

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

**O Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela: Relações solo-vegetação
em escala de Geobiótopos**

Flávio Dayrell Gontijo
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

FLÁVIO DAYRELL GONTIJO

**O Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela: Relações solo-vegetação
em escala de Geobiótopos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Carlos E. G. R. Schaefer

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

G641g
2022
Gontijo, Flávio Dayrell, 1984-
O Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela: relações
solo-vegetação em escala de geobiótopos / Flávio Dayrell
Gontijo. – Viçosa, MG, 2022.
1 dissertação eletrônica (179 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Solos, 2022.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.349>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Botânica - Quadrilátero Ferrífero (MG). 2. Solos -
Análise. 3. Geodiversidade. 4. Química do solo. 5. Física do
solo. I. Schaefer, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud, 1965-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-Graduação em Botânica. III. Título.

CDD 22. ed. 581.7098151

FLÁVIO DAYRELL GONTIJO

O Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela: Relações solo-vegetação em escala de Geobiótopos

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Botânica, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 28 de abril de 2022.

Assentimento:

Flávio Dayrell Gontijo
Autor

Carlos Ernesto Goncalves Reynaud Schaefer
Orientador

Essa dissertação foi assinada digitalmente pelo autor em 23/06/2025 às 19:52:05 e pelo orientador em 15/07/2025 às 11:25:16. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **P5DY.M6WW.ZC6K** e clique no botão 'Validar documento'.

À vida, por me proporcionar a oportunidade de aprendizado contínuo. Aos meus pais e irmãos, pilares de força da minha vida, por seu amor incondicional. Ao Bento, por ser a razão de tudo. À Mariana, companheira de todas as horas, por seu apoio e compreensão. Todos deram sentido a esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço:

Aos meus pais, Flávio e Ondina, por todo o suporte necessário ao crescimento e pelo exemplo que me ajudaram a me tornar a pessoa que hoje sou. Aos meus irmãos e a toda minha família (primos inclusive), que sempre se fizeram presentes com todo e qualquer tipo de suporte, quando necessário;

Ao meu filhote Bento, paixão da vida e maior companheiro que existe;

À Mari, companheira, incentivadora, e maior parceira nesta empreitada;

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade dada através do Programa de Pós-graduação em Botânica. A todos os professores do programa, por compartilharem conhecimentos;

Agradeço em especial ao Prof. Carlos Schaefer, meu orientador, por incentivar meu retorno à academia e pelos ensinamentos, discussões e experiências que muito me engrandeceram não somente como profissional;

À Paula, pelo suporte com o rebento durante os tempos de ausência;

À Amplo Engenharia, especialmente Jackson, Tiago e Samir, pelo apoio e confiança;

Aos meus companheiros de campo: Cristiano, Fernanda, Rubens, Rafael (Pelim), Hugo, Prímula, que muito me ajudaram, inclusive na compreensão dos ambientes que estávamos trabalhando;

À Vale, pelo financiamento do Projeto;

Ao ICMBio pela Autorização Direta (03/17), que possibilitou a execução das atividades;

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Peço desculpas se esqueci de alguém mas agradeço, de uma maneira geral, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que esse trabalho fosse realizado.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

“Não há fatos eternos, como não há verdades absolutas.”
Friedrich Nietzsche

RESUMO

GONTIJO, Flávio Dayrell, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, abril de 2022. **O Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela: Relações solo-vegetação em escala de Geobiótopos.** Orientador: Carlos Ernesto Goncalves Reynaud Schaefer.

A análise da diversidade geoambiental tem se mostrado estratégica na tomada de decisões atreladas ao planejamento ambiental e conservacionista, à medida em que aborda as inter-relações entre os componentes físicos do meio e as inter-relações destes com os elementos naturais – e, por vezes, antrópicos - que revestem as paisagens. Apesar de já amplamente empregada em outras regiões do país, esta abordagem, pode ser considerada, ainda, bastante incipiente no contexto do Quadrilátero Ferrífero de Minas Gerais, sendo poucos os estudos que buscam integrar os fatores físico e químicos do meio à distribuição das diferentes feições (ou fisionomias) que recobrem as áreas sob influência de substrato litológico constituído por rochas ferruginosas. O objetivo geral deste trabalho consiste na caracterização das unidades geoambientais que compõem o Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela, através da interpretação das propriedades físicas e químicas dos solos e das respectivas assembleias de espécies vegetais que habitam estes ambientes. Os resultados obtidos indicaram a ocorrência de um continuum geoambiental que varia de formações rupestres, arbustivas e florestais, ocorrentes sobre substratos ferruginosos, onde se observa um incremento na riqueza de espécies vegetais, acompanhada de incrementos na disponibilidade e oferta de recursos dos solos que possibilitam o desenvolvimento da vegetação arbórea.

Palavras-chave: Complexo Rupestre, Propriedades edáficas, Geodiversidade, Composição Florística

ABSTRACT

GONTIJO, Flávio Dayrell, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, April, 2022. **The Ferruginous Geosystem of the Gandarela Syncline: Soil plant relationships on Geobiotope scales.** Adviser: Carlos Ernesto Goncalves Reynaud Schaefer.

The analysis of geoenvironmental diversity has shown to be strategic in environmental and conservation planning, as it addresses the relationships between the physical components of the environment and their interrelationships with the natural and anthropic elements, covering the landscapes. Although widely used in the Carajás region, this approach can still be considered quite incipient in the context of the Iron Quadrangle of Minas Gerais, with few studies integrating the physical and chemical factors of the environment to the distribution of different physiognomies covering areas under the influence of lithological substrate constituted by ferruginous rocks. The general objective of this work is to characterize the geoenvironmental units associated with the Serra do Gandarela Ferruginous Geosystem, through the interpretation of the physical and chemical properties of the soils and the respective assemblages of plant species that inhabit these environments. The results indicated the occurrence of a geoenvironmental continuum that varies from rock outcrops, shrub formations and forested environments, occurring upon ferruginous substrates. The geoenvironmental continuum is also characterized with an increase in plant species richness, accompanied by increases in the availability and supply of soil resources that enable the development of arboreal vegetation.

Keywords: Rupestrian Complex, Edaphic patterns, Geodiversity, Floristic composition

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. GEOSSISTEMAS FERRUGINOSOS EM MINAS GERAIS.	23
FIGURA 2. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM RELAÇÃO AO QUADRILÁTERO FERRÍFERO E AO SINCLINAL GANDARELA, MINAS GERAIS.	32
FIGURA 3. MATAS E CAPÕES FLORESTAIS DE CANGA NO TOPO E ENCOSTAS.	37
FIGURA 4. CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO ARBUSTIVO.	40
FIGURA 5. CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO ABERTO.	43
FIGURA 6. AMBIENTES HIDROMÓRFICOS EM CANGA FERRUGINOSA.	46
FIGURA 7. ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE BAUXITA E PIÇARRA.	47
FIGURA 8. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS DE AMOSTRAS DE SOLO SUPERFICIAL.	52
FIGURA 9. SENTIDO DE REGISTRO DOS DADOS DAS PARCELAS ALOCADAS EM GEOAMBIENTES FLORESTADOS.	53
FIGURA 10. MODELO ESQUEMÁTICO DA PARCELA ALOCADA NOS GEOAMBIENTES TÍPICAMENTE ABERTOS (CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO E ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE BAUXITA E PIÇARRA).	54
FIGURA 11. BOXPLOTS PARA OS PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS ANALISADOS DO SOLO.	58
FIGURA 12. PERFIL TOPOGRÁFICO - AMBIENTE HIDROMÓRFICO EM CANGA FERRUGINOSA.	61
FIGURA 13. PERFIL TOPOGRÁFICO - CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO GRAMINOSO.	64
FIGURA 14. ÁREA DE ESTUDO. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO EM RELAÇÃO AO QUADRILÁTERO FERRÍFERO E AO SINCLINAL GANDARELA.	104
FIGURA 15. TOPOS E ENCOSTAS DE CANGA COM CAMPO RUPESTRE ABERTO DE VELLOZIA (V. COMPACTA).	110
FIGURA 16. ENCOSTAS COM CAMPO RUPESTRE ABERTO SOBRE CANGA DEGRADADA.	110
FIGURA 17. ENCOSTAS COM CAMPO RUPESTRE ABERTO DE MIMOSA EM BLOCOS DE CANGA. INDIVÍDUOS DE MIMOSA CALODENDRON MART. EX BENTH. IDENTIFICADOS COM OS CÍRCULOS VERMELHOS.	111
FIGURA 18. ENCOSTAS COM CAMPO RUPESTRE ABERTO DE LYCHNOPHORA EM BLOCOS DE CANGA LIQUENIZADA.	111
FIGURA 19. ESCARPAS COM CAMPO RUPESTRE ABERTO DE VELLOZIACEAE.	112
FIGURA 20. PATAMAR DE LAJEIRO DE CANGA COM CAMPO RUPESTRE ABERTO GRAMINOSO OU COURAÇA AFLORANTE.	113
FIGURA 21. PATAMARES COM CAMPO RUPESTRE GRAMINOSO MAL DRENADO DE VELLOZIA GRAMINEA, V. TRAGACANTHA OU V. ALBIFLORA EM CANGA DEGRADADA.	113
FIGURA 22. ESCARPAS COM CAMPO RUPESTRE ARBUSTIVO SOBRE ITABIRITO.	114
FIGURA 23. TOPOS E ENCOSTAS COM CAMPO RUPESTRE ARBUSTIVO TÍPICO EM CANGA DEGRADADA.	115
FIGURA 24. TOPOS E ENCOSTAS COLUVIAIS COM CAMPO RUPESTRE ARBUSTIVO DENSO EM CANGA BAUXÍTICA.	115
FIGURA 25. ENCOSTAS COM CAMPO RUPESTRE ARBUSTIVO DENSO EM CANGA DEGRADADA. ...	116
FIGURA 26. ENCOSTAS COM CAMPO RUPESTRE ARBUSTIVO DE PADRÃO EM ILHAS.	116

FIGURA 27. VALE SUSPENSO COM CAPÃO FLORESTAL SOBRE CANGA DEGRADADA EM TOPO SERRANO.	117
FIGURA 28. TOPOS E ENCOSTAS COLUVIAIS COM CAPÃO FLORESTAL BAIXO EM CANGA DEGRADADA.	118
FIGURA 29. ENCOSTAS COLUVIAIS E TÁLUS MISTO COM CAPÃO FLORESTAL ALTO EM CANGA DEGRADADA E ITABIRITO DOLOMÍTICO.	118
FIGURA 30. VEGETAÇÃO SEMI-LACUSTRE EM CANGA.	119
FIGURA 31. LAGOS E BREJOS PERMANENTEMENTE INUNDÁVEIS.	120
FIGURA 32. PONTOS DE COLETAS DE SOLO SUPERFICIAL. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS DE AMOSTRAS DE SOLO SUPERFICIAL.	122
FIGURA 33. MODELO ESQUEMÁTICO DA PARCELA PARA AVALIAÇÃO FITOSSOCIOLÓGICA.	124
FIGURA 34. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS DE DADOS DA VEGETAÇÃO.	124
FIGURA 35. BOXPLOTS PARA OS PARÂMETROS QUÍMICOS E FÍSICOS ANALISADOS DO SOLO.	129

LISTA DE IMAGENS

FOTO 1. CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO ASSOCIADO AO GEOSSISTEMA FERRUGINOSO DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.....	26
FOTO 2. INSERÇÃO DOS CAPÕES FLORESTAIS NA PAISAGEM ASSOCIADA ÀS FORMAÇÕES FERRÍFERAS, NA REGIÃO OESTE DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.	27
FOTO 3. CAPÕES FLORESTAIS ASSOCIADOS AO GEOSSISTEMA FERRUGINOSO DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.....	28
FOTO 4. CAPÕES FLORESTAIS SOB INFLUÊNCIA DA NEBULOSIDADE NA SERRA DO GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.....	29
FOTO 5. CONTEXTO DE INSERÇÃO DOS CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS NA PAISAGEM DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.....	30
FOTO 6. VISÃO GERAL DA PORÇÃO INTERIOR (ALÇA CENTRAL DEPRIMIDA) DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.....	33
FOTO 7. CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS NAS COTAS ALTIMÉTRICAS MAIS ELEVADAS DA PAISAGEM DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.	34
FOTO 8. ENCOSTA OESTE DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.	35
FOTO 9. GEOAMBIENTE: MATAS E CAPÕES FLORESTAIS DE CANGA NO TOPO E ENCOSTAS. OBSERVA-SE, NA PORÇÃO ESQUERDA DA IMAGEM, AS MATAS ASSOCIADAS ÀS ENCOSTAS DA VERTENTE LESTE DA SERRA DO GANDARELA.	38
FOTO 10. CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO ARBUSTIVO.....	41
FOTO 11. CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO ABERTO.	42
FOTO 12. CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO GRAMINOSO.....	44
FOTO 13. CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO GRAMINOSO. DESTAQUE PARA A OCORRÊNCIA DE <i>VELLOZIA GRAMINEA</i> POHL, ESPÉCIE TÍPICA DESTES AMBIENTES.	44
FOTO 14. AMBIENTES HIDROMÓRFICOS EM CANGA FERRUGINOSA. LAGOA TEMPORÁRIA EM ÁREA DE CANGA, LOCALIZADA NA ALÇA SUL DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.	45
FOTO 15. ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE BAUXITA E PIÇARRA.....	48
FOTO 16. SUBPARCELA DE AMOSTRAGEM DO ESTRATO HERBÁCEO, COM A GRADE PARA AVALIAÇÃO DA COBERTURA DE CADA INDIVÍDUO.....	55
FOTO 17. CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO GRAMINOSO. NOTAR A PRESENÇA DE MATERIAIS MAIS GROSSEIROS (CALHAUS E CASCALHOS), NO PRIMEIRO PLANO.....	63
FOTO 18. ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE BAUXITA E PIÇARRA.....	79
FOTO 19. CONTEXTO DE INSERÇÃO DOS CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS NA PAISAGEM. VIA DE REGRA, OS CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO ESTÃO ASSOCIADOS AOS TOPOS DE MORRO, COMO PODE SER OBSERVADO NESTA FOTO DA REGIÃO DA SERRA DO GANDARELA.	102
FOTO 20. VISÃO GERAL DA PORÇÃO INTERIOR DO SINCLINAL GANDARELA. NA PORÇÃO INTERIOR DO SINCLINAL GANDARELA SÃO ENCONTRADAS ROCHAS DOLOMÍTICAS, MAIS SUSCEPTÍVEIS AO INTEMPERISMO E QUE, POR ISSO, FORAM ERODIDAS E REBAIXADAS EM RELAÇÃO ÀS COTAS TOPOGRÁFICAS ADJACENTE.	105

FOTO 21. CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS. PRESENÇA DE CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS NAS COTAS ALTIMÉTRICAS MAIS ELEVADAS DA PAISAGEM.....	106
FOTO 22. ENCOSTA OESTE DO SINCLINAL GANDARELA. PRESENÇA DE FORMAÇÕES TIPICAMENTE SAVÂNICAS ASSOCIADAS AOS FILITOS OCORRENTES NAS ENCOSTAS E PATAMARES EXTERNOS DA SERRA DO GANDARELA.	107
FOTO 23. ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE BAUXITA E PIÇARRA.....	121
FOTO 24. SUBPARCELA DE AMOSTRAGEM COM A GRADE PARA AVALIAÇÃO DA COBERTURA (ESTRATO HERBÁCEO).	126

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. UNIDADES GEOAMBIENTAIS ASSOCIADAS AO GEOSSISTEMA FERRUGINOSO DO SINCLINAL GANDARELA, QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS.....	36
TABELA 2. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS DE SOLO.....	49
TABELA 3. ESQUEMA DE AMOSTRAGEM UTILIZADO PARA O LEVANTAMENTO DOS ESTRATOS QUE COMPÕEM A ESTRUTURA DOS GEOAMBIENTES TÍPICAMENTE ABERTOS (CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO E ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE BAUXITA E PIÇARRA).....	55
TABELA 4. DADOS DE DIVERSIDADE E RIQUEZA DE ESPÉCIES PARA OS GEOAMBIENTES AMOSTRADOS.	71
TABELA 5. SIMILARIDADE ENTRE OS GEOAMBIENTES - MENSURADA ATRAVÉS DO ÍNDICE DE JACCARD.	73
TABELA 6. ANÁLISE DESCRITIVA DOS PARÂMETROS FÍSICOS E QUÍMICOS DO SOLO POR GEOAMBIENTE. LETRAS SIMILARES PARA UM MESMO GEOAMBIENTE INDICAM DISSIMILARIDADES ($P < 0.05$) ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DO TESTE POST-HOC DE DUNN.	90
TABELA 7. ESPÉCIES INDICADORAS – ÁREAS DE EXTRAÇÃO DE BAUXITA E PIÇARRA.	93
TABELA 8. ESPÉCIES INDICADORAS – MATAS E CAPÕES FLORESTAIS DE CANGA NO TOPO E ENCOSTAS.	93
TABELA 9. ESPÉCIES INDICADORAS – CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO ARBUSTIVO.	96
TABELA 10. ESPÉCIES INDICADORAS – CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO GRAMINOSO.....	97
TABELA 11. ESPÉCIES INDICADORAS – CAMPO RUPESTRE FERRUGINOSO ABERTO.....	97
TABELA 12. CHAVE DE CLASSIFICAÇÃO DAS UNIDADES GEOAMBIENTAIS ASSOCIADAS AO GEOSSISTEMA FERRUGINOSO DO SINCLINAL GANDARELA.	108
TABELA 13. ESQUEMA DE AMOSTRAGEM UTILIZADO PARA O LEVANTAMENTO FITOSSOCIOLÓGICO DOS ESTRATOS VEGETACIONAIS.....	125
TABELA 14. DADOS DE DIVERSIDADE E RIQUEZA DE ESPÉCIES PARA OS GEOBIÓTOPOS AMOSTRADOS.	140
TABELA 15. SIMILARIDADE ENTRE OS GEOAMBIENTES - MENSURADA ATRAVÉS DO ÍNDICE DE JACCARD. VALORES EM AMARELO INDICAM SIMILARIDADE FLORÍSTICA ($SJ > 0,25$)......	143
TABELA 16. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE COLETAS DE SOLO.....	156
TABELA 17. LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS DE AMOSTRAGEM FITOSSOCIOLÓGICA IMPLEMENTADOS PARA OBTENÇÃO DE DADOS FLORÍSTICOS.	159
TABELA 18. ANÁLISE DESCRITIVA DOS PARÂMETROS FÍSICO E QUÍMICOS DO SOLO POR GEOBIÓTOPO.	164
TABELA 19. RESULTADOS DO TESTE POST-HOC DE TUKEY (PAR-A-PAR) PARA OS DADOS DE COMPOSIÇÃO ENTRE OS GEOBIÓTOPOS ($P < 0,05$ INDICADOS EM AMARELO).....	172
TABELA 20. ESPÉCIES INDICADORAS.	173
TABELA 21. ESPÉCIES INDICADORAS DE GRUPOS DE GEOBIÓTOPOS.....	174

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	15
OBJETIVOS GERAIS	17
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	19
CAPÍTULO I.....	22
INTRODUÇÃO.....	23
OBJETIVOS.....	31
MATERIAL E MÉTODOS.....	31
Área de Estudo.....	31
Unidades Geoambientais associadas ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela	35
Delimitação das Unidades Geoambientais	48
Análises de Solo.....	48
Composição Florística	53
Análise de Dados	56
RESULTADOS	57
Caracterização Edáfica dos Geoambientes	57
Relações Entre os Atributos Físicos e Químicos dos Solos e os Geoambientes	64
Composição Florística dos Geoambientes	67
Similaridade Florística entre os Geoambientes.....	71
Espécies Indicadoras dos Geoambientes	73
DISCUSSÃO.....	75
CONCLUSÃO.....	79
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
MATERIAL SUPLEMENTAR I.....	90
CAPÍTULO II.....	98
INTRODUÇÃO.....	99
OBJETIVOS.....	103
MATERIAL E MÉTODOS.....	103
Área de Estudo.....	103
Unidades Geoambientais Associadas ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela	107
Delimitação das Unidades Geoambientais	121
Análises de Solo.....	121
Composição Florística	123
Análise de Dados	126
RESULTADOS	127
Caracterização Edáfica dos Geobiótopos.....	127

Relações Entre os Atributos Físicos e Químicos dos Solos e os Geobiótopos.....	132
Composição Florística dos Geobiótopos	135
Similaridade Florística entre os Geobiótopos	141
Espécies Indicadoras dos Geobiótopos.....	144
DISCUSSÃO	145
CONCLUSÃO GERAL	147
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	149
MATERIAL SUPLEMENTAR II.....	156

INTRODUÇÃO GERAL

A geodiversidade, de acordo com o conceito proposto por (Gray, 2004), descreve a diversidade das partes não biológicas do mundo natural, como rochas, solos, formas de relevo e os processos integrados que as moldam ao longo do tempo. Em sua publicação, o autor consolida um importante pilar junto à teoria dos geossistemas *sensu* Sotchava (1978) e, mediante a identificação da importância dos recursos abióticos (e, logo, dos geossistemas) sobre os recursos bióticos, a análise geoambiental passa a se destacar como um *proxy* da biodiversidade.

A análise geoambiental é parte da concepção dos geossistemas, que leva em conta a forma como os diversos componentes da paisagem bio-fisiográfica se organizam e inter-relacionam em rede. Em sua abordagem ecogeográfica, Tricart (1977), postula que o conceito de sistema é o melhor instrumento lógico de que dispomos para estudar o complexo ambiental, porque permite adotar uma visão de conjunto, de caráter dinâmico, ultrapassando o caso de um inventário ambiental, por natureza, estático. Tal concepção tem, portanto, como pilar, o estudo integrado dos componentes da paisagem, e possibilita a compreensão do funcionamento e da dinâmica dos ambientes naturais e dos ambientes alterados pelas atividades antrópicas (Oliveira-Santos, 2014).

Cabe aqui mencionar que a teoria dos geossistemas, apresentada por Sotchava (1978), traz um caráter sistêmico e dinâmico na abordagem voltada à classificação da paisagem, levando em conta os postulados ecológicos básicos de Tansley (1935), para quem:

“o conceito fundamental de um sistema natural completo inclui não unicamente o complexo orgânico, mas também os fatores físicos que conformam o que denominamos o habitat ou meio ambiente. Não se pode separar as comunidades vivas do seu meio ambiente especial em que habitam”.

Nesta perspectiva de análise integrada do sistema natural, Bertrand (1972) propõe um sistema de classificação da paisagem em função da escala de estudo e procura analisá-la por meio de um sistema taxonômico com dupla perspectiva: a do tempo e do espaço.

Esses níveis tempo-espaciais corresponderiam, em uma perspectiva, a “Zona”, “Domínio”, e à “Região” e, de outra, “Geossistema”, “Geofácies” e “Geótopo”. O termo geossistema aparece, então, como um nível hierárquico superior de classificação da paisagem, sendo definido como o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos. O geossistema resulta, portanto, da combinação de um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia, solo), de uma exploração biológica

(vegetação, fauna) e de uma ação antrópica, não apresentando necessariamente uma homogeneidade fisionômica, mas um complexo essencialmente dinâmico. Essa unidade abrange escalas de alguns a centenas de quilômetros quadrados, e pode ser decomposta em unidades menores fisionomicamente homogêneas, representadas pelos geofácies e geótopos. As geofácies, por sua vez, correspondem a um nível intermediário, que considera a estrutura e fitofisionomia dominante, associada a um solo específico, seguindo um padrão determinístico. Compreende um setor fisionomicamente homogêneo que se sucede no tempo e no espaço no interior de um geossistema apresentando, também, potencial ecológico, exploração biológica e ação antrópica e está sujeito à biostasia e resistasia. Os geótopos, por fim, correspondem ao último nível da escala tempo-espacial, e geralmente apresentam condições diferentes do geossistema e das geofácies em que se encontram. Constituem a menor unidade homogênea diretamente visualizada no terreno e representa o refúgio das biocenoses originais, por vezes relictuais ou endêmicas.

Outros autores, definições e concepções de paisagem, como Bertrand & Tricart (1968), Bertrand (2004) Sotchawa (1962; 1978), Tricart (1981) são todos úteis à análise geoambiental da paisagem, mas é importante mencionar que independentemente do conceito abordado, essa abordagem busca elucidar as relações de dependência entre os componentes da paisagem, como o solo, rochas, formas de relevos, água, clima (macro e micro), flora, vegetação, homem, fauna.

Nesse sentido, os solos têm um papel chave como agente regulador de filtros ambientais (Dubuis et al., 2013; Messias et al., 2013; Melo et al., 2004), como a biodisponibilidade de nutrientes e elementos tóxicos, mediações biológicas (micorrizas, fixadores de N, microrganismos), influenciando processos de facilitação, competição, herbívora, dentre outros (Tilman et al., 2012; Lortie et al., 2004). Trata-se, portanto, de um componente fundamental no controle da partição e oferta de recursos, dos fluxos de energia, e na disponibilidade hídrica, tripés fundamentais na estruturação de comunidades vegetais (Grime, 2001).

Alinhado com os fatos acima elencados, e com base em uma extensa revisão sobre Campos Rupestres do Brasil, Fernandes (2016) evidenciou o papel chave da geodiversidade, dos solos e da geomorfologia na estruturação das Comunidades Vegetais presentes nos Complexos Rupestres Brasileiros, fato também elencado por Schaefer et al. (2016) em estudo realizado na região de Carajás. Outros estudos muito representativos e detalhados para a região do Quadrilátero Ferrífero, porções do Espinhaço, Serra do Cipó e Carajás foram desenvolvidos por Nunes et al. (2015); Schaefer et al., (2015); e Pereira, (2010).

Em estudo clássico sobre o tema, Benites et al. (2007) demonstraram que a diversidade de solos do Complexo Rupestre cria oportunidades para o surgimento de diversos habitats e

micro habitats (nichos), onde as pressões seletivas conduziam à especiação e especializações das plantas em nichos específicos, dado corroborado por Le Stradic et al. (2015). A paisagem muito antiga da canga e do Complexo Rupestre em geral deve ter condicionado a evolução de rotas adaptativas bem específicas e finamente sintonizadas, para fazer frente aos múltiplos estresses e filtros ambientais, o que deve ter favorecido, segundo Fernandes (2016), o processo de especiação.

Segundo os dados mais recentes (Silveira et al., 2016; Zanetti, 2017), eventos naturais, múltiplos e aleatórios, no espaço e tempo, podem ter uma influência decisiva na composição florística das Comunidades do Complexo Rupestre Ferruginoso (CRF), e os táxons dominantes podem representar condições locais, ou pontuais, por exemplo, incêndios, que desencadearam o *boom* reprodutivo e a ocorrência de espécies bem adaptadas ao evento específico. Por outro lado, numa escala mais detalhada, que serve ao conhecimento da geobiodiversidade, condições geobióticas são determinantes da comunidade estabelecida, como revelam os ambientes de canga nodular e hidromórficos, semiaquáticos, onde a água permanece por tempo prolongado, com acumulações orgânicas de espessuras variáveis (Schaefer et al., 2008).

Pesquisas recentes (Anderson et al., 2015; Rodrigues et al., 2015, Nunes et al., 2015, Dias et al., 2003; Brandão et al., 2010; Mendonça et al., 2013; Schaefer et al., 2016, Campos et al., 2012) tem demonstrado a importância, e aplicabilidade, desta abordagem na compreensão das interações entre os fatores físicos, biológicos e antrópicos que compõem os mais diversos ambientes, subsidiando a definição de políticas de conservação. Esta abordagem ainda é, contudo, incipiente no contexto das formações ocorrentes no Quadrilátero Ferrífero, sendo poucos os estudos que buscam integrar, em escala de detalhe os fatores físicos do meio à distribuição das diferentes fácies que recobrem as áreas sob influência de substrato litológico constituído por rochas ferruginosas.

OBJETIVOS GERAIS

O objetivo geral deste trabalho constitui a caracterização das unidades geoambientais que compõem o Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela, através da interpretação das propriedades físicas e químicas dos solos e das respectivas assembleias de espécies vegetais que habitam estes ambientes.

Objetiva-se, mais especificamente, responder às seguintes perguntas:

i) As diferenças observadas entre as unidades geoambientais que compõem o Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela podem estar relacionadas às propriedades físicas e químicas do solo?

ii) As diferenças observadas entre as unidades geoambientais repercutem em comunidades floristicamente diferenciáveis?

Busca-se, a partir do desenvolvimento deste trabalho, a elaboração de uma proposta de classificação mais precisa (e detalhada) da vegetação associada aos geossistemas ferruginosos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anderson, M. G., Comer, P. J., Beier, P., Lawler, J. J., Schloss, C. A., Buttrick, S., ... & Faith, D. P. (2015). Case studies of conservation plans that incorporate geodiversity. *Conservation Biology*, 29(3), 680-691.
- Benites, V. M., Schaefer, C. E. G., Simas, F. N., & Santos, H. G. (2007). Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. *Brazilian Journal of Botany*, 30(4), 569-577.
- Bertrand, G. (1972) *Paisagem e Geografia Física global: esboço metodológico*. São Paulo, Instituto de Geografia. USP. 27 p. (Cadernos de Ciências da Terra, 13).
- Bertrand, G. (1978). Le paysage entre la nature et la société. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 49(2), 239-258.
- Bertrand, G., & Tricart, J. (1968). Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39(3), 249-272.
- Brandão, P. C., Soares, V. P., Simas, F. N. B., Schaefer, C. E. G. R., Souza, A. L. D., & Mendonça, B. A. F. D. (2010). Caracterização de geoambientes da floresta nacional do Purus, Amazônia Ocidental: uma contribuição ao plano de manejo. *Revista Árvore*, 34(1), 115-126.
- Campos, J. F., Castilho, A. F., Martins, F. D., Hatano, F. M., & Rolim, S. G. (2012). Uma visão geográfica da região da Flona de Carajás. *Floresta Nacional de Carajás: Estudos sobre vertebrados terrestres*. Nitro Imagens, São Paulo, 28-63.
- de Oliveira Santos, J., & de Souza, M. J. N. (2014). Abordagem geoambiental aplicada à análise da vulnerabilidade e dos riscos em ambientes urbanos. *Boletim Goiano de Geografia*, 34(2), 215-232.
- Dias, H. C. T., Fernandes Filho, E. I., Schaefer, C. E. G. R., Fontes, L. E. F., & Ventrone, L. B. (2002). Geoenvironments of the Ibitipoca State Park, Lima Duarte, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 26(6), 777-786.
- Dubuis, A., Giovanettina, S., Pellissier, L., Pottier, J., Vittoz, P., & Guisan, A. (2013). Improving the prediction of plant species distribution and community composition by adding edaphic to topo-climatic variables. *Journal of Vegetation Science*, 24(4), 593-606.
- Fernandes, G. W. (2016). The megadiverse rupestrian grassland. In *Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil* (pp. 3-14). Springer, Cham.
- Grimes, J. P. (2001). *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties*.
- Le Stradic, S., Buisson, E., & Fernandes, G. W. (2015). Vegetation composition and structure of some Neotropical mountain grasslands in Brazil. *Journal of Mountain Science*, 12(4), 864-877.
- Lortie, C. J., Brooker, R. W., Choler, P., Kikvidze, Z., Michalet, R., Pugnaire, F. I., & Callaway, R. M. (2004). Rethinking plant community theory. *Oikos*, 107(2), 433-438.

