição de espécies, empregou-se o método de escalonamento multidimensional não métrico (NMDS). O índice de valor de importância (IVI) foi calculado para verificar a estrutura da vegetação. Foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e equabilidade de Pielou (J'). A análise de espécies indicadoras (IndVal) foi utilizada para avaliar a força de associação entre as abundâncias e frequências das espécies e os seis geoambientes. Os parâmetros físicos e químicos do solo foram resumidos por meio da Análise de Componentes Principais (PCA). Para avaliar uma possível relação entre a altitude, variáveis edáficas e a abundância das espécies, foi empregada a análise de correspondência canônica (CCA). Foram amostrados 877 indivíduos, distribuídos em 111 espécies, pertencentes a 76 gêneros e 30 famílias. Fabaceae apresentou maior representatividade em relação ao número de espécies, sendo a única família com ocorrência nos seis geoambientes. A similaridade florística ao nível de espécies foi considerada baixa. Entre os geoambientes existem diferenças nos valores de abundâncias relativas. O índice de diversidade de Shannon-Wiener e equabilidade de Pielou permaneceram entre 1,26-2,96 e 0,78-0,87, respectivamente. A análise de espécies indicadoras revelou que 25 espécies (22,5%) foram indicadoras. Ao longo do gradiente geoambiental foi observado uma alta variabilidade nas propriedades físicas e químicas do solo. A análise da CCA separou as espécies em 3 grupos e, de forma geral, indicou que as variáveis físico-químicas do solo e altitude proporcionaram diferenças na composição florística. Nosso estudo revelou que, ao longo do gradiente geoambiental, propriedades físicas e químicas do solo e altitude representam importantes modeladores da composição de comunidades vegetais no contexto ecotonal do norte de Minas Gerais.

Palavras-chave: Relação solo-vegetação, área ecotonal, Serra da Tenda, gradiente geoambiental.

ABSTRACT

At a local scale, soil is an important modeler for the selection and establishment of plant species, especially in forest-savanna transition zones. Studies that assess the relationship between the flora and the environmental variables are extremely valid and scarce, especially in transition areas for conservation purposes. Thus, the aim of this study was to evaluate the composition and structure of distinct plant communities and their relationship with altitude and soil physical and chemical properties along the geoenvironmental gradient of Serra da Tenda, a landscape representative of the ecotonal context of northern Minas Gerais. Eighteen plots of 20 x 20 m were allocated in six specific geoenvironments: Dry Forest of Lowland on Eutrophic Oxisol (MSBX), Limestone Pavement with Cambisol (LAP), Dry Forest with Limestone Outcrop on Nitosol (MSAF), Dry Forest of Grotta on Nitosol (MSGR), Slope Cerrado on Cambisol (CENT) and Cerrado Encarrascado over Latosol in Chapada (CENR). Soil samples (0-20 cm deep) were subjected to chemical and physical analyzes. Floristic similarity was calculated using the Jaccard index. To analyze the variability of species composition, the non-metric multidimensional scaling method (NMDS) was used. The importance value index (IVI) was calculated to verify the vegetation structure. The Shannon-Wiener diversity (H') and Pielou evenness (J') indices were calculated. Indicator species analysis (IndVal) was used to assess the strength of association between species abundance and frequencies and the six geoenvironments. Soil physical and chemical parameters were summarized using Principal Component Analysis (PCA). To assess a possible relationship between altitude, edaphic variables and species abundance, Canonical Correspondence Analysis (CCA) was used. A total of 877 individuals were sampled, distributed in 111 species, belonging to 76 genera and 30 families. Fabaceae showed greater representation in relation to the number of species, being the only family with occurrence in the six geoenvironments. The floristic similarity at the species level was considered low. Among geoenvironments there are differences in the values of relative abundances. The Shannon-Wiener diversity index and Pielou evenness remained between 1.26-2.96 and 0.78-0.87, respectively. The indicator species analysis revealed that 25 species (22.5%) were indicators. Along the geoenvironmental gradient, a high variability in the physical and chemical properties of the soil was observed. The CCA analysis separated the species into 3 groups and, in general, indicated that the physicochemical variables of the soil and altitude provided differences in the floristic composition. Our study revealed that, along the geoenvironmental gradient, physical and chemical properties of soil and altitude represent important modelers of the composition of plant communities in the ecotonal context of northern Minas Gerais.

Keywords: Soil-vegetation relationship, ecotonal area, Serra da Tenda, geoenvironmental gradient.

1. INTRODUÇÃO

Compreender como a estrutura e distribuição de comunidades vegetais mudam ao longo de gradientes ambientais é primordial para o delineamento de estratégias e ações de conservação dos ecossistemas tropicais (CAGLIONI *et al.*, 2018), especialmente em zonas de transição do sudeste do Brasil. A região norte de Minas Gerais, com diferentes condições climáticas e geológicas, está entre áreas ecotonais mais importantes do país (SCOLFORO; CARVALHO, 2006). A região apresenta influência de três importantes domínios fitogeográficos brasileiros: Cerrado (sul/oeste), Caatinga (norte) e Mata Atlântica (leste) (AB'SÁBER, 2012; IBGE, 2019); com composição florística complexa e distintas fitofisionomias em decorrência da ampla variação edáfica e topográfica (BRANDÃO, 1994; 2000). Entretanto, na região, ainda são escassos os estudos quantitativos e qualitativos que relacionam condições ambientais (por exemplo: altitude e solo) e parâmetros vegetacionais (por exemplo: composição de espécies e abundância). Evidências referentes à importância da biodiversidade e a necessidade da conservação das distintas formações vegetacionais do norte de Minas Gerais, não são suficientes para sua preservação (DRUMMOND *et al.*, 2005; DURÃES *et al.*, 2014).

Comunidades vegetais, em escala local, podem ser influenciadas por variações edafoclimáticas resultantes de gradientes altitudinais (KÖRNER *et al.*, 2017), topografia, geomorfologia (MENDIOLA *et al.*, 2004), interações bióticas (ARMAND, 1992) e/ou distúrbios antropogênicos (VALENCIA *et al.*, 2013). Esses fatores têm sido considerados importantes modeladores da seleção e estabelecimento das espécies, ao influenciar não somente a composição, estrutura e diversidade taxonômica, mas também a distribuição de diferentes comunidades vegetais (RODRIGUES *et al.* 1989; BOTREL *et al.*, 2002; SCHAEFER *et al.*, 2012). Estudos que avaliam a relação entre a flora e variáveis ambientais são extremamente válidos, principalmente em zonas de transição para fins de conservação. Essas zonas interagem nos espaços geográficos com diferentes ecossistemas e, desse modo, apresentam uma singularidade de paisagens com características específicas e alta biodiversidade (SMITH *et al.*, 1997; ANDRIANI *et al.*, 2020). Contudo, tais características tornam-nas, ao mesmo tempo, vulneráveis à degradação ambiental (SMITH *et al.*, 1997).

Ao analisar distintos ambientes, Schaefer *et al.* (2012) constaram que o solo apresenta forte influência no quadro florístico e fitofisionômico do país. Análises ecológicas, com base na composição de espécies arbóreas, sugerem que, dentro da zona climática do Domínio do Cerrado no Brasil, ocorre considerável heterogeneidade florística e um complexo mosaico de

tipos de vegetação relacionados a fatores ambientais (BUENO *et al.*, 2018). De acordo com os autores, ocorre a formação de três principais grupos dentro dessa zona: o primeiro composto por uma vegetação adaptada ao fogo e a solos com baixa disponibilidade de nutrientes (Cerrado *sensu stricto* e Cerradão); o segundo por Floresta Estacional Decidual (Mata Seca) em solos com altos teores de nutrientes e baixa disponibilidade hídrica; e o terceiro pela Floresta Estacional Semidecidual, onde a disponibilidade de água no solo é elevada (BUENO *et al.*, 2018). Nas zonas de transição floresta-savana, as propriedades edáficas são reconhecidas como limitantes, que por sua vez, são influenciadas pela topografia e material de origem (LOGMAN; JENIK, 1992). O solo é apontado como um dos principais determinantes da diversidade florística em áreas de transição (CAMPOS *et al.*, 2012; NERI *et al.*, 2012; FEITOSA *et al.*, 2016). As plantas se diferenciam nos atributos funcionais e, conseqüentemente, na preferência por condições e propriedades físicas e químicas do solo (DUBUIS *et al.*, 2013). Dentre os parâmetros edáficos, a granulometria e a química destacam-se por influenciar direta e/ou indiretamente as características das comunidades vegetais (PEÑA CLAROS *et al.*, 2012; VELOSO *et al.*, 2014), ao controlar a retenção de umidade, capacidade de troca catiônica, pH e disponibilidade de nutrientes (WALTER 2006; KAMRANI *et al.*, 2011).

A relação entre a heterogeneidade espacial das propriedades do solo e da vegetação tem recebido muita atenção nas últimas décadas, com estudos aprofundados em diferentes ecossistemas e regiões do país (NERI *et al.*, 2012; SCHAEFER *et al.*, 2012; DUBUIS *et al.*, 2013; MOTA *et al.*, 2018; RODRIGUES *et al.*, 2018; ARRUDA *et al.*, 2020; CAMPOS *et al.*, 2020; 2021). No entanto, existe uma carência de pesquisas que avalie essa relação entre distintos geoambientes no contexto ecotonal (IVANAUSKAS, 2002; MENDES; GOMES; ALVES, 2010), especialmente da região norte de Minas Gerais (RODRIGUES *et al.*, 2015). Os geoambientes correspondem ao ambiente geográfico cuja extensão territorial exhibe certa homogeneidade com relação aos atributos ambientais, como: geologia, topografia, solo, drenagem, clima e cobertura vegetal (DIAS *et al.*, 2002; BRANDÃO *et al.*, 2010). Constituem um referencial integrado a ser levado em consideração no processo de planejamento e monitoramento dos recursos naturais (MENDONÇA *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2015), com vistas a subsidiar a tomada de decisão quanto a preservação, manejo e/ou recuperação dos ecossistemas (SCHAEFER *et al.*, 2020).

Neste contexto, o objetivo desse estudo foi avaliar a composição e estrutura de distintas comunidades vegetais e sua relação com altitude e propriedades físicas e químicas do solo ao longo do gradiente geoambiental da Serra da Tenda, Montes Claros, norte de Minas

Gerais. Unidades geoambientais representativas em ambientes calcários, pelíticos e cobertura cenozóica latossolizada foram selecionadas na serra para responder as seguintes questões: (i) como a composição e estrutura da vegetação mudam ao longo do gradiente geoambiental? (ii) quais espécies são indicadoras de cada geoambiente; (iii) existe variabilidade nas propriedades físicas e químicas do solo ao longo do gradiente geoambiental; e iv) como as espécies estão distribuídas, em relação à altitude e variáveis edáficas, ao longo do gradiente geoambiental?

2. MATERIAL E MÉTODOS

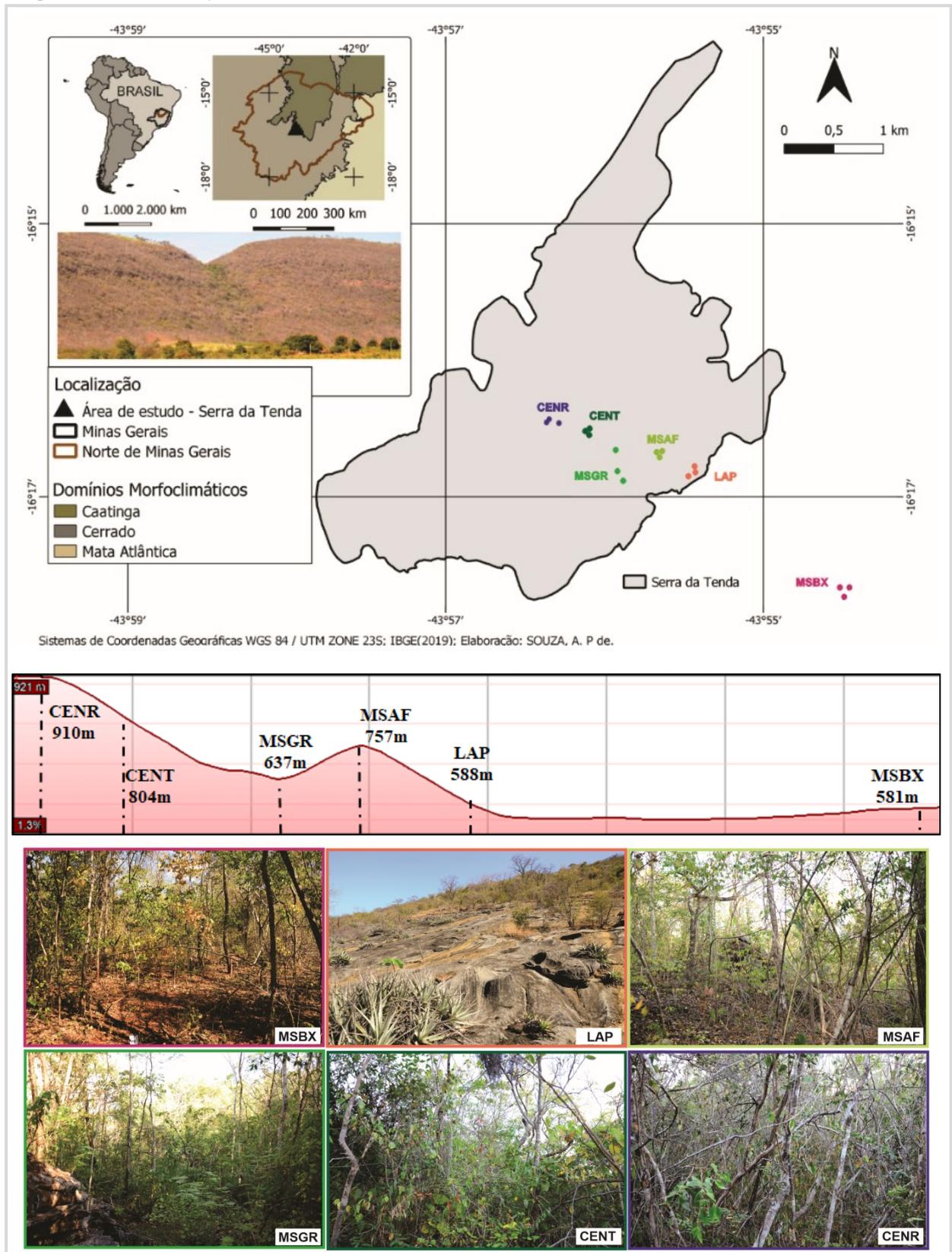
2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado na Serra da Tenda, localizada no município de Montes Claros, norte de Minas Gerais (16°13'- 16°17' S e 43°55' - 43°57' O; Figura 1). De acordo com a classificação de Köppen (1948), o clima da região é do tipo Aw, tropical quente e úmido com inverno seco acentuado (SILVA, 2019), mais próximo ao limite do subúmido seco (NIMER; BRANDÃO, 1989). A temperatura média anual é de 24°C (CHAVES; ANDRADE, 2014) e a precipitação média anual é de aproximadamente 1.086,4 mm (INMET, 2020).

A região pertence às bacias hidrográficas do Rio Verde Grande e dos Rios Pacuí e São Lamberto (LEITE; SANTOS; ALMEIDA, 2011; CBHSF, 2019). A unidade geológica predominante é o Grupo Bambuí (Neoproterozóico), pertencente ao Supergrupo São Francisco (PIRES, 1998; CHAVES; ANDRADE, 2014). A Serra da Tenda é embasada pela Formação Lagoa do Jacaré, constituída especialmente por calcários de retrabalhamento e eventuais intercalações pelíticas; ocorre o contato gradacional com a Formação Serra da Saudade (pelítica), e esta, apresenta contato de topo por discordância angular e erosiva, com cobertura sedimentar detrito-laterítica (Cenozóico), argilo-arenosa avermelhada (IGLESIAS; UHLEIN, 2009; KUCHENBECKER; COSTA, 2014).

O relevo é constituído por uma porção elevada com áreas dissecadas, marcadas por encostas íngremes e escarpas, das quais, muitas são sustentadas por paredões de calcários, topos em geral são planos a suavemente ondulados, com eventuais morros testemunhos; e uma porção baixa e plana, denominada Depressão do São Francisco (KUCHENBECKER; COSTA, 2014; CAMINHAS; FONSECA, 2020).

Figura 1 – Localização da Serra da Tenda em Montes Claros, norte de Minas Gerais



A amostragem da vegetação foi realizada nos seguintes geoambientes: Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX; rosa), Lapiá com Cambissolo (LAP; alaranjado), Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF; amarelo), Mata Seca de Grotta sobre Nitossolo (MSGR; verde claro), Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT; verde escuro), Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR; azul).