- Melo, F. D., Aguiar Neto, A. D., Simabukuro, E. A., & Tabarelli, M. (2004). Recrutamento e estabelecimento de plântulas. Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 237-250.
- Mendonça, B.A.F.; Schaefer, C.E.G.R.; Fernandes Filho, E.I.; Simas, F.N.B.; Vale Junior, J.F. Lisboa, B.A.; Mendonça, J.G.F. 2013. Solos e Geoambientes do Parque Nacional do Viruá, Roraima: visão integrada da paisagem e serviço ambiental. *Ciência Florestal* 23 (2): 429-444.
- Messias, M. C. T. B., Leite, M. G. P., Meira Neto, J. A. A., Kozovits, A. R., & Tavares, R. (2013). Soil-vegetation relationship in quartzitic and ferruginous Brazilian rocky outcrops. *Folia Geobotanica*, 48(4), 509-521.
- Nunes, J. A., Schaefer, C. E., Ferreira Júnior, W. G., Neri, A. V., Correa, G. R., & Enright, N. J. (2015). Soil-vegetation relationships on a banded ironstone 'island', Carajás Plateau, Brazilian Eastern Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87, 2097-2110.
- Pereira, A. F. S. (2010). Florística, fitossociologia e relação solo-vegetação em campo rupestre ferruginoso do Quadrilátero Ferrífero, MG.
- Rodrigues, P. M. S., Schaefer, C. E. G. R., Corrêa, G. R., Campos, P. V., & Neri, A. V. (2015). Soils, landform and vegetation determine the geoenvironments at a conservation unit in northern Minas Gerais, Brazil. *Neotropical Biology and Conservation*, 10(1), 31.
- Schaefer, C. E. G., de Lima Neto, E., Corrêa, G. R., Simas, F. N. B., Campos, J. F., de Mendonça, B. A. F., & Nunes, J. A. (2016). Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, 11(1), 85-101.
- Schaefer, C.E.G.R., Simas, F.N.B., Mendonça, B.A.F., Saboya, A.S., Ferreira Júnior, W.G., Nunes, J.A., Correa, G.R. 2008. Geodiversidade dos Ambientes de Canga na Região de Carajás – Pará. Relatório técnico Vale do Rio Doce. 75 p.
- Silveira, F. A., Negreiros, D., Barbosa, N. P., Buisson, E., Carmo, F. F., Carstensen, D. W., ... & Lambers, H. (2016). Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. *Plant and soil*, 403(1), 129-152.
- Sotchava, V. B. (1978). Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. *Biogeografia*. São Paulo, (14), 1-24.
- Sotchava, V. B. “Définition de quelques notions et termes de géographie physique”. *Dokl. Institute de Géographie de la Sibérie et Extrême Orient*, n. 3, p. 94-117, 1962.
- Tansley, A. G. “O uso e o abuso de conceitos e de termos do termo vegetational”. *Ecology*, 16, p. 284-307, 1935.
- Tilman, D., Reich, P. B., & Isbell, F. (2012). Biodiversity impacts ecosystem productivity as much as resources, disturbance, or herbivory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(26), 10394-10397.

Tricart, J. (1977). *Ecodinâmica* (No. 1). Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica.

Tricart, J. (1981). *Paisagem e ecologia-texto*, tradução de CAF MONTEIRO. Depto. de Geografia, USP.

Zanetti, M. 2017. *Ecologia da germinação de sementes de espécies ameaçadas de extinção da canga de Carajás*. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Federal de Minas Gerais. Orientador: Fernando Augusto de Oliveira e Silveira.

CAPÍTULO I

Geoambientes Associados ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela

Flávio Dayrell Gontijo, Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer

RESUMO - A análise de parâmetros de diversidade através da perspectiva geoambiental tem se mostrado estratégica para a compreensão das interações entre os fatores físicos, biológicos e antrópicos, subsidiando inclusive a delimitação de áreas destinadas à conservação. Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho é caracterizar as propriedades edáficas e os padrões florísticos associados às unidades geoambientais (geoambientes) que compõem o Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela. Foram mapeados, neste estudo, cinco unidades geoambientais que, de forma geral, denotaram solos pobres, ácidos e com assinaturas que indicam uma governabilidade sobre os padrões de composição e riqueza da vegetação associada a cada unidade. Estes padrões encontrados indicaram a formação de um continuum vegetacional, marcado por um gradiente de riqueza de espécies vegetais, no sentido dos ambientes florestados para os ambientes abertos, sendo este gradiente também observado a partir da análise dos parâmetros físicos e químicos dos solos. O estudo evidenciou, ainda, i) a relevância da matéria orgânica no controle da oferta de recursos no contexto do Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela, destacando a importância dos geoambientes florestados dentro do *continuum* identificado; e ii) o papel desempenhado pela carapaça laterítica (canga), na estruturação dos solos e, logo, da comunidade vegetal rupestre. Esta última análise foi desenvolvida a partir de dados obtidos em áreas degradadas para extração de bauxita e piçarra localizadas no topo da Serra do Gandarela, e mostraram que mesmo quando submetidas a condições ambientais adequadas e após longo prazo (décadas) de intervenção, os ambientes degradados apresentam baixa resiliência, pois se tornam ambientes oligotróficos, floristicamente muito simplificados.

Palavras-chave: Geodiversidade

Complexo Rupestre

Propriedades edáficas

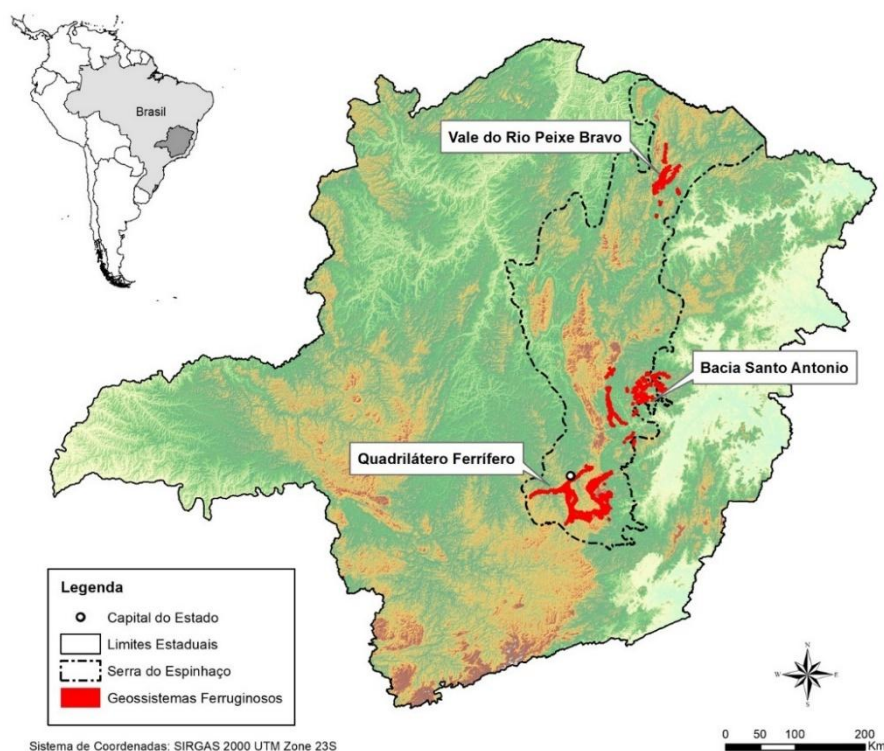
Composição Florística

INTRODUÇÃO

Os Geossistemas Ferruginosos compreendem unidades espaciais cujo substrato litológico é essencialmente constituído por rochas ferruginosas, como formações ferríferas bandadas (BIFs) ou itabiritos, cangas, jaspilitos, metadiamicritos ferruginosos, filitos ferruginosos, dentre outros (Ruchkys et al., 2018). São constituídos por formações geológicas originadas principalmente no Arqueano (2,7 – 2,6 Ga) e Paleoproterozóico (2,5 Ga a 540 Ma.). No Brasil os principais geossistemas ferruginosos distribuem-se nos estados do Pará (Serra dos Carajás), na Bahia (Caetité), Mato Grosso do Sul (Morraria de Urucum) e em Minas Gerais (Quadrilátero Ferrífero, Bacia do Rio Santo Antônio e Vale do Rio Peixe Bravo) (Souza & Carmo, 2015).

Em Minas Gerais, os geossistemas ferruginosos, de forma geral, estão associados à macrorregião da Serra do Espinhaço, sendo que o Quadrilátero Ferrífero (QF) está situado na porção extremo sul desta importante cadeia montanhosa que atravessa de norte a sul os Estados da Bahia e Minas Gerais (Giulietti et al, 1997; Harley, 1995) (Figura 1).

Figura 1. Geossistemas Ferruginosos em Minas Gerais.



O corredor do Espinhaço abriga uma grande diversidade de paisagens, dotadas de grande riqueza florística e elevado grau de endemismos, constituindo-se um centro de

diversidade de numerosos gêneros botânicos (Drummond et al., 2005). Isso se deve a característica típica de altitudes elevadas que, associadas a terrenos cristalinos antigos, propiciam a instalação de elementos biológicos com história evolutiva intimamente associada à essa formação (Drummond et al., 2005).

O QF, por sua vez, está situado, na porção meridional desta cadeia, abrangendo uma área de cerca de 7.200 km² (Almeida, 1977). Compreende, ainda, uma importante província mineral de complexa geologia, com destaque para (i) embasamento cristalino, de idade arqueana, composto por granitos, gnaisses e migmatitos; (ii) Supergrupo Rio das Velhas, composto basicamente por quartzitos, xistos e filitos que constituem uma sequência tipo greenstone belt; (iii) Supergrupo Minas, de idade proterozóica, constituído por rochas metassedimentares (quartzitos, xistos, filitos e formações ferríferas) e (iv) Grupo Itacolomi, igualmente de idade proterozóica, constituído basicamente por quartzitos (Alkmim e Marshak, 1998). Além da riqueza geológica, o QF abriga ainda uma elevada diversidade de caracteres hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos que, somados à sua inserção biogeográfica, caracterizada por uma grande zona de transição entre dois grandes domínios morfoclimáticos brasileiros: o Cerrado, em sua borda oeste e o domínio dos Mares de Morros Florestados em sua borda leste, refletem uma elevada heterogeneidade florística e fitofisionômica (Azevedo, et al. 2012; Jacobi & Carmo, 2012; Klein e Ladeira, 2000), razão pela qual a região é também classificada como uma área prioritária para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais (Drummond et al., 2005).

Diversos estudos como Brandão (1990; 1992; 1997), Vincent (2004), Mourão & Stehmann (2007), Jacobi et al. (2007), Viana & Lombardi (2007), Jacobi & Carmo (2008), Jacobi et al (2008), Borsali (2012), Messias et al. (2012), Jacobi & Carmo (2012), Carmo & Jacobi (2013), Carmo (2014), Carmo & Kamino (2015); Messias & Carmo (2015), Carmo et al. (2018) e Lopes (2019) forneceram insumos imprescindíveis ao conhecimento da vegetação associada aos geossistemas ferruginosos e evidenciaram a elevada diversidade florística dessas áreas, sobretudo no que tange a vegetação associada às cangas, também conhecida como Campos Ferruginosos (*sensu Rizzini 1979*), Savana Metalófila (Porto & Silva 1989), Vegetação Metalófila (da Silva, 1992), Vegetação de Bancada Laterítica (Silva & Tozzi 2011), Campos Rupestres Ferruginosos, Campos Rupestres sobre Formação Ferrífera, ou até mesmo Campo Rupestre sobre Canga.

O termo “Campo Rupestre” foi cunhado por Magalhães (1966) para designar o tipo de vegetação associada a afloramentos quartzíticos, característica na Serra do Espinhaço. Posteriormente Semir (1991) sugeriu os termos “Complexos Rupestres de Quartzito” para a

vegetação da Serra do Espinhaço. São, de forma geral, formações vegetais predominantemente herbáceo-arbustivas que desenvolvem sobre afloramentos rochosos ou sobre solos primários, em geral acima dos 900 metros de altitude em relação ao nível do mar (Morellato e Silveira, 2018; Giuletta et al., 1997). Os Campos Rupestres ocorrem de forma disjunta pelo território brasileiro. Em Minas Gerais, são encontrados ao longo das serras do Espinhaço, Canastra, Ibitipoca, São João Del-Rei, nas serras da Formação Tiradentes e no Quadrilátero Ferrífero, associados a afloramentos quartzíticos ou ferríferos (Vasconcelos, 2011; Azevedo et al., 2012, Messias et al., 2012).

Os Campos Rupestres Ferruginosos, por sua vez, são aqueles que se desenvolvem sobre afloramentos rochosos ou sobre solos primários associados a formações ferríferas, com diferentes graus de desagregação da rocha, podendo diferir quanto à composição florística de acordo com a natureza do substrato (p.ex. itabirito ou canga) (Foto 1). Constituem um ambiente caracteristicamente adverso ao estabelecimento de plantas, condicionado por alta incidência de radiação solar e por substratos inférteis, com nenhuma ou pequena capacidade de acumulação de água, baixa disponibilidade de matéria orgânica e concentrações elevadas de metais pesados (Teixeira & Lemos-Filho 2002; Vincent, 2004). Muitas espécies apresentam, por isso, adaptações morfológicas e/ou fisiológicas ao ambiente adverso, como folhas coriáceas ou suculentas, modificações de órgãos em estruturas de reserva, pilosidade densa nas folhas e ramos e até anatomia Kranz, das espécies com metabolismo CAM (Larcher, 1995) ou alta capacidade de reter metais pesados em seus tecidos (Teixeira & Lemos-Filho, 1998; Vincent, 2004).

Foto 1. Campo Rupestre Ferruginoso associado ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



A cobertura vegetal nesses ambientes é caracterizada por um mosaico de comunidades vegetais que pode variar muito em poucos metros quadrados em resposta à topografia, declividade, microclima e natureza do substrato. De acordo com Mourão e Stehmann (2007), estas formações normalmente não constituem uma vegetação homogênea, e sim um mosaico de comunidades relacionadas e controladas pela topografia, declividade, microclima e natureza do substrato. Ainda, a presença e a densidade do estrato arbustivo estão relacionadas com a existência e a profundidade de solo entre os afloramentos rochosos (Mourão e Stehmann, 2007).

Diversos estudiosos do tema, já destacados acima, desenvolveram em seus estudos, análises comparativas entre padrões de riqueza associados às cangas nodulares ou couraçadas (*sensu Rizzini 1979*), identificando que mesmo quando associadas a uma mesma fitofisionomia, a vegetação pode apresentar composições florísticas e estrutura bastante diferenciadas (Viana & Lombardi, 2007; Vincent, 2004; Mourão & Stehmann, 2007). É importante destacar, portanto, que o geossistema ferruginoso compreende um complexo ambiental dinâmico, cuja diversidade, tanto geológica como biológica, é altamente dependente da escala, pressuposto básico que possui correlação com as concepções postuladas por diversos autores, como Bertrand & Tricart (1968), Bertrand (2004), Sotchava (1962; 1978), Tricart (1981), onde

diferentes escalas de abordagem culminam em diferentes classificações de ordens de grandeza, que devem ser consideradas para enquadramento e dimensionamento dos geossistemas.

Destacam-se, ainda no contexto das formações ferríferas associadas aos geossistemas ferruginosos, as formações florestais que se apresentam como capões florestais de mata isolados (Foto 2) ou na forma de trechos delgados e sinuosos ao longo de fendas de rochas e linhas de drenagens (Foto 3). No primeiro caso compõem ambientes únicos, caracterizados por ilhas de florestas inseridas em uma matriz predominantemente campestre (Coelho et al., 2018), que se encontra submetida a diferentes regimes hídricos e sob maior influência de fatores como o fogo.

Foto 2. Inserção dos Capões Florestais na paisagem associada às formações ferríferas, na região oeste do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



Foto 3. Capões florestais associados ao geossistema ferruginoso do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



Autores como Meguro et al. (1996); Souza (2009); Valente (2009) e Coelho et al. (2016) indicaram que estes ambientes apresentam composição florística muito similar à das Florestas Semidecíduais do domínio Atlântico, porém estão submetidas a regimes nebulares mais intensos, fato que está associado, de forma geral ao gradiente altitudinal (Foto 4).

Foto 4. Capões Florestais sob influência da nebulosidade na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



De forma geral, no contexto do QF, os Campos Rupestres estão situados na porção cimeira da paisagem, resultado do caráter pontual de distribuição do substrato que o suporta (lateritas ferruginosas e itabiritos da formação Cauê) (Foto 5). Trata-se de um domínio que, frente a seu posicionamento na paisagem, se encontra em franco processo de desmonte pela erosão geológica. Barbosa & Rodrigues (1967) destacam, ainda, que os elementos físicos da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (QF), principalmente o relevo e vegetação, estão intimamente relacionados com a complexa geologia da região, sendo o relevo também um resultado da erosão diferencial (Salgado, 2006), de forma que os quartzitos e itabiritos constituem o substrato das terras altas, os xistos e filitos compreendem o substrato das terras de altitude mediana e as terras baixas estão moldadas sobre os granito-gnaisses. No entanto embora estas relações tenham sido abordadas a partir de uma perspectiva de evolução do relevo (Salgado et al., 2004; 2008), de acordo com Lamounier et al (2010), ainda foram poucas as abordagens em termos de vegetação.

Foto 5. Contexto de inserção dos Campos Rupestres Ferruginosos na paisagem do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



Neste contexto, a análise da geobiodiversidade através da perspectiva geoambiental mostra-se estratégica à medida que aborda os componentes físicos e as inter-relações destes com os elementos naturais que revestem essas paisagens. A análise da dinâmica de ambientes associados a formações ferríferas, através da aplicação do conceito de geossistemas (*sensu* Bertrand, 1972), tem sido utilizada em maior escala na Amazônia e na região de Carajás (Ribeiro, 2009; Brandão et al., 2010; Campos e Castilho, 2012; Schaefer et al., 2016), e mostrou-se estratégica na compreensão das interações entre os fatores físicos, biológicos e antrópicos que compõem o Complexo Rupestre Ferruginoso, subsidiando inclusive a delimitação de áreas destinadas à conservação. No contexto do Quadrilátero Ferrífero, destaca-se o estudo de Pereira (2010), que buscou integrar os fatores físico-químicos do meio à distribuição das diferentes fisionomias que recobrem áreas com influência de substrato litológico constituído por rochas ferruginosas.

Nesta abordagem conceitual, Bertrand (1972) propõe um sistema de classificação hierárquica composto por três níveis taxonômicos superiores: Zona, Domínio e Região Natural; e três níveis inferiores: Geossistemas, Geofácies e Geótopos. O Geossistema é definido como a unidade geoambiental resultando de uma combinação local de elementos únicos de vários subsistemas, que interagem (p.ex.: declividade, clima, substrato, hidrologia) e têm uma

dinâmica comum (geomorfogênese e pedogênese similares), além de estarem submetidas ao mesmo tipo de influência antrópica. A geofácia corresponde a setores fisionomicamente homogêneos do Geossistema, também sendo frequentemente reconhecido como Geoambiente (Schaefer, 1997; Dias et al., 2002; Brandão et al., 2010; Mendonça et al., 2013; Rodrigues et al., 2015; Schaefer et al., 2016). Por fim, os Geótopos, são considerados a menor unidade geoambiental homogênea perceptível na paisagem. De uma perspectiva biogeográfica, os geótopos podem ser comparados aos biótopos, como uma referência ao espaço físico em que todo, uma parte ou nenhum nicho de uma determinada espécie pode ocorrer (Udvardy, 1959).

OBJETIVOS

O objetivo geral deste capítulo é caracterizar as unidades geoambientais que compõem o geossistema ferruginoso da Serra do Gandarela, através de suas propriedades edáficas e respectivas composições florísticas.

Objetiva-se, mais especificamente, responder às seguintes perguntas:

- i) As diferenças observadas entre os Geoambientes podem estar relacionadas às propriedades físicas e químicas do solo?
- ii) as diferenças observadas entre as unidades geoambientais estão também associadas à composição florística?

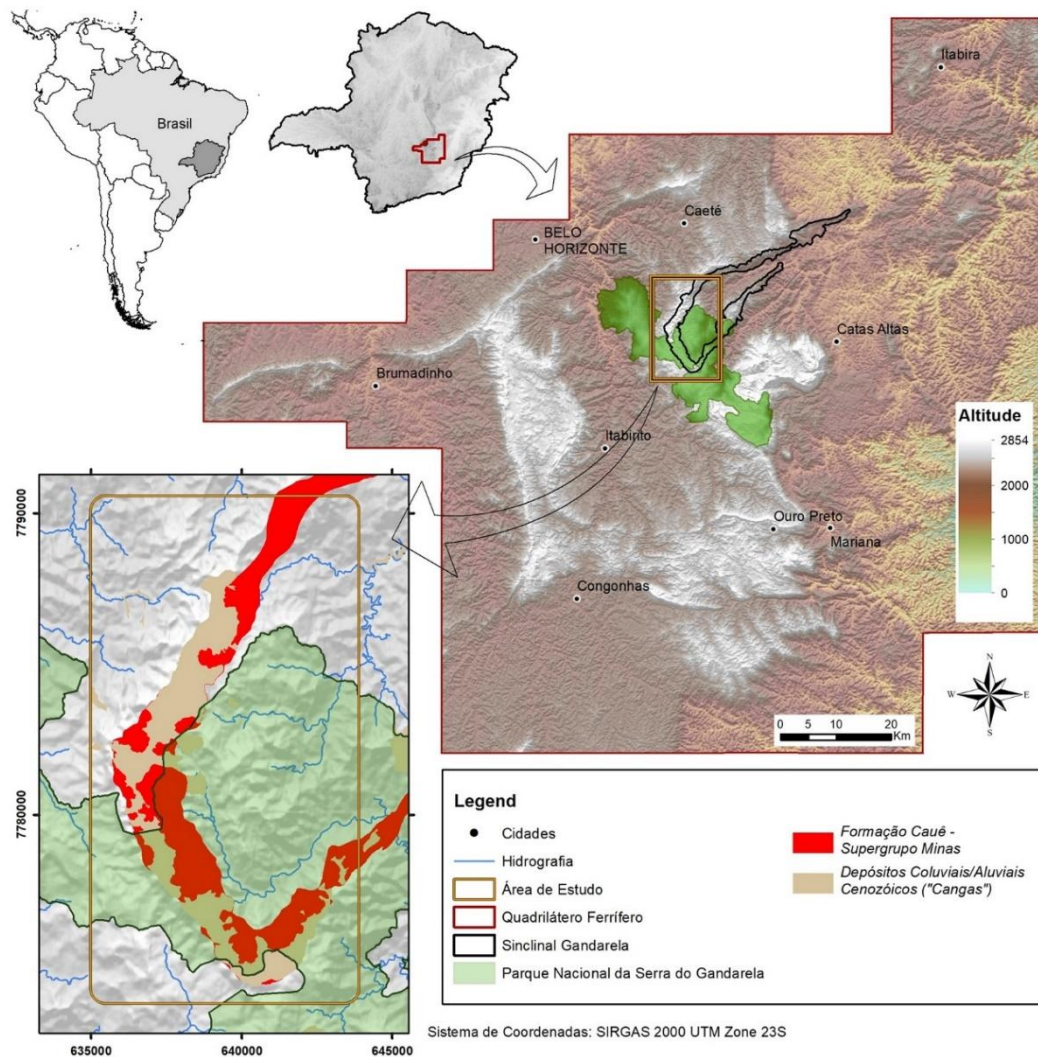
Busca-se, a partir do desenvolvimento deste trabalho, a elaboração de uma proposta de classificação mais precisa da vegetação associada aos geossistemas ferruginosos.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O presente estudo foi desenvolvido ao longo do Geossistema Ferruginoso da borda oeste do Sinclinal Gandarela (20°3'S, 43°42"W), o qual compreende a porção leste do Quadrilátero Ferrífero (QF). A região corresponde a uma importante província mineral do estado de Minas Gerais que comporta cerca de 72% das reservas de minério de ferro brasileiras (Souza & Carmo, 2015) (Figura 2).

Figura 2. Localização da área de estudo em relação ao Quadrilátero Ferrífero e ao Sinclinal Gandarela, Minas Gerais.



O QF consiste em um complexo geológico onde processos de intemperismo e erosão, associados com as diferentes litologias condicionaram a moldagem dos complexos compartimentos morfoestruturais ali encontrados (Medina et al., 2005; Lamounier et al., 2010; Salgado et al., 2004). Dentre estes compartimentos, podemos citar o Sinclinal Gandarela (SG), que se destaca principalmente pelos seguintes atributos identificados na sequência.

a) Presença de uma alça central deprimida, formando um grande anfiteatro erosivo e deposicional alinhado de NE-SW, onde rochas dolomíticas, mais susceptíveis ao intemperismo, foram erodidas e rebaixadas pelas drenagens remontantes em relação às cotas topográficas adjacentes (Foto 6), onde predominam formações associadas a substratos ferríferos.

Foto 6. Visão Geral da porção interior (alça central deprimida) do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



b) Presença de uma superfície cimeira, em forma de ferradura, entre as mais elevadas do QF, associadas aos substratos ferruginosos (cangas e itabiritos), sob as quais ocorrem formações campestres, também conhecidas como “Cangas” (Foto 7). Tratam-se de ambientes submetidos a um conjunto severo de filtros ambientais e onde se observa uma elevada diversidade de habitats, condicionados não somente pela natureza do substrato (Mourão & Stehmann, 2007), mas também por caracteres de ordem topográfica, capacidade de retenção de água e condições microclimáticas (Conceição & Giuliatti 2002; Conceição & Pirani 2005, Alves & Kolbek 2009 apud Teixeira & Lemos 2013). Constitui-se como um ambiente caracteristicamente adverso ao estabelecimento de plantas, condicionado por alta incidência de radiação solar e por substratos inférteis, com nenhuma ou pequena capacidade de acumulação de água, baixa disponibilidade de matéria orgânica e concentrações elevadas de metais pesados (Teixeira & Lemos-Filho 2002). Muitas espécies apresentam, por isso, adaptações morfológicas e/ou fisiológicas ao ambiente adverso, como folhas coriáceas ou suculentas, modificações de órgãos em estruturas de reserva, pilosidade densa nas folhas e ramos e até anatomia Kranz, das espécies com metabolismo CAM (Larcher, 1995) ou alta capacidade de reter metais pesados em seus tecidos (Teixeira & Lemos-Filho, 1998; Vincent, 2004).

Foto 7. Campos Rupestres Ferruginosos nas cotas altimétricas mais elevadas da paisagem do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



c) Inserção em uma região ecotonal, marcada pela transição de dois grandes domínios morfoclimáticos brasileiros: a “Mata Atlântica” e o “Cerrado”, ambos considerados Hotspots de biodiversidade (Mittermeier et al., 1999; Myers et al., 2000). Há, nesta região, um evidente gradiente climático, com maior florestamento nas porções a leste, em direção ao domínio Atlântico; e aumento da expressão savânica na direção oeste, especialmente nos patamares e encostas externas do Sinclinal Gandarela, onde ocorrem, de forma geral, fílitos muito intemperizados, associados a formações savânicas típicas (Cerrados l.s.) (Foto 8). Essa característica transicional, associada ao complexo conjunto de fatores abióticos são, por sua vez, responsáveis pela ocorrência de uma maior diversidade de formas de vida (Longman & Jenik, 1992) e uma maior diversidade florística (Carmo, F.F. & Jacobi, 2013; Carmo, 2010).

Foto 8. Encosta oeste do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



A área de estudo está situada majoritariamente no compartimento denominado “Depressão Suspensa do Sinclinal Gandarela”, com destaque para as coberturas associadas aos depósitos elúvio-coluviais, formados por fragmentos de hematita e itabirito cimentados por limonita (canga), que caracterizam as superfícies aplainadas e sustentam as grandes altitudes do relevo, chegando a 1.600 m (Santos et al., 2021).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Strahler-Strahler, 1989), o clima é categorizado como Cwb – Subtropical de Altitude, com temperaturas médias abaixo de 22 °C (71.6 °F) durante todos os meses do ano, e pelo menos quatro meses com médias acima de 10 °C (50 °F). A média do mês mais frio compreende temperaturas acima de 0 °C (32 °F). Ocorrem duas estações definidas, uma chuvosa (outubro a abril) e outra tipicamente seca (maio a setembro). A média pluviométrica anual varia entre 1.450 and 1.650 mm (INMET, 2018).

Unidades Geoambientais associadas ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela

A estratificação das unidades geoambientais foi realizada a partir da análise integrada de aspectos pedológicos, geomorfológicos e de distribuição das fisionomias vegetais, sendo que estes aspectos foram, em uma primeira etapa, identificados através de observações diretas de campo, onde foram percorridos diversos trechos da área em estudo. Foram, neste contexto, delimitados cinco (5) geoambientes, sendo quatro (4) associados a formações vegetacionais

nativas e um (1) composto por áreas tipicamente antropizadas pela extração de Bauxita e Piçarra (Tabela 1).

Tabela 1. Unidades geoambientais associadas ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.