A região, localizada em uma área ecotonal, entre Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, se destaca por apresentar diferentes formações vegetacionais (SANTOS *et al.*, 2007a, IBGE, 2019). Nas partes mais elevadas da Serra da Tenda, o tipo de vegetação predominante é o Cerrado; nas encostas e baixada destaca-se a Floresta Estacional Decidual (Mata Seca); e nos afloramentos rochosos de calcário na forma de lapiás, um complexo de vegetação esclerófila. As principais classes de solos correspondem a Nitossolo Vermelho, Cambissolo Háplico e Latossolo Vermelho (Capítulo 1).

2.2. Seleção dos diferentes geoambientes

A estratificação da paisagem em unidades geoambientais foi realizada, principalmente a partir da avaliação integrada das características pedológicas, geológicas, geomorfológicas, e suas respectivas fitofisionomias (adaptado de TRICART; KIEWIETDEJONGE, 1992; SCHAEFER, 1997; SCHAEFER *et al.*, 2020). A separação dos geoambientes foi realizada a partir de reconhecimento em campo, além de interpretações de imagens Rapideye disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE). A topossequência estabelecida na Serra da Tenda incluiu os diferentes seguimentos da paisagem (topo, encosta e baixada), com a seleção de seis geoambientes (Figura 1) - (i) Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX): a 581 m de altitude, apresenta como fitofisionomia a Floresta Estacional Decidual; relevo plano; solo profundo e bem drenado, classificado como Latossolo Vermelho Eutrófico típico (LVe); com resquícios de murundus; e corte seletivo da *Astronium urundeuva* (M.Allemão) Engl. (Aroeira) - (ii) Lapiá com Cambissolo (LAP): corresponde aos afloramentos rochosos de calcário; a 588 m de altitude, no terço inferior; com vegetação esclerófila representada, principalmente por espécies da família Bromeliaceae e Cactaceae; apresenta relevo fortemente ondulado; erosão moderada; solo em bolsões esparsos, classificado como Cambissolo Háplico Tb Eutrófico léptico (CXbe), imperfeitamente drenado e epipedregoso - (iii) Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF): a 757 m de altitude, no terço médio; apresenta fitofisionomia de Floresta Estacional Decidual; rochosidade moderada; relevo forte ondulado; solo bem drenado, classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico típico (NVe) - (iv) Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR): a 637 m de altitude, está localizado no terço médio; apresenta fitofisionomia de Floresta Estacional Decidual, com aspecto mais semelhante à Floresta Estacional Semidecidual; ligeiramente rochoso; com relevo ondulado; solo bem drenado, classificado como Nitossolo Vermelho Eutrófico típico (NVe) - (v) Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT): a 804 m de

altitude, no terço superior; apresenta fitofisionomia de Cerrado típico sobre Cambissolo Háplico Tb Eutrófico leptofragmentário (CXbe) desenvolvido de rocha pelítica; o solo é imperfeitamente drenado, com presença de cascalho, calhaus e matacão; representa uma área com relevo mais dissecado, considerado montanhoso pela declividade acentuada, mas as feições erosivas são pouco expressivas - (vi) Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR): em altitude de 910 m no topo aplainado em forma de chapada; apresenta fitofisionomia de Cerradão; associa-se a um solo bem drenado, derivado da cobertura sedimentar detrito-laterítica do Terciário (TQ), classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico (LVd).

2.3. Coleta de dados

Em maio de 2019, espécies de plantas vasculares foram amostradas em áreas representativas das unidades geoambientais da Serra da Tenda. A amostragem da vegetação foi realizada a partir do método de parcelas de área fixa (MUELLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974), com alocação de dezoito parcelas de 20 x 20 m, sendo três em cada geoambiente. Nos afloramentos rochosos de calcário na forma de lapiás e fisionomias do Cerrado foram amostrados os indivíduos com circunferência a altura do solo (CAS) maior ou igual a 5 cm e na Floresta Estacional Decidual foram amostrados os indivíduos com circunferência a altura do peito (CAP) maior ou igual a 15 cm (MORO; MARTINS, 2011; ARRUDA, 2012).

Os espécimes coletados foram incorporados ao Herbário Norte Mineiro (MCCA) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A identificação taxonômica foi realizada com o auxílio da literatura especializada e consulta a especialistas, ao Herbário MCCA e às plataformas Flora do Brasil (2020), *Jabot* e *SpeciesLink*. Para a classificação dos táxons foi utilizado o sistema *ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP IV* (APG IV) (CHASE *et al.*, 2016). A nomenclatura das espécies e respectivas abreviações dos autores foram padronizadas de acordo com a Lista de Espécies da Flora do Brasil (2020).

Para caracterizar os solos, em cada parcela, foram coletadas amostras compostas de solo superficial (0-20 cm). As amostras 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 químicas e físicas de rotina, de acordo com os métodos descritos por Teixeira *et al.* (2017). A análise textural foi realizada pelo método da pipeta com utilização de agitação lenta de 50 rpm por 16 horas e determinação da argila por pipetagem. O pH foi

determinado em água (pH H₂O), os cátions trocáveis cálcio (Ca²⁺) e Magnésio (Mg²⁺) foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrofotometria de absorção atômica e acidez trocável (Al³⁺) por titulometria com NaOH. A acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) foi extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e quantificada por titulometria com NaOH. O fósforo (P) disponível, potássio (K⁺), sódio (Na⁺) e micronutrientes cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe) e Zinco (Zn) foram extraídos pelo Mehlich-1, e determinados por espectrofotômetro de plasma induzido (ICP-OES). O carbono orgânico (C.org.) foi determinado por Walkley Black sem aquecimento. O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado pela equação: MO = carbono orgânico x 1,724. A partir dos resultados obtidos foram calculados: soma de bases trocáveis (SB); capacidade de troca catiônica efetiva (t); capacidade de troca catiônica em pH 7,0 (T); índice de saturação por bases (V); índice de saturação por alumínio (m); índice de saturação por sódio (ISNa); fósforo remanescente (P-rem).

Para interpretação das análises de solos utilizou-se como referência os critérios da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG) (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ V., 1999).

2.4. Análise de dados

A similaridade florística entre geoambientes foi calculada através do índice de *Jaccard* (MAGURRAN, 2004). Para avaliar a conexão florística entre os geoambientes, com base na presença e ausência das espécies, foi confeccionado um diagrama de Venn. Para analisar a variabilidade da composição de espécies, empregou-se o método de escalonamento multidimensional não métrico (*non-metric multidimensional scaling* - NMDS) com base na distância de Bray-Curtis, utilizando dados de abundância de espécies das 18 parcelas (Apêndice A) (BRAY; CURTIS, 1957).

A estrutura da vegetação foi verificada a partir do índice de valor de importância (IVI) dado pela soma da densidade relativa (DR), dominância relativa (DoR) e frequência relativa (FR) de cada espécie (Apêndice B) (CURTIS; MCINTOSH, 1951). Para cada geoambiente foram calculados os índices de diversidade de Shannon-Wiener (H') e equabilidade de Pielou (J') (MAGURRAN, 2004).

A análise de espécies indicadoras (IndVal) foi utilizada para avaliar a força de associação entre as abundâncias e frequências das espécies e os seis geoambientes amostrados (DUFRENE; LEGENDRE, 1997; DE CÁCERES; LEGENDRE; MORETTI, 2010). O método

IndVal relaciona o grau de especificidade e de fidelidade, resultando em um valor indicador percentual (IndVal) para cada espécie (DUFRENE; LEGENDRE, 1997). Alta fidelidade indica que a espécie ocorre em todas as parcelas do geoambiente e a especificidade indica que a espécie ocorre somente em um geoambiente (DUFRENE; LEGENDRE, 1997). A significância estatística do IndVal foi avaliada utilizando o teste de randomização de Monte Carlo (999) (BAKKER, 2008; LEGENDRE; LEGENDRE, 2012).

A normalidade e distribuição dos dados foram verificadas com o teste de Shapiro-Wilk. Para comparar as variáveis edáficas (dados normalmente distribuídos) entre geoambientes, utilizou-se a análise de variância de uma via (*One-way* ANOVA) seguido do teste *a posteriori* de Tukey (HSD=0,05). As variáveis do solo foram resumidas por meio da Análise de Componentes Principais (PCA), a fim de identificar um possível gradiente edáfico entre os geoambientes (por exemplo, VILLA *et al.*, 2018; CAMPOS *et al.*, 2020). A análise foi realizada após a padronização das variáveis do solo, com a transformação pelo seu logarítmico natural, exceto pH em água (H₂O). A correlação de Pearson (r) foi aplicada para avaliar o grau de correlação entre as variáveis edáficas (Apêndice D).

Para verificar uma possível relação entre a altitude, variáveis edáficas e a abundância das espécies, foi empregada a análise de correspondência canônica (CCA) (TER BRAAK, 1987). Foram elaboradas duas matrizes: uma com os valores de densidade das espécies por parcelas, e outra com os dados das altitudes e variáveis edáficas selecionadas a partir da PCA. Para testar a significância dos autovalores gerados e das relações espécie-ambiente foi aplicado o teste de permutação de Monte Carlo (999 randomizações). A CCA foi realizada no programa PC-ORD versão 6.0 (MCCUNE; MEFFORD, 2011). As demais análises estatísticas foram processadas com auxílio do *software* R versão 3.6.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020), utilizando os pacotes VennDiagram (CHEN, 2012), FactoMineR (HUSSON *et al.*, 2017), Vegan (OKSANEN *et al.*, 2016) e Indicspecies (DE CÁCERES; JANSEN, 2016).

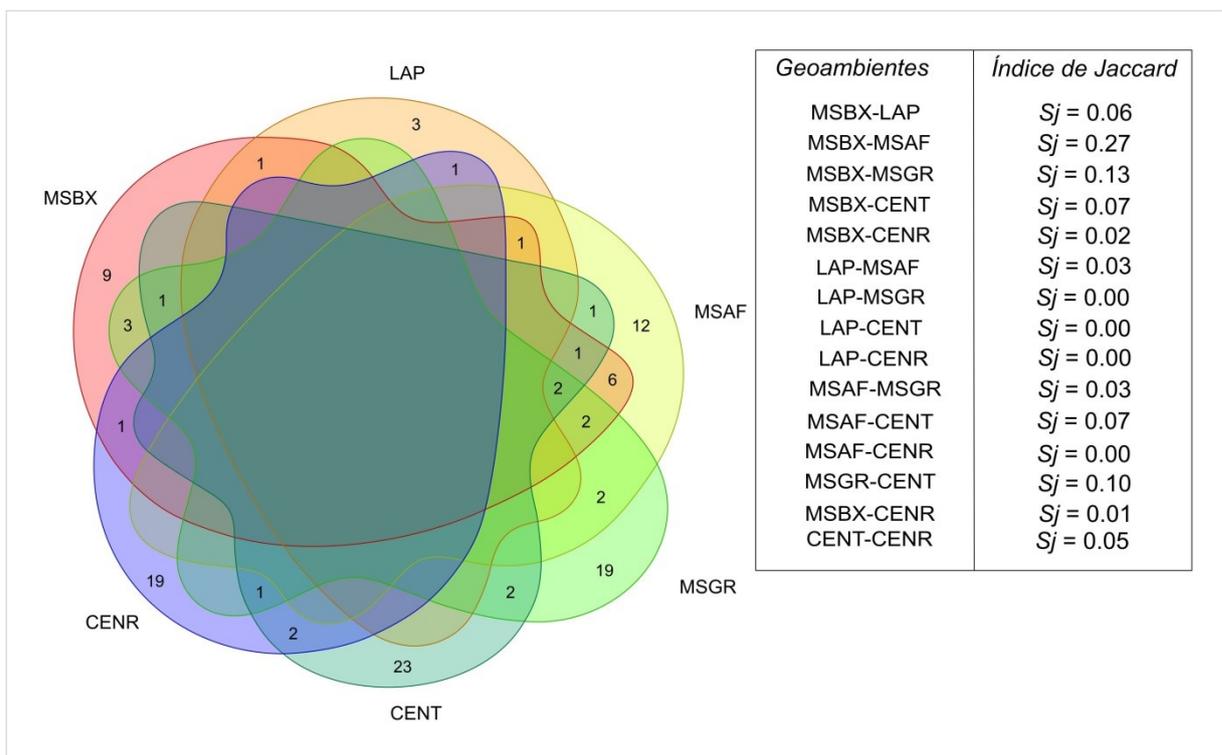
3. RESULTADOS

3.1. Composição e riqueza de espécies

Foram amostrados um total de 877 indivíduos, distribuídos em 111 espécies, pertencentes a 76 gêneros e 30 famílias. Entre os geoambientes, CENT apresentou o maior número de espécies (33), seguido do MSGR (32), MSAF e MSBX (27 cada), CENR (23) e LAP (5). Fabaceae apresentou 30 espécies e foi a única família com ocorrência nos seis geoambientes e com a maior representatividade em relação ao número de espécies para

MSGR, MSBX, CENR, MSAF e CENT, com aproximadamente 38%, 33%, 30%, 26% e 24% da riqueza total, respectivamente. Bignoniaceae apresentou 9 espécies, seguida de Anacardiaceae, Apocynaceae, Combretaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae e Sapindaceae com 5 espécies cada. Do número total de famílias, 63,3% apresentaram duas ou apenas uma espécie. Em relação aos gêneros, 75% apresentaram apenas uma espécie. Os mais representativos foram *Machaerium* (6), *Handroanthus* (5), *Aspidosperma* e *Senegalia* (4 espécies cada), juntos contribuíram com 17,1% da riqueza total de espécies. Da riqueza total, 85 espécies (76,6%) ocorreram exclusivamente em um geoambiente, 18 (16,2%) foram comuns a dois, 6 (5,4%) ocorreram em três e 2 espécies (1,8%) foram compartilhadas por quatro geoambientes (Figura 2). Entre os seis geoambientes não ocorreu o compartilhamento de nenhuma espécie. As similaridades florísticas pelo índice de *Jaccard* indicou maior semelhança entre MSBX e MSAF (27%) (Figura 2).

Figura 2 – Diagrama de Venn de espécies exclusivas e compartilhadas entre os seis geoambientes amostrados na Serra da Tenda, norte de Minas Gerais



Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX; rosa), Lapiá com Cambissolo (LAP; alaranjado), Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF; amarelo), Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR; verde claro), Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT; verde escuro), Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR; azul).

A NMDS indicou que a composição de espécies variou significativamente entre os geoambientes (PERMANOVA: $F_{5,12} = 4,93$; $p < 0,001$), (Apêndice A).

3.2. Estrutura da comunidade

Entre os geoambientes existem diferenças nos valores de abundâncias relativas (Kruskal-Wallis: $H = 13.15$; $p < 0,05$). As 10 espécies mais abundantes de cada geoambiente, com maior valor de importância (IVI), representaram aproximadamente 71,68%, 68,15%, 62,06%, 67,08% e 75,93% do IVI total para MSBX, MSAF, MSGR, CENT e CENR, respectivamente (Apêndice B). Destas, *Astronium urundeuva* foi a espécie mais comum, com ocorrência em quatro geoambientes: MSBX, MSAF, MSGR e CENT. O maior IVI desta espécie foi no MSAF, devido aos seus maiores valores de densidade relativa (10,61%) e dominância relativa (23,45%). MSBX e MSGR compartilharam o maior número de espécies (3) entre as 10 com maior IVI, *Goniorrhachis marginata* Taub., *Schinopsis brasiliensis* Engl. e *Leucochloron minarum* (Glaz. ex Harms) Barneby & J.W.Grimes. CENR não compartilhou nenhuma espécie dentre as 10 com maior IVI. Destaca-se que, conforme consulta no Flora do Brasil (2020) e *SpeciesLink* não há registro no estado de Minas Gerais para a espécie *Cnidocolus obtusifolius* Pohl ex Baill., encontrada apenas no MSBX, com o quinto maior IVI total (20,66), devido aos elevados valores de densidade e dominância relativas.

No LAP ocorreram apenas 5 espécies, das quais, *Lippia origanoides* Kunth e *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett, com os maiores IVI, corresponderam a 71,45% do IVI total, devido aos maiores valores relativos de densidade, dominância e frequência relativas.

O índice de diversidade de Shannon - Wiewer (H') e Equabilidade de Pielou (J) para os seis geoambientes foram, respectivamente: MSBX (2,69 e 0,81); LAP (1,26 e 0,78); MSAF (2,92 e 0,87); MSGR (2,96 e 0,86); CENT (2,92 e 0,83); e CENR (2,66 e 0,85).

3.3. Análise de espécies indicadoras

A análise de espécies indicadoras revelou que das 111 espécies, 25 (22,5%) foram indicadoras dos seis geoambientes (MSBX, LAP, MSAF, MSGR, CENT, CENR), bem como das duas categorias de combinações entre os geoambientes (MSBX e MSAF; MSAF e CENT) (Tabela 1). Das espécies indicadoras, 80% tiveram especificidade máxima, ou seja, ocorreram em apenas um geoambiente. O CENR apresentou maior número de espécies indicadoras (8), sendo todas com especificidade máxima. Todas as espécies indicadoras apresentaram fidelidade máxima.

Tabela 1 – Análise de espécies indicadoras (IndVal) dos geoambientes e combinações de grupos na Serra da Tenda, norte de Minas Gerais

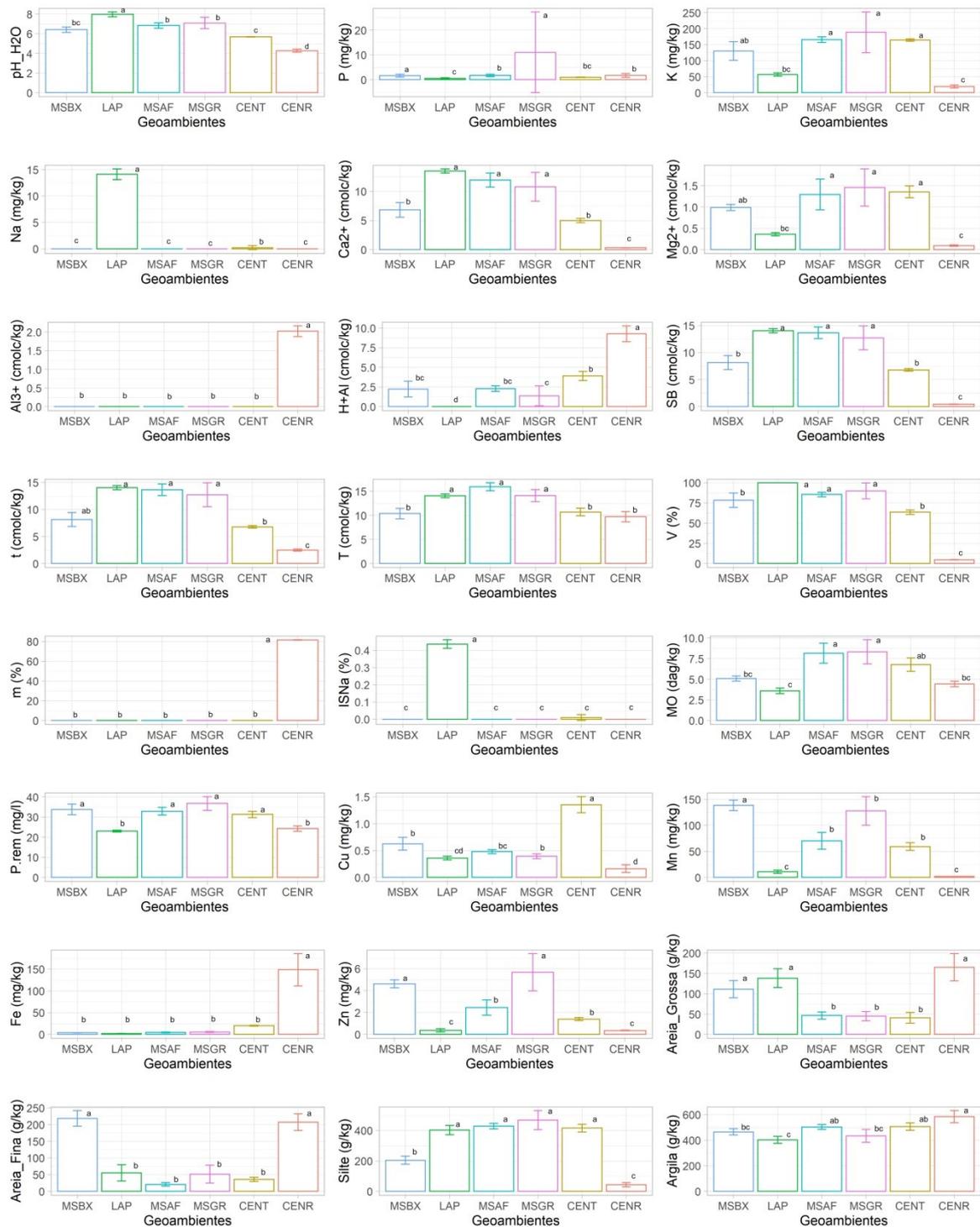
Geoambiente	Espécies	S	F	IndVal	p-valor
MSBX	<i>Acosmium lentiscifolium</i> Schott	0.91	1	0.95	0.0152*
	<i>Combretum fruticosum</i> (Loefl.) Stuntz	0.74	1	0.86	0.0232*
LAP	<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	1	1	1	0.0083**
	<i>Lippia organoides</i> Kunth	1	1	1	0.0083**
	<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	0.91	1	0.95	0.0083**
MSAF	<i>Fridericia bahiensis</i> (Schauer ex. DC.) L.G.Lohmann	1	1	1	0.0059**
	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	1	1	1	0.0059**
MSGR	<i>Senegalia</i> sp.	1	1	1	0.0075**
CENT	<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	1	1	1	0.0064**
	<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	1	1	1	0.0064**
	<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	1	1	1	0.0064**
	<i>Monteverdia floribunda</i> (Reissek) Biral	1	1	1	0.0064**
	<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	1	1	1	0.0064**
	<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	1	1	1	0.0064**
	<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	0.97	1	0.98	0.0064**
CENR	<i>Byrsonima correfolia</i> A. Juss.	1	1	1	0.008**
	<i>Callisthene major</i> Mart.	1	1	1	0.008**
	<i>Casearia javitensis</i> Kunth	1	1	1	0.008**
	<i>Copaifera coriacea</i> Mart.	1	1	1	0.008**
	<i>Erythroxylum</i> sp.	1	1	1	0.008**
	<i>Eugenia aurata</i> O. Berg	1	1	1	0.008**
	<i>Heisteria ovata</i> Benth.	1	1	1	0.008**
	Indeterminada 3	1	1	1	0.008**
MSBX + MSAF	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	1	1	1	0.0015**
MSAF + CENT	<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	0.90	1	0.95	0.0038**

MSBX - Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico; LAP - Lapiá com Cambissolo; MSAF - Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo; MSGR - Mata Seca de Grota sobre Nitossolo; CENT - Cerrado de Encosta sobre Cambissolo; CENR - Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada. S - Especificidade; F - Fidelidade; IndVal – Índice de Valor Indicador. * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$.

3.4. Caracterização edáfica

Entre todos os geoambientes existem diferenças nas variáveis edáficas (Figura 3). Os solos analisados apresentaram valores médios de pH diversificados: o LAP teve alcalinidade elevada (7,98), MSGR pH neutro (7,09), MSBX e MSAF acidez fraca (6,41 e 6,84, respectivamente), CENT acidez média (5,69) e o CENR acidez muito elevada (4,28) (Apêndice C).

Figura 3 – Variáveis edáficas (amostras compostas) em gráficos de barras dos geoambientes da Serra da Tenda, norte de Minas Gerais



Os valores seguidos pelas mesmas letras não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX), Lapiá com Cambissolo (LAP), Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF), Mata Seca de Grotta sobre Nitossolo (MSGR), Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT), Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR). Para análise: pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; P - fósforo disponível; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ - magnésio trocável; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; SB - soma de bases trocáveis; t - capacidade de troca catiônica efetiva; T - capacidade de troca catiônica em pH 7,0; V - índice de saturação por bases; m - índice de saturação por alumínio; ISNa - índice de saturação por sódio; MO - matéria orgânica; P_{rem} - fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco.

De maneira geral os solos são eutróficos. MSBX, LAP, MSAF, MSGR e CENT as médias de saturação de bases variaram entre 63,63% (CENT) e 100% (LAP). Esses geoambientes apresentaram teores médios muito bons para SB (6,79 a 14,04 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) e para Ca^{2+} (5 a 13,47 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), variou entre baixo e muito bom para Mg^{2+} (0,36 a 1,46 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), e entre médios a muito bons para K^+ (57,01 a 188,91 mg kg^{-1}); já os teores médio de P foram de muito baixos a baixo (0,49 a 11,03 mg kg^{-1}). Os solos desses geoambientes apresentaram valores nulos para Al^{3+} e a capacidade de troca catiônica efetiva (t) variou de bons a muito bons (6,79 a 14,04 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) (Apêndice C).

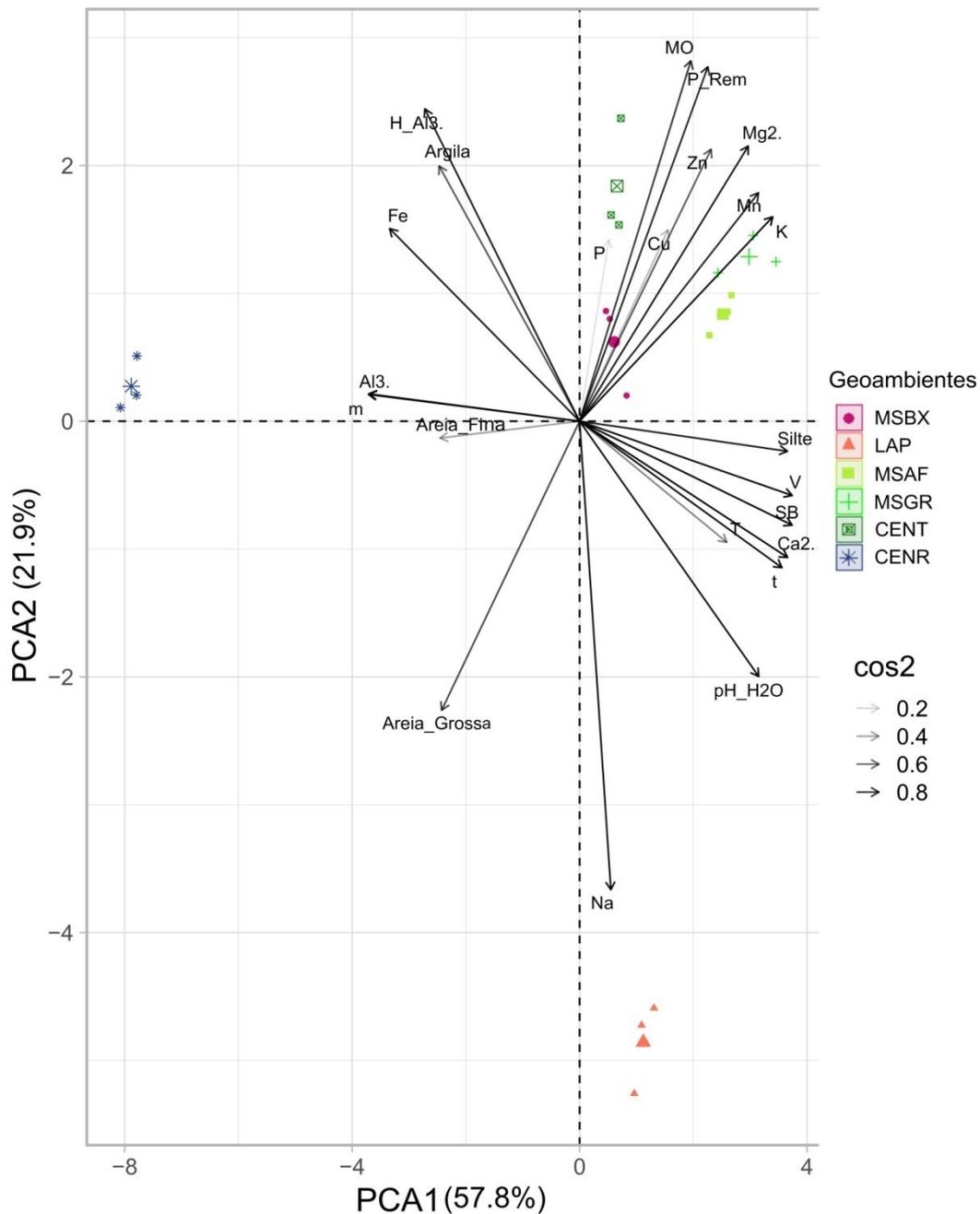
O CENR apresentou solo com pH ácido e distrófico, teores médios muito baixos para V (4,70%) e SB (0,46 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$), bem como valores muito altos para Al^{3+} (2,02 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) e Fe (148,64 mg kg^{-1}). A capacidade de troca catiônica efetiva (t) exibiu valor médio (2,48 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$) (Apêndice C).

Em relação aos teores médios de MO, MSGR e MSAF apresentaram teores muito bons (8,34 e 8,16 dag kg^{-1} , respectivamente); CENT, MSBX, e CENR obtiveram valores bons (6,78; 5,1e 4,43 dag kg^{-1} , respectivamente); e o LAP teor médio (3,59 dag kg^{-1}). Os solos, no geral, apresentaram valores altos para argila, com textura variando de argilosa a argilo-siltosa (Apêndice C).

3.5. Gradiente pedológico

Ao longo do gradiente geoambiental foi observado uma alta variabilidade nas propriedades físicas e químicas do solo. Algumas variáveis formaram grupos (Figura 4), como pode ser observado, principalmente para Na^+ que separou LAP; Al^{3+} , H^+ + Al^{3+} e Fe que separou CENR; e MO, Mn, K^+ , Mg^{+2} e P-rem que separou os demais geoambientes. Os dois primeiros eixos da PCA explicaram 79,7% da variação nos dados do solo (Figura 4). O primeiro eixo explicou 57,8% da variância e foi positivamente correlacionado com V ($R = 0,95$), SB ($R = 0,92$), Silte ($R = 0,89$), t ($R = 0,88$), Ca^{2+} ($R = 0,86$), pH H_2O ($R = 0,85$) e negativamente correlacionado com Al^{3+} e m ($R = -0,94$), Fe ($R = -0,93$) e H^+ + Al^{3+} ($R = -0,91$). O segundo eixo da PCA explicou 21,9% da variação dos dados de solo e foi positivamente correlacionado com P-rem ($R = 0,74$) e negativamente com Na^+ ($R = -0,95$).

Figura 4 – Análise de componentes principais (PCA) para as variáveis edáficas dos diferentes geoambientes da Serra da Tenda, norte de Minas Gerais



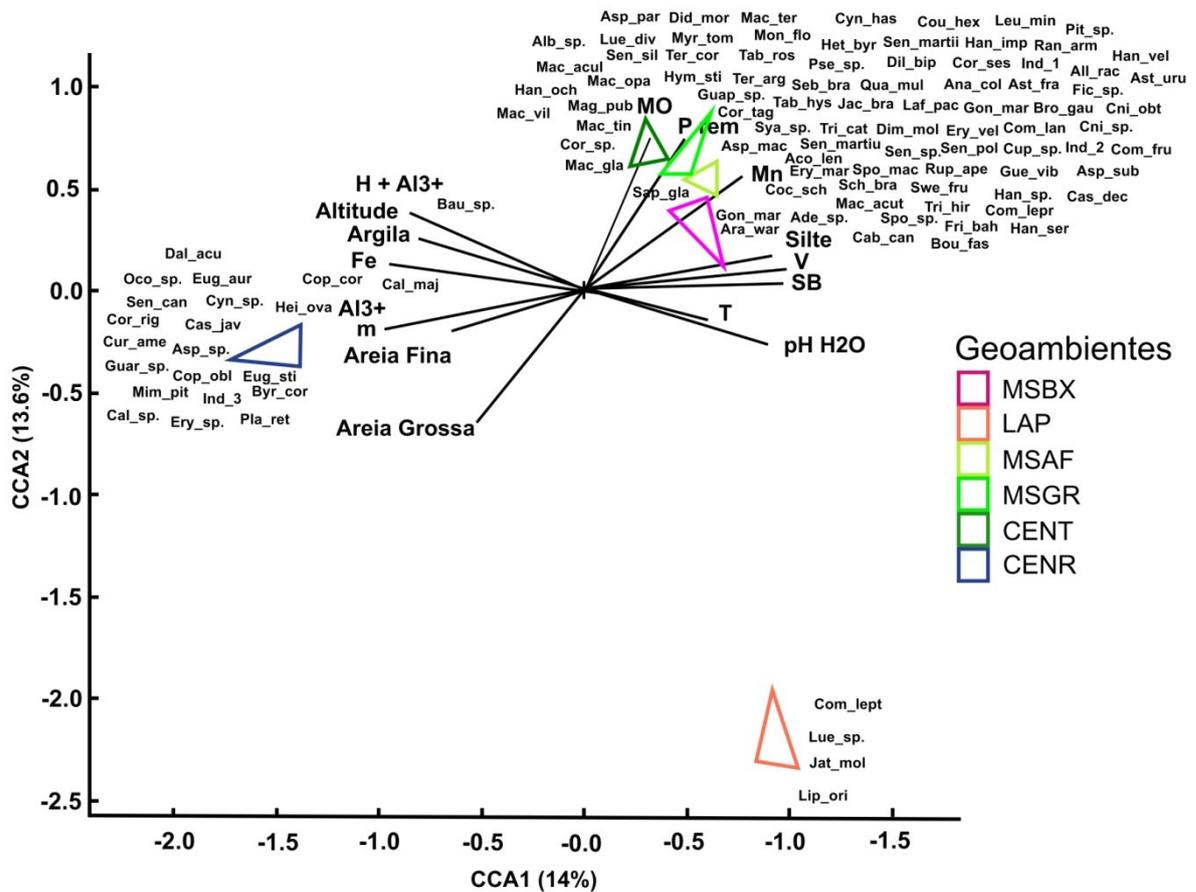
Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX; rosa), Lapiá com Cambissolo (LAP; alaranjado), Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF; amarelo), Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR; verde claro), Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT; verde escuro), Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR; azul). Para análise: pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; P - fósforo disponível; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ - magnésio trocável; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; SB - soma de bases trocáveis; t - capacidade de troca catiônica efetiva; T - capacidade de troca catiônica em pH 7,0; V - índice de saturação por bases; m - índice de saturação por alumínio; MO - matéria orgânica; P-rem - fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco. O nível de correlação de Pearson de cada vetor é indicado (cos²).