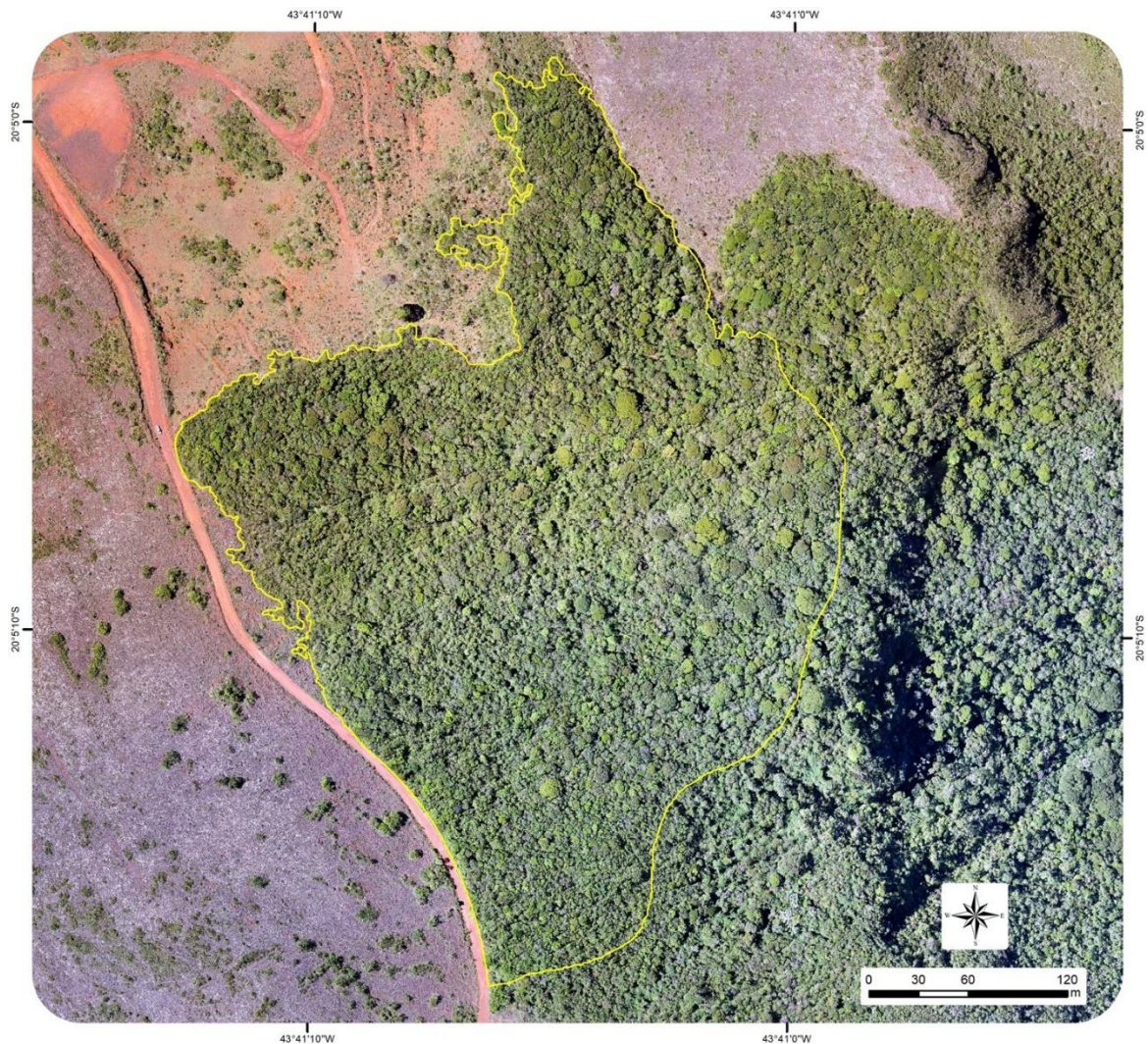
Geossistema	Geoambiente
<i>Geossistema Ferruginoso</i>	<i>Matas e Capões Florestais De Canga No Topo e Encostas</i>
	<i>Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo</i>
	<i>Campo Rupestre Ferruginoso Aberto</i>
	<i>Ambientes Hidromórficos Em Canga Ferruginosa</i>
	<i>Áreas antropizadas pela extração de Bauxita e Piçarra</i>

Abaixo encontram-se apresentadas as descrições e caracterização destas unidades geoambientais:

- Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas

Os geoambientes de Matas e Capões Florestais (Figura 3) associados ao Complexo Rupestre Ferruginoso ocorrem tanto no topo da Serra do Gandarela, quanto nas encostas desta unidade serrana. Quando no topo, podem ocupar vales suspensos, locais com drenagem limitada, solos profundos e ricos em matéria orgânica, e também ambientes de canga degradada ou itabirito dolomítico, em solos de maior profundidade e bem drenados.

Figura 3. Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas.



Quando nas encostas, recobrem as encostas médias e altas em tálus e colúvios, usualmente em canga degradada (Foto 9). Alguns dos capões identificados ocorrem também de forma associada a cavidades colmatadas ou ainda abertas.

A vegetação pode ser classificada como Floresta Estacional Semidecidual (mata mesófila, floresta tropical subcaducifólia), segundo o conceito de Veloso et al. (1991), e está tipicamente relacionada ao clima com duas estações, uma chuvosa e outra seca, que condicionam uma caducifólia dos elementos arbóreos dominantes durante o período de estiagem. Considerando o conjunto florestal, a percentagem de árvores caducifólias está situada entre 20 e 50%.

Foto 9. Geoambiente: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas. Observa-se, na porção esquerda da imagem, as matas associadas às encostas da vertente leste da Serra do Gandarela.



Contudo, é importante mencionar que, frente ao gradiente altitudinal da Serra do Gandarela, as florestas associadas às porções mais elevadas do terreno áreas apresentam-se também sob maior influência de maior taxa de nebulosidade, fato que pode influenciar em maior ou menor grau o caráter semidecidual destas matas. As Matas e Capões Florestais constituem-se como um Geoambiente predominante composto por estrato arbóreo, variando seu porte conforme local de ocorrência. Foram observados, nos topos e encostas capões altos e baixos, que apresentam florística bastante similar entre si, mas que possuem maior variação em termos de porte e densidade de indivíduos arbóreos. As matas e capões baixos presentes ao longo dos topos e encostas apresentaram altura média de 7,5 metros e diâmetros médios, medidos à altura do peito (DAP), de 8,5 centímetros, destacando-se as espécies *Guapira opposita* (Vell.) Reitz, *Lamanonia ternata* Vell., *Roupala montana* Aubl., *Clethra scabra* Pers., *Myrceugenia alpigena* (DC.) Landrum, *Siphoneugena densiflora* O.Berg e *Pimenta pseudocaryophyllus* (Gomes) Landrum. Já as matas e capões altos apresentaram altura média de 8,8 metros e diâmetros médios de 9,5 centímetros, destacando-se, além das espécies indicadas acima, associadas às matas e capões baixos: *Cupania vernalis* Cambess., *Cupania ludowigii* Somner & Ferrucci, *Ocotea odorifera* (Vell.) Rohwer.

Quando associada aos vales suspensos, nos topos da Serra do Gandarela, os indivíduos arbóreos apresentam altura média de 8 metros e diâmetros médios de 10 cm. São observados, ainda, indivíduos emergentes, principalmente de *Alchornea triplinervia* (Spreng.) Müll.Arg., *Lamanonia ternata* Vell., *Laplacea fruticosa* (Schrad.) Kobuski, e *Vochysia tucanorum* Mart., alcançando alturas de até 18 m e diâmetros superiores a 25 cm.

- Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo

As fitofisionomias arbustivas foram denominadas e agrupadas como Geoambiente de Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo (Figura 4). Podem variar entre feições arbustivas típicas e densas, situando-se sob canga degradada, canga bauxítica ou itabirito alterado. Representam ecótonos de composição florística bem diversa, ora em transição com Geoambientes florestados, ora em transição para Geoambientes tipicamente abertos, mas sempre associados a solos de profundidade mediana, entre os dois extremos abertos e florestados.

Trata-se de um Geoambiente cuja vegetação apresenta um baixo desenvolvimento vertical, composto por elementos do Campo Rupestre Aberto e das Matas e Capões Florestais, onde predomina o estrato arbustivo. Nestes ambientes, as espécies arbóreas de floresta semidecidual são de baixa estatura, com altura média variável, provavelmente influenciada pelas características do substrato. São tipicamente encontradas nos topos, sob canga degradada e em escarpas, onde ocorrem fendas originadas do deslocamento de blocos de material intemperizado.

Figura 4. Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo.



Destacam-se, no estrato arbustivo, espécies com fustes pouco desenvolvidos, majoritariamente situados entre 1 e 2 cm de diâmetro medido à altura do solo (DAS) e com alturas médias entre 1 e 2 metros. Destacam-se, dentre os arbustos: *Coccoloba acrostichoides* Cham., *Myrceugenia alpigena* (DC.) Landrum, *Byrsonima variabilis* A.Juss., *Myrsine coriacea* (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult., e *Myrcia subcordata* DC (Foto 10).

Foto 10. Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo.



Além destas, ocorrem também, conforme mencionado acima, espécies com fustes mais desenvolvidos, como: *Eremanthus erythropappus* (DC.) MacLeish, *Myrcia retorta* Cambess., *Myrcia subcordata* DC., *Miconia sellowiana* Naudin, *Roupala montana* Aubl, *Monteverdia gonoclada* (Mart.) Biral, *Trembleya laniflora* (D.Don) Cogn., dentre outras. Estas espécies compõem um estrato arbóreo, esparsos, com fustes médios situados entre 5 e 10 cm de DAS e alturas médias de 2 a 4 metros. Já o estrato herbáceo do Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo é tipicamente denso, com destaque para *Ichnanthus bambusiflorus* (Trin.) Döll, *Axonopus pressus* (Nees ex Steud.) Parodi, *Axonopus siccus* (Nees) Kuhlm., *Lagenocarpus rigidus* Nees, *Paspalum brachytrichum* Hack., *Lippia hermannioides* Cham., *Leandra cancellata* Cogn., *Psychotria vellosiana* Benth. e *Byrsonima variabilis* A.Juss.

Localmente, são geossistemas impactados pelas atividades de extração de bauxita, que se desenvolveu ao longo dos anos 70 e 80 e pelo fogo, e se encontram em graus muito variáveis de conservação, de difícil aferição, tendo em vista que a variação florística e estrutural intrínseca ao Geoambiente.

- Campo Rupestre Ferruginoso Aberto

Os Campos Rupestres Ferruginosos Abertos correspondem à unidade geambiental mais característica, que tipifica o Complexo Rupestre, ou a vegetação de canga (Foto 11). A

vegetação é constituída basicamente por um estrato herbáceo mais ou menos contínuo, entremeado por pequenos arbustos perenífolios e esclerófilos (Mourão & Stehmann, 2007).

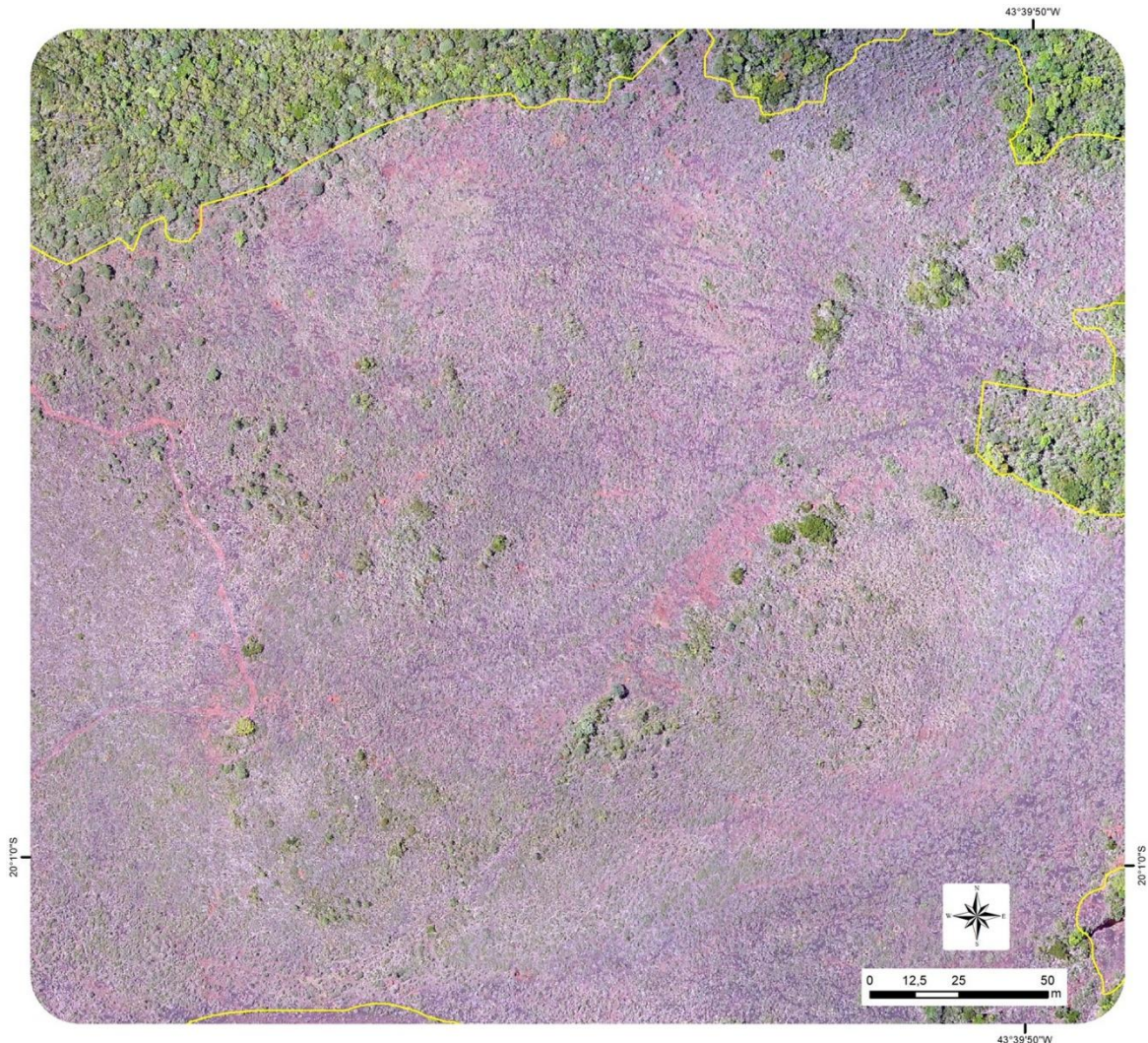
Foto 11. Campo Rupestre Ferruginoso Aberto.



Trata-se de um geoambiente intrinsecamente diverso, que comporta variações de geoforma e drenagem (topos, encostas, patamares inundáveis), de substrato (canga compacta, fragmentada, lajeiro, itabirito decomposto) ou estruturais, ligadas à composição do extrato herbáceo ou arbustivo. Destacam-se, nestes ambientes, espécies como *Vellozia compacta* Mart. ex Schult. & Schult.f., *Lychnophora pinaster* Mart., *Vellozia tragacantha* (Mart. ex Schult. & Schult.f.) Mart. ex Seub., *Mimosa calodendron* Mart. ex Benth., *Pleroma heteromallum* (D.Don) D.Don, *Apochloa poliophylla* (Renvoize & Zuloaga) Zuloaga & Morrone, *Acianthera teres* (Lindl.) Borba, *Trilepis lhotzkiana* Nees ex Arn., *Byrsonima variabilis* A.Juss., *Periandra mediterranea* (Vell.) Taub., dentre outras).

Na região, o Geoambiente está associado às formações de topo do Gandarela e algumas encostas menos escarpadas (Figura 5).

Figura 5. Campo Rupestre Ferruginoso Aberto.



- Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso

O Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso assemelha-se fisionomicamente ao Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (Foto 12). Contudo, denota uma diferente composição florística e estrutura essencialmente herbácea, composta por espécies pertencentes às famílias Cyperaceae (*Lagenocarpus rigidus* Nees, *Trilepis lhotzkiana* Nees ex Arn., *Bulbostylis fimbriata* (Nees) C.B.Clarke), Poaceae (*Axonopus siccus* (Nees) Kuhl., *Andropogon leucostachyus* Kunth e *Sporobolus metallicolus* Longhi-Wagner & Boechat), Velloziaceae (*Vellozia albiflora* Pohl, *Vellozia tragacantha* (Mart. ex Schult. & Schult.f.) Mart. ex Seub., *Vellozia graminea* Pohl (Foto 13 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Foto 12. Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso.



Foto 13. Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso. Destaque para a ocorrência de *Vellozia graminea* Pohl, espécie típica destes ambientes.



Pereira (2010), em trabalho sobre relação solo-plantas em ambientes de Campo Rupestre Ferruginoso classificou este geoambiente como Campo Rupestre Ferruginoso Herbáceo, identificando-o na área da Chapada da Canga, município de Mariana, MG.

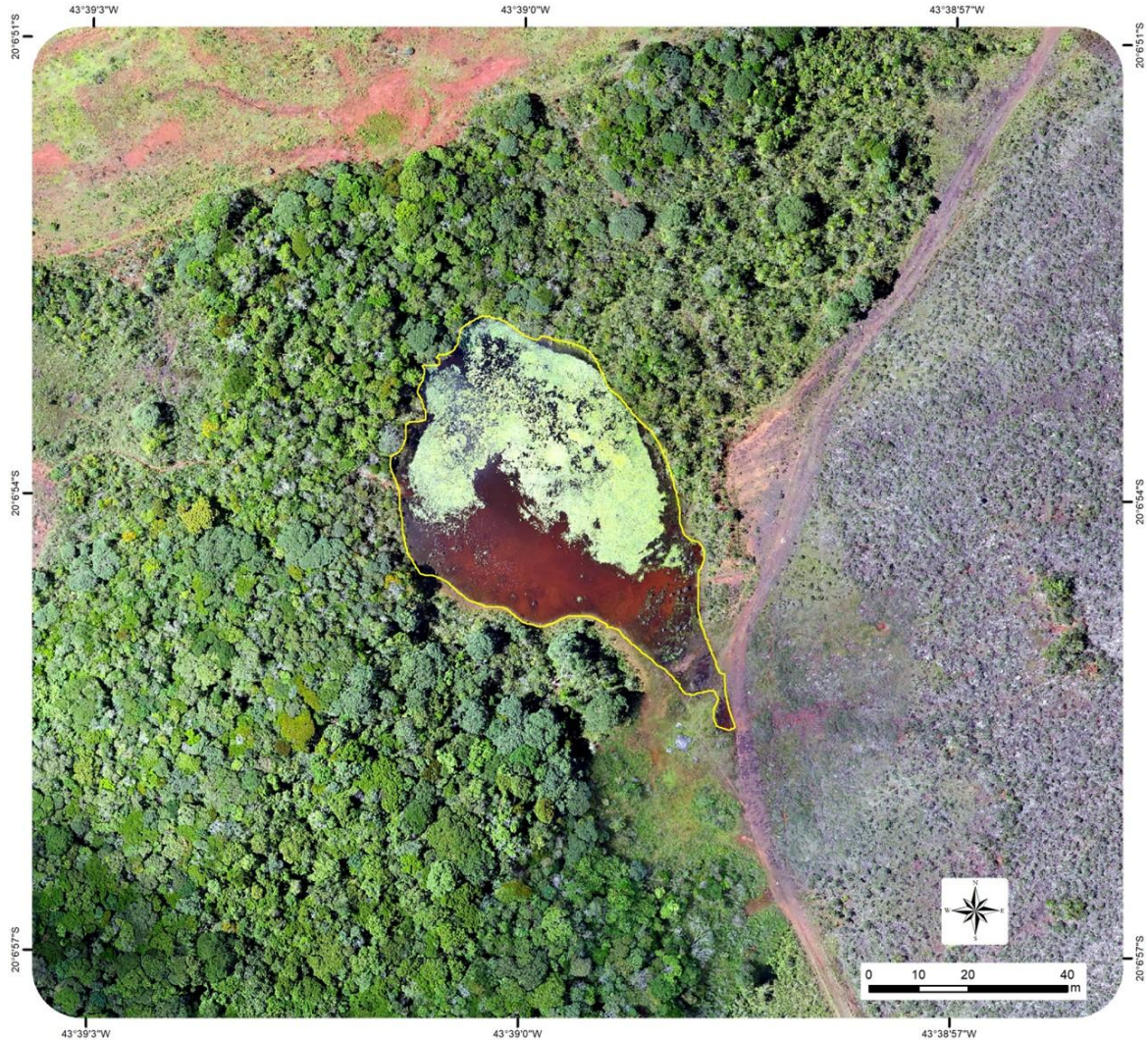
- Ambientes Hidromórficos em Canga Ferruginosa

O último Geoambiente associado ao Geossistema Ferruginoso identificado é representado por ambientes hidromórficos em canga ferruginosa (Foto 14 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**; Figura 6), e abrange duas unidades geoambientais: um ambiente higrófilo intermitente (Vegetação Semi-lacustre em Canga) e outro hidrófilo (Lagos e Brejos Permanentemente Inundáveis). Ao contrário das Serras de Carajás, onde são muito comuns e extensos (Schaefer *et al.*, 2015), na Serra do Gandarela ocupam poucas áreas de expressão muito limitada, embora tenham importância por prover recursos hídricos nas partes mais elevadas da serra.

Foto 14. Ambientes Hidromórficos em Canga Ferruginosa. Lagoa temporária em área de canga, localizada na alça sul do Sinclinal Gandarela, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.



Figura 6. Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa.



- Áreas de extração de bauxita e piçarra

Dentre os ambientes antrópicos mapeados ao longo do Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela, foram identificados trechos impactados por atividades de extração de bauxita (Figura 7), que remontam aos anos 70.

Tratam-se de ambientes bastante simplificados, essencialmente ocupados por espécies exóticas e/ou invasoras, como *Melinis minutiflora* P.Beauv. e *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster (Foto 15 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Contudo, foram também identificadas espécies nativas dos ambientes circundantes, e espécies tipicamente ruderais, colonizando estes ambientes, com destaque para *Acritopappus longifolius* (Gardner) R.M.King & H.Rob., *Eragrostis rufescens* Schrad. ex Schult., *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC.,

Cuphea ingrata Cham. & Schltdl., *Axonopus siccus* (Nees) Kuhlm., *Trichogonia hirtiflora* (DC.) Sch.Bip. ex Baker, *Lantana lundiana* Schauer, *Baccharis reticularia* DC., dentre outras.

Figura 7. Áreas de extração de bauxita e piçarra.

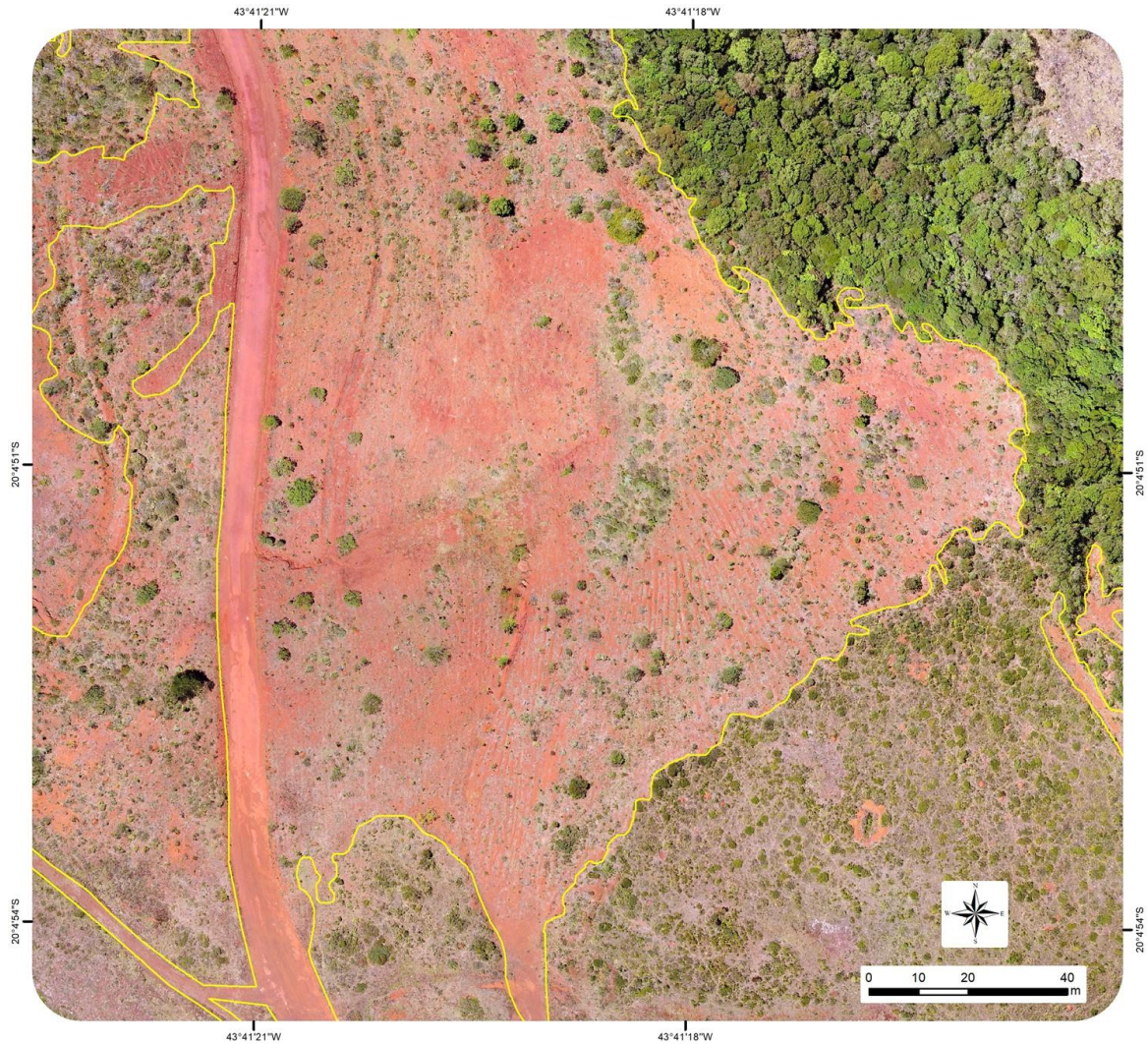


Foto 15. Áreas de extração de bauxita e piçarra.



Delimitação das Unidades Geoambientais

Após o reconhecimento dos padrões em campo foram sistematizados procedimentos para a delimitação de cada unidade geoambiental. Essa delimitação foi realizada sob ortofotos obtidas através de sobrevoos de drone (DJI – Phantom 4 PRO) em toda a região de estudo, respeitando a escala mínima de 1:2500. Com base na interpretação das imagens, foram estabelecidos padrões, baseados na textura, forma e tonalidade, para cada uma das classes previamente definidas. Estes padrões foram então replicados para a área de estudo. Optou-se por não gerar classificação automática, sendo a vetorização realizada diretamente em tela. O mapeamento elaborado foi lançado em mapas e validado através de visitas complementares a campo.

A digitalização do mapa de Geoambientes foi realizada através dos programas ArcMap 10.2. O mapa final foi projetado no sistema UTM e datum SIRGAS 2000 / 23S.

Análises de Solo

Para obtenção dos parâmetros relacionados à fertilidade e textura dos solos foram obtidas amostras de solo superficial (0-20 cm de profundidade) ao longo dos geoambientes previamente mapeados, buscando-se também a completa representatividade de geoambientes. Foram coletadas amostras ao longo de 58 pontos, alocados de forma aleatória nas unidades em

estudo. As amostras de solo foram coletadas entre novembro de 2017 e agosto de 2021 e encaminhadas ao departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa.

As coordenadas dos pontos de coleta encontram-se apresentadas na Tabela 2. A Figura 8, apresentada na sequência, localiza os pontos de coleta de solo superficial.

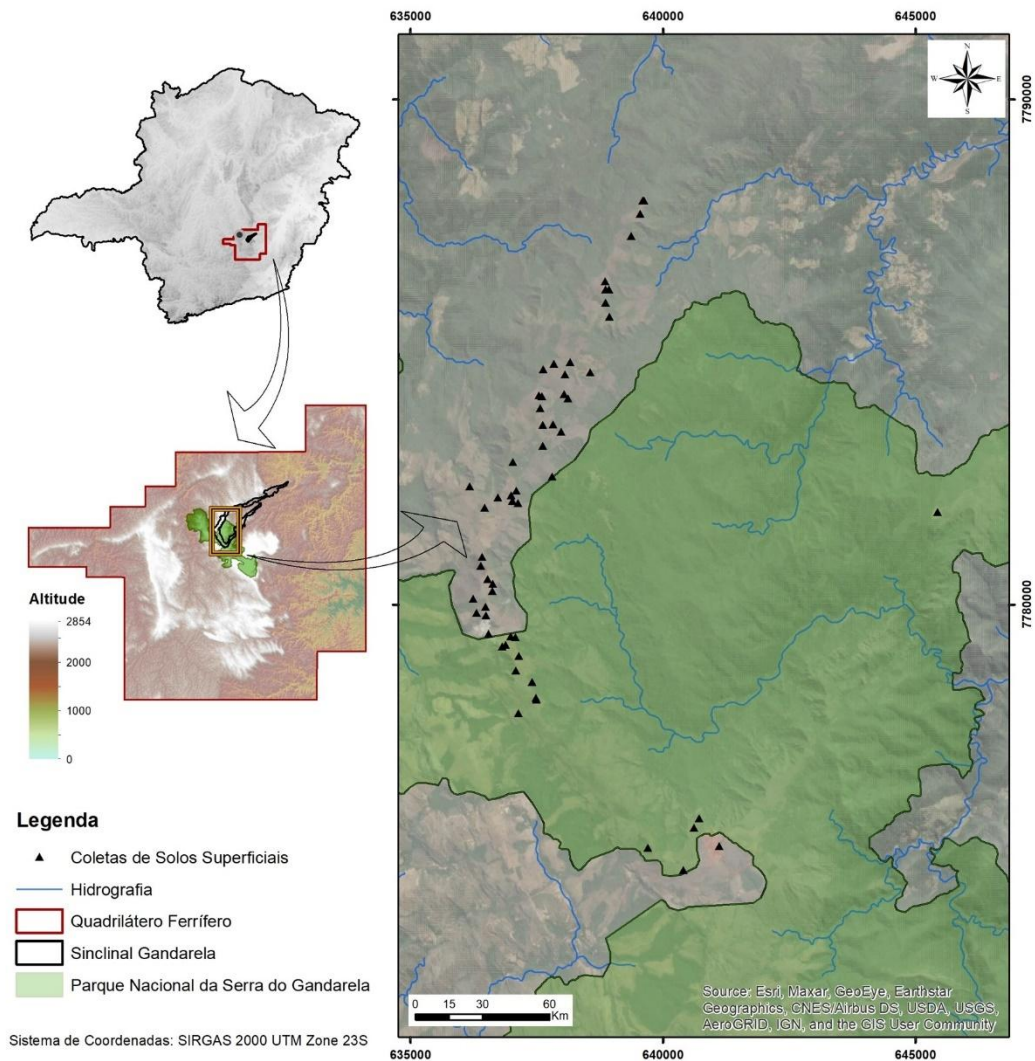
Tabela 2. Localização dos Pontos de Coletas de Solo.