3.6. Relação solo-altitude-vegetação

O diagrama de ordenação da CCA separou três grupos de acordo com a altitude e as variáveis do solo (Figura 5). O primeiro eixo da CCA explicou 14% da composição de espécies com diferenças nas propriedades do solo, enquanto o segundo eixo explicou 13,6%. O primeiro grupo, formado pelas parcelas dos geoambientes MSBX, MSAF, MSGR e CENT, correlacionou com MO, P-rem, Mn e silte; o segundo grupo, formado pelas parcelas do LAP, correlacionou com pH H₂O, T e SB; e o terceiro grupo, formado pelas parcelas do CENR, correlacionou com altitude, Fe, Al³⁺, H⁺ + Al³⁺, areia grossa, areia fina e argila. Na CCA, apenas o autovalor do primeiro eixo (0,982) foi significativo (p = 0,001). O índice de correlação de Pearson do primeiro eixo obtido pelo teste de Monte Carlo indicou correlações significativas entre a abundância das espécies com as variáveis edáficas e altitude (R = 0,998 ; p = 0,001). Para abundância, o primeiro eixo apresentou correlação positiva alta (R > 0,9) com pH H₂O, SB, V e silte e correlação negativa alta (R > -0,9) com Al³⁺, m e Fe.

A distribuição das abundâncias das espécies em relação às variáveis edáficas e altitude seguiram o mesmo padrão (Figura 4). Relacionado aos parâmetros estruturais, as espécies que se correlacionaram, principalmente com MO, P-rem, Mn e silte foram aquelas com os maiores IVIs para MSBX, MSAF, MSGR e CENT: *Combretum fruticosum* (Loefl.) Stuntz, *Casearia decandra* Jacq., *Schinopsis brasiliensis*, *Acosmium lentiscifolium* Schott, *Astronium urundeuva*, *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.Grose, *Cabrarea canjerana* (Vell.) Mart. e *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos. As espécies que obtiveram uma maior correlação com pH H₂O e T foram as com os maiores IVIs para LAP: *Lippia organoides* e *Commiphora leptophloeos*. As espécies que se correlacionaram com Al³⁺, m, Fe e areia foram as com os maiores IVIs para CENR: *Copaifera coriacea* Mart., *Callisthene major* Mart., *Heisteria ovata* Benth.

Figura 5 – Análise de correspondência canônica (CCA), abundância de espécies e parcelas em função da altitude e variáveis edáficas, nos geoambientes da Serra da Tenda, norte de MG



Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX; rosa), Lapiá com Cambissolo (LAP; alaranjado), Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF; amarelo), Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR; verde claro), Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT; verde escuro), Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR; azul).

Espécies e códigos: *Acosmium lentiscifolium* (Aco_len); *Adenocalymma* sp. (Ade_sp.); *Albizia* sp. (Alb_sp.); *Allophylus racemosus* (All_rac); *Allophylus* sp. (All_sp.); *Anadenanthera colubrina* (Ana_col); *Araliawarmingiana* (Ara_war); *Aspidosperma macrocarpon* (Asp_mac); *Aspidosperma parvifolium* (Asp_par); *Aspidosperma* sp. (Asp_sp.); *Aspidosperma subincanum* (Asp_sub); *Astronium fraxinifolium* (Ast_fra); *Astronium murundeuva* (Ast_uru); *Bauhinia* sp. (Bau_sp.); *Bougainvillea fasciculata* (Bou_fas); *Brosimum gaudichaudii* (Bro_gau); *Byrsonima coriifolia* (Byr_cor); *Cabranea canjerana* (Cab_can); *Callisthene major* (Cal_maj); *Calophyllum* sp. (Cal_sp.); *Casearia decandra* (Cas_dec); *Casearia javitensis* (Cas_jav); *Cnidocolus obtusifolius* (Cni_obt); *Cnidocolus* sp. (Cni_sp.); *Coccoloba schwackeana* (Coc_sch); *Combretum fruticosum* (Com_fru); *Combretum lanceolatum* (Com_lan); *Combretum leprosum* (Com_lepr); *Commiphora leptophloeos* (Com_lept); *Copaifera coriacea* (Cop_cor); *Copaifera oblongifolia* (Cop_obl); *Cordia* sp. (Cor_sp.); *Cordia guahyensis* (Cor_tag); *Cordia rigida* (Cor_rig); *Cordia sessilis* (Cor_ses); *Coutarea hexandra* (Cou_hex); *Cupania* sp. (Cup_sp.); *Curatella americana* (Cur_ame); *Cynophalla hastata* (Cyn_has); *Cynophalla* sp. (Cyn_sp.); *Dalbergia acuta* (Dal_acu); *Didymopanax morototoni* (Did_mor); *Dilodendron bipinnatum* (Dil_bip); *Dimorphandra mollis* (Dim_mol); *Erythrina velutina* (Ery_vel); *Erythroxylum maracasense* (Ery_mar); *Erythroxylum* sp. (Ery_sp.); *Eugenia aurata* (Eug_aur); *Eugenia stictopetala* (Eug_sti); *Ficus* sp. (Fic_sp.); *Fridericia bahiensis* (Fri_bah); *Goniorrhachis marginata* (Gon_mar); *Guapira* sp. (Guap_sp.); *Guarea* sp. (Guar_sp.); *Guettarda viburnoides* (Gue_vib); *Handroanthus impetiginosus* (Han_imp); *Handroanthus ochraceus* (Han_och); *Handroanthus serratifolius* (Han_ser); *Handroanthus* sp.1 (Han_sp.); *Handroanthus vellosi* (Han_vel); *Heisteria ovata* (Hei_ova); *Heteropterys byrsonimifolia* (Het_byr); *Hymenae astigonocarpa* (Hym_sti); *Inderteminada 1* (Ind_1); *Inderteminada 2* (Ind_2); *Inderteminada 3* (Ind_3); *Jacaranda brasiliensis* (Jac_bra); *Jatropha molissima* (Jat_mol); *Lafoensia pacari* (Laf_pac); *Leucochloron minarum* (Leu_min); *Lippia organoides* (Lip_ori); *Luehea divaricata* (Lue_div); *Luetzelburgia* sp. (Lue_sp.); *Machaerium aculeatum* (Mac_acul); *Machaerium acutifolium* (Mac_acut); *Machaerium glabrum* (Mac_gla);

Machaerium opacum (Mac_opa); *Machaerium ternatum* (Mac_ter); *Machaerium villosum* (Mac_vil); *Maclura tinctoria* (Mac_tin); *Magonia pubescens* (Mag_pub); *Mimosa pithecolobioides* (Mim_pit); *Monteverdia floribunda* (Mon_flo); *Myrcia tomentosa* (Myr_tom); *Ocotea* sp. (Oco_sp.); *Pithecellobium* sp. (Pit_sp.); *Plathymenia reticulata* (Pla_ret); *Pseudobombax* sp. (Pse_sp.); *Qualea multiflora* (Qua_mul); *Randia armata* (Ran_arm); *Ruprechtia apetala* (Rup_ape); *Sapium glandulosum* (Sap_gla); *Schinopsis brasiliensis* (Sch_bra); *Sebastiania brasiliensis* (Seb_bra); *Senegalia martii* (Sen_martii); *Senegalia martiusiana* (Sen_martiu); *Senegalia polyphylla* (Sen_pol); *Senegalia* sp. (Sen_sp.); *Senna cana* (Sen_can); *Senna silvestres* (Sen_sil); *Senna* sp. (Sen_sp.); *Spondias macrocarpa* (Spo_mac); *Spondias* sp. (Spo_sp.); *Sweetia fruticosa* (Swe_fru); *Syagrus* sp. (Sya_sp.); *Tabebuia roseoalba* (Tab_ros); *Tabernaemontana hystrix* (Tab_hys); *Terminalia argentea* (Ter_arg); *Terminalia corrugata* (Ter_cor); *Trichilia catigua* (Tri_cat); *Trichilia hirta* (Tri_hir).

4. DISCUSSÃO

Neste estudo, descrevemos informações florísticas e estruturais relevantes para o conhecimento de distintas comunidades vegetais, no contexto ecotonal do norte de Minas Gerais, bem como analisamos sua relação com altitude e propriedades físicas e químicas do solo. De uma forma geral, em uma pequena escala espacial, comunidades vegetais apresentaram diferenças significativas nos parâmetros vegetacionais (composição e estrutura) entre diferentes geoambientes. Além disso, nossos resultados evidenciaram uma pronunciada heterogeneidade ambiental, em que variáveis edáficas e altitude proporcionaram diferenças na composição da vegetação. O solo tem sido apontado como um dos principais modeladores da estrutura e distribuição de comunidades vegetais em áreas de transição (DURIGAN; RATTER, 2006; CAMPOS *et al.*, 2012; NERI *et al.*, 2012; RODRIGUES *et al.*, 2018); e a variação nos seus atributos, podem estar diretamente relacionadas a variação do relevo e do material de origem (LOGMAN; JENIK, 1992; CAMPOS *et al.*, 2012), assim como a capacidade de comunidades vegetais influenciar vários processos biogeoquímicos do solo através de *feedbacks* (SILVA *et al.*, 2013).

O elevado número de espécies amostradas na Serra da Tenda corrobora outros trabalhos realizados na mesma região (SANTOS *et al.*, 2007b; MOURA, 2012; TEIXEIRA, 2012; NUNES *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2018). No contexto ecotonal do norte de Minas Gerais, essa alta riqueza pode ser atribuída a ampla variação em termos fitofisionômicos (GONZAGA *et al.* 2013), topográficos, geológicos, edáficos e climáticos no qual as distintas unidades ecológicas estão inseridas (MOURA 2012; ARRUDA *et al.*, 2013; RODRIGUES *et al.*, 2018). Concomitante, as similaridades florísticas ao nível de espécies foram consideradas baixas entre os geoambientes, visto que, para duas comunidades serem reconhecidas como floristicamente semelhantes, o índice de *Jaccard* deve ser superior a 25% (MÜLLER-DOMBOIS; ELLENBERG, 1974). Este índice evidencia a heterogeneidade florística de cada geoambiente, com ocorrência de espécies únicas e, portanto, de extrema

importância biológica e prioritária para a conservação da biodiversidade da região (MENINO *et al.*, 2015).

Fabaceae foi a família com a maior representatividade de táxons e amplamente distribuída pelos geoambientes. A família desempenha relevante papel ecológico em áreas ecotonais (GONZAGA *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2020), e sua presença marcante no perfil florístico da Serra da Tenda, demonstra que as distintas comunidades vegetais, não fogem ao padrão característico das diferentes fitofisionomias do Cerrado, florestas decíduais e áreas de transição entre cerrado-floresta (NASCIMENTO *et al.*, 2004; SILVA; SCARIOT, 2004; FELFILI *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2008; SOARES *et al.*, 2015; ANDRIANI *et al.*, 2020). Na mesma região de estudo, ao analisar a composição e estrutura da vegetação, Santos e Vieira (2005) e Santos *et al.* (2007b) observaram vasta distribuição da família e sua capacidade adaptativa a diversos tipos de solo e clima. A riqueza e abundância da família Fabaceae estão associadas às distintas estruturas morfológicas e ampla variedade de hábitos de vida (LEWIS *et al.*, 2005). Por meio da simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio, suas espécies são fundamentais na entrada do elemento nos ecossistemas terrestres (CREWS, 1999). Tal mecanismo, favorece seu estabelecimento e reprodução, especialmente em ambientes pobres em nutrientes (OLIVEIRA *et al.*, 2012), como o CENR; além disso, desempenha importante papel na recomposição da vegetação, uma vez que favorece o processo de sucessão e surgimento de espécies mais exigentes (CARPANEZZI, 2005).

O maior número de espécies indicadoras com máxima especificidade ($S = 1,00$) e máxima fidelidade ($F = 1,00$) indicam a presença de um número significativo de espécies com distribuição geográfica restrita a um determinado geoambiente, mas com ampla ocorrência nas parcelas. Esse resultado demonstra que a Serra da Tenda apresenta um complexo vegetacional, onde um relevante número de espécies é restrito a determinadas características ambientais dos distintos geoambientes (RODRIGUES *et al.*, 2015). Por exemplo, o CENR apresentou 32% do número total de espécies indicadoras com máxima especificidade, o que pode estar relacionado com condições ambientais específicas do geoambiente, como solos com alto teor de alumínio e baixa disponibilidade de nutrientes (CAMPOS *et al.*, 2018; 2020). De acordo com Dubuis *et al.* (2013), as espécies se diferenciam nos atributos funcionais e, conseqüentemente na preferência por condições e propriedades físicas e químicas do solo.

A análise de espécies indicadoras pode ser de grande importância do ponto de vista da conservação (RICOTTA *et al.*, 2015; CAMPOS *et al.*, 2018), do mapeamento da paisagem, desenho de reservas naturais (DE CACÉRES *et al.*, 2010), e de um futuro programa de monitoramento que visa manter ou restaurar a integridade ecológica de diferentes

ecossistemas (CARIGNAN; VILLARD, 2002) que compõem a região norte de Minas Gerais, principalmente por se tratar de uma área ecotonal. Além disso, sugerimos que esta análise em conjunto com a avaliação de diferentes fatores ambientais (por exemplo: clima e topografia) permite obter informações importantes sobre o nicho ecológico de espécies com habitat relativamente estreito.

A diferença entre os solos dos seis geoambientes, com relação às variáveis físico-químicas, evidencia a pronunciada heterogeneidade das condições ambientais na paisagem da Serra da Tenda. Em geral, as características edáficas do presente estudo, estão em conformidade com aquelas descritas, para a mesma região, por Teixeira (2012) e Moura (2012). A posição topográfica, geralmente, relaciona-se diretamente com as variações nas propriedades edáficas, e conseqüentemente, com a estrutura das comunidades vegetais (FERREIRA-JÚNIOR *et al.* 2007; BOHLMAN *et al.* 2008; GUERRA *et al.* 2013). No mesmo sentido, Silva (2011) aponta que em zonas ecotonais, solo e topografia são os principais modeladores da vegetação, ao influenciarem a densidade e dominância de algumas espécies, bem como a quantidade de estratos no interior de florestas. Assim, fundamentado nas distintas propriedades do solo e diferentes cotas altimétricas dos geoambientes, sugerimos que tais fatores possam promover diferenças significativas, principalmente na composição florística das diferentes comunidades vegetais da Serra da Tenda. Tal fato é confirmado pela separação das parcelas de acordo com as variáveis ambientais (Figura 5), as quais podem estar relacionadas à distribuição em abundância das espécies.

Na CCA, três grupos distintos foram formados, indicando a concentração das espécies em habitats preferenciais, em função da altitude e características edáficas, principalmente fertilidade. Um grupo foi constituído por espécies do LAP que se encontram correlacionadas com Na^+ , pH H_2O e T, como *Lippia organoides*, *Sapium glandulosum* e *Commiphora leptophloeos*. O LAP apresentou os menores valores para MO e maior índice de saturação por base (V), devido aos elevados valores de Ca^{2+} e Na^+ . Esse geoambiente, com o predomínio do estrato herbáceo-arbustivo, foi o que apresentou o menor número de espécies e indivíduos em comparação aos demais. A própria conformação geomorfológica dos afloramentos calcários na forma de lapiás, comumente, favorece a colonização e estabelecimento de uma cobertura vegetal distinta das áreas adjacentes (PÉRES-GÁRCIÁ *et al.*, 2012; PÉRES-GÁRCIÁ; MEAVE, 2005). Espécies observadas em condição de solo raso apresentam adaptações fisiológicas e/ou morfológicas à alta exposição solar, déficit hídrico, elevada taxa de erosão e solos rasos (RODRIGUES, 1999). Nos afloramentos calcários do norte de Minas, restritos bolsões de solos rasos e fendas, com maior retenção hídrica e deposição de matéria

orgânica, espécies de maior porte se desenvolvem, como *Commiphora leptophloeos* e espécies do gênero *Sapium* (TEIXEIRA, 2012). Elevados teores de Ca^{2+} no solo podem proporcionar aumento no pH e, conseqüentemente aumento na capacidade de troca catiônica; o que resulta no aumento da disponibilidade de macronutrientes para espécies vegetais, principalmente as calcífilas (DE SOUZA *et al.*, 2019). Entretanto, de acordo com Alves *et al.* (2018), altos teores do cátion no solo podem causar estresse fisiológico e problemas de crescimento às espécies vegetais. De acordo com os autores, nutrientes como, P, K^+ e Fe em contato do cálcio podem originar sais solúveis e torná-los indisponíveis às plantas.

O segundo grupo corresponde às espécies que apresentaram alta correlação com solos ácidos, arenosos, com as maiores concentrações de Fe e Al^{3+} , as quais apresentam as maiores abundâncias no geoambiente com a maior altitude (CENR). Nos solos do Cerrado, a toxidez do alumínio e a deficiência em minerais contribuem para o desenvolvimento da esclerofilia na vegetação (GOODLAND, 1971). Espécies do Cerrado apresentam um elevado número de adaptações a fatores bióticos e abióticos, sendo a capacidade de excluir ou acumular alumínio em seus tecidos uma das principais (KOCHIAN *et al.*, 2015). Em solos distróficos do Cerrado, Haridasan (2000) encontrou os maiores valores de IVI para as espécies acumuladoras de alumínio. Em nosso estudo, *Callisthene major* foi a que apresentou o segundo maior IVI para o CENR; a espécie juntamente com outras da família Vochysiaceae são enquadradas como hiperacumuladoras de alumínio, pois armazenam grandes quantidades do elemento em seus tecidos e órgãos (folhas, raízes e sementes) (HARIDASAN, 2005; HARIDASAN, 2008).

O terceiro grupo na CCA foi formado por espécies com maiores IVIs dos geoambientes MSBX, MSAF, MSGR e CENT e que se se correlacionaram, principalmente com MO, P-rem, Mn e silte. O CENT apresentou solo eutrófico (CXbe), conferindo uma característica singular, aproximando-o dos geoambientes de Mata Seca na PCA e CCA. O solo do CENT, desenvolvido de rochas pelíticas do Grupo Bambuí, obteve elevados níveis de Ca^{2+} e Mg^{2+} , nível bom de MO e ausência de Al^{3+} ; características edáficas incomuns para o este tipo fitofisionômico. Solos definidos como mesótróficos e eutróficos, com altos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} , dificilmente são encontrados no Cerrado; contudo, tem sido cada vez mais recorrente tais características edáficas no Domínio savânico (HARIDASAN, 2008). Como exemplos disso, Reatto, Correia e Spera (2008) apontam a existência de diversas savanas sobre solos com influência de calcário, que dispõem de maiores teores de bases, como Ca^{2+} e Mg^{2+} . Essa condição reduz a toxidez de Al^{3+} e aumenta a atividade microbiana e o pH, contribuindo para a liberação de nutrientes como N, P e enxofre (LOPES, 1984). Assim,

sugerimos que tais fatores possam contribuir para maior fertilidade do CENT e, conseqüentemente possam promover diferenças florísticas e estruturais entre as comunidades. O CENT é representado por um Cerrado típico com características próprias e com níveis de fertilidade edáfica intermediários entre o CENR e MSAF e MSGR. Além disso, o CENT não apresenta sinais de fogo na sua paisagem. Na sua ausência, a disponibilidade de água e nutrientes do solo são relevantes na distribuição dos tipos de vegetação (OLIVEIRA-FILHO; RATTER, 2002), e as espécies florestais tendem a superar as espécies de savana (HOFFMANN; ORTHEN; NASCIMENTO, 2003; DANTAS; PAUSAS, 2013; SILVA *et al.*, 2013; LEHMANN *et al.*, 2014; PAUSAS, 2014; BUENO *et al.*, 2018).

As Florestas Estacionais Deciduais ocorrem preferencialmente em manchas de solos mais férteis (BUENO *et al.*, 2018). Nos geoambientes de Mata Seca da Serra da Tenda, os solos amostrados foram eutróficos (LVe; NVe). MSBX, MSAF e MSGR apresentaram pH neutro ou de fraca acidez e altos níveis de Ca^{2+} , Mg^{2+} e MO, corroborando com outros estudos que também associaram esse tipo fitofisionômico com solos mais ricos em nutrientes (SILVA; SCARIOT, 2004; ARRUDA *et al.*, 2013; BUENO *et al.*, 2018). Silva e Scariot (2003) observam que as Mata Secas apresentam condições ambientais extremas, como solos férteis com baixa retenção hídrica, o que seleciona espécies mais resistentes, com uma ampla gama de adaptações fisiológicas. Felfili (2003) aponta *Astronium urundeuva* como sendo espécie de ligação florística forte entre fragmentos de florestas decíduas no Brasil.

5. CONCLUSÃO

A Serra da Tenda abriga um mosaico de ecossistemas com grande heterogeneidade ambiental e ecológica, sendo uma importante área representativa do norte mineiro. Nossos resultados indicaram, em escala local, a ocorrência de um gradiente geoambiental determinado por fatores abióticos, como solo e altitude. Mesmo em uma pequena escala espacial, com variação altitudinal entre 581 m e 910 m, a Serra da Tenda exibiu uma transição entre diferentes fitofisionomias de Cerrado, Floresta Estacional Decidual e vegetação Rupestre de Lapiá. A área se caracterizou por considerável riqueza de espécies e apresentou baixa similaridade florística entre os geoambientes. As espécies indicadoras apresentaram alta fidelidade e especificidade, com ampla distribuição nas parcelas. Demonstramos que ao longo do gradiente geoambiental, além da altitude, atributos edáficos foram relacionados com a composição das comunidades vegetais, com a formação de três grupos distintos indicando a concentração de espécies em habitats preferenciais. Outros estudos que enfatizam a dinâmica

de vegetação em áreas ecotonais podem ajudar a entender a distribuição de espécies ao longo de diferentes gradientes ambientais e suas respostas às mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. 7. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2012.
- ALVES, V. N.; TORRES, J. L. R.; LANA, R. M. Q.; PINHEIRO, M. H. O. Nutrient cycling between soil and leaf litter in the Cerrado (Brazilian savanna) on eutrophic and dystrophic Neosols. *Acta Botanica Brasilica*, v. 32, p. 169-179, 2018. <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0369>
- ANDRIANI, M.; SOUZA, A. P.; SILVA, G.; BORGES, P.; GUILHERME, F. A. Fitossociologia da vegetação arbórea em ecótono de floresta estacional decidual-cerrado rupestre, Jandaia, GO. **Enciclopédia Biosfera**, v. 17, n. 33, 2020. https://doi.org/10.18677/EnciBio_2020C24
- ARRUDA, D. M. **Gradientes edáficos e sua relação com as fitofisionomias do semi-árido meridional brasileiro**. 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.
- ARRUDA, D. M.; FERREIRA-JUNIOR, W. G.; DUQUE-BRASIL, R.; SCHAEFER, C. E. Phytogeographical patterns of dry forests sensu stricto in northern Minas Gerais State, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 85, p. 623-634, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652013000200011>
- ARRUDA, D. M.; MAGNAGO, L. F.; SOLAR, R. R.; DUQUE-BRASIL, R.; RODRIGUES, P. M.; SANTOS, R. M.; SCHAEFER, C. E. Soil and climate equally contribute to changes in the species compositions of Brazilian dry forests across 300 km. **Journal of Plant Ecology**, v. 13, n. 2, p. 171-176, 2020. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtz059>
- BAKKER, J. D. Increasing the utility of Indicator Species Analysis. **Journal of Applied Ecology**, v. 45, n.6, p. 1829-1835, 2008. Disponível em: <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2664.2008.01571.x>. Acesso em: mar. 2021. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2008.01571.x>
- BOHLMAN, S. A.; LAURANCE, W. F.; LAURANCE, S. G.; NASCIMENTO, H. E.; FEARNSIDE, P. M.; ANDRADE, A. Importance of soils, topography and geographic distance in structuring central Amazonian tree communities. *Journal of Vegetation Science*, v. 19, n. 6, p. 863-874, 2008. <https://doi.org/10.3170/2008-8-18463>
- BOTREL, R. T.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RODRIGUES, L.A.; CURI, N. Influência do solo e topografia sobre as variações da composição florística e estrutura da comunidade arbóreo-arbustiva de uma floresta estacional semidecidual em Ingaí, MG. **Brazilian Journal of Botany**, v. 25, n. 2, p. 195-213, 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042002000200008>
- BRANDÃO, M. Área Mineira do Polígono das Secas; cobertura vegetal. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 181, p. 15-19, 1994. Caatinga.

- BRANDÃO, M. Caatinga. In: MENDONÇA, M. P.; LINS, L. V. (Eds.). **Lista vermelha das espécies ameaçadas de extinção da flora de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas/ Fundação Zoo-Botânica de Belo Horizonte, 2000. p. 75-85.
- BRANDÃO, P. C.; SOARES, V. P.; SIMAS, F. N. B.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, A. L. D.; MENDONÇA, B. A. F. D. Caracterização de geoambientes da floresta nacional do Purus, Amazônia Ocidental: uma contribuição ao plano de manejo. **Revista Árvore**, v. 34, n. 1, p. 115-126, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000100013>
- BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. **Ecological monographs**, v. 27, n. 4, p. 326-349, 1957. <https://doi.org/10.2307/1942268>
- BUENO, M. L.; DEXTER, K. G.; PENNINGTON, R. T.; PONTARA, V.; NEVES, D. M.; RATTER, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. The environmental triangle of the Cerrado Domain: Ecological factors driving shifts in tree species composition between forests and savannas. **Journal of Ecology**, v. 106, n. 5, p. 2109-2120, 2018. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12969>
- CAGLIONI, E. UHLMANN, A.; CURCIO, G. R.; RAMOS, M. R.; BONNET, A.; JUNCKES, A. R. Altitude e solos determinam variações abruptas da vegetação em gradiente altitudinal de Mata Atlântica. **Rodriguésia**, v. 69, p. 2055-2068, 2018. <https://doi.org/10.1590/2175-7860201869436>
- CAMINHAS, F. G.; FONSECA, G. S. Caracterização das formações físico-naturais e potencialidades paisagísticas de Montes Claros no contexto norte mineiro. **Humboldt-Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, v. 1, n. 1, 2020. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/humboldt/article/view/53479>. Acesso em: fev. 2021.
- CAMPOS, M. C. C.; RIBEIRO, M. R.; SOUZA JÚNIOR, V. S. D.; RIBEIRO FILHO, M. R.; ALMEIDA, M. C. Topossequência de solos na transição Campos Naturais-Floresta na região de Humaitá, Amazonas. **Acta Amazônica**, v. 42, p. 387-398, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672012000300011>
- CAMPOS, P. V.; SCHAEFER, C. E. G.; PONTARA, V.; SENRA, E. O.; VIANA, P. L.; OLIVEIRA, F. S.; CANDIDO, H. G.; VILLA, P. M. Exploring the relationship between soil and plant evolutionary diversity in the Roraima table mountain OCBIL, Guayana Highlands. **Biological Journal of the Linnean Society**, v. 133, n. 2, p. 587-603, 2021. <https://doi.org/10.1093/biolinnea/blab013>
- CAMPOS, P. V.; VILLA, P. M.; NUNES, J. A.; SCHAEFER, C. E.; POREMBSKI, S.; NERI, A. V. Plant diversity and community structure of Brazilian Páramos. **Journal of Mountain Science**, v. 15, n. 6, p. 1186-1198, 2018. <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4674-7>
- CAMPOS, P. V.; VILLA, P. M.; SCHAEFER, C. E. G. R.; ALVES-NUNES, J.; POREMBSKI, S.; NERI, A. V. Beta diversity, community composition and structure of high altitude grasslands along an altitudinal gradient in southeastern Brazil. **Revista de Biología Tropical**, v. 68, n. 3, p. 977-986, 2020. <https://doi.org/10.15517/rbt.v68i3.37704>

- CARPANEZZI, A. A. Fundamentos para a reabilitação de ecossistemas florestais. *In: Restauração florestal: fundamentos e estudos de caso*. Colombo: Embrapa Florestas, p. 27-45, 2005.
- CARVALHO, F. A.; RODRIGUES, V. H. P.; KILCA, R. V.; SIQUEIRA, A. S.; ARAÚJO, G. M.; SCHIAVINI, I. Composição Florística, Riqueza e Diversidade de um Cerrado Sensu Stricto no sudeste do Estado de Goiás. **Bioscience journal**, v. 24, n. 4, p. 64-72, 2008.
- CBHSF – COMITÊ DA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO. **Comitês de Afluentes**. Informações dos dezoito Comitês de Afluentes da bacia do rio São Francisco. Disponível em: <https://cbhsaofrancisco.org.br/comites-de-afluentes/>. Acesso em: maio 2019.
- CHASE, M. W.; BYNG, J. W.; CHRISTENHUSZ, M. J. M.; FAY, M. F.; JUDD, W. S.; MABBERLEY, D. J.; SENNIKOV, A. N.; SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S.; STEVENS, P. F. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 181, n. 1, p. 1-20, 2016. Disponível em: <https://academic.oup.com/botlinnean/article/181/1/1/2416499>. Acesso em: out. 2019. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>
- CHAVES, M. L. de S. C.; ANDRADE, K. W. **Geologia e recursos minerais da folha Montes Claros SE. 23-XA-VI**: Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2014. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/handle/doc/18279>. Acesso em: maio 2019.
- CORDEIRO, N. G.; PEREIRA, K. M. G.; BARBOSA, L. O.; CABACINHA, C. D. **Síndrome de dispersão e fenologia de espécies do cerrado sensu stricto na região de Montes Claros no norte de Minas Gerais**. 2020. <https://doi.org/10.37885/200801135>
- CREWS, T. E. The presence of nitrogen fixing legumes in terrestrial communities: Evolutionary vs ecological considerations. *In: New Perspectives on Nitrogen Cycling in the Temperate and Tropical Americas*. Springer, Dordrecht, 1999. p. 233-246. https://doi.org/10.1007/978-94-011-4645-6_11
- CURTIS, J. T.; MCINTOSH, R. P. An upland forest continuum in the prairie-forest border region of Wisconsin. **Ecology**, v. 32, n. 3, p. 476-496, 1951. <https://doi.org/10.2307/1931725>
- DANTAS, V. de L.; PAUSAS, J. G. The lanky and the corky: fire-escape strategies in savanna woody species. **Journal of Ecology**, v. 101, n. 5, p. 1265-1272, 2013. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12118>
- DE CÁCERES, M.; JANSEN, F. **Relationship between Species and Groups of Sites**. Package ‘indicspecies’. 2016. Disponível em: <ftp://r-project.org/pub/R/web/packages/indicspecies/indicspecies.pdf>. Acesso em: mar. 2021.
- DE CÁCERES, M.; LEGENDRE, P.; MORETTI, M. Improving indicator species analysis by combining groups of sites. **Oikos**, v. 119, n. 10, p. 1674-1684, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18334.x>
- DE SOUZA, M. C.; WILLIAMS, T. C. R.; POSCHENRIEDER, C.; JANSEN, S.; PINHEIRO, M. H.; SOARES, I. P.; FRANCO, A. C. Calcicole behaviour of *Callisthene fasciculata* Mart., an Al-accumulating species from the Brazilian Cerrado. **Plant biology**, v. 22, n. 1, p. 30-37, 2020. <https://doi.org/10.1111/plb.13036>

DIAS, H. C. T.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FONTES, L. E. F.; VENTORIM, L. B. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte-MG. **Revista Árvore [online]**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 777-786, nov./dez. 2002. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600014>

DRUMMOND, G. M.; MARTINS, C. S.; MACHADO, A. B. M.; SEBAIO, F. A.; ANTONINI, Y. (Eds). **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2005.