Identificação	Geoambiente	Latitude	Longitude
1	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo Ambientes Hidromórficos Em Canga	20S 05' 30"	43W 41' 18"
2	Ferruginosa	20S 06' 55"	43W 39' 00"
3	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 04' 47"	43W 41' 29"
4	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo Matas e Capões Florestais De Canga No	20S 04' 46"	43W 41' 27"
5	Topo e Encostas	20S 04' 41"	43W 41' 20"
6	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 04' 53"	43W 41' 18"
7	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 05' 03"	43W 41' 20"
8	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto Matas e Capões Florestais De Canga No	20S 04' 27"	43W 41' 41"
9	Topo e Encostas	20S 04' 07"	43W 41' 36"
10	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo Matas e Capões Florestais De Canga No	20S 04' 11"	43W 41' 36"
11	Topo e Encostas	20S 02' 48"	43W 41' 23"
12	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto Matas e Capões Florestais De Canga No	20S 02' 57"	43W 40' 56"
13	Topo e Encostas	20S 02' 07"	43W 40' 46"
14	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 02' 04"	43W 40' 49"
15	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 01' 44"	43W 40' 45"
16	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto Matas e Capões Florestais De Canga No	20S 01' 45"	43W 40' 56"
17	Topo e Encostas	20S 01' 48"	43W 41' 03"
18	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 02' 05"	43W 41' 06"
19	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 02' 06"	43W 41' 04"

Identificação	Geoambiente	Latitude	Longitude
20	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 02' 38"	43W 41' 03"
21	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 00' 22"	43W 40' 04"
22	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 00' 07"	43W 39' 58"
23	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	19S 59' 59"	43W 39' 55"
	Matas e Capões Florestais De Canga No		
24	Topo e Encostas	19S 59' 58"	43W 39' 56"
25	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 00' 56"	43W 40' 19"
26	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 00' 57"	43W 40' 21"
27	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 00' 51"	43W 40' 21"
	Matas e Capões Florestais De Canga No		
28	Topo e Encostas	20S 01' 05"	43W 40' 21"
29	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 01' 14"	43W 40' 18"
	Áreas antropizadas pela extração de		
30	Bauxita	20S 01' 50"	43W 40' 31"
	Áreas antropizadas pela extração de		
31	Bauxita	20S 04' 40"	43W 41' 24"
32	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 04' 39"	43W 41' 39"
33	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 03' 07"	43W 41' 21"
34	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 03' 13"	43W 41' 23"
35	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 03' 15"	43W 41' 19"
	Matas e Capões Florestais De Canga No		
36	Topo e Encostas	20S 03' 18"	43W 41' 42"
37	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 02' 24"	43W 40' 56"
38	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 02' 24"	43W 41' 03"
39	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 02' 28"	43W 40' 50"
40	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 02' 13"	43W 41' 05"
41	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 04' 25"	43W 41' 47"
42	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 03' 49"	43W 41' 43"
43	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 03' 04"	43W 41' 52"
44	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 03' 10"	43W 41' 24"
45	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 01' 51"	43W 40' 48"
46	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 07' 10"	43W 39' 25"

Identificação	Geoambiente	Latitude	Longitude
47	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 06' 37"	43W 39' 14"
48	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 06' 43"	43W 39' 17"
49	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 05' 20"	43W 41' 06"
50	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 05' 21"	43W 41' 06"
51	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 04' 21"	43W 41' 41"
52	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 04' 16"	43W 41' 50"
	Áreas antropizadas pela extração de		
53	Bauxita	20S 04' 04"	43W 41' 40"
54	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	20S 03' 55"	43W 41' 44"
	Ambientes Hidromórficos Em Canga		
55	Ferruginosa	20S 03' 18"	43W 36' 33"
	Matas e Capões Florestais De Canga No		
56	Topo e Encostas	20S 05' 10"	43W 41' 09"
57	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	20S 03' 11"	43W 41' 33"
	Matas e Capões Florestais De Canga No		
58	Topo e Encostas	20S 06' 56"	43W 39' 49"

Figura 8. Localização dos pontos de coletas de amostras de solo superficial.



As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas por uma peneira com malha de 2 mm, para obtenção da terra fina, que foi submetida a análise de acordo com os métodos descritos por EMBRAPA (2013). A análise textural foi realizada por peneiramento e método da pipeta, porém, com utilização de agitação lenta (50 rpm) por 16 horas (RUIZ, 2005^a) e determinação do silte por pipetagem (RUIZ, 2005^b), e não por diferença. A argila dispersa em água foi determinada seguindo metodologia descrita para análise granulométrica, com agitação rápida (12000 rpm por 15 minutos) e suprimindo-se o uso do dispersante químico. +

O pH foi determinado em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹ em suspensão solo/solução na proporção 1:2,5. Os cátions trocáveis foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrometria de absorção atômica (Ca²⁺ e Mg²⁺) e por titulometria com NaOH (Al³⁺). O Na⁺, extraído com solução de acetato de amônio 1,0 mol L⁻¹ a pH 7,0, foi

quantificado por fotometria de chama. A acidez potencial ($H^+ + Al^{3+}$) extraída por acetato de cálcio $0,5 \text{ mol L}^{-1}$ a pH 7,0 e quantificada por titulometria com NaOH. P disponível e K^+ trocável foram extraídos pelo Mehlich⁻¹, onde P foi quantificado pelo método do ácido ascórbico, como descrito por Kuo (1996), e K^+ determinado por fotometria de chama. O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado após a determinação do C orgânico pelo método Walkley Black, sem aquecimento

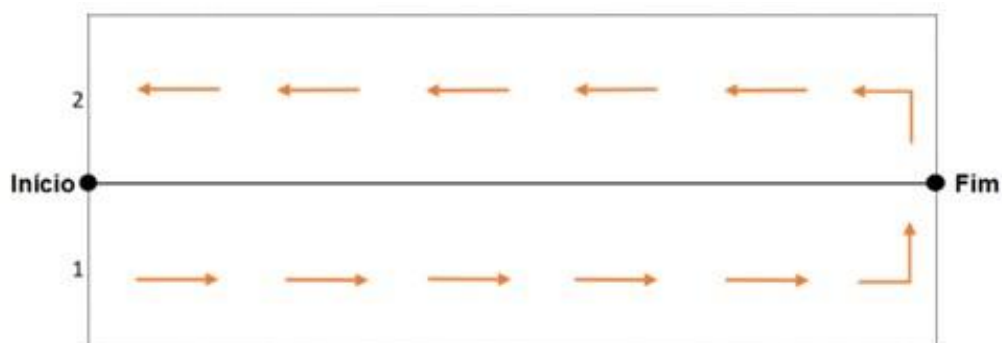
A partir dos resultados obtidos foram calculadas as variáveis: soma de bases (SB) e saturação por bases (V); capacidade de troca catiônica a pH 7 – CTC - (T); além de saturação por alumínio (m). Para todas as variáveis analisadas foram gerados gráficos *boxplot*, em ambiente R (R Core Team, 2021), utilizando-se a interface gráfica do pacote ggplot2 (Wickham et al., 2022).

Composição Florística

Dados florísticos associados aos geoambientes componentes do Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela foram obtidos através de levantamentos florísticos realizados na área de estudo. Esses levantamentos foram realizados através de caminhamentos aleatórios, sendo também utilizados, de forma complementar, dados obtidos em parcelas de amostragem com área fixa previamente implementadas na área.

Para os geoambientes florestados, forma considerados dados de parcelas com dimensão de 10 x 50 metros (500 m²). O registro dos dados na parcela foi realizado sempre dividindo a parcela em dois quadrantes, tendo o eixo central como linha divisória. Partindo do ponto inicial da parcela seguindo em direção ao ponto final, eram coletados os dados do quadrante da direita, depois, seguindo do ponto final em direção ao ponto inicial eram coletados os dados do quadrante da esquerda (Figura 9).

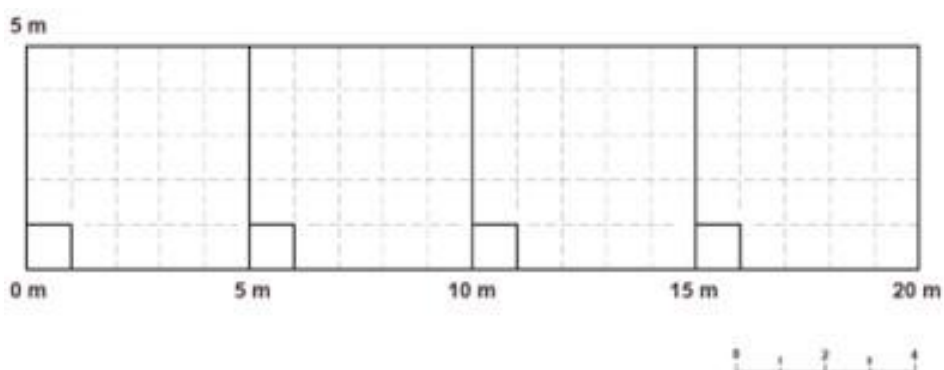
Figura 9. Sentido de Registro dos dados das parcelas alocadas em Geoambientes florestados.



Foram mensurados, no interior da parcela todos os indivíduos com circunferência à altura do peito (CAP medido a 1,30 metros de altura) igual ou maior que 15 centímetros. De cada indivíduo, mediu-se o CAP e estimou-se a altura total, usando um cano de alumínio graduado com 3 metros de comprimento. Cada árvore amostrada em campo foi marcada com uma placa de alumínio, numerada em ordem crescente. Em todas as parcelas de amostragem os indivíduos arbóreos mortos e ainda de pé foram amostrados e reunidos em um único grupo denominado “Indivíduos mortos”, desde que apresentassem o critério mínimo de inclusão estabelecido ($CAP \geq 15,7$ cm). Para a localização das parcelas em campo, estacas de madeira foram fixadas nas extremidades do eixo central, indicando o início e fim de cada parcela. Na estaca inicial foi fixada uma placa metálica com a identificação da parcela. Neste ponto foram também coletadas as coordenadas geográficas referentes à parcela, utilizando aparelho de GPS Garmin.

Já para os geoambientes de Campo Rupestre Ferruginoso e para as áreas de Bauxita, os dados foram obtidos em parcelas de 100 m² (20 m x 5 m). Cada parcela foi subdividida em quatro faixas de 5,0 m x 5,0 m, sendo mensurada em cada faixa 1 (uma) subparcela de 1,0 m² (1,0 m x 1,0 m), totalizando 4 subparcelas por parcela amostral. A Figura 10 apresenta o modelo esquemático das parcelas utilizadas para análise fitossociológica das formações abertas.

Figura 10. Modelo esquemático da parcela alocada nos Geoambientes tipicamente abertos (Campo Rupestre Ferruginoso e Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra).



Para avaliar os estratos que compõem a estrutura da vegetação foram definidos tamanhos específicos de parcelas de amostragem e critérios diferentes de inclusão, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Esquema de amostragem utilizado para o levantamento dos estratos que compõem a estrutura dos Geoambientes tipicamente abertos (Campo Rupestre Ferruginoso e Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra).

Estrato	Critério de Inclusão	Unidade Amostral
I	DAS \geq 4,77 cm e altura $>$ 0,5 m	1 parcela de 20,0 x 5,0 m
II	DAS \geq 1 cm $<$ 4,77 cm e altura $>$ 0,5 m	1 parcela de 5,0 x 5,0 m
III	Altura inferior a 0,5 m	4 subparcelas de 1,0 x 1,0 m

Para os indivíduos arbustivos e arbóreos, foram tomados os dados de DAS (diâmetro à altura do solo – 0,20 m) ou DAP (diâmetro à altura do peito – 1,30 m) medidos com auxílio de paquímetro e fita métrica, respectivamente. A altura dos indivíduos arbóreos e arbustivos foi estimada com auxílio de um cano de alumínio de 2 metros de altura, graduado a cada 10 centímetros. Para cada subparcela de amostragem (1,0m²), foi anotado o número de indivíduos presentes, a área de cobertura de cada indivíduo e identificada à espécie. No caso de espécies com reprodução clonal, ou que ocorrem agrupadas formando touceiras, cada touceira isolada foi considerada como um único indivíduo. A área de cobertura de cada indivíduo foi obtida através de uma grade com área interna de 25,0 cm x 25,0 cm, dividida em intervalos de 5,0 cm (Foto 16).

Foto 16. Subparcela de amostragem do estrato herbáceo, com a grade para avaliação da cobertura de cada indivíduo.



A identificação taxonômica das espécies foi feita através de bibliografia específica, por comparação com exsicatas depositadas no Herbário BHCB e, quando necessário através de consultas a especialistas botânicos. As espécies registradas foram listadas em ordem alfabética

de família e gênero, com base no sistema APG IV (Chase et al., 2016) e PPG (PPG I, 2016) Para validar os nomes das espécies e respectivos autores e excluir as sinonímias botânicas consultou-se a Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora do Brasil 2020) através do pacote “Flora” (Carvalho, 2010), em ambiente R (R Core Team, 2021).

Análise de Dados

As análises de dados foram desenvolvidas em ambiente R (R Core Team, 2021). Para todas as variáveis analisadas foram gerados gráficos *boxplot*, utilizando-se a interface gráfica do pacote *ggplot2* (Wickham et al., 2022).

Testes de normalidade foram desenvolvidos para todas as variáveis de solo, através do teste Shapiro- Wilk e análise de QQ-plots. As homogeneidades das variâncias foram avaliadas através de testes de Bartlett's, utilizando-se o pacote “*dplyr*” (Crawley, 2012). Parâmetros físicos e químicos do solo (não-normais) foram avaliados a nível de Geoambiente e comparados com testes Kruskal-Wallis's, seguidos por testes *post hoc* de Dunn's, desenvolvidos com o pacote ‘*dunn.test*’ (Dinno, 2017). As variáveis de solo foram, por fim, sumarizadas através de Análise de Componente Principal (PCA) (Legendre & Legendre, 1998), visando a identificação de possíveis gradientes e, quando pertinente reduzir a redundância de parâmetros. Todas as variáveis foram parametrizadas e também foi calculada a correlação de Pearson entre os parâmetros avaliados e os eixos de ordenação da PCA. A PCA foi desenvolvida através do pacote ‘*FactoMineR*’ (Husson et al., 2017).

Para analisar de forma qualitativa as possíveis diferenças na composição florística da vegetação associada aos Geoambientes, foi desenvolvida uma análise de NMDS, utilizando-se a dissimilaridade Euclidiana (Clarke, 1993). A NMDS foi desenvolvida através da função ‘*metaMDS*’ do pacote “*vegan*” (Oksanen et al., 2020). Além disso, foram também avaliadas as similaridades florísticas entre os geoambientes, através do índice de Jaccard (Magurran, 2004). A avaliação da suficiência amostral foi realizada através das curvas de extrapolação de espécies, elaboradas a partir do pacote ‘*iNEXT*’ (Hsieh et al., 2016) (Hill number = 0; intervalos de confiança de 95%). As extrapolações foram desenvolvidas a partir dos dados de riqueza e diversidade de espécies, utilizando-se uma matriz de presença e ausência nos respectivos geobiótopos.

Para avaliar a associação entre as espécies vegetais mais tipicamente associadas a cada geoambiente, foi desenvolvida uma análise de valor indicador (IndVal). O método IndVal combina o grau de especificidade, correspondente ao valor de uma determinada espécie enquanto indicadora de agrupamentos (no caso os geoambientes), com a fidelidade, que

corresponde à probabilidade de que uma determinada espécie seja encontrada em uma unidade amostral pertencente ao mesmo agrupamento (Dufrene e Legendre 1997; De Cáceres et al. 2010), gerando um valor indicador percentual (IndVal) para cada espécie. A análise foi realizada com a função ‘multipatt’ do pacote ‘indicpecies’ (De Cáceres e Jansen 2016). Este pacote foi usado para separar as espécies indicadoras de cada unidade geoambiental. Os testes de permutação de Monte Carlo (999) foram realizados para avaliar a significância estatística da associação entre espécies e as unidades geoambientais (Bakker 2008; Legendre & Legendre 2012).

RESULTADOS

Caracterização Edáfica dos Geoambientes

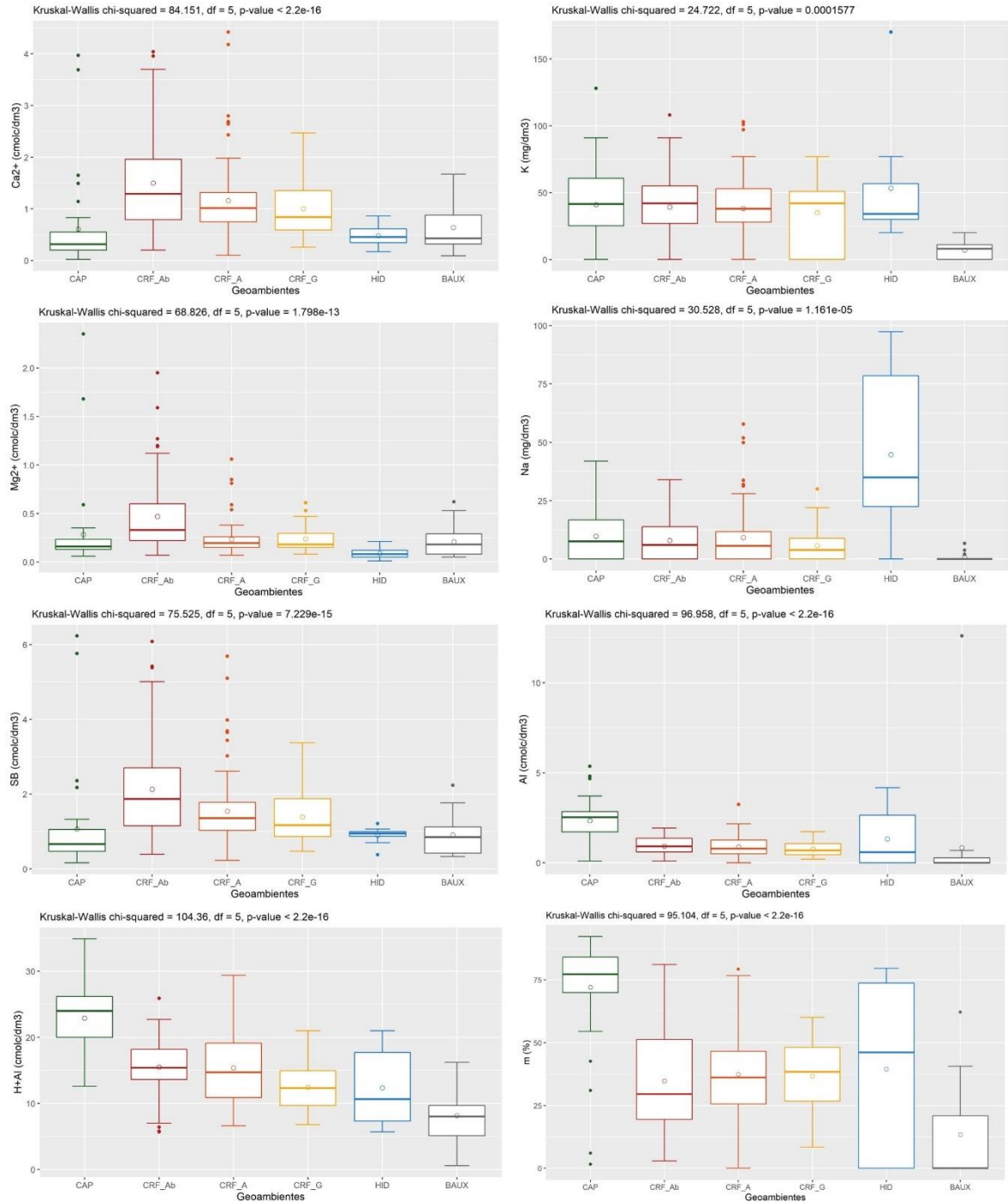
A Figura 11 apresenta os *boxplots* obtidos para os parâmetros analisados e os Geoambientes em estudo. Já a Tabela 6 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (Material Suplementar I) apresenta os resultados da análise descritiva dos parâmetros químicos e físicos do solo.

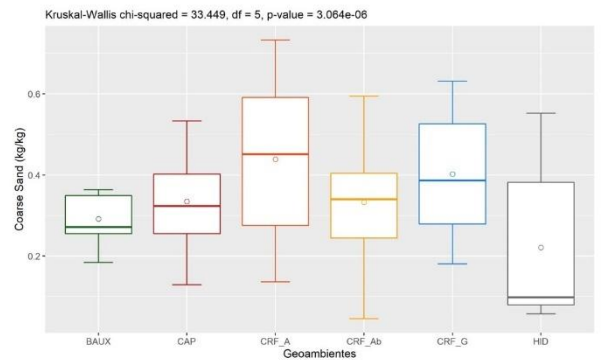
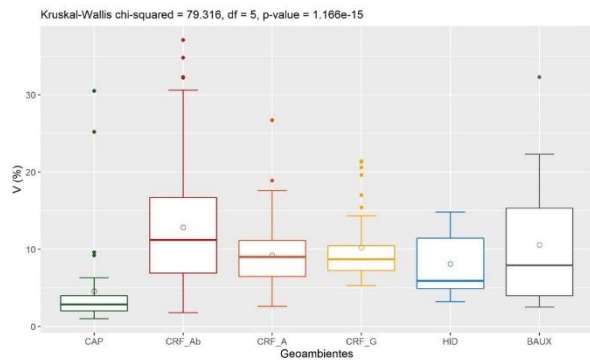
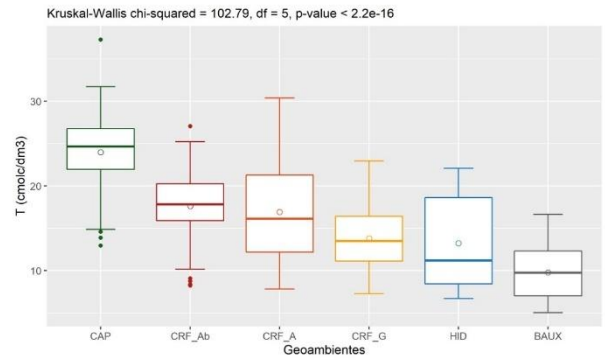
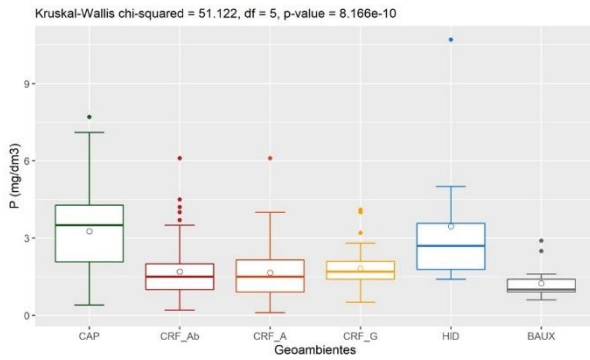
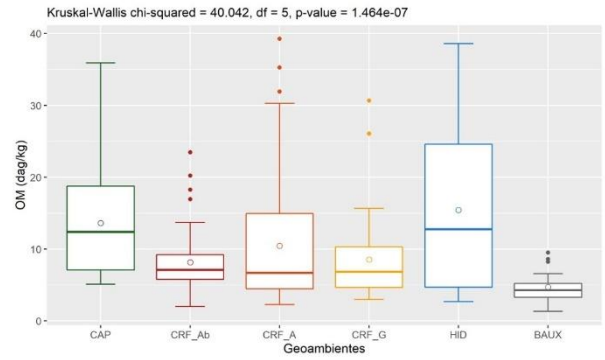
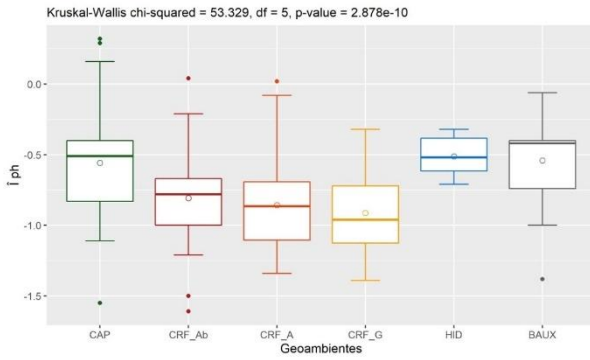
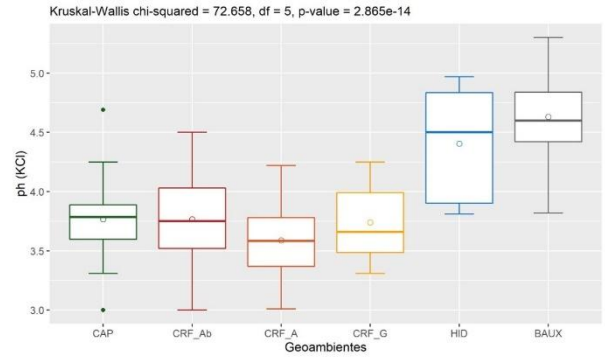
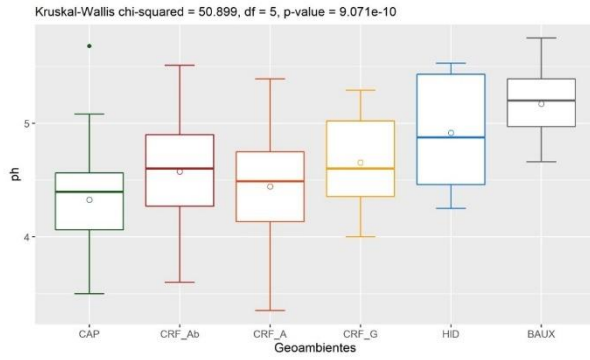
Os teores de Cálcio obtidos nas amostras são, de forma geral, considerados muito baixos, sendo mais elevados nos Campos Rupestres Abertos e Arbustivos e menos elevados nas Matas e Capões Florestais ($0,609 \pm 0,898 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$). Os teores de Potássio podem também ser considerados baixos, destacando-se aqui as médias obtidas nas áreas de extração de Bauxita e Piçarra ($7,072 \pm 5722 \text{ mg}/\text{dm}^3$) que são estatisticamente diferentes dos teores obtidos em todos os demais geoambientes analisados. Em relação ao Magnésio, o Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo apresentou, de forma geral, diferenças mais significativas em relação aos demais geoambientes ($0,469 \pm 0,351 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$). Contudo, ressalta-se que os valores obtidos são igualmente baixos para todos os Geoambientes. Em relação ao Sódio - Na, destaca-se o Geoambiente Hidromórfico em Canga Ferruginosa ($44,797 \pm 37,476 \text{ mg}/\text{dm}^3$), que apresentou maior valor acumulado, bem como uma grande variação intrínseca. Além deste, destaca-se novamente os ambientes antropizados, que apresentaram os menores valores comparativos ($0,866 \pm 1,854 \text{ mg}/\text{dm}^3$).

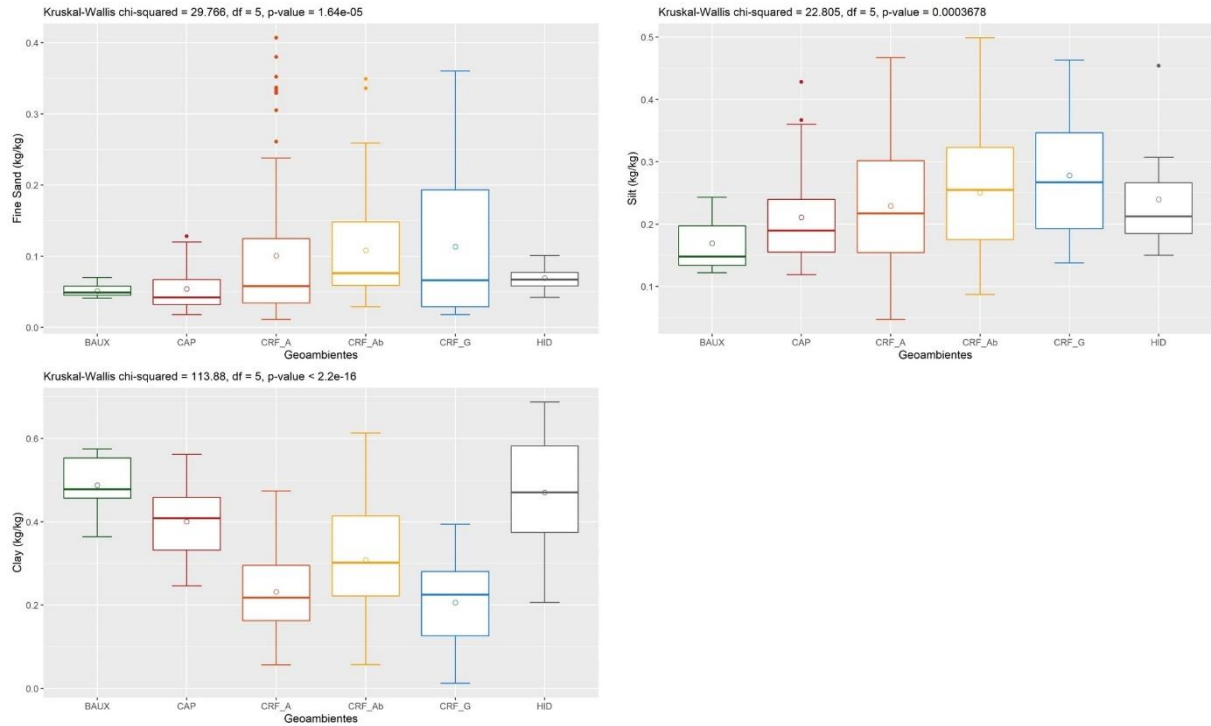
Os teores de Alumínio e Acidez Potencial (H+Al) mostraram-se decrescentes no gradiente estrutural analisado, sendo o Teor de Al^{3+} maior nas Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas ($2,352 \pm 1064 \text{ cmol}_e/\text{dm}^3$) e menor nas formações abertas (Campo Rupestre Aberto, Arbustivo e Graminoso), destacando-se também os baixos teores nas áreas degradadas para extração de Bauxita, que já foram objeto de exploração ($0,848 \pm 3034$

$\text{cmol}_c/\text{dm}^3$). O mesmo padrão foi também encontrado para os valores de saturação por Alumínio (m), porém esta variável tem maiores valores de desvio padrão acumulados.

Figura 11. Boxplots para os parâmetros químicos e físicos analisados do solo.







Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; HID: Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

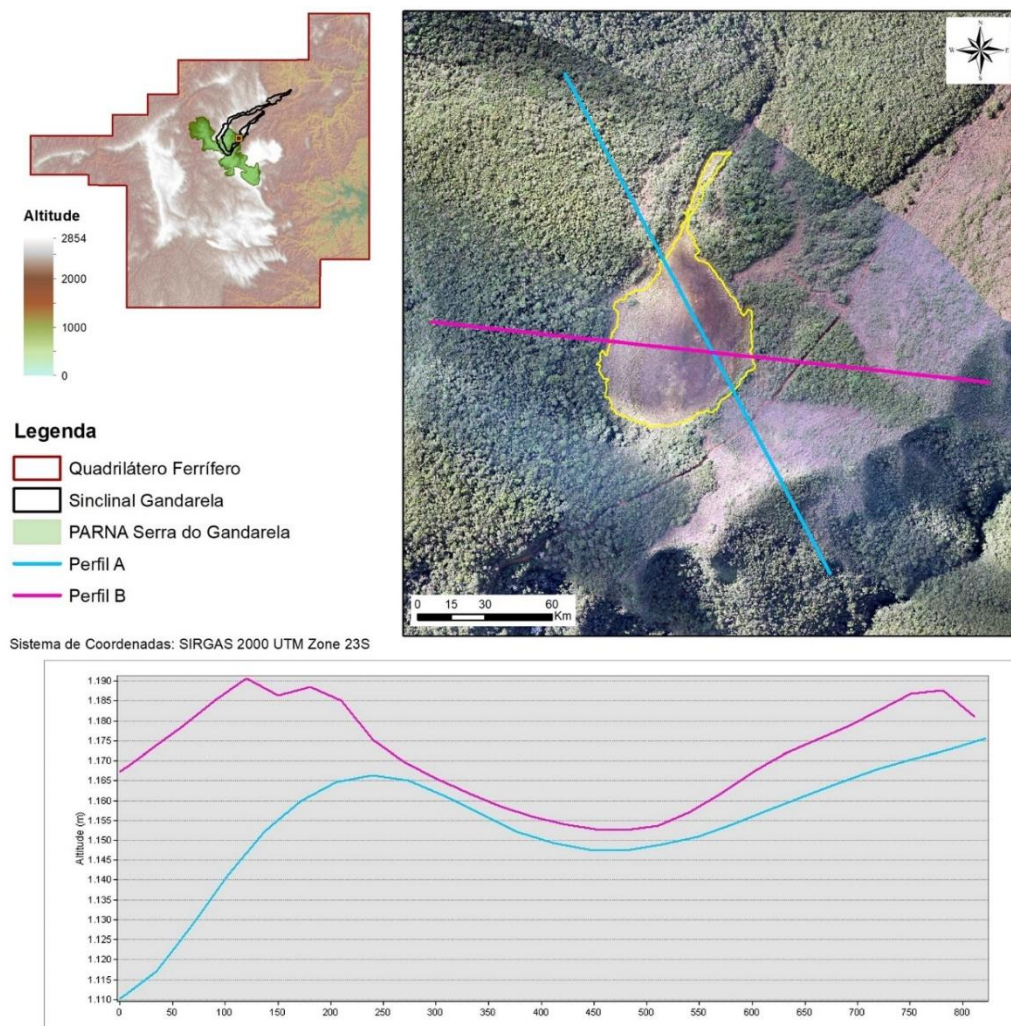
Os valores de pH em água foram maiores nos ambientes de Áreas Degradadas para Extração de Bauxita e Piçarra ($5,172 \pm 0,304$), seguindo um padrão de decréscimo no gradiente analisado. Destacam-se também os valores obtidos nos Ambientes Hidromórficos ($4,916 \pm 0,53$) e os menores valores obtidos nas Matas e Capões Florestais ($4,326 \pm 0,406$).

Os Ambientes Hidromórficos possuem valores comparativamente mais elevados em relação à Matéria Orgânica - MO ($15,431 \pm 12,234$ dag/Kg) e os teores de Fósforo - P ($3,46 \pm 2,776$ dag/Kg), fato provavelmente associado à posição topográfica que ocupam na paisagem, sobretudo se considerada a presença de Matas e Capões Florestais no entorno destes ambientes, que acaba por favorecer o acúmulo de nutrientes. Em sequência têm-se, em relação à MO, o geoambiente Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas (MO: $13,63 \pm 7,299$ dag/Kg; P: $3,27 \pm 1,712$ dag/Kg).

O Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo apresentou médias de MO pouco maiores que o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto que, por sua vez, foi similar ao Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso. Contudo, a aplicação do teste de Dunn não identificou diferenças estatísticas significativas (Dunn test $p < 0,05$) entre estes geoambientes (Figura 12). Novamente destacam-se os valores de MO das áreas Áreas Degradadas para Extração de Bauxita e Piçarra, que foram os mais baixos e significativamente dissimilares em relação aos demais geobiótopos

($4,713 \pm 2,294$ dag/Kg). As análises de dissimilaridades aplicadas através do teste de Dunn indicaram também que os geoambientes florestados apresentam diferenças significativas de MO em relação aos demais. Quando comparados aos demais geoambientes de Campo Rupestre, os valores de P são mais elevados no Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso ($1,82 \pm 0,784$ mg/dm³), sendo que a diferença não é estatisticamente significativa. A CTC é, de forma geral, baixa, mas aumenta no gradiente no sentido Campo Rupestre Aberto-Arbustivo-Florestais, acompanhando os teores de MO. A mesma tendência ocorre com Fósforo. As áreas antropizadas pela extração de bauxita se apresentam em posição oposta em relação às variáveis edáficas citadas acima.

Figura 12. Perfil Topográfico - Ambiente Hidromórfico em canga ferruginosa.



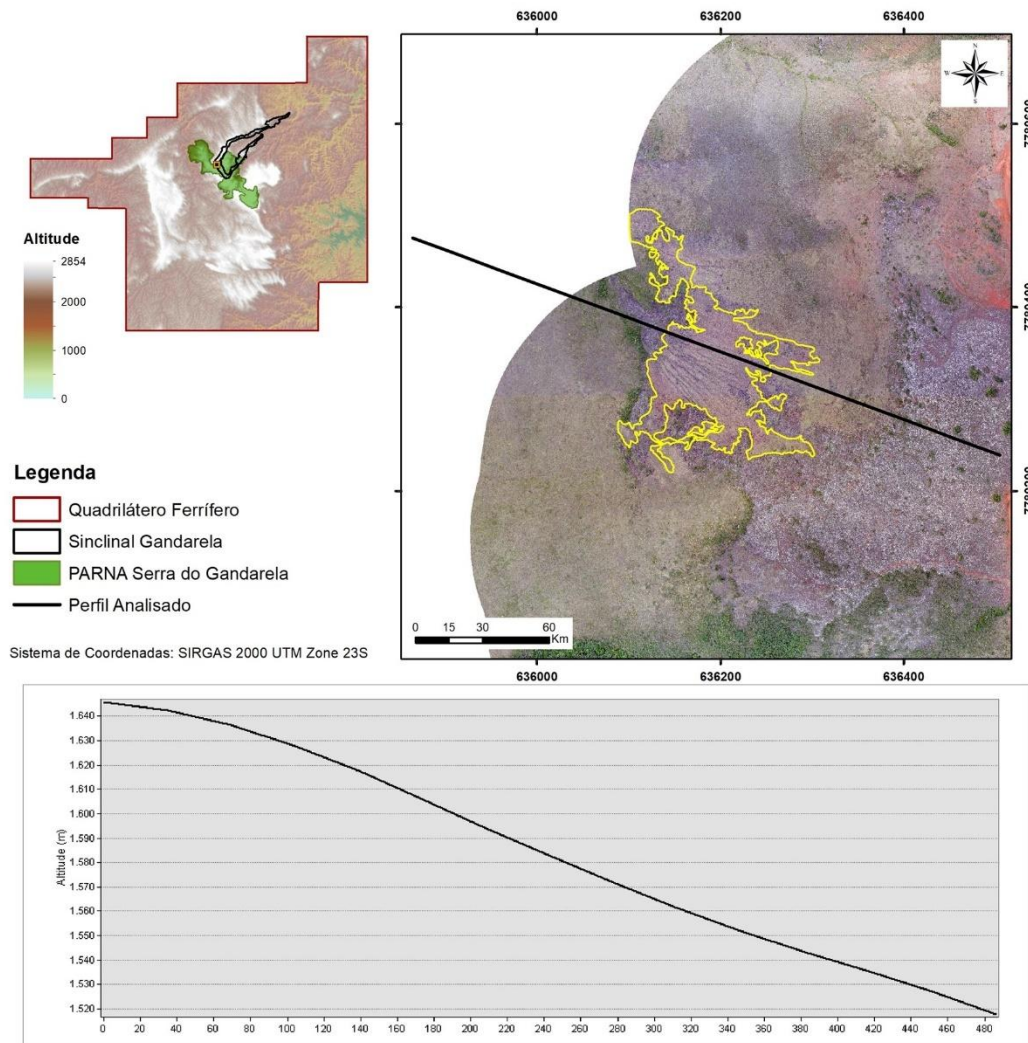
Em relação aos parâmetros físicos analisados, os valores de Areia Grossa são mais elevados e significativamente distintos no Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, mesmo denotando maiores valores de desvio padrão ($0,438 \pm 0,168$ kg/kg). Os teores de areia fina foram superiores no Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso ($0,113 \pm 0,111$ kg/kg), porém não há diferença significativa entre este geoambiente e os demais analisados. As diferenças são mais proeminentes ao se comparar o Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo ($0,108 \pm 0,072$ kg/kg) com as áreas de Bauxita ($0,051 \pm 0,008$ kg/kg), Matas e Capões Florestais ($0,054 \pm 0,03b$ kg/kg) e o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto ($0,1 \pm 0,1$ kg/kg). No que tange os teores de Areia grossa, os valores mais elevados estão associados ao Campo Rupestre Ferruginoso Aberto ($0,438 \pm 0,168$ kg/kg). Para os ambientes hidromórficos, apesar de uma média muito baixa, há uma grande variação nos valores obtidos ($0,221 \pm 0,187$ kg/kg). Em relação aos teores de argila, o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto e Graminoso apresentaram os menores teores médios comparativos ($0,232 \pm 0,099$ kg/kg e $0,206 \pm 0,101$ kg/kg, respectivamente). O Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo ($0,308 \pm 0,122$ kg/kg), por sua vez, se aproximou do Geoambiente Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas ($0,4 \pm 0,083$ kg/kg). Nota-se, ainda, valores comparativamente mais elevados nos ambientes antropizados pela extração de bauxita ($0,488 \pm 0,063$ kg/kg) e nos sistemas hidromórficos ($0,47 \pm 0,149$ kg/kg).

Outro geoambiente provavelmente influenciado pelo posicionamento na paisagem corresponde ao Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso. No contexto da Serra do Gandarela estes ambientes estão tipicamente associados aos terços finais de rampas coluviais (Figura 13), locais onde se depositam materiais mais grosseiros (calhaus e cascalhos, que também tipificam o termo “canga nodular”) (Foto 17) e nutrientes lixiviados, provenientes das concreções ferruginosas das porções mais elevadas (topos). Esse caráter concrecionário é identificado principalmente pelos teores de Silte que, conforme mencionado anteriormente, no contexto das formações ferríferas, pode ser oriundo de fragmentos de concreção ferruginosa.

Foto 17. Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso. Notar a presença de materiais mais grosseiros (calhaus e cascalhos), no primeiro plano.



Figura 13. Perfil Topográfico - Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso.



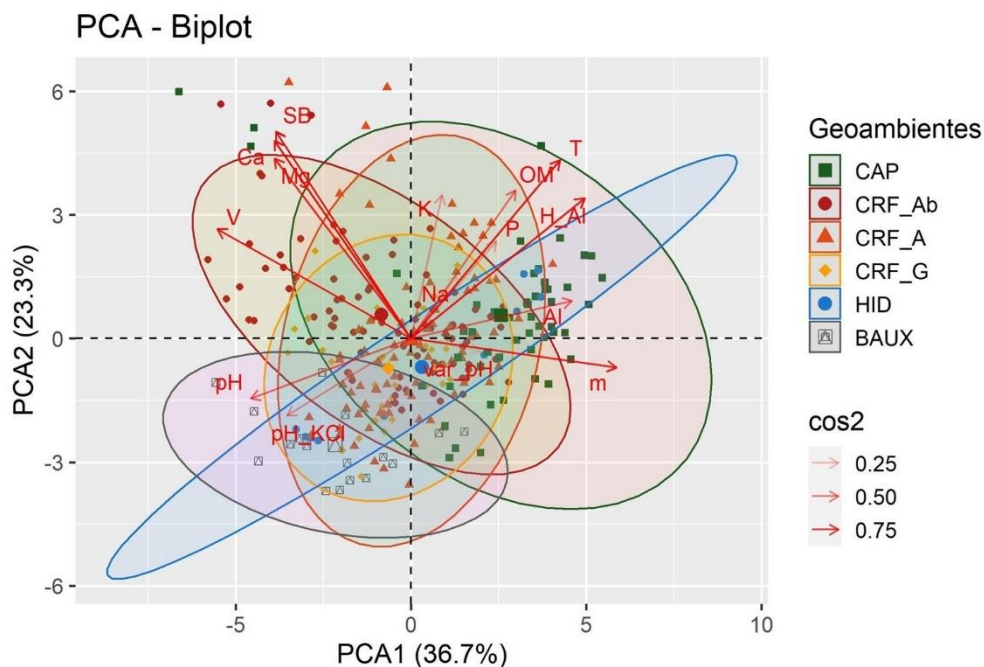
Relações Entre os Atributos Físicos e Químicos dos Solos e os Geoambientes

A Análise dos parâmetros químicos do solo indicou uma correlação de *Pearson* positiva entre V e Mg^{2+} , Ca^{2+} , SB e negativa entre V e m. A correlação foi, ainda, positiva entre H+Al e T; pH em KCl e pH e, por fim entre Ca^{2+} e SB (Gráfico 10 – Material Suplementar). A Análise de Componentes Principais (PCA) (Gráfico 11 – Material Suplementar), por sua vez, corroborou os dados acima, indicando a correlação entre as variáveis. Os dois eixos da PCA explicam 60% da variância sendo que o eixo 1 (Dim1) explica 36,7% e o eixo 2 (Dim2) explica 23,3%. Os eixos 3 e 4 explicam, respectivamente, 9,1% e 8,2% da variância. O Gráfico 1, por sua vez, apresenta o resultado da PCA-Biplot para as variáveis químicas do solo.

A análise correlações de *Pearson* obtidas para os valores da PCA indicam, ainda, que a variável m apresenta a maior correlação positiva com o eixo 1 ($R = 0.9108978$, $p = <0,05$),

seguida por H+Al ($R = 0.7702424$, $p = <0,05$) e Al ($R = 0.7137617$, $p = <0,05$). Indicam, ainda, que a variável V e pH possuem correlação negativa com este eixo ($R = -0.8565932$, $p = <0,05$ e $R = -0.7080246$, $p = <0,05$). Em relação ao eixo 2, SB apresenta a maior correlação ($R = 0.7797683$, $p < 0,05$), seguida por Ca^{2+} ($R = 0.7459935$, $p < 0,05$). Por fim, pH em KCl apresenta correlação $R = 0.6475082$ ($p < 0,05$) com o eixo 3 e ΔpH apresenta correlação $R = 0.8676872$ ($p < 0,05$) com o eixo 4.

Gráfico 1. Análise de Componentes Principais para os parâmetros químicos do solo e sua relação com a ordenação dos Geoambientes.



Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; HID: Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

Contudo, é importante compreender os comportamentos relacionados aos valores de algumas destas variáveis, citando aqui como exemplo os valores de Ca^{2+} que, conforme mencionado anteriormente, são considerados baixos para todos os geoambientes. Faz-se necessário, portanto, compreender as relações entre as variáveis e suas respectivas contribuições na ordenação dos parâmetros, o que será feito abaixo.

Isolando-se os parâmetros que possuem maior representatividade na segregação dos atributos físicos dos solos, têm-se que o eixo 1 da PCA está mais fortemente associado ao Silte e à Areia Fina, sendo ambos relacionados à segregação dos Geoambientes Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo e Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso. Já o eixo 2 da PCA está

mais fortemente associado à Areia Grossa, relacionado à segregação do Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Aberto. Os teores de Argila, por sua vez, estão mais associados à segregação entre os Geoambientes Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas, Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa e as Áreas de Extração Bauxita e Piçarra. Notar que para todos os parâmetros a correlação de Pearson foi superior a 0,7 (cos2 – Gráfico 13 e Gráfico 2).

Já em relação aos parâmetros químicos do solo, a análise da PCA nos permite dizer que o eixo 1 é melhor explicado i) pelas variáveis m (Saturação por Alumínio), H+Al (acidez potencial) e Al, todas diretamente ou indiretamente relacionadas à representatividade de Al nos solos, que melhor explicam a segregação do Geoambiente Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; ii) pelas variáveis pH, V (saturação por bases) e pH em KCl, que segregam principalmente os Geoambientes Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo e as Áreas de Extração Bauxita e Piçarra. Já o eixo 2 da PCA é melhor explicado pelas variáveis SB (Soma de Bases), Ca, Mg e T (Capacidade de Troca Catiônica Total), que segregam os Geoambiente Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas e Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo, ressaltando-se aqui que T explica melhor a segregação dos Geoambientes florestados e os demais parâmetros explicam melhor a segregação do Geoambiente arbustivo e alguns dos Geoambientes florestados. A Matéria Orgânica, apesar de apresentar uma baixa correlação com os eixos 1 e 2 está também, junto aos teores de P segregando os Geoambientes Florestados, em direção diametralmente oposta às Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

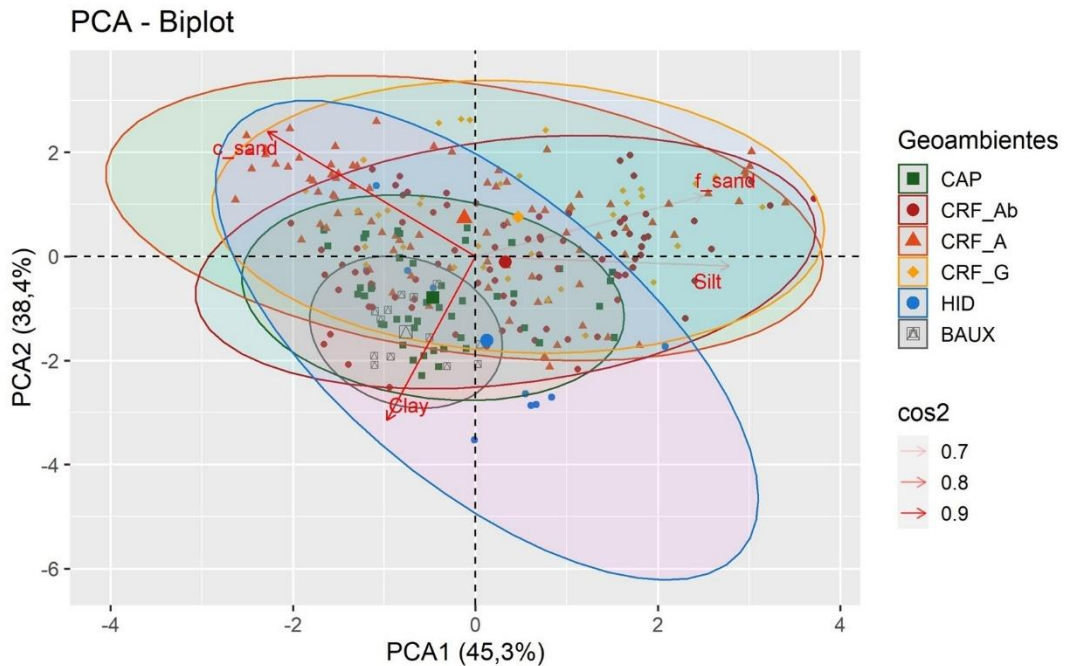
A correlação de *Pearson* entre as variáveis físicas do solo identificou, para os quatro parâmetros, uma baixa correlação (Gráfico 12 – Material Suplementar) e a Análise de Componentes Principais (Gráfico 13 – Material Suplementar) indica que o eixo 1 (Dim1) da PCA explica 45,3% da variância e o eixo 2 (Dim2) explica 38,4% desta. Os dois eixos, juntos, explicam 83,7% da variância.

No que tange a correlação entre as variáveis e os eixos da PCA, o Silte apresentou maior correlação positiva com o eixo 1 ($R = 0.8346870$, $p < 0,05$), seguida pela areia fina ($R = 0.7489368$, $p < 0,05$). Já a areia grossa apresentou correlação $R = -0.6839431$ ($p < 0,05$) com o eixo 1. Em relação ao eixo 2, o teor de argila apresentou a maior correlação negativa ($R = -0.9447311$, $p < 0,05$) e a areia grossa, a maior correlação positiva ($R = 0.720085$, $p < 0,05$).

Em relação aos Geoambientes, o eixo 1 da PCA para os dados físicos apresentou maior correlação (negativa, $R = -0.6902029$, $p < 0,05$) com as Áreas degradadas para Extração Bauxita e Piçarra. Já em relação ao eixo 2, a correlação obtida foi $R = 1.1704144$ ($p < 0,05$) para o geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso, de $R = 1.1474579$ ($p < 0,05$) para o

Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, $R = -1.1996853$ ($p < 0,05$) para os Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa. O Gráfico 2 apresenta o resultado da PCA-Biplot para os parâmetros físicos do solo.

Gráfico 2. PCA-Biplot para as variáveis físicas do solo sua relação com a ordenação dos Geoambientes.



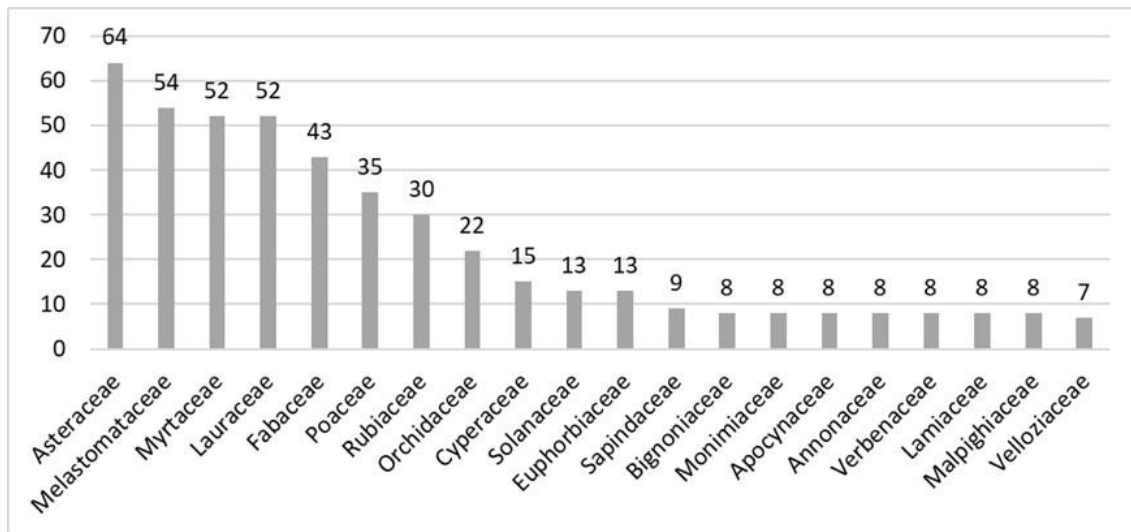
Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; HID: Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

Composição Florística dos Geoambientes

Os dados florísticos compilados para os Geoambientes em análise resultaram em uma riqueza total de 658 espécies, distribuídas em 97 famílias botânicas.

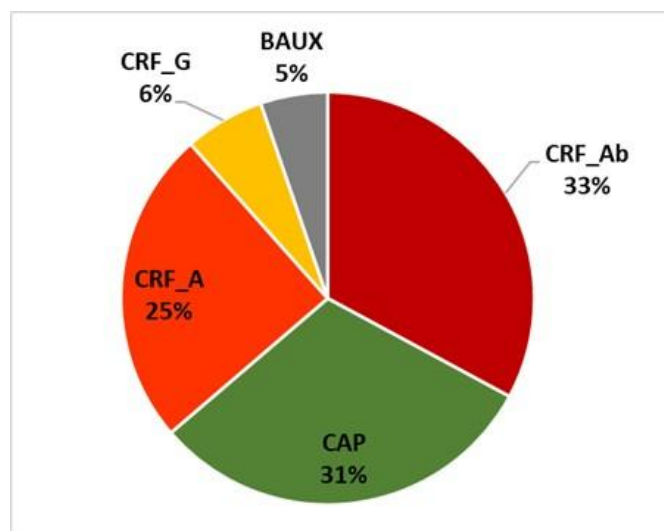
As famílias Asteraceae (64 spp.), Melastomataceae (54 spp.), Myrtaceae (52 spp.), Lauraceae (52 spp.), Fabaceae (43 spp.), Poaceae (35 spp.), Rubiaceae (30 spp.) e Orchidaceae (22 spp.) compreenderam as famílias mais ricas em espécies, conforme apresentado no Gráfico 3.

Gráfico 3. Famílias botânicas mais ricas na amostragem florística.



Em relação aos Geoambientes, o Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo apresentou uma maior riqueza de espécies (319 spp.), seguido pelo Geoambiente Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas (299 spp.) e pelo Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (240 spp.). O Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso e as Áreas de Extração Bauxita e Piçarra apresentaram um menor número de espécies (61 e 51 spp., respectivamente) (Gráfico 7 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Os ambientes Hidromórficos não foram amostrados.

Gráfico 4. Riqueza de Espécies por Geoambiente.

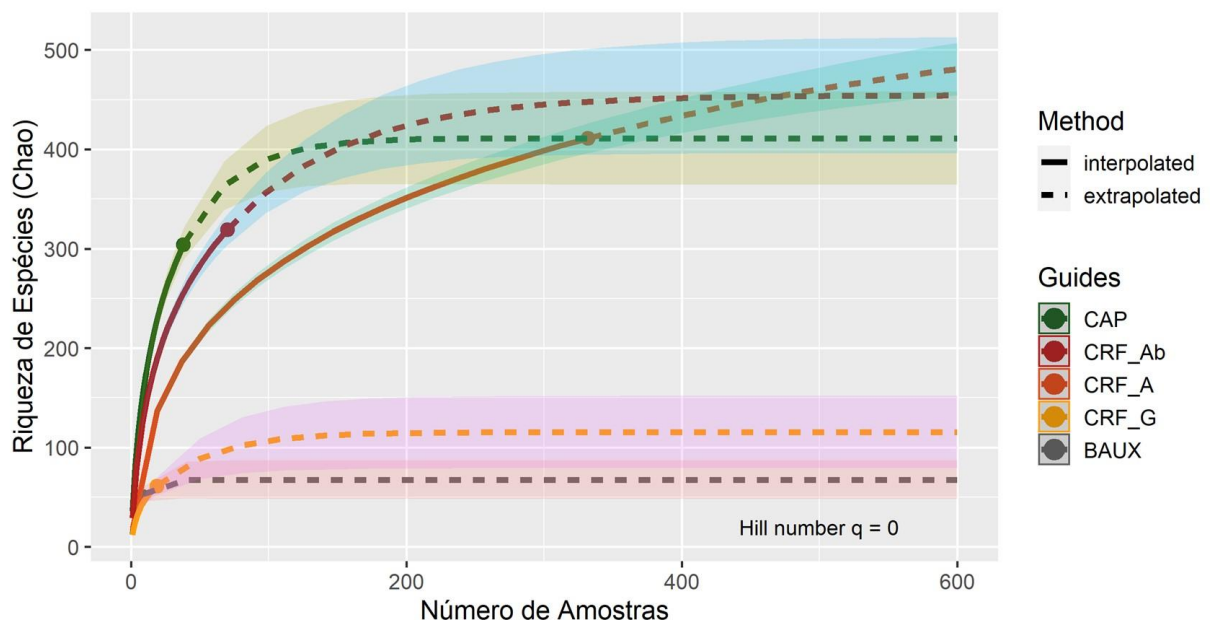


Legendas: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

O Gráfico 5 apresenta a curva de extrapolação da riqueza espécies por Geoambiente. Nota-se, inicialmente, que o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto conta com um conjunto consideravelmente maior de amostras, e uma maior riqueza de espécies observadas e estimadas. Em seguida, se apresentam, com maiores valores de riqueza, os Geoambientes Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo e Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas, respectivamente. As áreas de Áreas de Extração Bauxita e Piçarra e Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso, por sua vez, contam com um menor conjunto de amostras (pois também ocupam uma área menor no contexto do Sinclinal Gandarela), e uma menor riqueza de espécies.

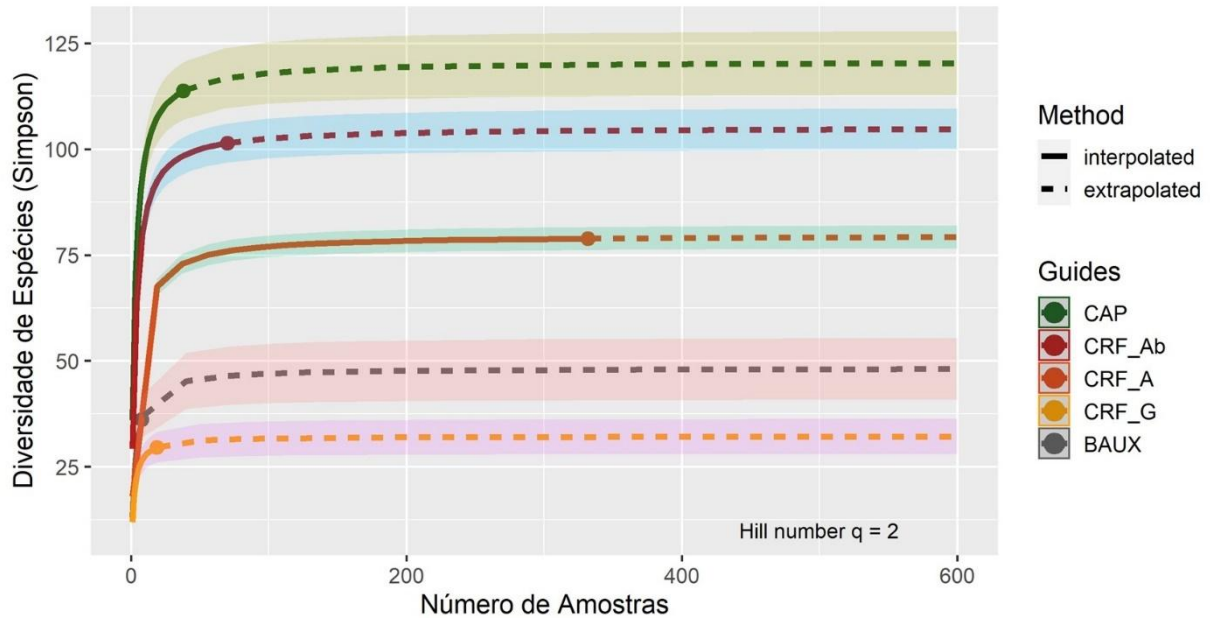
O Gráfico 6 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, por sua vez, apresenta a curva de rarefação da diversidade por Geoambiente, considerando-se o índice de diversidade de *Simpson*. Nota-se que o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, mais rico em espécies, apresenta uma menor diversidade de espécies em suas amostras, destacando-se aqui as Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas e os Campos Rupestres Ferruginosos Arbustivos.

Gráfico 5. Curva de Acumulação da Riqueza de Espécies (Chao) por Geoambiente.



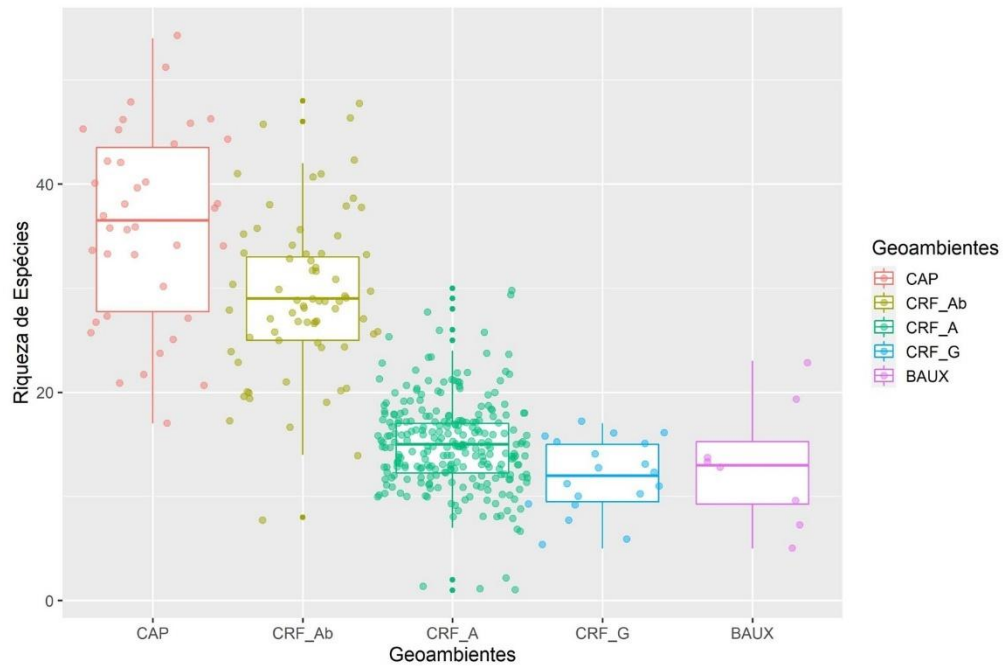
Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

Gráfico 6. Curva de Rarefação da diversidade de espécies (Simpson) por Geoambiente.



Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

Esta relação apresentada no parágrafo anterior pode também ser observada através da análise do Gráfico 7 e dos dados apresentados na Tabela 4.

Gráfico 7. Boxplot da Riqueza de Espécies por Geoambiente.

Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

Tabela 4. Dados de Diversidade e Riqueza de Espécies para os Geoambientes amostrados.

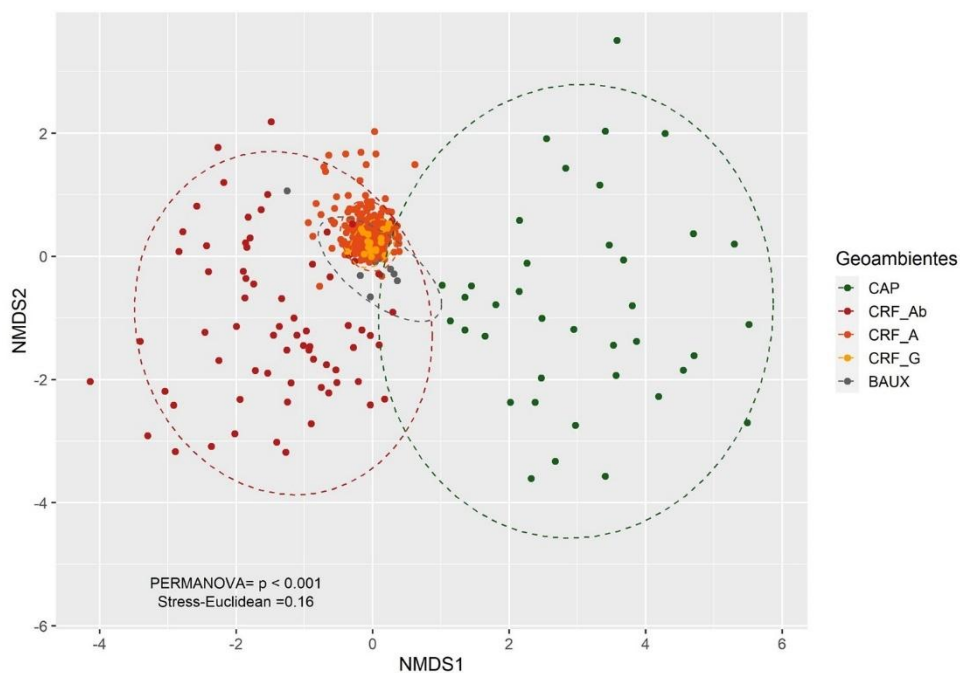
Índice		CAP	CRF_Ab	CRF_A	CRF_G	BAUX
Riqueza de Espécies	Observada	304	319	411	61	51
	Estimada	411	455	546	116	68
Diversidade de Espécies – Shannon	Observada	173	158	141	40	43
	Estimada	202	178	148	51	59
Diversidade de Espécies - Simpson	Observada	114	101	79	30	36
	Estimada	121	105	80	32	48

Similaridade Florística entre os Geoambientes

O gráfico de NMDS gerado para a composição florística (Gráfico 8) identifica, em consonância ao apresentado anteriormente, que os Geoambientes Florestados representam agrupamento de espécies diferente daquele associado às formações abertas, inclusive com uma maior dispersão das amostras. Contudo, é possível notar que algumas espécies associadas a estes ambientes estão também presentes no Campo Rupestre Ferruginoso Aberto e, sobretudo, no Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo.

O Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo também apresenta uma grande dispersão de amostras, e uma maior taxa de compartilhamento de espécies com o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, que se apresenta como um geoambiente com uma maior homogeneidade na composição de espécies. O Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso e as Áreas de Extração Bauxita e Piçarra se apresentam, por sua vez, como um subconjunto de espécies associadas principalmente ao Campo Rupestre Ferruginoso Aberto.

Gráfico 8. NMDS para os dados de composição de espécies por Geoambiente.



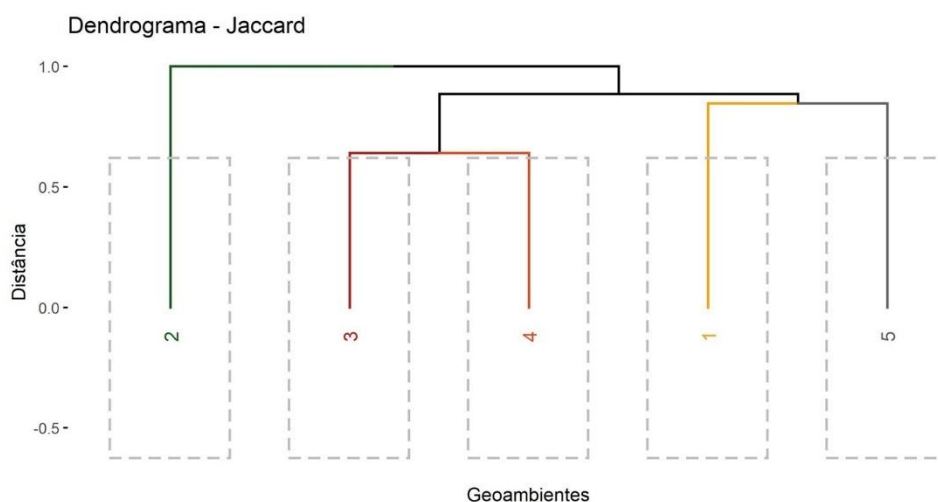
Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

O teste *post-hoc* de Tukey, realizado a partir da matriz de distâncias euclidianas obtidas para os eixos 1 e 2 do NMDS, identificou que as diferenças na composição são estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os Geoambientes, exceto entre o Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso e as Áreas de Extração Bauxita e Piçarra ($p = 0,8694$) e entre o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto e as Áreas de Extração Bauxita e Piçarra ($p = 0,3761$).

A análise dos índices de similaridade de Jaccard entre os geoambientes indicou uma maior similaridade florística entre os geoambientes Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo (CRF_Ab - 4) e Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (CRF_A - 3) (SJ = 0,36) (Tabela 5 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Tabela 5. Similaridade entre os Geoambientes - mensurada através do índice de Jaccard.

SJ	CRF_Ab (4)	CRF_A (3)	CRF_G (5)	BAUX (1)
CAP (2)	0,116	0,028	0,00	0,011
CRF_Ab (4)	-	0,360	0,141	0,114
CRF_A (3)	-	-	0,243	0,150
CRF_G (5)	-	-	-	0,154

Gráfico 9. Dendrograma de Similaridade Florística (Jaccard) entre os Geoambientes.

Legenda: 1 – BAUX; 2 – CAP; 3 – CRF_A; 4 – CRF_Ab; 5- CRF_G.

Em seguida, têm as áreas de Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso e Campo Rupestre Ferruginoso Aberto ($SJ = 0,24$). Os demais valores obtidos indicam baixa similaridade florística entre as áreas, considerando-se o referencial de Ellenberg & Mueller-Dombois (1974) em que $SJ > 0,25$ indicam boas similaridades entre duas áreas. Estes padrões podem também ser observados no Gráfico 9 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, que apresenta um dendrograma de similaridade de Jaccard baseado nas distâncias euclidianas das amostras.

Espécies Indicadoras dos Geoambientes

Do total de espécies registradas nos levantamentos, 195 puderam ser consideradas como indicadoras, apresentando valores de $p < 0,01$. Para o Geoambiente Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra (BAUX), foram identificadas 26 espécies indicadoras destacando-se, com valores muito significativos ($p = 0$): *Melinis minutiflora*, *Acritopappus longifolius*, *Hydrocotyle*

quinqueloba, *Achyrocline satureioides*, *Polygala paniculata*, *Cuphea ingrata*, *Chamaecrista desvauxii*, *Eragrostis rufescens*, *Urochloa decumbens* e *Hyptis* sp (Tabela 7

– Material Suplementar). Ressalta-se que *Melinis minutiflora* compreende uma espécie exótica, com elevado potencial invasor (Martins, 2009).

Para o Geoambiente Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas (CAP) foram identificadas 91 espécies indicadoras, dentre as quais se destacam: *Alchornea triplinervia*, *Prunus myrtifolia*, *Clethra scabra*, *Lamanonia ternata*, *Ocotea spixiana*, *Ocotea odorifera*, *Pimenta pseudocaryophyllus*, *Roupala montana*, *Siphoneugena densiflora*, *Piptocarpha macropoda*, *Psidium cattleyanum*, *Cupania ludowigii*, *Inga schinifolia*, *Laplacea fruticosa*, *Guatteria sellowiana*, *Guapira opposita*, *Ocotea corymbosa*, *Eugenia sonderiana*, *Amaioua guianensis*, *Hyptidendron asperrimum*, *Matayba guianensis*, *Myrcia amazonica*, *Pleroma candolleanum*, *Byrsonima laxiflora*, *Guatteria australis*, *Myrsine guianensis*, *Cabralea canjerana*, *Hirtella gracilipes*, *Ocotea diospyrifolia*, *Vitex polygama*, *Ilex affinis*, *Ilex theezans* e *Ocotea divaricata* (Tabela 8 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** – Material Suplementar).

Para o Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo (CRF_Ab), foram identificadas 34 espécies indicadoras, com destaque para *Erythroxylum gonocladum*, *Lippia hermannioides*, *Coccoloba acrostichoides*, *Ichnanthus bambusiflorus*, *Myrceugenia alpigena*, *Leandra cancellata*, *Cordia concolor*, *Myrcia subcordata*, *Ouratea semiserrata*, *Dasyphyllum sprengelianum*, *Lantana fucata*, *Brunfelsia brasiliensis*, *Coccocypselum lanceolatum*, *Pleroma cardinale* (Significância: *** - 0; ** - 0,001; * - 0,01. Tabela 9 - Material Suplementar).

Para o Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso (CRF_G), foram identificadas apenas 6 espécies indicadoras, sendo que apenas *Vellozia albiflora* se destacou com valores de $p < 0,01$. *Vellozia caruncularis*, *Psyllocarpus laricoides*, *Vellozia graminea*, *Sporobolus* sp. e *Xyris* sp.1 apresentaram valores de $p < 0,05$.

Por fim, para o Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (CRF_A), apenas *Baccharis serrulata* pode ser considerada como indicadora, com valores de $p < 0,05$.

Considerando as espécies comuns a dois geoambientes, destacam-se as seguintes combinações: *Byrsonima variabilis*, *Diplusodon buxifolius*, *Gaylussacia chamissonis*, *Lychnophora passerina*, *Aspilia subpetiolata*, *Rhynchospora setigera* e *Chamaecrista mucronata* apresentaram valores de $p < 0,05$ ao se combinar os Geoambientes BAUX e CRF_Ab. *Galianthe angustifolia* apresentou valores de $p < 0,05$ para a combinação entre

BAUX e CRF_G. *Palicourea sessilis*, *Myrsine coriacea*, *Myrcia retorta*, *Monteverdia gonoclada*, *Myrsine umbellata*, *Miconia sellowiana*, *Ocotea percoriacea*, *Eugenia nutans*, *Myrcia obovata*, *Guapira tomentosa*, *Jacaranda micrantha*, *Casearia sylvestris*, *Drimys brasiliensis*, *Ternstroemia brasiliensis* apresentaram valores de $p < 0,05$ ao se considerar a combinação entre os Geoambientes CAP e CRF_Ab. *Pleroma heteromallum*, *Trilepis lhotzkiana*, *Acianthera teres*, *Cattleya caulescens*, *Rhynchospora tenuis*, *Vellozia compacta*, *Jacquemontia linarioides*, *Ditassa linearis*, *Hoplocryptanthus schwackeanus*, *Paspalum scalare*, *Vellozia tragacantha*, *Croton erythroxyloides*, por sua vez, apresentaram valores de $p < 0,05$ ao se considerar a combinação entre os Geoambientes CRF_A e CRF_G. *Lepidaploa rufogrisea*, *Paspalum carinatum* e *Apochloa euprepes* apresentaram valores de $p < 0,05$ ao se considerar a combinação entre os Geoambientes CRF_Ab e CRF_G.

Ao analisar as espécies indicadoras associadas a mais de dois Geoambientes temos: *Myrcia splendens* e *Eremanthus erythropappus* atuando como indicadoras para os Geoambientes CAP + CRF_Ab + BAUX; *Bulbostylis fimbriata* e *Sporobolus metallicolus* atuando como indicadoras entre os Geoambientes BAUX + CRF_A + CRF_G; *Trichantheium wettsteinii* atuando como indicadora entre os Geoambientes BAUX + CRF_Ab + CRF_G; *Lychnophora pinaster*, *Chromolaena multiflosculosa* e *Paspalum brachytrichum* atuando como indicadora entre os Geoambientes CRF_A + CRF_Ab + CRF_G. Por fim, *Periandra mediterranea*, *Baccharis reticularia*, *Axonopus siccus*, *Trichogonia hirtiflora* correspondem a espécies indicadoras associadas aos Geoambientes BAUX + CRF_A + CRF_Ab + CRF_G.

O gráfico de NMDS gerado para as 195 espécies indicadoras (Gráfico 14 – Material Suplementar) identifica os mesmos padrões identificados anteriormente, porém com uma segregação mais clara dos ambientes degradados pela extração de bauxita e piçarra.

DISCUSSÃO

No mapeamento realizado, tornou-se evidente que o Complexo Rupestre Ferruginoso, ou o Geossistema Ferruginoso, da Serra do Gandarela abrange um *continuum* de ambientes que variam desde formações campestres até florestais, ocorrentes sobre substratos ferruginosos. Este *continuum* é marcado por um gradiente de riqueza de espécies vegetais, no sentido dos ambientes florestados para os ambientes abertos. A existência deste gradiente é também corroborada a partir dos parâmetros físicos e químicos dos solos, destacando-se para os parâmetros físicos, o conteúdo de Areia Grossa (que aumenta no sentido dos ambientes florestados para os abertos) e Argila (que decresce neste mesmo gradiente). Dentre os parâmetros químicos do solo destacam-se a CTC que, de forma geral, é baixa, e decai no

gradiente no sentido dos ambientes florestados para os abertos, acompanhando os valores de matéria orgânica e outros parâmetros associados à fertilidade dos solos, como por exemplo o teor de Fósforo (P).

Os teores de Cálcio obtidos nas amostras são, de forma geral, considerados muito baixos, sendo mais elevados nos Campos Rupestres Abertos e Arbustivos e menos elevados nas Matas e Capões Florestais, fato que pode estar relacionado à ciclagem do material frente aos incêndios, que são comuns nestes ambientes. Além disso, cabe ressaltar que os menores valores obtidos para os sistemas florestados podem estar associados ao fato de que este nutriente está “preso” na fitomassa.

O Geoambiente Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas foi identificado como o mais ácido dentre os demais, muito em função da natureza oxídica, pelos teores de matéria orgânica (MO) mais elevada e pelos teores proporcionais de Al trocável (Al³⁺). Para os Geoambientes de Campos Rupestres Ferruginosos (Arbustivo, Aberto e Graminoso), os valores obtidos de alumínio trocável (Al³⁺) são baixos, fato usualmente associado ao controle exercido pelos óxidos de ferro, provenientes da argila originada da quebra das concreções ferruginosas e, portanto, inerentes a geoambientes associados ao geossistema ferruginoso. Importa ressaltar, ainda, que os teores de H⁺Al mostram-se relacionados aos teores de MO, tanto em termos de correlação entre as variáveis como também em relação aos eixos da PCA executada para as variáveis químicas.

É pertinente analisar, ainda, de forma integrada os maiores teores de argila, MO, P, T, Al³⁺ associados aos sistemas florestados. Os solos mais profundos destes Geoambientes permitem maior construção de biomassa, que reflete em maiores teores de MO, P e maior CTC (T). Além disso, o que parece ser relevante nestes ambientes são também os teores de argila e Al³⁺ que influenciam diretamente na retenção de água e, portanto, na disponibilidade hídrica destes ambientes. Cabe destacar que Pereira (2010) também já havia caracterizado a textura argilosa dos capões florestais, bem como o baixo conteúdo relativo de silte. Ainda de acordo com este autor, o elevado teor de argila e maior profundidade do solo permitem retenção de maior volume de água no solo e o desenvolvimento de vegetação arbórea, que por sua vez, acelera o processo de degradação da canga e formação de solo através de suas interações físicas e bioquímicas com o substrato mineral.

Os Ambientes Hidromórficos seguem valores mais elevados em relação à Matéria Orgânica, em relação aos teores de Sódio, Fósforo e teores de argila, denotando que se tratam de ambientes tipicamente deposicionais, possivelmente explicados pelo seu perfil topográfico, que acaba por favorecer o acúmulo de nutrientes, principalmente MO e de material argiloso,

sobretudo se considerada a presença de Matas e Capões Florestais no entorno destes ambientes. Além disso, pode-se dizer que em condições anaeróbias a decomposição da matéria orgânica pela microbiota é retardada, resultando no acúmulo de carbono orgânico no solo. Vale destacar, ainda, que a maior variância em relação à MO nestes geoambientes está provavelmente associada à presença de uma heterogeneidade dos solos, que podem variar de rasos (quando associado aos vales suspensos) a pouco mais profundos (quando associado por exemplo às encostas). Pereira (2010), identificou que os solos dos campos brejosos (ambientes análogos aos Ambientes Hidromórficos estudados neste trabalho), apresentou maiores conteúdos de silte em relação aos demais ambientes estudados e teores elevados de argila em relação às demais fisionomias do Campo Rupestre, caracterizando textura franco-argilosa. Esses resultados, portanto, se coadunam com aqueles obtidos neste estudo.

Outro geoambiente provavelmente influenciado pelo posicionamento na paisagem corresponde ao Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso que, no contexto da Serra do Gandarela estão tipicamente associados aos terços finais de rampas colúvias, locais onde se depositam materiais mais grosseiros (calhaus e cascalhos, que também tipificam o termo “canga nodular”) e nutrientes lixiviados, provenientes das concreções ferruginosas das porções mais elevadas (topos). Esse caráter concrecionário é identificado principalmente pelos teores de areia grossa, silte e argila que, conforme mencionado anteriormente, no contexto das formações ferríferas, pode ser oriundo de fragmentos de concreção ferruginosa. Ainda, vale mencionar que este Geoambiente apresentou a maior relação silte/argila, caracterizando solos menos intemperizados e de pedogênese menos avançada, indicando também o caráter deposicional destes ambientes. Já os Campos Rupestres Aberto e Arbustivo são mais tipicamente caracterizados como ambientes que possuem maiores taxas de perda, ou seja, de remoção das partículas mais finas (p.ex. a argila), resultando em acúmulo relativo das frações maiores (silte e areia). Esses dados também foram corroborados por Pereira (2010).

As áreas antropizadas pela extração de bauxita, por sua vez, se apresentaram como verdadeiros desertos químicos, de material praticamente estéril, uma vez que as variáveis edáficas demonstram uma grande pobreza nutricional de seus solos. A ausência de cargas negativas (p.ex.: MO), tendem a aumentar a acidez, caracterizando o solo como eletropositivo e inerte. Vale ressaltar que estas características foram obtidas mesmo em ambientes que se encontram em condições estanques (abandono) desde a década de 80. Em termos florísticos, constituem-se como um subgrupo, alocado dentro dos ambientes abertos e arbustivos, contudo, são notadamente ambientes bastante mais simplificados.

No que tange os padrões de riqueza florística, quando comparados os resultados obtidos neste trabalho com outros realizados no Quadrilátero Ferrífero (Jacobi et al., 2007; Viana & Lombardi, 2007; Mourão & Stehmann, 2007; Jacobi, 2008), percebemos que os parâmetros florísticos obtidos se mostraram pouco superiores, mas dentro do padrão observado. A maior riqueza relativa obtida neste estudo pode ser fruto do intenso esforço amostral realizado na área, bem como da obtenção de dados sazonais.

Em relação às famílias botânicas, de acordo com Jacobi (2008), as cinco famílias que mais contribuem em número de espécies para a riqueza da flora dos Campos Rupestres Ferruginosos são: Asteraceae, Poaceae, Orchidaceae, Myrtaceae e Melastomataceae. No presente estudo, estas também foram as famílias mais ricas em termos de espécies, cabendo mencionar que Lauraceae e Fabaceae também possuem elevada representatividade de espécies. Nunes et al. (2015), em estudo realizado na Serra de Carajás, que também compreende um Geossistema Ferruginoso, identificou que Fabaceae compõe a família mais importante em três das quatro fisionomias amostradas. Já os estudos de Silva & Rosa (1989), Morellato & Rosa (1991), Silva et al. (1987), também identificaram a importância desta família tanto nos ambientes florestais como nos campos rupestres sob substrato ferrífero em Carajás. Já no contexto do Quadrilátero Ferrífero, esta família também aparece nas primeiras posições em termos de riqueza de espécies (Viana & Lombardi, 2007).

No que tange a composição florística, os dados e análises realizadas indicam a presença de um gradiente na riqueza de espécies entre os geoambientes, decrescendo no sentido dos ambientes florestados para os ambientes abertos. Pereira (2010) também obteve uma maior riqueza florística na fisionomia de capão florestal estudada na região da Chapada da Canga.

Além de uma riqueza superior aos demais geoambientes, as Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas também apresentaram uma composição diferenciada dos demais geoambientes tipicamente abertos que foram analisados. Contudo, é possível notar que algumas espécies associadas a estes ambientes estão também presentes no Campo Rupestre Ferruginoso Aberto e, sobretudo, no Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo. O compartilhamento de espécies entre os capões e os ambientes arbustivos foi também identificado por Pereira (2010).

O Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo, por sua vez, também apresenta um elevado grau de compartilhamento de espécies, sobretudo com o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, que se apresenta como um geoambiente com uma maior homogeneidade na composição de espécies. O Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso e as Áreas de Extração Bauxita e Piçarra se apresentam como um subconjunto de espécies associadas principalmente ao Campo Rupestre Ferruginoso Aberto.

Em termos florísticos, as áreas de Áreas de Extração Bauxita e Piçarra constituem-se como um subgrupo, alocado dentro dos ambientes abertos e arbustivos, contudo, são notadamente ambientes bastante mais simplificados, com presença expressiva de espécies exóticas invasoras, principalmente Braquiária (*Urochloa decumbens*) e espécies ruderais, que também abitam ambientes pouco mais alterados de Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (Foto 18).

Foto 18. Áreas de extração de bauxita e piçarra.



No que tange as espécies indicadoras de cada Geoambiente, são escassos os dados da literatura direcionados a esta análise, cabendo aqui destacar que *Periandra mediterranea*, *Baccharis reticularia*, *Axonopus siccus*, *Trichogonia hirtiflora* correspondem a espécies indicadoras associadas aos Geoambientes abertos do contexto estudado.

CONCLUSÃO

O presente estudo identificou que os Geoambientes associados ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela são dotados de uma elevada heterogeneidade em relação aos padrões físicos e químicos do solo. De forma geral, os solos são pobres, ácidos, e possuem assinaturas químicas e físicas que indicam uma possível governabilidade nos padrões de composição da vegetação, relação que ainda demanda maior aprofundamento.

Evidenciou-se a relevância da matéria orgânica no controle da oferta de recursos e destacou-se ainda mais a importância dos geoambientes florestados dentro do *continuum* associado ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela. Estes Capões representam condições locais de maior disponibilidade de nutrientes, se comparados às demais formações

abertas e arbustivas do entorno. A interação destes fatores com os teores de argila e Alumínio, que influenciam diretamente na retenção de água, parece favorecer o desenvolvimento da biomassa associada a estes ambientes. Têm-se, portanto, uma condição em que as Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas são locais de maior disponibilidade hídrica, que atuam como uma grande caixa d'água no sistema rupestre. Estes geoambientes são também, os ambientes mais ricos em termos de composição de espécies, havendo um nítido gradiente na riqueza de espécies entre os geoambientes, decrescendo no sentido dos ambientes florestados para os ambientes abertos. As espécies indicadoras destes ambientes mostraram-se também diferentes daquelas que tipicamente caracterizam as demais formações abertas, porém, há que se destacar o compartilhamento de espécies entre estes geoambientes e o Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo. Este compartilhamento pode estar associado aos atributos dos solos que, conforme mencionado acima, também formam um *continuum* relacionado às taxas de degradação da carapaça laterítica.

Neste contexto vale destacar também que o Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo, apresenta uma grande variação em termos de riqueza e composição de espécies, fato que pode estar associado a questões de ordem topográfica, ao substrato (canga ou bauxita), formando escrubes mais ou menos densos, ou seja, à própria heterogeneidade intrínseca a esta unidade.

No outro extremo, estão os ambientes degradados pelas atividades de extração de bauxita e piçarra, que forneceram importantes insumos para uma melhor compreensão da dinâmica associada à descaracterização da carapaça laterítica (cangas). Os dados obtidos indicaram, de forma geral, que estes ambientes, mesmo em condições climáticas favoráveis e após longo prazo (décadas) de intervenção, apresentam baixa resiliência, pois se tornam ambientes oligotróficos, floristicamente muito simplificados. Essas observações indicam, ainda, que estas áreas muito dificilmente terão sua condição original restaurada e possivelmente evoluirão para ambientes arbustivos, tipicamente savanizados, a depender principalmente i) da capacidade de reestruturação edáfica do ambiente, e ii) da incidência e frequência de distúrbios (p.ex.: fogo, pastejo). Tratam-se, por fim, de áreas aptas ao desenvolvimento de estudos que envolvam a regeneração de ambientes rupestres e, sobretudo, de pesquisas relacionadas ao desenvolvimento sucessional da vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim, F. F., & Marshak, S. (1998). Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 90(1-2), 29-58.
- Almeida, F. F. M. (1977). O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de geociências*, 7(4), 349-364.
- Alves, R. J. V., & Kolbek, J. (2009). Summit vascular flora of Serra de São José, Minas Gerais, Brazil. *Check list*, 5(1), 035-073.
- Azevedo, Ú. R. D., Machado, M. M. M., Castro, P. D. T. A., Renger, F. E., Trevisol, A., & Beato, D. A. C. (2012). Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta. CPRM.
- Barbosa, G. V., & Rodrigues, D. M. S. (1967). Quadrilátero Ferrífero. Instituto Central de Geo-Ciências.
- Bertrand, G. (1972). *Ecologie d'un espace géographique. [Les géosystèmes du Valle de Prioro (Espagne du Nord-Ouest)]*. *Espace Géographique*, 1(2), 113–128. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1972.1319>
- Bertrand, G. (2004). Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 8.
- Bertrand, G., & Tricart, J. (1968). *Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique*. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39(3), 249-272.
- Borsali, E. F. (2012). A flora vascular endêmica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil: levantamento das espécies e padrões de distribuição geográfica.
- Brandão, M. (1992). Caracterização geomorfológica, climática, florística e faunística da Serra do Curral em Belo Horizonte, MG. *Daphne*, 2, 13-38.
- Brandão, M. (1997). Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais-VI: Serra do Rola Moça.
- Brandão, M., & Gavilanes, M. L. (1990). Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais (Serra da Piedade)-II. *Daphne*, 1(1), 26-43.
- Brandão, P. C., Soares, V. P., Simas, F. N. B., Schaefer, C. E. G. R., Souza, A. L. De, & Mendonça, B. A. F. De. (2010). Caracterização de geoambientes da floresta nacional do purus, Amazônia ocidental: uma contribuição ao plano de manejo. *Revista Árvore*, 34(1), 115–126. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000100013>.

Braun-blanchet, J. (1932). *Plant sociology. The study of plant communities*. First ed. Plant Sociology. The Study of Plant Communities. First Ed.