DUBUIS, A.; GIOVANETTINA, S.; PELLISSEIR, L.; POTTIER, J.; VITTOZ, P.; GUISAN, A. Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variables. **Journal of Vegetation Science**, v. 24, n. 4, p. 593-606, 2013. <https://doi.org/10.1111/jvs.12002>

DUFRÊNE, M.; LEGENDRE, P. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs**, v. 67, n.3, p. 345-366, 1997. [https://doi.org/10.1890/0012-9615\(1997\)067\[0345:SAAIST\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9615(1997)067[0345:SAAIST]2.0.CO;2)

DURÃES, M. C. O.; SALES, N. de L. P.; D'ÂNGELO NETO, S.; FIGUEIREDO, M. A. P. Levantamento florístico do estrato arbóreo de três fragmentos de floresta ciliar como subsídio à recomposição da vegetação do Rio Cedro, Montes Claros-MG. **Ciência Florestal**, v. 24, p. 47-58, 2014. <https://doi.org/10.5902/1980509813322>

DURIGAN, G.; RATTER, J. A. Successional changes in cerrado and cerrado/forest ecotonal vegetation in western São Paulo State, Brazil, 1962–2000. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 63, n. 1, p. 119-130, 2006. <https://doi.org/10.1017/S0960428606000357>

FEITOSA, K. K. A.; VALE, J. F. D.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUSA, M. I. L. D.; NASCIMENTO, P. P. R. R. Almeida et al. Relações solo-vegetação em "ilhas" florestais e savanas adjacentes, no nordeste de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 135-146, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509821098>

FELFILI, J. M. Fragmentos de florestas estacionais do Brasil Central: diagnóstico e proposta de corredores ecológicos. In: COSTA, R. B. (org.). **Fragmentação florestal e alternativas de desenvolvimento rural na Região Centro-Oeste**. Campo Grande, Universidade Católica Dom Bosco, p. 195-263, 2003.

FELFILI, J. M.; NASCIMENTO, A. R. T.; FAGG, C. W.; MEIRELLES, E. M. Floristic composition and community structure of a seasonally deciduous forest on limestone outcrops in Central Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 611-621, 2007. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042007000400007>

FERREIRA-JÚNIOR, W. G.; SILVA, A. F.; SCHAEFER, C. E. G. R.; MEIRA NETO, J. A. A.; DIAS, A. S.; IGNÁCIO, M.; MEDEIROS, M. C. M. P. Influence of soils and topographic gradients on tree species distribution in a brazilian atlantic tropical semideciduous forest. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 64, n. 2, p. 137–157, jul. 2007. <https://doi.org/10.1017/S0960428607000832>

FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: fev. 2020.

GONZAGA, A. P. D.; PINTO, J. R. R.; MACHADO, E. L. M.; FELFILI, J. M. Similaridade florística entre estratos da vegetação em quatro Florestas Estacionais Deciduais na bacia do Rio São Francisco. *Rodriguésia*, v. 64, p. 11-19, 2013. <https://doi.org/10.1590/S2175-78602013000100002>

GOODLAND, R. A physiognomic analysis of the Cerrado'vegetation of Central Brasil. *The Journal of Ecology*, p. 411-419, 1971. <https://doi.org/10.2307/2258321>

GRIZ, L. M. S.; MACHADO, I. C. S. Fruiting phenology and seed dispersal syndromes in caatinga, a tropical dry forest in the northeast of Brazil. *Journal of tropical Ecology*, v. 17, n. 2, p. 303-321, 2001. <https://doi.org/10.1017/S0266467401001201>

GUERRA, T. N. F.; RODAL, M. J. N.; SILVA, A. C. B. L.; ALVES, M. ; SILVA, M. A. M.; MENDES, P. G. A. Influence of edge and topography on the vegetation in an Atlantic Forest remnant in northeastern Brazil. *Journal of Forest Research*, v. 18, n. 2, p. 200-208, 2013. <https://doi.org/10.1007/s10310-012-0344-3>

HARIDASAN, M. Competição por nutrientes em espécies arbóreas do cerrado. **Cerrado: ecologia, biodiversidade e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 167-178, 2005.

HARIDASAN, M. Nutritional adaptations of native plants of the cerrado biome in acid soils. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, v. 20, p. 183-195, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202008000300003>

HOFFMANN, W. A.; ORTHEN, B.; NASCIMENTO, P. K. V. do. Comparative fire ecology of tropical savanna and forest trees. *Functional Ecology*, v. 17, n. 6, p. 720-726, 2003. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2003.00796.x>

HUSSON, F.; JOSSE, J.; LE, S.; MAZET, J. “**FactoMineR**” package **Multivariate: Exploratory Data Analysis and Data Mining**. RStudio package version 1.0.14. 2017.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Limite Cerrado-Caatinga. *In: _____*. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Série Relatórios Metodológicos volume 45. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>. Acesso em: fev. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Limite Cerrado-Caatinga. *In: _____*. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. **Biomass e sistema costeiro-marinho do Brasil: compatível com a escala 1:250 000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Série Relatórios Metodológicos volume 45. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101676.pdf>. Acesso em: fev. 2020.

IGLESIAS, M.; UHLEIN, A. Estratigrafia do Grupo Bambuí e coberturas fanerozóicas no vale do rio São Francisco, norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 39, n.2, p. 256-266, jun. 2009. Disponível em: <http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7661>. Acesso em: fev. 2020. <https://doi.org/10.25249/0375-7536.2009392256266>

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normal Climatológicas do Brasil 1981-2010. **Precipitação Acumulada (mm)**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>. Acesso em: maio 2019.

IVANAUSKAS, N. M. **Estudo da vegetação na área de contato entre formações florestais em Gaúcha do Norte-MT**. 201f. 2002. Tese de Doutorado em Ciências Florestais, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP. Campinas/SP, 2002.

JABOT. **Banco de dados da Flora Brasileira**. JBRJ - Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://jabot.jbrj.gov.br/>. Acesso em: out. 2019.

KAMRANI, A.; JALILI, A.; NAQINEZHAD, A.; ATTAR, F.; MAASSOUMI, A. A.; SHAW, S. C. Relationships between environmental variables and vegetation across mountain wetland sites, N. Iran. **Biologia**, v. 66, n.1, p. 76-87, 2011. <https://doi.org/10.2478/s11756-010-0127-2>

KOCHIAN, L. V.; PIÑEROS, M. A.; LIU, J.; MAGALHAES, J. V. Plant adaptation to acid soils: the molecular basis for crop aluminum resistance. **Annual Review of Plant Biology**, v. 66, p. 571-598, 2015. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-043014-114822>

KÖPPEN, W. **Climatologia**: com un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica, 1948.

KUCHENBECKER, M.; COSTA, R. D. da. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. Centro de Pesquisa Professor Manoel Teixeira da Costa. **Projeto Norte de Minas: Folha Capitão Enéas (SE.23-X-A-III) Escala 1:100.000**. 2014. Programa mapeamento geológico do estado de Minas Gerais.

LEGENDRE, P.; LEGENDRE, L. **Numerical Ecology**. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science, 2012.

LEHMANN, C. E.; ANDERSON, T. M.; SANKARAN, M.; HIGGINS, S. I.; ARCHIBALD, S.; HOFFMANN, W. A.; ...BOND, W. J. Savanna vegetation-fire-climate relationships differ among continents. **Science**, v. 343, n. 6170, p. 548-552, 2014. <https://doi.org/10.1126/science.1247355>

LEITE, M. E.; SANTOS, I. S.; ALMEIDA, J. W. L. Mudança de uso do solo na bacia do rio Vieira, em Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, p. 779-792, 2011. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/558b/ef8f5db0935c57169c6949700cbe92615cdc.pdf>. Acesso em: maio 2019.

LEWIS, G. P.; SCHRIRE, B.; MACKINDER, B.; LOCK, M. **Legumes of the World**. Kew: Royal Botanic Gardens, 2005.

LONGMAN, K. A., JENIK, J. Forest-savanna boundaries: general considerations. *In*: FURLEY, P. A.; PROCTOR, J.; RATTER, J. A. (eds). **Nature and dynamics of forest-savanna bound-aries**. Chapman and Hall, New York, p. 3–20. 1992.

LOPES, A. S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo, 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984.

MAGURRAN, A. E. **Measuring biological diversity**. Oxford, Blackwell Science, 2004.

MARCO J.JUSTINIANO¹, CLAUDIO LEAN⁰1, JUAN CARLOS LICONA¹, WILLIAM PARIONA¹, FRANCIS E. PUTZ³, LINCOLN QUEVEDO¹, AND MARISOL TOLEDO

MCCUNE, B.; MEFFORD, M. J. **PC-ORD: Multivariate Analysis of Ecological Data**. Version 6.0. MjM Software Desing, Glaneden Beach, Oregon, 2011.

MENDES, K.; GOMES, P.; ALVES, M. Floristic inventory of a zone of ecological tension in the Atlantic Forest of Northeastern Brazil. **Rodriguésia**, v. 61, p. 669-676, 2010.
<https://doi.org/10.1590/2175-7860201061408>

MENDONCA, B. A. F.; FERNANDES FILHO, E. I.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SIMAS, F. N. B.; VALE JUNIOR, J. F. do; LISBOA, B. de A. R.; MENDONÇA, J. G. F. de. Solos e geoambientes do Parque Nacional do Viruá e entorno, Roraima: visão integrada da paisagem e serviço ambiental. **Ciências Florestal [online]**, Santa Maria, vol.23, n.2, p.427-442, abr./jun. 2013. <https://doi.org/10.5902/198050989287>

MORO, M. F.; MARTINS, F. R. Métodos de Levantamento do componente arbóreo-arbustivo. *In*: FELFILI, J. M. EISENLOHR, P. V.; MELO, M. M. R. F.; ANDRADE, L. A. (eds.). **Fitossociologia no Brasil: Métodos e estudos de casos**. Editora UFV, Viçosa, p. 174-212, 2011.

MOTA, G. S.; LUZ, G. R.; MOTA, N. M.; COUTINHO, E. S.; VELOSO, M. D. D. M.; FERNANDES, G. W.; NUNES, Y. R. F. Changes in species composition, vegetation structure, and life forms along an altitudinal gradient of rupestrian grasslands in south-eastern Brazil. **Flora**, v. 238, p. 32-42, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2017.03.010>

MOURA, V. M. **Relação solo-vegetação em gradientes na zona de tensão ecológica Norte de Minas Gerais e Centro-Sul da Bahia Brasil**. 2012. 56f. Dissertação (Mestrado em Botânica). – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. A. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley, 1974. 547p.

NASCIMENTO, A. R. T.; FELFILI, J. M.; MEIRELLES, E. M. Florística e estrutura da comunidade arbórea de um remanescente de Floresta Estacional Decidual de encosta, Monte Alegre, GO, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 18, p. 659-669, 2004.
<https://doi.org/10.1590/S0102-33062004000300023>

NERI, A. V.; SCHAEFER, C. E. G. R.; SILVA, A. F.; SOUZA, A. L.; FERREIRA-JUNIOR, W. G.; MEIRA-NETO, J. A. A. The influence of soils on the floristic composition and community structure of an area of Brazilian Cerrado vegetation. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 69, n. 1, p. 1-27, 2012. <https://doi.org/10.1017/S0960428611000382>

NIMER, E.; BRANDÃO, A. M. P. M. (Orgs.). **Balanço hídrico e clima da região dos Cerrados**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. Disponível em:

<https://biblioteca.ibge.gov.br/biblioteca-catalogo?id=280951&view=detalhes>. Acesso em: maio 2019.

NOGUEIRA, M. A.; BRESSAN, A. C.; PINHEIRO, M. H.; HABERMANN, G. Aluminum-accumulating Vochysiaceae species growing on a calcareous soil in Brazil. **Plant and Soil**, v. 437, n. 1, p. 313-326, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11104-019-03978-2>

OKSANEN, J.; BLANCHET, F.G.; FRIENDLY, M.; KINDT, R.; LEGENDRE, P.; MCGLINN, D.; MINCHIN, P. R.; O'HARA, R. B.; SIMPSON, G.L.; SOLYMOS, P.; STEVENS, M. H. H.; SZOECS, E.; WAGNER, H. **Vegan**: Community Ecology Package. R package version 2.0-7. 2016.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. 6. Vegetation Physiognomies and Woody Flora of the Cerrado Biome. *In*: **The cerrados of Brazil**. Columbia University Press, 2002. p. 91-120. <https://doi.org/10.7312/oliv12042-007>

PAUSAS, J. G. Alternative fire-driven vegetation states. *Journal of Vegetation Science*, v. 26, n. 1, p. 4-6, 2015. <https://doi.org/10.1111/jvs.12237>

PEÑA-CLAROS, M.; POORTER, L.; ALARCÓN, A.; BLATE, G.; CHOQUE, U.; FREDERICKSEN, T. S. JUSTINIANO, M. J.; LEAÑO, C.; LICONA, J. C.; PARIONA, W.; PUTZ, F. E.; QUEVEDO, L.; TOLEDO, M. Soil effects on Forest structure and diversity in a moist and a dry tropical Forest. **Biotropica**, v.44, n. 3, p. 276-283, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00813.x>

PÉREZ-GARCÍA, E. A.; MEAVE, J. A. Heterogeneity of xerophytic vegetation of limestone outcrops in a tropical deciduous forest region in southern México. **Plant Ecology**, v. 175, n. 2, p. 147-163, 2005. <https://doi.org/10.1007/s11258-005-4841-8>

PÉREZ-GARCÍA, E. A.; MEAVE, J. A.; CEVALLOS-FERRIZ, S. R. S. Flora and vegetation of the seasonally dry tropics in Mexico: origin and biogeographical implications. **Acta botánica mexicana**, n. 100, p. 149-193, 2012. <https://doi.org/10.21829/abm100.2012.35>

PIRES, F. R. M. Arcabouço Geológico. *In*: CUNHA S. B. da; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

REATTO, A.; CORREIA JR.; SPERA S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds). **Cerrado: ambiente e flora**. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, pp 47-86. 2008.

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Eds). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG), 1999.

RICOTTA, C.; CARBONI, M.; ACOSTA, A. T. Let the concept of indicator species be functional!. **Journal of vegetation science**, v. 26, n. 5, p. 839-847, 2015. <https://doi.org/10.1111/jvs.12291>

RODRIGUES, P. M. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; DE OLIVEIRA SILVA, J.; FERREIRA JÚNIOR; W. G.; DOS SANTOS, R. M.; NERI, A. V. The influence of soil on vegetation structure and plant diversity in different tropical savannic and forest habitats. **Journal of Plant Ecology**, v. 11, n. 2, p. 226-236, 2018.

RODRIGUES, P. M. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; CORRÊA, G. R.; CAMPOS, P. V.; NERI, A. V. Solos, relevo e vegetação determinam os geoambientes de unidade de conservação do norte de Minas Gerais, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, São Leopoldo-RS, v. 10, n. 1, p.31-42, jan./abr. 2015. <https://doi.org/10.4013/nbc.2015.101.05>

RODRIGUES, R. R.; MORELLATO, L. P. C.; JOLY, C. A. & LEITÃO FILHO, H. F. Estudo florístico e fitossociológico em um gradiente altitudinal de mata estacional mesófila semidecídua, na Serra do Japi, Jundiá, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 12, n.1/2, p. 71-84, 1989.

SANTOS, R. M. dos; VIEIRA, F. de A.; FAGUNDES, M.; NUNES, Y. R. F.; GUSMÃO, E. Riqueza e similaridade florística de oito remanescentes florestais no norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.31, n.1, p.135-144, jan./fev., 2007b. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622007000100015>

SANTOS, R. M. dos; VIEIRA, F. de A.; GUSMÃO, E.; NUNES, Y. R. F. Florística e estrutura de uma floresta estacional decidual, no Parque Municipal da Sapucaia, Montes Claros (MG). **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 248-256, jul./set., 2007a.

SANTOS, R. M.; VIEIRA, F. A. Estrutura e florística de um trecho de mata ciliar do rio Carinhanha no extremo Norte de Minas Gerais, Brasil. **Revista científica eletrônica de engenharia florestal**, v. 5, p. 1-13, 2005.

SCHAEFER, C. E. G. R. Ecogeography and human scenario in northeast Roraima, Brazil. **Ciência e Cultura (SBPC)**, São Paulo, v. 49, n. 4, p. 241- 252, 1997.

SCHAEFER, C. E. G. R.; CAMPOS, P. V.; CANDIDO, H. G.; CORRÊA, G. R.; FARIA, R. M.; VALE JUNIOR, J. F. do. Serras e pantanais arenosos: solos e geoambientes em unidade de conservação da Amazônia, Brasil. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 15, p. 43-69, fev. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/neotropical.15.e49221>. Acesso em: 15 Mar. 2020. <https://doi.org/10.3897/neotropical.15.e49221>

SCHAEFER, C. E. G. R.; MENDONÇA, B. A. F.; FERREIRA JÚNIOR, W. G.; VALENTE, E.; CORREA, G. R. Relações solo-vegetação em alguns ambientes brasileiros: fatores edáficos e florístico. **Ecologia de florestas tropicais do Brasil**. 2. ed. Ed. SV Martins, p. 143-184, 2012.

SCOLFORO, J. R.; CARVALHO, L. M. T. (Eds). **Mapeamento e inventário da flora nativa e dos reflorestamentos de Minas Gerais**. Lavras: UFLA/IEF, 2006.

SILVA, D. F. M. da; CASTRO, A. A. J. F.; FARIAS, R. R. S. de; LOPES, R. N. Flora de uma área de cerrado ecotonal da região setentrional do Piauí. **Revista Geografica Acadêmica**, v. 14, n. 1, p. 16-29, 2020.

SILVA, F. G. Análise integrada da vulnerabilidade ambiental: risco de movimento de massa na cidade de Montes Claros/MG. **OKARA: Geografia em debate**, v. 13, n. 2, p. 561-574,

2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/index.php/okara/article/view/45835>. Acesso em: maio 2019.

SILVA, L. A. da; SCARIOT, A. Composição florística e estrutura da comunidade arbórea em uma floresta estacional decidual em afloramento calcário (Fazenda São José, São Domingos, GO, Bacia do Rio Paranã). **Acta Botanica Brasilica**, v. 17, p. 305-313, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062003000200012>

SILVA, L. A. da; SCARIOT, A. Comunidade arbórea de uma floresta estacional decídua sobre afloramento calcário na bacia do rio Paranã. **Revista Árvore**, v. 28, n. 1, p. 61-67, 2004. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000100008>

SILVA, L. C.; HOFFMANN, W. A.; ROSSATTO, D. R.; HARIDASAN, M.; FRANCO, A. C.; HORWATH, W. R. Can savannas become forests? A coupled analysis of nutrient stocks and fire thresholds in central Brazil. **Plant and Soil**, v. 373, n. 1, p. 829-842, 2013. <https://doi.org/10.1007/s11104-013-1822-x>

SMITH, T. B.; WAYNE, R. K.; GIRMAN, D. J.; BRUFFORD, M. W. A role for ecotones in generating rainforest biodiversity. **Science**, v. 276, n. 5320, p.1855-1877, 1997. <https://doi.org/10.1126/science.276.5320.1855>

SOARES, M. P.; PAULA REYS, P.; PIFANO, D. S.; SÁ, J. L.; SILVA, P. O.; SANTOS, T. M.; GUIMARÃES-SILVA, F. Relationship between Edaphic Factors and Vegetation in Savannas of the Brazilian Midwest Region. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 39, n. 3, p. 821-829, 2015. <https://doi.org/10.1590/01000683rbcs20130726>

SPECIESLINK. **Banco de Dados**. Disponível em: <http://www.splink.org.br/>. Acesso em: fev. 2020.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (Ed. Téc.). **Manual de métodos de análise de solo**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2017.

TEIXEIRA, R. D. B. L. **Diversos olhares sobre a paisagem da mata seca de Santana da Serra-MG: Relações solo-vegetação e etnoecologia**. 2012. 169 f. Tese (Doutorado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

TER BRAAK, C. J. F. The analysis of vegetation-environment relationship by canonical correspondence analysis. **Vegetatio**, v. 69, n.1, p. 69-77, 1987. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00038688>. Acesso em: mar. 2021. <https://doi.org/10.1007/BF00038688>

TRICART, J.; KIEWITDEJONGE, C. **Ecogeography and rural management: a contribution to the international geosphere-biosphere programme**. Harlowl: Longman Scientific, 1992.

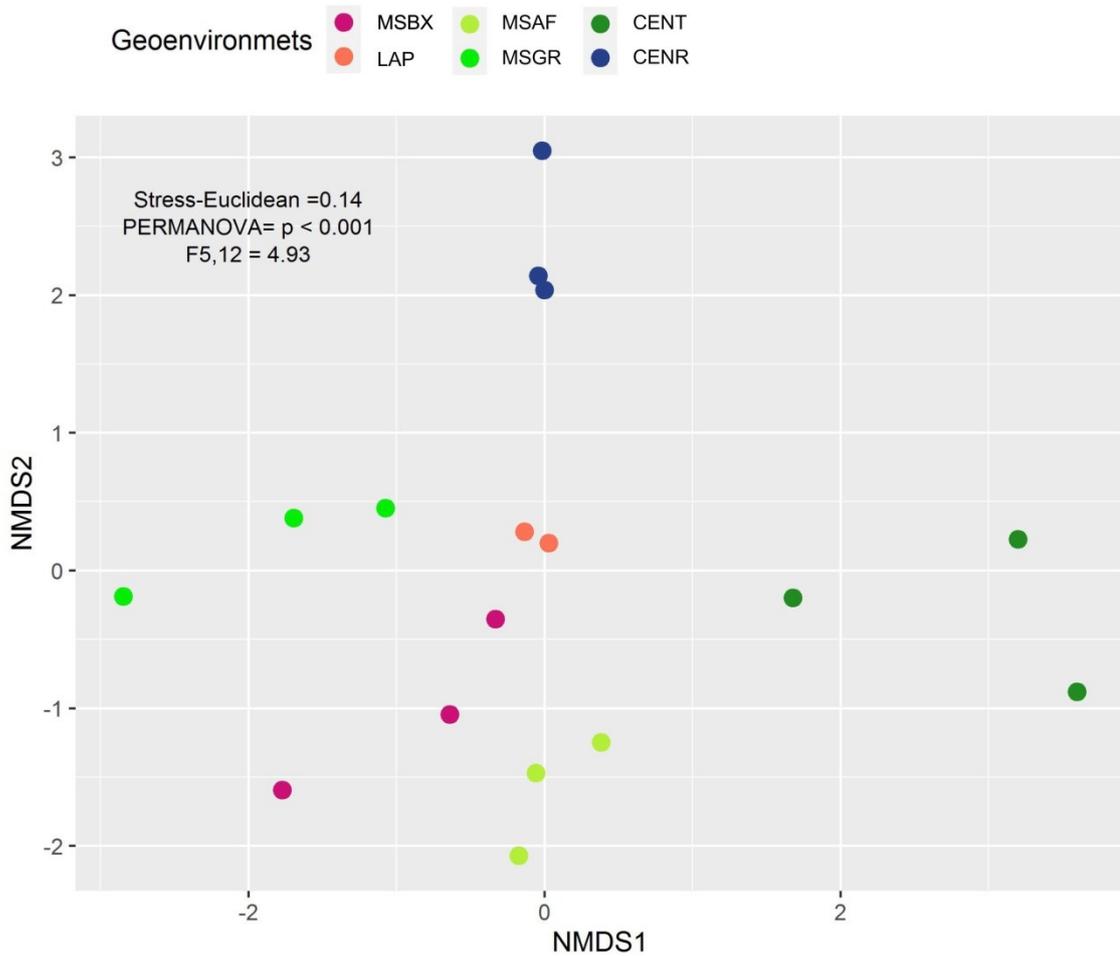
VALENCIA, J. LASSALETTA, L. VELÁZQUEZ, E.; NICOLAU, J. M.; GÓMEZ-SAL, A. Factors Controlling Compositional Changes in a Northern Andean Páramo (La Rusia, Colombia). **Biotropica**, v. 45, n. 1, p. 18-26, 2013. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00895.x>

VELOSO, M. D. M.; NUNES, Y. R. F.; AZEVEDO, I. F. P.; RODRIGUES, P. M. S.; FERNANDES, L. A.; SANTOS, R. M.; FERNANDES, G. W.; PEREIRA, J. A. A. Floristic and structural variations of the arboreal community in relation to soil properties in the Pandeiros river riparian Forest, Minas Gerais, Brazil. **Interciencia**, v. 39, n. 9, p. 628-636, 2014.

VILLA, P. M.; MARTINS, S. V.; DE OLIVEIRA NETO, S. N.; RODRIGUES, A. C.; MARTORANO, L. G.; MONSANTO, L. D.; CANCIO, N. M.; GASTAUER, M. Intensification of shifting cultivation reduces forest resilience in the northern Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 430, p. 312-320, 2018. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2012.00895.x>

APÊNDICES
DADOS COMPLEMENTARES DO CAPÍTULO 2

APÊNDICE A – Diagrama de ordenação da análise de NMDS dos seis geoambientes amostrados na Serra da Tenda, norte de Minas Gerais



Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX; rosa); Lapiá com Cambissolo (LAP; alaranjado); Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF; amarelo); Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR; verde claro); Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT; verde escuro); Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR; azul).

APÊNDICE B – Parâmetros fitossociológicos estimados das espécies amostradas nos seis geoambientes da Serra da Tenda, norte de Minas Gerais. Os dados estão apresentados em ordem decrescente de valor de importância (IVI).

ABUND - abundância; Densidade relativa (% RDe); Dominância relativa (%RDo); Frequência relativa (% RFr); Valor de importância (% IVI).

Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico (MSBX)					
Espécies	ABUND	RDe	RDo	RFr	IVI
<i>Combretum fruticosum</i> (Loefl.) Stuntz	23	21.90	12.33	7.32	41.55
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	18	17.14	7.26	7.32	31.72
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	5	4.76	17.78	4.88	27.42
<i>Acosmium lentiscifolium</i> Schott	11	10.48	5.61	7.32	23.41
<i>Cnidocolus obtusifolius</i> Pohl ex Baill.	4	3.81	11.97	4.88	20.66
<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	4	3.81	7.93	4.88	16.62
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	3	2.86	8.61	4.88	16.34
<i>Spondias</i> sp.	2	1.90	6.72	4.88	13.50
<i>Leucochloron minarum</i> (Glaz. ex Harms) Barneby & J.W.Grimes	8	7.62	1.88	2.44	11.93
<i>Goniorrhachis marginata</i> Taub.	3	2.86	6.58	2.44	11.87
<i>Pithecellobium</i> sp.	4	3.81	3.31	2.44	9.56
<i>Cabrarea canjerana</i> (Vell.) Mart.	3	2.86	1.52	4.88	9.26
<i>Trichilia hirta</i> L.	2	1.90	1.57	4.88	8.36
<i>Aralia warmingiana</i> (Marchal) J.Wen	2	1.90	1.12	4.88	7.91
<i>Didymopanax morototoni</i> (Aubl.) Decne. & Planch.	1	0.95	1.29	2.44	4.68
<i>Bougainvillea fasciculata</i> Brandão	1	0.95	1.06	2.44	4.45
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	1	0.95	0.74	2.44	4.13
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	1	0.95	0.64	2.44	4.03
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	1	0.95	0.35	2.44	3.74
<i>Senna</i> sp.	1	0.95	0.32	2.44	3.71
<i>Adenocalymma</i> sp.	1	0.95	0.31	2.44	3.71
<i>Machaerium ternatum</i> Kuhl. & Hoehne	1	0.95	0.25	2.44	3.65
<i>Machaerium acutifolium</i> Vogel	1	0.95	0.23	2.44	3.62
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	1	0.95	0.21	2.44	3.60
<i>Erythroxylum maracasense</i> Plowman	1	0.95	0.18	2.44	3.57
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	1	0.95	0.13	2.44	3.52
<i>Ruprechtia apetala</i> Wedd.	1	0.95	0.10	2.44	3.49
	105	100	100	100	300

Lapiá com Cambissolo (LAP)					
Espécies	ABUND	RDe	RDo	RFr	IVI
<i>Lippia origanoides</i> Kunth	57	49.57	45.46	23.08	118.11
<i>Commiphora leptophloeos</i> (Mart.) J.B.Gillett	32	27.83	45.35	23.08	96.26
<i>Jatropha mollissima</i> (Pohl) Baill.	14	12.17	3.49	23.08	38.74
<i>Luetzelburgia</i> sp.	7	6.09	3.74	15.38	25.21
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	5	4.35	1.95	15.38	21.69
	115	100	100	100	300

(Continua...)

Apêndice B (Continuação)

Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo (MSAF)					
Espécies	ABUND	RDe	RDo	RFr	IVI
<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	12	10.62	23.45	4.65	38.72
<i>Casearia decandra</i> Jacq.	23	20.35	8.06	6.98	35.39
<i>Coccoloba schwackeana</i> Lindau	4	3.54	16.85	4.65	25.04
<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl) S.Grose	6	5.31	11.42	6.98	23.71
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	4	3.54	7.88	6.98	18.40
<i>Cabranea canjerana</i> (Vell.) Mart.	5	4.42	6.58	4.65	15.66
<i>Fridericia bahiensis</i> (Schauer ex. DC.) L.G.Lohmann	6	5.31	1.42	6.98	13.70
<i>Senegalia martii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	7	6.19	3.23	2.33	11.75
<i>Combretum fruticosum</i> (Loefl.) Stuntz	8	7.08	2.25	2.33	11.66
<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	2	1.77	4.00	4.65	10.42
<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	4	3.54	0.97	4.65	9.16
<i>Pithecellobium</i> sp.	5	4.42	2.13	2.33	8.88
<i>Randia armata</i> (Sw.) DC.	3	2.65	1.14	4.65	8.44
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	2	1.77	1.54	4.65	7.96
Indeterminada 1	2	1.77	1.22	4.65	7.64
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	2	1.77	2.81	2.33	6.91
<i>Senegalia martiusiana</i> (Steud.) Seigler & Ebinger	3	2.65	0.63	2.33	5.61
<i>Erythroxylum maracasense</i> Plowman	3	2.65	0.37	2.33	5.35
<i>Coutarea hexandra</i> (Jacq.) K.Schum.	2	1.77	0.53	2.33	4.62
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	2	1.77	0.44	2.33	4.53
<i>Aspidosperma parvifolium</i> A.DC.	2	1.77	0.40	2.33	4.49
<i>Trichilia hirta</i> L.	1	0.88	1.18	2.33	4.39
<i>Sweetia fruticosa</i> Spreng.	1	0.88	0.94	2.33	4.15
<i>Cnidocolus</i> sp.	1	0.88	0.19	2.33	3.40
<i>Acosmium lentiscifolium</i> Schott	1	0.88	0.14	2.33	3.35
<i>Cordia</i> sp.	1	0.88	0.14	2.33	3.35
<i>Allophylus</i> sp.	1	0.88	0.10	2.33	3.31
	113	100	100	100	300

Mata Seca de Grota sobre Nitossolo (MSGR)					
Espécies	ABUND	RDe	RDo	RFr	IVI
<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	15	12.00	17.03	4.55	33.57
<i>Leucochloron minarum</i> (Glaz. ex Harms) Barneby & J.W.Grimes	20	16.00	3.56	4.55	24.10
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	7	5.60	11.57	4.55	21.72
<i>Goniorrhachis marginata</i> Taub.	10	8.00	9.05	4.55	21.60
<i>Combretum leprosum</i> Mart.	10	8.00	8.33	2.27	18.61
<i>Ficus</i> sp.	1	0.80	14.17	2.27	17.24
<i>Senegalia</i> sp.	9	7.20	2.88	6.82	16.90
<i>Pithecellobium</i> sp.	6	4.80	2.55	6.82	14.17
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	1	0.80	6.40	2.27	9.48
<i>Cynophalla hastata</i> (Jacq.) J.Presl	4	3.20	1.05	4.55	8.80

(Continua...)

Apêndice B (Continuação)

<i>Machaerium glabrum</i> Vogel	3	2.40	1.25	4.55	8.19
<i>Cordia sessilis</i> (Vell.) Kuntze	3	2.40	1.11	4.55	8.05
<i>Trichilia hirta</i> L.	5	4.00	1.75	2.27	8.03
<i>Machaerium villosum</i> Vogel	3	2.40	0.79	4.55	7.74
<i>Spondias macrocarpa</i> Engl.	1	0.80	4.45	2.27	7.52
<i>Erythrina velutina</i> Willd.	2	1.60	3.41	2.27	7.28
<i>Tabernaemontana hystrix</i> Steud.	3	2.40	2.35	2.27	7.02
<i>Albizia</i> sp.	2	1.60	1.34	2.27	5.21
<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D.Don ex Steud.	2	1.60	1.26	2.27	5.13
Indeterminada 2	2	1.60	0.58	2.27	4.45
<i>Trichilia catigua</i> A.Juss.	2	1.60	0.55	2.27	4.42
<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	1	0.80	1.26	2.27	4.34
<i>Bauhinia</i> sp.	2	1.60	0.27	2.27	4.15
<i>Handroanthus</i> sp.1	2	1.60	0.20	2.27	4.07
<i>Combretum lanceolatum</i> Pohl ex Eichler	2	1.60	0.18	2.27	4.06
<i>Handroanthus vellosi</i> (Toledo) Mattos	1	0.80	0.85	2.27	3.92
<i>Syagrus</i> sp.	1	0.80	0.83	2.27	3.91
<i>Guettarda viburnoides</i> Cham. & Schltld.	1	0.80	0.29	2.27	3.36
<i>Cordiata guahyensis</i> Vell.	1	0.80	0.27	2.27	3.34
<i>Allophylus racemosus</i> Sw.	1	0.80	0.18	2.27	3.26
<i>Aspidosperma macrocarpon</i> Mart. & Zucc.	1	0.80	0.12	2.27	3.20
<i>Machaerium ternatum</i> Kuhl. & Hoehne	1	0.80	0.09	2.27	3.17
	125	100	100	100	300

Cerrado de Encosta sobre Cambissolo (CENT)

Espécies	ABUND	RDe	RDo	RFr	IVI
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	34	17.17	22.16	4.92	44.25
<i>Astronium urundeuva</i> (M.Allemão) Engl.	12	6.06	17.64	3.28	26.98
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	25	12.63	7.91	4.92	25.45
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	21	10.61	7.03	4.92	22.56
<i>Monteverdia floribunda</i> (Reissek) Biral	16	8.08	4.15	4.92	17.15
<i>Jacaranda brasiliana</i> (Lam.) Pers.	6	3.03	9.37	3.28	15.68
<i>Aspidosperma subincanum</i> Mart.	9	4.55	4.46	4.92	13.92
<i>Astronium fraxinifolium</i> Schott	9	4.55	3.66	4.92	13.12
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	6	3.03	4.74	4.92	12.69
<i>Senegalia martii</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	6	3.03	1.48	4.92	9.43
<i>Sebastiania brasiliensis</i> Spreng.	7	3.54	0.96	4.92	9.41
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	4	2.02	2.16	3.28	7.46
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos	5	2.53	1.20	3.28	7.01
<i>Guapira</i> sp.	4	2.02	1.32	3.28	6.62
<i>Luehea divaricata</i> Mart.	2	1.01	2.27	3.28	6.56
<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	5	2.53	0.72	3.28	6.52
<i>Pseudobombax</i> sp.	3	1.52	1.09	3.28	5.89

(Continua...)