Campos, J. F., Castilho, A. F., Martins, F. D., Hatano, F. M., & Rolim, S. G. (2012). Uma visão geográfica da região da Flona de Carajás. *Floresta Nacional de Carajás: Estudos sobre vertebrados terrestres*. Nitro Imagens, São Paulo, 28-63.

Carmo, F. F. (2010). Importância Ambiental e Estado de Conservação dos Ecossistemas de Cangas no Quadrilátero Ferrífero e Proposta de Áreas-Alvo para a Investigação e Proteção da Biodiversidade em Minas Gerais. 1–90.

Carmo, F. F. D., & Jacobi, C. M. (2013). A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. *Rodriguésia*, 64(3), 527-541.

Carmo, F. F., & Kamino, L. H. Y. (2015). Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte.

Carmo, F. F., da Mota, R. C., Kamino, L. H. Y., & Jacobi, C. M. (2018). Check-list of vascular plant communities on ironstone ranges of south-eastern Brazil: dataset for conservation. *Biodiversity data journal*, (6).

Carmo, F. F., Mota, R. C., Kamino, L. H. Y., & Jacobi, C. M. (2018). Check-list of vascular plant communities on ironstone ranges of south-eastern Brazil: dataset for conservation. *Biodiversity data journal*, (6).

Carmo, F.F. & Jacobi, C. M. (2013). A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero , Minas Gerais : caracterização e contexto fitogeográfico. A vegetação nas cangas (afloramentos ferruginosos) abriga dezenas de espécies raras , várias novidades florísticas , das formas de crescimento e das. *Rodriguésia*, 64(3), 527–541.

Carmo, F.F. & Jacobi, C. M. (2013). A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. 64(3), 527–541.

Carmo, F.F. 2014. Padrões de diversidade, composição florística e estrutura de comunidades de plantas em afloramentos rochosos, Quadrilátero Ferrífero, Brasil. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. [Tese de Doutorado].

Carvalho, G. H., Cianciaruso, M. V., & Batalha, M. A. (2010). Plantminer: a web tool for checking and gathering plant species taxonomic information. *Environmental Modelling & Software*, 25(6), 815-816.

Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., Stevens, P. F., Briggs, B., Brockington, S., Chautems, A., Clark, J. C., Conran, J., Haston, E., Möller, M., Moore, M., Olmstead, R., ... Weber, A. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1988), 117–143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>

Coelho, M. S., de Siqueira Neves, F., Perillo, L. N., Morellato, L. P. C., & Fernandes, G. W. (2018). Forest archipelagos: a natural model of metacommunity under the threat of fire. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 244-249

Coelho, M. S., Fernandes, G. W., Pacheco, P., Diniz, V., Meireles, A., Santos, R. M. D., ... & Negreiros, D. (2016). Archipelago of montane forests surrounded by rupestrian grasslands: new insights and perspectives. In *Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil* (pp. 129-156). Springer, Cham.

Conceição, A. A., & Giulietti, A. M. (2002). Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Hoehnea*, 29(1), 37-48.

Conceição, A. A., & Pirani, J. R. (2005). Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 85-111.

Crawley, M. J. (2012). *The R book*. John Wiley & Sons.

Da Silva, M. F. (1992). Distribuição de metais pesados na vegetação metalófica de Carajás. *Acta Botanica Brasilica*, 6, 107-122.

De Almeida, F. F. M. (1977). O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de geociências*, 7(4), 349-364.

De Caceres, M., Jansen, F., & De Caceres, M. M. (2016). Package ‘indicspecies’. *indicators*, 8(1).

De Cáceres, M., Legendre, P., & Moretti, M. (2010). Improving indicator species analysis by combining groups of sites. *Oikos*, 119(10), 1674-1684.

Dias, H. C. T., Fernandes Filho, E. I., Schaefer, C. E. G. R., Fontes, L. E. F., & Ventorim, L. B. (2002). Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte-MG. *Revista Árvore*, 26(6), 777–786. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600014>

Dinno, A. (2017). Title *Dunn’s Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums*.

Dorr, J. (1969). Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil.

<https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp641A>

Drummond, G. M., Martins, C. S., Machado, A. B. M., Sebaio, F. A., & Antonini, Y. (2005). *Síntese da Áreas Prioritárias de Minas Gerais*.

Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.

Ellenberg, D., & Mueller-Dombois, D. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology* (p. 547). New York: Wiley.

EMBRAPA. 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª Ed. Brasília.

Fernandes, G. W., Bahia, T. de O., Almeida, H. A., Conceição, A. A., Loureiro, C. G., Luz, G. R., Neves, A. C. O., Oki, Y., Pereira, G. C. N., Pirani, J. R., Viana, P. L., & Negreiros, D. (2020). Floristic and functional identity of rupestrian grasslands as a subsidy for environmental restoration and policy. *Ecological Complexity*, 43, 100833. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2020.100833>

Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/> >. Acesso em: 18 jan. 2022

Gavilanes, M. L., Laca-Buendia, J. P., Brandão, M., de S Cunha, L. H., & de Macedo, J. F. (1989). Flora da Serra de Itabirito, Minas Gerais: primeira contribuição. *Acta Botânica Brasília*.

Giulietti, A. M., Pirani, J. R., & Harley, R. M. (1997). Espinhaço range region, eastern Brazil. *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*, 3, 397-404.

Gray, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons.

Husson, F., Josse, J., Le, S., Mazet, J., & Husson, M. F. (2016). Package ‘factominer’. *An R package*, 96, 698.

Jacobi, C. M., & Carmo, F. D. (2008). Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. *Megadiversidade*, 4(1-2), 24-32.

Jacobi, C. M., & Carmo, F. F. (2012). Diversidade florística nas cangas do Quadrilátero Ferrífero. *IDM, Belo Horizonte*.

Jacobi, C. M., Carmo, F. F. D., & Vincent, R. D. C. (2008). Estudo fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga como subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Árvore*, 32(2), 345-353.

Jacobi, C. M., Do Carmo, F. F., Vincent, R. C., & Stehmann, J. R. (2007). Plant communities on ironstone outcrops: A diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 16(7), 2185–2200. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9156-8>

Klein, C., & Ladeira, E. A. (2000). Geochemistry and petrology of some Proterozoic banded iron-formations of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, 95(2), 405-427.

Kuo, S. 1996. Phosphorus. p. 869-919. In D. L. Sparks. (ed.) *Methods of Soil Analysis: Part 3- Chemical Methods*. SSSA, Madison, WI.

Lamounier, W. L., Carvalho, V. L. M., Salgado, A. A. R., & Marent, B. R. (2010). A influência da litologia na distribuição da cobertura vegetal e no uso do solo na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero - MG. *Revista Geografias*, 152–165. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13289>

- Larcher, W. (1995). Photosynthesis as a tool for indicating temperature stress events. In *Ecophysiology of photosynthesis* (pp. 261-277). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Legendre, P., & Legendre, L. (1998). Numerical ecology. *Numerical Ecology Second English Edition*, 20(20), 870. <https://doi.org/10.1021/ic050220j>
- Legendre, P., & Legendre, L. (2012). *Numerical ecology*. Elsevier.
- Longman, K. A., & Jenik, J. (1992). Forest-savanna boundaries: general considerations. *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*, 3-20.
- Lopes, A. D. C. (2019). A flora vascular da crista da Serra do Curral.
- Magalhães, G.M. (1966). Sobre os cerrados de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 38, p. 59-70.
- Magurran, A. E. (2021). Measuring biological diversity. *Current Biology*, 31(19), R1174-R1177.
- Martins, C. R., Hay, J. D. V., & Carmona, R. (2009). Potencial invasor de duas cultivares de *Melinis minutiflora* no Cerrado brasileiro-características de sementes e estabelecimento de plântulas. *Revista Árvore*, 33, 713-722.
- Medina, A.I.; Dantas, M. E.; Saadi, A. (2005). Geomorfologia. In: PROJETO APA SUL RMBH - Estudos do Meio Físico. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, v. 6.
- Meguro, M., Pirani, J. R., de Mello-Silva, R., & Giuliatti, A. M. (1996). Caracterização florística e estrutural de matas ripárias e capões de altitude da Serra do Cipó, Minas Gerais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 13-29.
- Mendonça, B.A., F., Inácio, E., Filho, F., Gonçalves, C. E., Schaefer, R., Nogueira, F., Simas, B., Frutuoso, J., Junior, V., De Aquino, B., Lisboa, R., & Gaio, J. (2013). Solos E Geoambientes Do Parque Nacional Do Viruá E Entorno, Roraima: Visão Integrada Da Paisagem E Serviço Ambiental 1 Soils And Geoenvironments Of The National Park Of Viruá And Surrounding, Roraima: Integrated Vision Of The Landscape And Environmental S. *Ciência Florestal*, 2, 429-444.
- Messias, M. C. T. B., & Carmo, F. F. (2015). Flora e vegetação em substratos ferruginosos do Sudeste do Quadrilátero Ferrífero. *Geossistemas Ferruginosos no Brasil*. Instituto Prístino, Belo Horizonte, 335-360.
- Messias, M. C. T. B., Leite, M. G. P., Meira-Neto, J. A. A., & Kozovits, A. R. (2012). Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Acta Botanica Brasilica*, 26(1), 230-242. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100022>
- Messias, M. C. T. B., Tonaco, A. C., Meira Neto, J. A. A., & Leite, M. G. P. (2012). Levantamento florístico de um campo rupestre ferruginoso na Serra de Antonio Pereira, Ouro Preto, Minas Gerais. *MG BIOTA*, 5, 4-18.
- Mittermeier, R. A., Myers, N., Mittermeier, C. G., & Robles Gil, P. (1999). Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC.

- Morellato, L. P. C., & Silveira, F. A. (2018). Plant life in campo rupestre: new lessons from an ancient biodiversity hotspot. *Flora*, 238, 1-10.
- Morellato, L. P. C., & Rosa, N. A. (1991). Caracterização de alguns tipos de vegetação na região amazônica, Serra dos Carajás, Pará, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, 14(1), 1-14.
- Mourão, A., & Stehmann, J. R. (2007). Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 58, 775-786.
- Mourão, A., & Stehmann, J. R. (2007). Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 58(4), 775-786.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. Bertrand, G. (1972). *Ecologie d'un espace géographique. [Les géosystèmes du Valle de Prioro (Espagne du Nord-Ouest)]*. *Espace Géographique*, 1(2), 113–128. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1972.1319>
- Nunes, J. A., Schaefer, C. E., Ferreira Júnior, W. G., Neri, A. V., Correa, G. R., & Enright, N. J. (2015). Soil-vegetation relationships on a banded ironstone 'island', Carajás Plateau, Brazilian Eastern Amazonia. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87, 2097-2110.
- 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., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E., & Maintainer, H. W. (2020). Package "vegan" Title Community Ecology Package Version 2.5-7.
- Pereira, A. F. S. (2010). Florística, fitossociologia e relação solo-vegetação em campo rupestre ferruginoso do Quadrilátero Ferrífero, MG.
- Porembski, S., Barthlott, W., Dorrstock, S., & Biedinger, N. (1994). Vegetation of rock outcrops in Guinea: Granite inselbergs, Sandstone table mountains and ferricretes - Remarks on species numbers and endemism. *Flora*, 189(4), 315–326. [https://doi.org/10.1016/S0367-2530\(17\)30612-6](https://doi.org/10.1016/S0367-2530(17)30612-6)
- Porembski, Stefan, Martinelli, G., Ohlemuller, R., Barthlott, W., & May, N. (1998). Diversity and Ecology of Saxicolous Vegetation Mats on Inselbergs in the Brazilian Atlantic Rainforest. *Diversity and ecology of saxicolous vegetation mats on inselbergs in the Brazilian Atlantic rainforest*. 4(3), 107–119.
- Porto, M. L., & da Silva, M. F. (1989). Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 3(2), 13-21.
- PPG, I. (2016). Pteridophyte Phylogeny Group. *Journal of Systematics and Evolution*, 54(6), 563-603.
- Ribeiro, A. S. D. S. (2009). Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica dos solos da serra Sul, Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Rizzini, C. T. (1979). *Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos sociológicos e florísticos*, vol. 2. Edgard Blucher Ltda./EDUSP, São Paulo.

Rodrigues, P. M. S., Schaefer, C. E. G. R., Corrêa, G. R., Campos, P. V., & Neri, A. V. (2015). Solos, relevo e vegetação determinam os geoambientes de unidade de conservação do norte de Minas Gerais, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 10(1), 31–42. <https://doi.org/10.4013/nbc.2015.101.05>

Ruchkys, Ú. A., Castro, P. D. T. A., dos Santos, D. J., & Rodrigues, J. D. S. B. (2018). Patrimônio em Geossistemas Ferruginosos: Potencial de Uso para o Geoturismo. *RELACult-Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade*, 4(2).

Ruiz, H. A. (2005a). Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo (Vol. 30)*.

Ruiz, H. A. (2005b). Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte+ argila). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(2), 297-300.

Salgado, A. A. R. (2006). *Estudo da Evolução do Relevo do Quadrilátero Ferrífero, MG–Brasil, Através da Quantificação dos Processos Erosivos e Denudacionais*. 2006. 101 f (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Geologia)–Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto).

Salgado, A. A. R., Braucher, R., Varajao, A. C., Colin, F., Varajao, A. F. D. C., & Nalini Jr, H. A. (2008). Relief evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brazil) by means of (10Be) cosmogenic nuclei. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 52(3), 317.

Salgado, A. A. R., Colin, F., Nalini Júnior, H. A., Braucher, R., Varajão, A. F. D. C., & Varajão, C. A. C. (2004). O Papel da Denudação Geoquímica no Processo de Erosão Diferencial no Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 5(1), 55–69. <https://doi.org/10.20502/rbg.v5i1.32>

Santos, D. J. dos, Ruchkys, Ú., & Travassos, L. E. P. (2021). Perfil Geoecológico do Parque Nacional da Serra do Gandarela, Minas Gerais, Brasil. *Sociedade & Natureza*, 33, e57012. <https://doi.org/10.14393/sn-v33-2021-57012>

Schaefer, C. E. G. R. (1997). Ecogeography and human scenario in notheast Roraima, Brasil | *Ciênc. cult. (São Paulo)*;49(4): 241-52, July-Aug. 1997. mapas, tab, graf | LILACS. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-199819>

Schaefer, C. E. G. R., Simas, F. N. B., Mendonça, B. A. F., Saboya, A. S., Ferreira Júnior, W. G., Nunes, J. A., & Correa, G. R. (2009). Geodiversidade dos ambientes de canga na região de Carajás–Pará. *Vale do Rio Doce*, 75.

Schaefer, C. E. G., de Lima Neto, E., Corrêa, G. R., Simas, F. N. B., Campos, J. F., de Mendonça, B. A. F., & Nunes, J. A. (2016). Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, 11(1), 85-101.

Schaefer, C. E., De Lima Neto, E., Resende, G., Ii, C., Nogueira, F., Simas, B., Ferreira, J., Iii, C., Furtado De Mendonça, B. A., & Alves Nunes, J. (2016). Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. *Geoenvironments, soils and carbon stocks at Serra Sul of Carajás, Para State, Brazil*. In Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat (Issue 11).

Semir, J. (1991). Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernoniaceae: Compositae). Campinas, SP, Instituto de Biologia, Universidade de Campinas. 515 f (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado em Ciências Biológicas).

Silva, M. F. F. D., & Rosa, N. D. A. (1989). Análise do estrato arbóreo da vegetação sobre jazidas de cobre na Serra dos Carajás.

Silva, R. R., & Tozzi, A. M. G. D. A. (2011). Uma nova espécie de *Mimosa* L. (Leguminosae, Mimosoideae) do Centro-Oeste do Brasil. *Hoehnea*, 38, 143-146.

Silva, M.F.F; Rosa, N.A.; Oliveira, J. 1987. Estudos botânicos na área do Projeto Ferro Carajás. 5. Aspectos florísticos da mata do rio Gelado, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Botânica*, 3(1): 1-20.

Sotchava, V. B. (1962). Definition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique. *Institute de Geographie de la Sibirie et Extrem Orient*, 3, 94-177.

Sotchava, V. B. (1978). Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. *Biogeografia*. São Paulo, (14), 1-24.

Souza, C. R., & Carmo, F. D. (2015). Geossistemas ferruginosos no Brasil. Geossistemas ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. *Belo Horizonte*, 31, 47-76.

Souza, D. T. (2009). Composição florística e estrutura dos capões de altitude no parque estadual do Rio Preto, Minas Gerais, Brasil (Doctoral dissertation, MSc Dissertation, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, BR (in Portuguese)).

Strahler, A. N., & Strahler, A. H. (1976). *Elements of physical geography*. Wiley.

Team, R. C. (2013). 2021. R: A language and environment for statistical computing.

Teixeira, W. A., & de Lemos Filho, J. P. (2013). A flórua rupestre do Pico de Itabirito, Minas Gerais, Brasil: lista das plantas vasculares. *Boletim de Botânica*, 31(2), 199-230.

Teixeira, W. A., & Lemos-Filho, J. P. (1998). Metais pesados em folhas de espécies lenhosas colonizadoras de uma área de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. *Rev. Árvore*, 22, 381-388.

Teixeira, W. A., & Lemos-Filho, J. P. (2002). Fatores edáficos e a colonização de espécies lenhosas em uma cava de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. *Revista Árvore*, 26(1), 25-33.

Tricart, J. L. (1981). *Paisagem e Ecologia: Igeo/USP*. São Paulo.

Udvardy, M. F. (1959). Notes on the ecological concepts of habitat, biotope and niche. *Ecology*, 725-728.

Valente, E. L. (2009). Relações solo-vegetação no Parque Nacional da Serra do Cipó, Espinhaço Meridional, Minas Gerais.

Vasconcelos, M. F. D. (2011). O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil?. *Brazilian Journal of Botany*, 34(2), 241-246.

Viana, P. L., & Lombardi, J. A. (2007). Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 58(1), 157-177.

Vicent, R. C. (2004). Florística, fitossociologia, e relações entre a vegetação e o solo em área de campo ferruginoso no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo).

Wickham, H., Chang, W., & Wickham, M. H. (2016). Package ‘ggplot2’. Create elegant data visualisations using the grammar of graphics. Version, 2(1), 1-189.

MATERIAL SUPLEMENTAR I

Tabela 6. Análise descritiva dos parâmetros físicos e químicos do solo por Geoambiente. Letras similares para um mesmo geoambiente indicam dissimilaridades ($P < 0.05$) através da aplicação do teste post-hoc de Dunn.

Parâmetro	CAP	CRF_Ab	CRF_A	CRF_G	HID	BAUX
Ca (cmol _e /dm ³)	0,609 ± 0,898bcd	1,5 ± 0,904bcf	1,157 ± 0,726abe	1,003 ± 0,516d	0,48 ± 0,2ef	0,639 ± 0,433ab
Mg (cmol _e /dm ³)	0,284 ± 0,432b	0,351abcef	0,163cd	0,133eg	0,06dfg	0,208 ± 0,17a
K (mg/dm ³)	41,025 ± 29,265a	39,258 ± 26,152c	38,179 ± 24,267b	35,097 ± 24,282d	53,4 ± 44,395e	7,072 ± 5,722abcde
Al (cmol _e /dm ³)	2,352 ± 1,064aefg	0,937 ± 0,471cf	0,898 ± 0,537be	0,77 ± 0,391d	1,331 ± 1,56g	0,848 ± 3,034abcd
H+Al (cmol _e /dm ³)	22,892 ± 4,991aefg	15,491 ± 3,918ceh	15,378 ± 5,26bd	12,411 ± 3,467f	12,34 ± 5,674gh	8,162 ± 3,797abc
M (%)	72,034 ± 20,954aefgh	34,73 ± 20,568cf	37,386 ± 17,567be	36,566 ± 14,378dg	39,48 ± 37,847h	13,435 ± 18,227abcd
Na (mg/dm ³)	9,832 ± 11,673a	7,964 ± 8,456cf	9,219 ± 12,101be	5,747 ± 7,785g	44,797 ± 37,476defg	0,866 ± 1,854abcd
MO (dag/Kg)	13,63 ± 7,299aefg	8,14 ± 3,745cf	10,472 ± 8,446be	8,535 ± 5,989g	15,431 ± 12,234d	4,713 ± 2,294abcd
P (mg/dm ³)	3,27 ± 1,712acdef	1,697 ± 1,072d	1,651 ± 1,165c	1,82 ± 0,784e	3,46 ± 2,776bf	1,247 ± 0,607ab
pH em água	4,326 ± 0,406aefg	4,574 ± 0,411ce	4,444 ± 0,425b	4,654 ± 0,392df	4,916 ± 0,53g	5,172 ± 0,304adcd
pH em KCl	3,768 ± 0,29aef	3,768 ± 0,326cgi	3,588 ± 0,284begh	3,741 ± 0,298dj	4,404 ± 0,489fhij	4,632 ± 0,367abcd
ΔpH	-0,559 ± 0,361def	-0,806 ± 0,278beh	-0,856 ± 0,307adg	-0,914 ± 0,247cfgi	-0,512 ± 0,15hi	-0,54 ± 0,322abc
SB (cmol _e /dm ³)	1,068 ± 1,314acde	2,129 ± 1,228bdf	1,545 ± 0,927c	1,396 ± 0,664efg	13,24 ± 0,9 ± 0,226g	0,908 ± 0,573ab
T (cmol _e /dm ³)	23,96 ± 4,847aefg	17,62 ± 3,771ceh	16,923 ± 5,695bd	13,808 ± 3,687fh	10,24 ± 5,688g	10,576 ± 9,762 ± 3,2abc
V (%)	4,596 ± 6,014abcd	12,837 ± 8,019c	9,222 ± 3,955b	10,24 ± 4,586d	8,09 ± 4,314	8,356a
Areia Grossa (kg/kg)	0,335 ± 0,093b	0,333 ± 0,111c	0,438 ± 0,168abcd	0,402 ± 0,137d	0,221 ± 0,187	0,292 ± 0,06a
Argila (kg/kg)	0,4 ± 0,083defh	0,308 ± 0,122begi	0,232 ± 0,099adg	0,206 ± 0,101cfij	0,47 ± 0,149hj	0,488 ± 0,063abc
Areia Fina (kg/kg)	0,054 ± 0,03b	0,108 ± 0,072abc	0,1 ± 0,1c	0,113 ± 0,111	0,069 ± 0,018	0,051 ± 0,008a
Silte (kg/kg)	0,251 ± 0,211 ± 0,071c	0,251 ± 0,096a	0,229 ± 0,092	0,278 ± 0,09bc	0,24 ± 0,09	0,169 ± 0,04ab

Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; HID: Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

Gráfico 10. Correlação de Pearson entre os parâmetros químicos do solo.

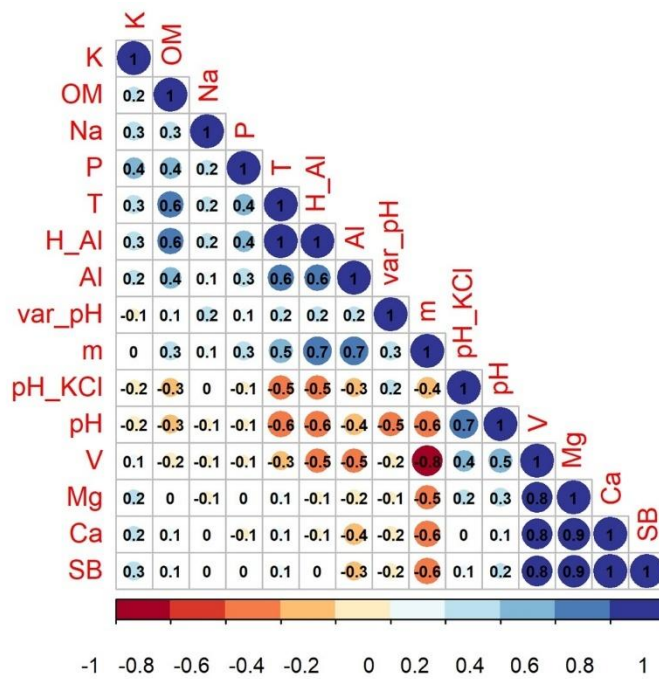


Gráfico 11. Análise de Componentes Principais para as variáveis químicas do solo e a correlação entre as variáveis e os eixos da ordenação.

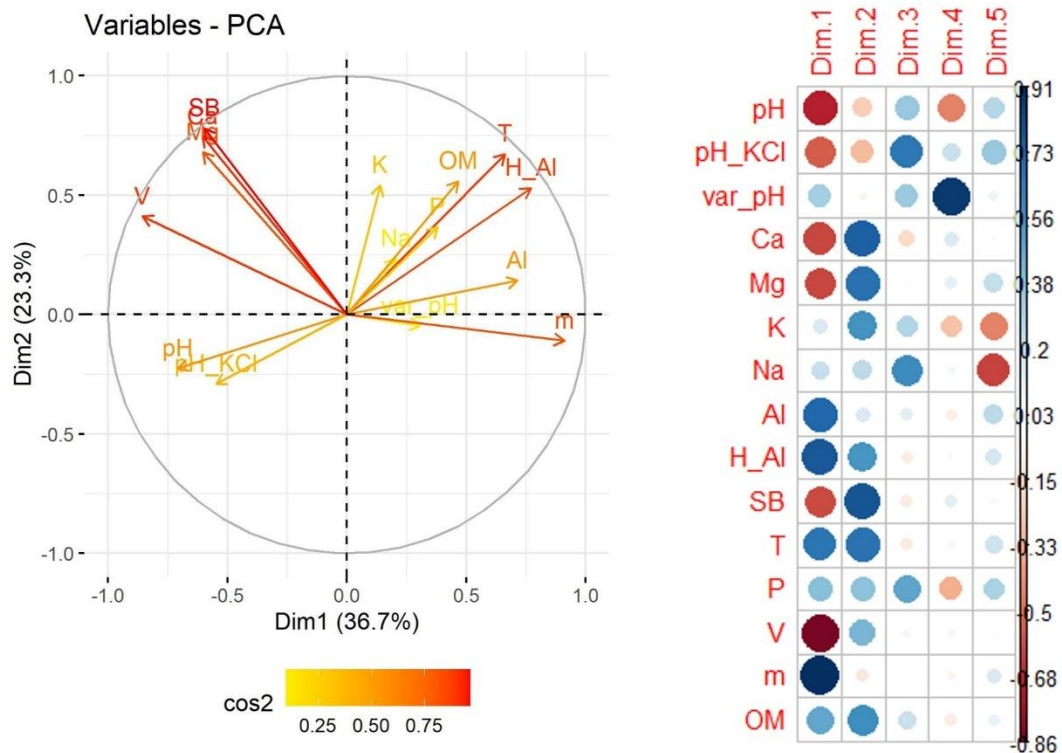


Gráfico 12. Correlação de Pearson entre os parâmetros físicos do solo.

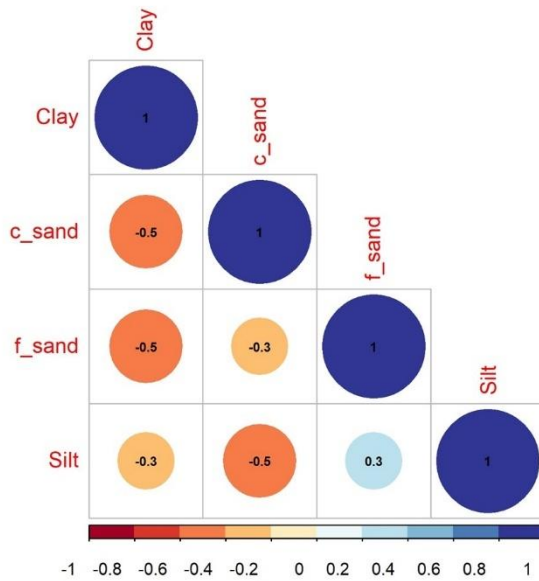


Gráfico 13. Análise de Componentes Principais para as variáveis físicas do solo e a correlação entre as variáveis e os eixos da ordenação.

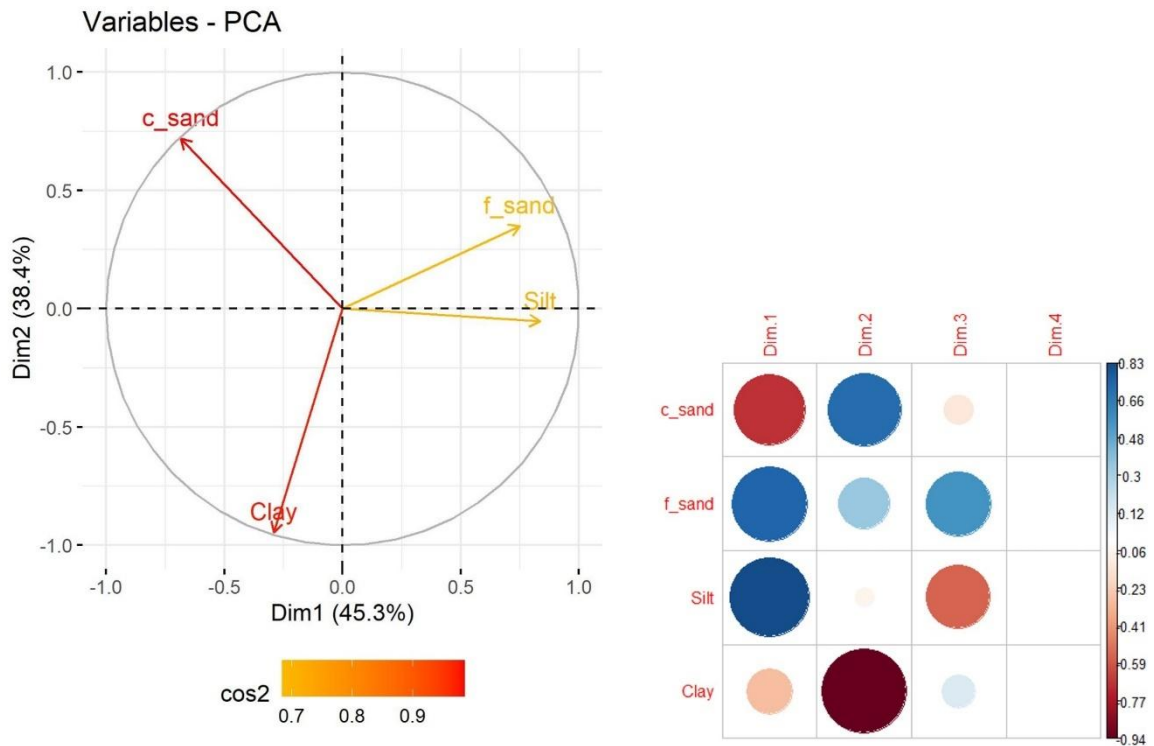


Tabela 7. Espécies Indicadoras – Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P_VALOR	SIGNIFICÂNCIA
<i>Melinis minutiflora</i>	MLN_MIN	0,862	0,0001	***
<i>Acritopappus longifolius</i>	ACR_LON	0,841	0,0001	***
<i>Hydrocotyle quinqueloba</i>	HYD QUI	0,642	0,0001	***
<i>Achyrocline satuireioides</i>	ACH_SAT	0,622	0,0002	***
<i>Polygala paniculata</i>	POL_PAN	0,606	0,0001	***
<i>Cuphea ingrata</i>	CPH_ING	0,601	0,0001	***
<i>Chamaecrista desvauxii</i>	CHA_DES	0,588	0,0001	***
<i>Lantana lundiana</i>	LAN_LUN	0,504	0,0020	**
<i>Eragrostis rufescens</i>	ERA_RUF	0,500	0,0005	***
<i>Urochloa decumbens</i>	URO_DEC	0,500	0,0004	***
<i>Hyptis sp.</i>	HYS_SP	0,486	0,0010	***
<i>Paepalanthus aequalis</i>	PEP_AEQ	0,462	0,0028	**
<i>Andropogon leucostachyus</i>	AND_LEU	0,446	0,0055	**
<i>Symphopappus brasiliensis</i>	SYM_BRA	0,431	0,0088	**
<i>Eremanthus glomerulatus</i>	ERE_GLO	0,429	0,0061	**
<i>Mimosa dolens</i>	MIM_DOL	0,410	0,0157	*
<i>Borreria verticillata</i>	BOR_VER	0,402	0,0188	*
<i>Achyrocline chionaea</i>	ACH_CHI	0,372	0,0377	*
<i>Baccharis crispa</i>	BAC_CRI	0,354	0,0200	*
<i>Euphorbia potentilloides</i>	EUP_POT	0,354	0,0200	*
<i>Plantago sp.</i>	PLT_SP	0,354	0,0200	*
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	PTD_GON	0,354	0,0201	*
<i>Stylosanthes guianensis</i>	STY_GUI	0,354	0,0200	*
<i>Polygala galioides</i>	POL_GAL	0,335	0,0332	*
<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	HAN_CRY	0,321	0,0389	*
<i>Trachypogon spicatus</i>	TRA_SPI	0,306	0,0413	*

Significância: *** - 0; ** - 0.001; * - 0,01.