Apêndice B (Continuação)

<i>Machaerium aculeatum</i> Raddi	3	1.52	0.55	3.28	5.35
<i>Terminalia argentea</i> Mart. & Zucc.	2	1.01	0.99	3.28	5.28
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	3	1.52	1.28	1.64	4.43
<i>Brosimum gaudichaudii</i> Trécul	3	1.52	0.89	1.64	4.05
<i>Syagrus</i> sp.	1	0.51	1.05	1.64	3.19
<i>Senna silvestres</i> (Vell.) H.S.Irwin & Barneby	2	1.01	0.17	1.64	2.82
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	1	0.51	0.60	1.64	2.74
<i>Lafoensia pacari</i> A.St.-Hil.	1	0.51	0.51	1.64	2.65
<i>Machaerium opacum</i> Vogel	1	0.51	0.49	1.64	2.63
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	1	0.51	0.35	1.64	2.49
<i>Terminalia corrugata</i> (Ducke) Gere & Boatwr.	1	0.51	0.28	1.64	2.42
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	1	0.51	0.17	1.64	2.31
Cupania sp.	1	0.51	0.10	1.64	2.24
Bauhinia sp.	1	0.51	0.08	1.64	2.23
Cynophalla sp.	1	0.51	0.08	1.64	2.23
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	1	0.51	0.08	1.64	2.23
	198	100	100	100	300

Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada (CENR)

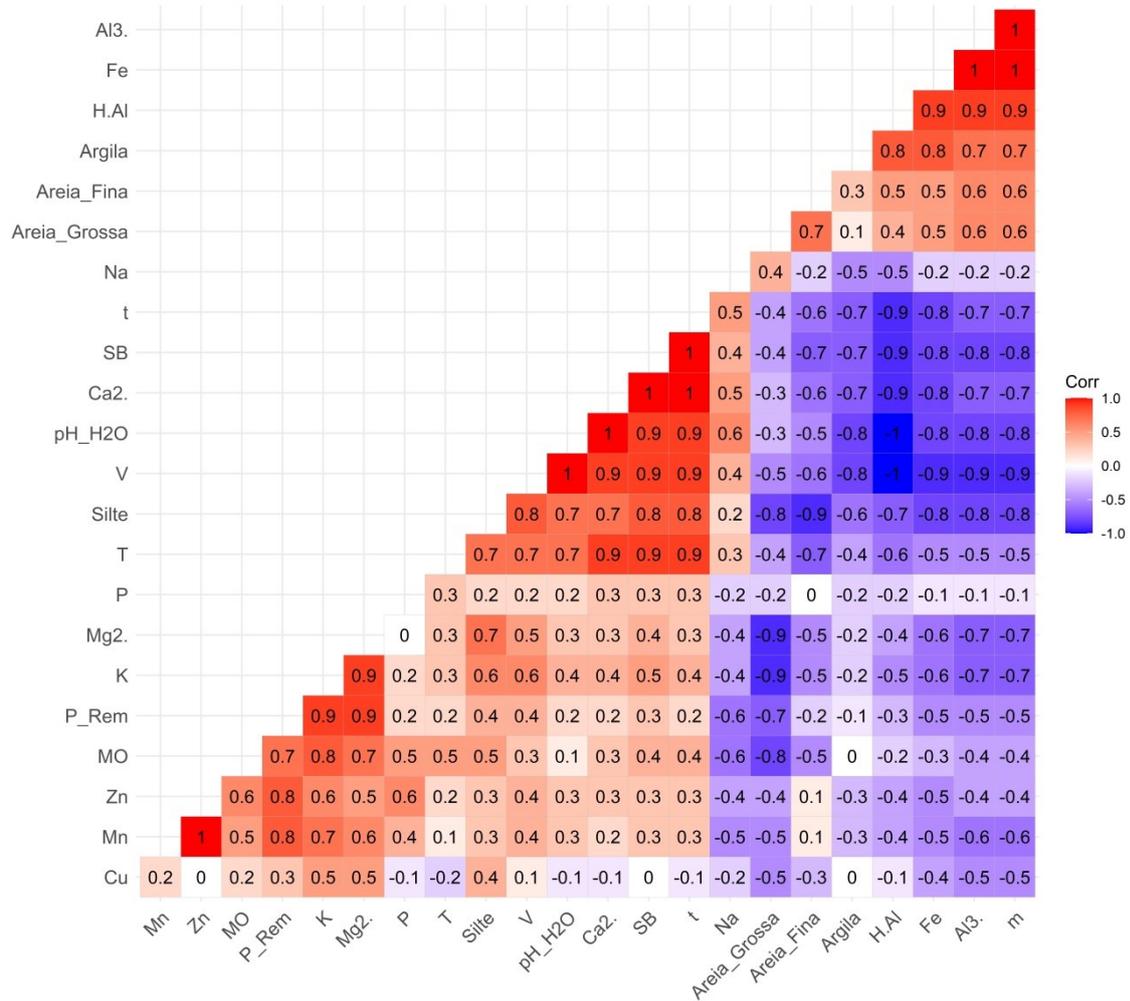
Espécies	ABUND	RDe	RDo	RFr	IVI
<i>Copaifera coriácea</i> Mart.	44	19.91	39.31	6.52	65.74
<i>Callisthene major</i> Mart.	26	11.76	10.92	6.52	29.21
<i>Heisteria ovata</i> Benth.	18	8.14	6.44	6.52	21.11
<i>Byrsonima correifolia</i> A.Juss.	19	8.60	4.59	6.52	19.71
<i>Eugenia aurata</i> O.Berg	17	7.69	3.99	6.52	18.20
Indeterminada 3	11	4.98	5.84	6.52	17.34
<i>Erythroxylum</i> sp.	16	7.24	1.98	6.52	15.74
<i>Calophyllum</i> sp.	9	4.07	5.80	4.35	14.22
<i>Dalbergia acuta</i> Benth.	10	4.52	4.43	4.35	13.30
<i>Copaifera oblongifolia</i> Mart. ex Hayne	10	4.52	4.33	4.35	13.20
<i>Casearia javitensis</i> Kunth	8	3.62	1.56	6.52	11.70
<i>Eugenia stictopetala</i> Mart. ex DC.	6	2.71	2.09	4.35	9.15
<i>Senna cana</i> (Nees & Mart.) H.S.Irwin & Barneby	8	3.62	2.10	2.17	7.89
<i>Cynophalla</i> sp.	2	0.90	1.18	4.35	6.43
<i>Ocotea</i> sp.	3	1.36	0.38	4.35	6.09
<i>Curatella americana</i> L.	5	2.26	1.47	2.17	5.90
<i>Bauhinia</i> sp.	2	0.90	0.28	4.35	5.53
<i>Plathymenia reticulata</i> Benth.	1	0.45	2.15	2.17	4.78
<i>Guarea</i> sp.	2	0.90	0.27	2.17	3.35
<i>Magonia pubescens</i> A.St.-Hil.	1	0.45	0.36	2.17	2.99
<i>Aspidosperma</i> sp.	1	0.45	0.28	2.17	2.90
<i>Cordia rígida</i> (K.Schum.) Kuntze	1	0.45	0.13	2.17	2.76
<i>Mimosa pithecolobioides</i> Benth.	1	0.45	0.12	2.17	2.74
	221	100	100	100	300

APÊNDICE C – Média* das variáveis físicas e químicas das amostras compostas de solo dos geoambientes da Serra da Tenda, norte de Minas Gerais

	MSBX	LAP	MASAF	MSGR	CENT	CENR
pH H₂O	6.41±0.27bc	7.98±0.24 a	6.84±0.28 b	7.09±0.58 b	5.69±0.03 c	4.28±0.16 d
P (mg kg⁻¹)	1.63±0.56b	0.49±0.24 c	1.71±0.47b	11.03±16.32a	0.95±0.13bc	1.72±0.74b
K⁺ (mg kg⁻¹)	130.32±29.28ab	57.01±5.09bc	165.72±8.65 a	188.91±63.53 a	164.50±3.55 a	19.27±4.76 c
Na⁺ (mg kg⁻¹)	0.00±0.00	14.14±1.01a	0.00±0.00	0.00±0.00	0.22±0.38b	0.00±0.00
Ca²⁺ (cmolc kg⁻¹)	6.81±1.25 b	13.47±0.36 a	11.92±1.21 a	10.78±2.48 a	5.00±0.36 b	0.32±0.02 c
Mg²⁺ (cmolc kg⁻¹)	0.99±0.07ab	0.36±0.04bc	1.30±0.36 a	1.46±0.43 a	1.36±0.14 a	0.09±0.01 c
Al³⁺ (cmolc kg⁻¹)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	2.02±0.14
H⁺+Al³⁺ (cmolc kg⁻¹)	2.23±1.02bc	0.00±0.00	2.30±0.35bc	1.37±1.27 c	3.90±0.58 b	9.26±1.01 a
SB (cmolc kg⁻¹)	8.13±1.29 b	14.04±0.39 a	13.65±1.06 a	12.72±2.22 a	6.79±0.25 b	0.46±0.04 c
t (cmolc kg⁻¹)	8.13±1.29ab	14.04±0.39 a	13.65±1.06 a	12.72±2.22 a	6.79±0.25 b	2.48±0.18 c
T (cmolc kg⁻¹)	10.37±1.09 b	14.04±0.39 a	15.94±0.81 a	14.09±1.24 a	10.69±0.80 b	9.72±1.05 b
V (%)	78.47±8.97 b	100.00±0.00	85.53±2.71 a	89.93±9.68 a	63.63±2.72 b	4.70±0.17 c
m (%)	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	81.60±0.26
ISNa (%)	0.00±0.00	0.44±0.03	0.00±0.00	0.00±0.00	0.01±0.02	0.00±0.00
MO (dag kg⁻¹)	5.10±0.31bc	3.59±0.35 c	8.16±1.20 a	8.34±1.46 a	6.78±0.81ab	4.43±0.34bc
C.org. (dag kg⁻¹)	2.96±0.18 b	2.08±0.20 b	4.73±0.70 a	4.84±0.85 a	3.93±0.47 a	2.57±0.20 b
P-rem(mg L⁻¹)	33.80±2.69 a	23.10±0.46 b	32.90±1.91 a	36.77±3.4 a	31.37±1.55 a	24.30±1.30 b
Cu (mg kg⁻¹)	0.63±0.12 b	0.36±0.03cd	0.48±0.03bc	0.39±0.05 bcd	1.35±0.15 a	0.16±0.07 d
Mn (mg kg⁻¹)	138.30±9.93 a	10.85±3.00 c	70.31±16.08 b	127.57±27.37 a	59.19±7.38 b	1.89±0.23 c
Fe (mg kg⁻¹)	3.81±0.25 b	1.73±0.46 b	4.54±1.21 b	5.62±1.05 b	20.06±1.26 b	148.64±37.13 a
Zn (mg kg⁻¹)	4.61±0.35 a	0.37±0.14 b	2.46±0.70 b	5.68±1.70 a	1.39±0.14 b	0.36±0.03 b
Areia Grossa (g kg⁻¹)	111.33±21.39 a	138.33±23.03 a	46.33±8.96 b	45.00±11.53 b	41.00±13.23 b	165.33±33.50 a
Areia Fina (g kg⁻¹)	218.67±23.35 a	55.33±24.09 b	20.67±5.13 b	51.33±26.76 b	36.00±6.24 b	207.00±25.24 a
Silte (g kg⁻¹)	204.33±26.76 b	402.67±30.62 a	429.00±19.05 a	468.67±62.85 a	416.00±25.24 a	43.00±13.75 c
Argila (g kg⁻¹)	466.00±23.90bc	403.67±27.39 c	504.00±19.31ab	434.67±51.07bc	507.33±29.37ab	585.33±47.38 a
Classe Textural	Argila	Argilo-siltosa	Argilo-siltosa	Argilo-siltosa	Argilo-Siltosa	Argila

*As médias foram baseadas em três amostras compostas por geoambiente. Os valores seguidos pelas mesmas letras na linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. MSBX - Mata Seca de Baixada sobre Latossolo Eutrófico; LAP - Lapiá com Cambissolo; MASAF - Mata Seca com Afloramento Calcário sobre Nitossolo; MSGR - Mata Seca de Grota sobre Nitossolo; CENT - Cerrado de Encosta sobre Cambissolo; CENR - Cerrado Encarrascado sobre Latossolo em Chapada; Para análise: pH H₂O - potencial de hidrogênio em água; P - fósforo disponível; K⁺ - potássio; Na⁺ - sódio; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ - magnésio trocável; Al³⁺ - acidez trocável; H⁺ + Al³⁺ - acidez potencial; SB - soma de bases trocáveis; t - capacidade de troca catiônica efetiva; T - capacidade de troca catiônica em pH 7,0; V - índice de saturação por bases; m - índice de saturação por alumínio; MO - matéria orgânica; C.org. - carbono orgânico; P-rem- fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco.

APÊNDICE D – Correlação de Pearson entre todas as variáveis individuais das amostras compostas



Para análise: pH_H₂O - potencial de hidrogênio em água; P - fósforo disponível; K - potássio disponível; Na - sódio disponível; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ - magnésio trocável; Al³⁺ - acidez trocável; H + Al - acidez potencial; SB - soma de bases trocáveis; t - capacidade de troca catiônica efetiva; T - capacidade de troca catiônica em pH 7,0; V - índice de saturação por bases; m - índice de saturação por alumínio; MO - matéria orgânica; P_Rem- fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco.

APÊNDICE E – Tabela de correlação das variáveis edáficas com os dois primeiros eixos da PCA

Variáveis do solo	Eixo 1	Eixo 2
Areia_Grossa	-0.68	-0.55
Areia_Fina	-0.68	0.10
Silte	0.89	-0.04
Argila	-0.69	0.42
pH(H ₂ O)	0.85	-0.48
P	0.28	0.20
K	0.74	0.60
Na	0.17	-0.95
Ca ²⁺	0.86	-0.44
Mg ²⁺	0.68	0.61
Al ³⁺	-0.94	0.00
H+Al	-0.91	0.31
SB	0.92	-0.33
t	0.88	-0.38
T	0.71	-0.28
V	0.95	-0.26
m	-0.94	0.00
MO	0.55	0.63
P_Rem	0.57	0.74
Cu	0.25	0.42
Mn	0.56	0.59
Fe	-0.93	0.07
Zn	0.54	0.53

Os fatores que se correlacionam significativamente com os eixos da PCA são destacados em negrito na cor preta para correlações positivas e negrito vermelho para correlações negativas.

Para análise: pH(H₂O) - potencial de hidrogênio em água; P - fósforo disponível; K - potássio disponível; Na - sódio disponível; Ca²⁺ - cálcio trocável; Mg²⁺ - magnésio trocável; Al³⁺ - acidez trocável; H + Al - acidez potencial; SB - soma de bases trocáveis; t - capacidade de troca catiônica efetiva; T - capacidade de troca catiônica em pH 7,0; V - índice de saturação por bases; m - índice de saturação por alumínio; MO - matéria orgânica; P_Rem- fósforo remanescente; Cu - cobre; Mn - manganês; Fe - ferro; Zn - zinco.