Tabela 8. Espécies Indicadoras – Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas.

ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P_VALOR	SIGNIFICÂNCIA
<i>Alchornea triplinervia</i>	ALC_TRI	0,879	0,0001	***
<i>Prunus myrtifolia</i>	PRU_MYR	0,843	0,0001	***
<i>Clethra scabra</i>	CLE_SCA	0,835	0,0001	***
<i>Lamanonia ternata</i>	LMN_TER	0,802	0,0001	***
<i>Ocotea spixiana</i>	OCO_SPI	0,787	0,0001	***
<i>Ocotea odorifera</i>	OCO_ODO	0,778	0,0001	***
<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	PIM_PSE	0,767	0,0001	***
<i>Roupala montana</i>	ROU_MON	0,747	0,0001	***
<i>Siphoneugena densiflora</i>	SIP_DEN	0,738	0,0001	***

ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P_VALOR	SIGNIFICÂNCIA
<i>Piptocarpha macropoda</i>	PTC_MAC	0,697	0,0001	***
<i>Psidium cattleyanum</i>	PSI_CAT	0,692	0,0001	***
<i>Cupania ludowigii</i>	CPN_LUD	0,669	0,0001	***
<i>Inga schinifolia</i>	ING_SCH	0,669	0,0001	***
<i>Laplacea fruticosa</i>	LAP_FRC	0,661	0,0001	***
<i>Guatteria sellowiana</i>	GUA_SEL	0,658	0,0001	***
<i>Guapira opposita</i>	GUP_OPP	0,639	0,0001	***
<i>Ocotea corymbosa</i>	OCO_COR	0,607	0,0001	***
<i>Eugenia sonderiana</i>	EUG_SON	0,607	0,0001	***
<i>Amaioua guianensis</i>	AMA_GUI	0,585	0,0001	***
<i>Hyptidendron asperrimum</i>	HYD_ASP	0,585	0,0001	***
<i>Matayba guianensis</i>	MAT_GUI	0,585	0,0002	***
<i>Myrcia amazonica</i>	MYR_AMA	0,585	0,0001	***
<i>Pleroma candolleianum</i>	PLE_CAN	0,585	0,0002	***
<i>Byrsonima laxiflora</i>	BYR_LAX	0,570	0,0003	***
<i>Guatteria australis</i>	GUA_AUS	0,551	0,0009	***
<i>Myrceugenia ovata</i>	MEG_OVA	0,538	0,0011	**
<i>Vismia brasiliensis</i>	VIS_BRA	0,538	0,0011	**
<i>Myrsine guianensis</i>	MYS_GUI	0,525	0,0009	***
<i>Cabralea canjerana</i>	CAB_CAN	0,513	0,0008	***
<i>Hirtella gracilipes</i>	HIR_GRA	0,513	0,0009	***
<i>Humiriastrum dentatum</i>	HUM_DEN	0,513	0,0012	**
<i>Ocotea diospyrifolia</i>	OCO_DIO	0,513	0,0009	***
<i>Vitex polygama</i>	VIT_POL	0,513	0,0008	***
<i>Ilex affinis</i>	ILE_AFF	0,487	0,0007	***
<i>Ilex theezans</i>	ILE_THE	0,487	0,0009	***
<i>Ocotea divaricata</i>	OCO_DIV	0,487	0,0006	***
<i>Dalbergia foliolosa</i>	DAL_FOL	0,459	0,0044	**
<i>Geonoma schottiana</i>	GEO_SCH	0,459	0,0053	**
<i>Ilex cerasifolia</i>	ILE_CER	0,459	0,0045	**
<i>Symplocos celastrinea</i>	SYP_CEL	0,459	0,0030	**
<i>Tachigali rugosa</i>	TAC_RUG	0,459	0,0044	**
<i>Ilex sp.</i>	ILE_SP	0,444	0,0060	**
<i>Vochysia tucanorum</i>	VOC_TUC	0,437	0,0063	**
<i>Euplassa semicostata</i>	EPL_SEM	0,429	0,0078	**
<i>Mollinedia schottiana</i>	MOL_SCH	0,429	0,0076	**
<i>Ocotea aciphylla</i>	OCO_ACI	0,429	0,0065	**
<i>Pera glabrata</i>	PER_GLA	0,418	0,0127	*
<i>Guapira graciliflora</i>	GUP_GRA	0,413	0,0070	**
<i>Miconia latecrenata</i>	MIC_LAT	0,399	0,0114	*
<i>Myrcia pulchella</i>	MYR_OUL	0,399	0,0146	*
<i>Senna reniformis</i>	SEN_REN	0,399	0,0124	*
<i>Annona dolabripetala</i>	ANN_DOL	0,397	0,0053	**
<i>Dalbergia villosa</i>	DAL_VIL	0,397	0,0057	**

ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P_VALOR	SIGNIFICÂNCIA
<i>Dictyoloma vandellianum</i>	DYC_VAN	0,397	0,0057	**
<i>Eugenia cerasiflora</i>	EUG_CER	0,397	0,0061	**
<i>Matayba elaeagnoides</i>	MAT_ELA	0,397	0,0057	**
<i>Miconia cuspidata</i>	MIC_CUS	0,397	0,0051	**
<i>Miconia sp.</i>	MIC_SP	0,397	0,0055	**
<i>Macropelplus schwackeanus</i>	MPL_SCH	0,397	0,0059	**
<i>Myrcia multipunctata</i>	MYR_MUP	0,397	0,0057	**
<i>Nectandra oppositifolia</i>	NEC_OPP	0,397	0,0051	**
<i>Tovomitopsis saldanhae</i>	TOV_SAL	0,397	0,0053	**
<i>Solanum swartzianum</i>	SOL_SWA	0,381	0,0085	**
<i>Copaifera langsdorffii</i>	COP_LGD	0,363	0,0040	**
<i>Didymopanax calvus</i>	DID_CAL	0,363	0,0044	**
<i>Inga cylindrica</i>	ING_CYL	0,363	0,0045	**
<i>Inga sessilis</i>	ING_SES	0,363	0,0031	**
<i>Jacaranda macrantha</i>	JAC_MAC	0,363	0,0045	**
<i>Myrcia neoobscura</i>	MYR_NEB	0,363	0,0042	**
<i>Nectandra grandiflora</i>	NEC_GRA	0,363	0,0048	**
<i>Solanum cinnamomeum</i>	SOL_CIN	0,363	0,0047	**
<i>Casearia decandra</i>	CAS_DEC	0,345	0,0063	**
<i>Myrcia guianensis</i>	MYR_GUI	0,345	0,0061	**
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	APD_PAR	0,324	0,0398	*
<i>Cinnamomum haussknechtii</i>	CIN_HAU	0,324	0,0465	*
<i>Cinnamomum sp.</i>	CIN_SP	0,324	0,0457	*
<i>Cordia ecalyculata</i>	COD_ECA	0,324	0,0441	*
<i>Cupania vernalis</i>	CPN_VER	0,324	0,0458	*
<i>Inga edulis</i>	ING_EDU	0,324	0,0466	*
<i>Miconia buddlejoides</i>	MIC_BUD	0,324	0,0484	*
<i>Miconia cinnamomifolia</i>	MIC_CIN	0,324	0,0467	*
<i>Macropelplus dentatus</i>	MPL_DEN	0,324	0,0489	*
<i>Ocotea sp.</i>	OCO_SP	0,324	0,0484	*
<i>Miconia sp. 5</i>	MIC_SP5	0,324	0,0420	*
<i>Cordia elliptica</i>	COR_ELL	0,229	0,0499	*
<i>Croton floribundus</i>	CRO_FLO	0,229	0,0448	*
<i>Mollinedia sp.1</i>	MOL_SP1	0,229	0,0499	*
<i>Solanum sp.3</i>	SOL_SP3	0,229	0,0473	*
<i>Ormosia arborea</i>	ORM_ARB	0,229	0,0484	*
<i>Cyathea corcovadensis</i>	CYA_COR	0,229	0,0468	*
<i>Miconia sp. 4</i>	MIC_SP4	0,229	0,0474	*

Significância: *** - 0; ** - 0.001; * - 0,01.

Tabela 9. Espécies Indicadoras – Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo.

ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P VALOR	SIGNIFICÂNCIA
<i>Erythroxylum gonocladum</i>	ERY_GON	0,751	0,0001	***
<i>Lippia hermannioides</i>	LIP_HER	0,741	0,0001	***
<i>Coccoloba acrostichoides</i>	COC_ACR	0,717	0,0001	***
<i>Ichnanthus bambusiflorus</i>	ICH_BAM	0,716	0,0001	***
<i>Myrceugenia alpigena</i>	MEG_ALP	0,699	0,0001	***
<i>Leandra cancellata</i>	LEA_CAN	0,687	0,0002	***
<i>Cordia concolor</i>	COR_CON	0,665	0,0001	***
<i>Myrcia subcordata</i>	MYR_SUB	0,640	0,0002	***
<i>Ouratea semiserrata</i>	OUR_SEM	0,618	0,0002	***
<i>Dasyphyllum sprengelianum</i>	DAS_SPR	0,618	0,0003	***
<i>Lantana fucata</i>	LAN_FUC	0,576	0,0003	***
<i>Brunfelsia brasiliensis</i>	BRU_BRA	0,573	0,0006	***
<i>Coccocypselum lanceolatum</i>	CCS_LAN	0,570	0,0007	***
<i>Solanum cladotrichum</i>	SOL_CLA	0,553	0,0015	**
<i>Pleroma cardinale</i>	PLE_CAR	0,541	0,0004	***
<i>Clidemia hirta</i>	CLI_HIR	0,485	0,0038	**
<i>Gomesa ramosa</i>	GOM_RAM	0,485	0,0038	**
<i>Aristolochia smilacina</i>	ARS_SMI	0,479	0,0068	**
<i>Palicourea tetraphylla</i>	PLC_TET	0,447	0,0029	**
<i>Koanophyllon adamantium</i>	KOA_ADA	0,443	0,0036	**
<i>Neomarica glauca</i>	NEO_GLA	0,427	0,0090	**
<i>Myrcia montana</i>	MYR_MON	0,403	0,0224	*
<i>Ditassa mucronata</i>	DIT_MUC	0,396	0,0219	*
<i>Peixotoa tomentosa</i>	PEI_TOM	0,383	0,0282	*
<i>Koanophyllon thysanolepis</i>	KOA_THY	0,374	0,0356	*
<i>Myrsine lancifolia</i>	MYS_LAN	0,359	0,0161	*
<i>Vismia parviflora</i>	VIS_PAR	0,338	0,0148	*
<i>Verbesina floribunda</i>	VER_FLO	0,336	0,0344	*
<i>Eremanthus crotonoides</i>	ERE_CRO	0,327	0,0218	*
<i>Eriope macrostachya</i>	ERI_MAC	0,322	0,0289	*
<i>Solanum subumbellatum</i>	SOL_SUB	0,318	0,0388	*
<i>Campomanesia rufa</i>	CAM_RUF	0,316	0,0222	*
<i>Smilax oblongifolia</i>	SMI_OBL	0,316	0,0214	*
<i>Senecio pohlii</i>	SEM_POH	0,310	0,0421	*

Significância: *** - 0; ** - 0,001; * - 0,01.

Tabela 10. Espécies Indicadoras – Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso.

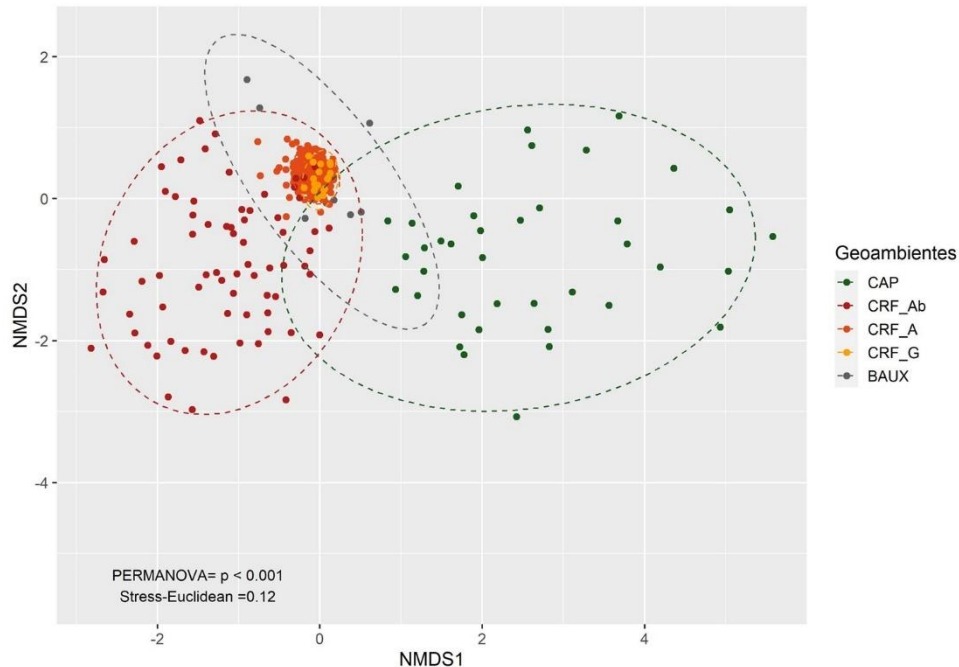
ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P_VALOR	SIGNIFICÂNCIA
<i>Vellozia albiflora</i>	VEL_ALB	0,744	1,00E-04	***
<i>Vellozia caruncularis</i>	VEL_CAR	0,343	0,0547	.
<i>Psyllocarpus laricoides</i>	PSL_LAR	0,335	0,0693	.
<i>Vellozia graminea</i>	VEL_GRA	0,329	0,0848	.
<i>Sporobolus sp.</i>	SPO_SP	0,229	0,0681	.
<i>Xyris sp.1</i>	XYR_SP1	0,229	0,0636	.

Significância: *** - 0; ** - 0.001; * - 0,01.

Tabela 11. Espécies Indicadoras – Campo Rupestre Ferruginoso Aberto.

ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P_VALOR	SIGNIFICÂNCIA
<i>Baccharis serrulata</i>	BAC_SER	0,374	0,0877	.

Significância: *** - 0; ** - 0.001; * - 0,01.

Gráfico 14. NMDS para os dados de composição de espécies indicadoras por Geoambiente.

Legenda: CAP: Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; CRF_Ab: Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; CRF_A: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; CRF_G: Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; BAUX: Áreas de Extração Bauxita e Piçarra.

CAPÍTULO II

Para além dos Geoambientes: Geobiótopos Associados ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela

Flávio Dayrell Gontijo, Carlos Ernesto Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer

RESUMO – A análise de parâmetros de diversidade através da perspectiva geoambiental tem se mostrado estratégica para a compreensão das interações entre os fatores físicos, biológicos e antrópicos, subsidiando inclusive a delimitação de áreas destinadas à conservação. Neste sentido, o objetivo geral deste trabalho é caracterizar as propriedades edáficas e os padrões florísticos associados às menores unidades geoambientais homogêneas e perceptíveis na paisagem (geobiótopos), que compõem o Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela. Foram mapeados, neste estudo, 17 geobiótopos que, de forma geral, cujos solos denotaram assinaturas químicas e principalmente físicas favorecem a formação de um *continuum* vegetacional, marcado também por um gradiente de riqueza de espécies vegetais, no sentido dos ambientes florestados para os ambientes arbustivos e, por fim, rupestres. O estudo evidenciou, ainda, i) a relevância dos solos no controle da oferta de recursos no contexto do Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela, com destaque para a matéria orgânica que assume maior importância quando associada aos geoambientes florestados; e ii) o papel desempenhado pela carapaça laterítica (canga), na estruturação dos solos e, logo, da comunidade vegetal rupestre. Esta última análise foi corroborada a partir de dados obtidos em áreas degradadas para extração de bauxita e piçarra localizadas no topo da Serra do Gandarela, que mostraram que mesmo quando submetidos a condições ambientais adequadas e após longo prazo (décadas) de intervenção, os ambientes anteriormente lateríticos, quando degradados, apresentam baixa resiliência, pois se tornam ambientes oligotróficos, floristicamente muito simplificados.

Palavras-chave: Geodiversidade

Complexo Rupestre

Propriedades edáficas

Composição Florística

INTRODUÇÃO

Os Geossistemas Ferruginosos compreendem unidades espaciais cujo substrato litológico é essencialmente constituído por rochas ferruginosas, como formações ferríferas bandadas (BIFs) ou itabiritos, cangas, jaspilitos, metadiamicritos ferruginosos, filitos ferruginosos, dentre outros (Ruchkys et al., 2018). São constituídos por formações geológicas originadas principalmente no Arqueano (2,7 – 2,6 Ga) e Paleoproterozóico (2,5 Ga a 540 Ma.). No Brasil os principais geossistemas ferruginosos distribuem-se nos estados do Pará (Serra dos Carajás), na Bahia (Caetité), Mato Grosso do Sul (Morraria de Urucum) e em Minas Gerais (Quadrilátero Ferrífero, Bacia do Rio Santo Antônio e Vale do Rio Peixe Bravo) (Souza & Carmo, 2015).

O QF, por sua vez, está situado, na porção meridional da cadeia do Espinhaço, abrangendo uma área de cerca de 7.200 km² (Almeida, 1977). Compreende uma importante província mineral de complexa geologia, dentre as quais se destacam as rochas do Supergrupo Minas, de idade proterozóica que, por sua vez, são constituídas por rochas metassedimentares (quartzitos, xistos, filitos e formações ferríferas) (Alkmim e Marshak, 1998).

Além da riqueza geológica, o QF abriga ainda uma elevada diversidade de caracteres hidrológicos, pedológicos e geomorfológicos que, somados à sua inserção biogeográfica, caracterizada por uma grande zona de transição entre dois grandes domínios morfoclimáticos brasileiros: o Cerrado, em sua borda oeste e o domínio dos Mares de Morros Florestados em sua borda leste, refletem uma elevada heterogeneidade florística e fitofisionômica (Azevedo, et al. 2012; Jacobi & Carmo, 2012; Klein e Ladeira, 2000), razão pela qual a região é também classificada como uma área prioritária para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais (Drummond et al., 2005).

Dentre as formações que compõem esta macrorregião (QF), destacam-se os “Campos Rupestres”, termo cunhado por Magalhães (1966) para designar o tipo de vegetação associada a afloramentos quartzíticos, característicos na Serra do Espinhaço. De acordo com Giulietti et al. (1997) tratam-se de formações vegetais predominantemente herbáceo-arbustivas que se desenvolvem sobre afloramentos rochosos ou sobre solos primários, em geral acima dos 900 metros de altitude em relação ao nível do mar.

Os Campos Rupestres ocorrem de forma disjunta pelo território brasileiro. Em Minas Gerais, são encontrados ao longo das serras do Espinhaço, Canastra, Ibitipoca, São João Del-Rei, nas serras da Formação Tiradentes e no Quadrilátero Ferrífero, onde estão associados não somente a afloramentos quartzíticos, mas também ferríferos (Vasconcelos, 2011; Azevedo et al., 2012, Messias et al., 2012). Quando associados a solos ferruginosos (ou à canga), estas

formações são designadas como Campos Ferruginosos (*sensu Rizzini 1979*), recebendo também outras nomenclaturas diversas, como: Savana Metalófila (Porto & Silva 1989), Vegetação Metalófila (da Silva, 1992), Vegetação de Bancada Laterítica (Silva & Tozzi 2011), Campos Rupestres Ferruginosos, Campos Rupestres sobre Formação Ferrífera, ou até mesmo Campo Rupestre sobre Canga.

Neste sentido, os Campos Rupestres Ferruginosos, são aqueles que se desenvolvem sobre afloramentos rochosos ou sobre solos primários associados a formações ferríferas, com diferentes graus de desagregação da rocha (Ataíde et al., 2011), podendo diferir quanto à composição florística de acordo com a natureza do substrato (p.ex. itabirito ou canga). Constituem um ambiente caracteristicamente adverso ao estabelecimento de plantas, condicionado por alta incidência de radiação solar e por substratos inférteis, com nenhuma ou pequena capacidade de acumulação de água, baixa disponibilidade de matéria orgânica e concentrações elevadas de metais pesados (Teixeira & Lemos-Filho 2002; Vincent, 2004). Muitas espécies apresentam, por isso, adaptações morfológicas e/ou fisiológicas ao ambiente adverso, como folhas coriáceas ou suculentas, modificações de órgãos em estruturas de reserva, pilosidade densa nas folhas e ramos e até anatomia Kranz, das espécies com metabolismo CAM (Larcher, 1995) ou alta capacidade de reter metais pesados em seus tecidos (Teixeira & Lemos-Filho, 1998; Vincent, 2004).

Diversos estudos como Brandão (1990; 1992; 1997), Vincent (2004), Mourão & Stehmann (2007), Jacobi et al. (2007), Viana & Lombardi (2007), Jacobi & Carmo (2008), Jacobi et al (2008), Borsali (2012), Messias et al. (2012), Jacobi & Carmo (2012), Carmo & Jacobi (2013), Carmo (2014), Carmo & Kamino (2015); Messias & Carmo (2015), Carmo et al. (2018) e Lopes (2019) forneceram insumos imprescindíveis ao conhecimento da elevada diversidade florística desses ambientes, identificando que além da elevada diversidade alfa as cangas apresentam uma alta diversidade beta (Jacobi & Carmo, 2008), decorrentes do isolamento, e provavelmente de variações climáticas e mineralógicas do substrato ferruginoso (Vilela et al., 2004).

A cobertura vegetal nesses ambientes é caracterizada por um mosaico de comunidades vegetais que pode variar muito em poucos metros quadrados em resposta à topografia, declividade, microclima e natureza do substrato. De acordo com Mourão e Stehmann (2007), estas formações normalmente não constituem uma vegetação homogênea, e sim um mosaico de comunidades relacionadas e controladas pela topografia, declividade, microclima e natureza do substrato. Ainda, a presença e a densidade do estrato arbustivo estão relacionadas com a existência e a profundidade de solo entre os afloramentos rochosos (Mourão e Stehmann, 2007).

Diversos estudiosos do tema, já destacados acima, desenvolveram em seus estudos, análises comparativas entre padrões de riqueza associados às cangas nodulares ou couraçadas (*sensu Rizzini 1979*), identificando que mesmo quando associadas a uma mesma fitofisionomia, a vegetação pode apresentar composições florísticas e estrutura bastante diferenciadas (Viana & Lombardi, 2007; Vincent, 2004; Mourão & Stehmann, 2007). É importante destacar, portanto, que o geossistema ferruginoso compreende um complexo ambiental dinâmico, cuja diversidade, tanto geológica como biológica, é altamente dependente da escala, pressuposto básico que possui correlação com as concepções postuladas por diversos autores, como Bertrand & Tricart (1968), Bertrand (2004), Sotchava (1962; 1978), Tricart (1981), onde diferentes escalas de abordagem culminam em diferentes classificações de ordens de grandeza, que devem ser consideradas para enquadramento e dimensionamento dos geossistemas.

Destacam-se, ainda no contexto das formações ferríferas associadas aos geossistemas ferruginosos, as formações florestais que se apresentam como capões florestais de mata isolados ou na forma de trechos delgados e sinuosos ao longo de fendas de rochas e linhas de drenagens. No primeiro caso compõem ambientes únicos, caracterizados por ilhas de florestas inseridas em uma matriz predominantemente campestre (Coelho et al., 2018), que se encontra submetida a diferentes regimes hídricos e sob maior influência de fatores como o fogo.

Autores como Meguro et al. (1996); Souza (2009); Valente (2009) e Coelho et al. (2016) indicaram que estes ambientes apresentam composição florística muito similar à das Florestas Semidecíduais do domínio Atlântico, porém estão submetidas a regimes nebulares mais intensos, fato que está associado, de forma geral ao gradiente altitudinal a que usualmente estão submetidas.

De forma geral, no contexto do QF, os Campos Rupestres estão situados na porção cimeira da paisagem, resultado do caráter pontual de distribuição do substrato que o suporta (lateritas ferruginosas e itabiritos da formação Cauê) (Foto 19). Trata-se de um domínio que, frente a seu posicionamento na paisagem, se encontra em franco processo de desmonte pela erosão geológica. Barbosa & Rodrigues (1967) destacam, ainda, que os elementos físicos da paisagem do Quadrilátero Ferrífero (QF), principalmente o relevo e vegetação, estão intimamente relacionados com a complexa geologia da região, sendo o relevo também um resultado da erosão diferencial (Salgado, 2006), de forma que os quartzitos e itabiritos constituem o substrato das terras altas, os xistos e filitos compreendem o substrato das terras de altitude mediana e as terras baixas estão moldadas sobre os granito-gnaisses. No entanto embora estas relações tenham sido abordadas a partir de uma perspectiva de evolução do relevo

(Salgado et al., 2004; 2008), de acordo com Lamounier et al (2010), ainda foram poucas as abordagens em termos de vegetação.

Foto 19. Contexto de inserção dos Campos Rupestres Ferruginosos na paisagem. Via de regra, os Campos Rupestres Ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero estão associados aos topos de Morro, como pode ser observado nesta foto da região da Serra do Gandarela.



Neste contexto, a análise da geobiodiversidade através da perspectiva geoambiental mostra-se estratégica à medida que aborda os componentes físicos e as inter-relações destes com os elementos naturais que revestem essas paisagens. A análise da dinâmica de ambientes associados a formações ferríferas, através da aplicação do conceito de geossistemas (*sensu* Bertrand, 1972), tem sido utilizada em maior escala na Amazônia e na região de Carajás (Ribeiro, 2009; Brandão et al., 2010; Campos e Castilho, 2012; Schaefer et al., 2016), e mostrou-se estratégica na compreensão das interações entre os fatores físicos, biológicos e antrópicos que compõem o Complexo Rupestre Ferruginoso, subsidiando inclusive a delimitação de áreas destinadas à conservação. No contexto do Quadrilátero Ferrífero, destaca-se o estudo de Pereira (2010), que buscou integrar os fatores físico-químicos do meio à distribuição das diferentes fisionomias que recobrem áreas com influência de substrato litológico constituído por rochas ferruginosas.

Nesta abordagem conceitual, Bertrand (1972) propõe um sistema de classificação hierárquica composto por três níveis taxonômicos superiores: Zona, Domínio e Região Natural;

e três níveis inferiores: Geossistemas, Geofácies e Geótopos. O Geossistema é definido como a unidade geoambiental resultando de uma combinação local de elementos únicos de vários subsistemas, que interagem (p.ex.: declividade, clima, substrato, hidrologia) e têm uma dinâmica comum (geomorfogênese e pedogênese similares), além de estarem submetidas ao mesmo tipo de influência antrópica. A geofácia corresponde a setores fisionomicamente homogêneos do Geossistema, também sendo frequentemente reconhecido como Geoambiente (Schaefer, 1997; Dias et al., 2002; Brandão et al., 2010; Mendonça et al., 2013; Rodrigues et al., 2015; Schaefer et al., 2016). Por fim, os Geótopos, são considerados a menor unidade geoambiental homogênea perceptível na paisagem. De uma perspectiva biogeográfica, os geótopos podem ser comparados aos biótopos, como uma referência ao espaço físico em que todo, uma parte ou nenhum nicho de uma determinada espécie pode ocorrer (Udvardy, 1959). Neste estudo, adotou-se, para esta última subunidade, a terminologia Geobiótopo, a qual deriva da fusão de ambos os conceitos, uma vez que nosso objetivo está também relacionado à compreensão das dinâmicas e interações entre fatores físicos e biológicos da paisagem.

OBJETIVOS

O objetivo geral deste capítulo é explorar as características edáficas associadas às subunidades geoambientais (Geobiótopos) que compõem o Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela, através de suas propriedades edáficas e respectivas composições florísticas.

De forma mais detalhada, objetiva-se testar responder às seguintes perguntas norteadoras:

i) Os Geobiótopos se constituem como unidades edáficas distintas, com propriedades físicas e químicas individualizáveis?

ii) Os Geobiótopos se constituem como unidades floristicamente individualizáveis?

Busca-se, a partir do desenvolvimento deste trabalho, o desenvolvimento de uma proposta de classificação hierárquica mais detalhada da vegetação associada aos geossistemas ferruginosos.

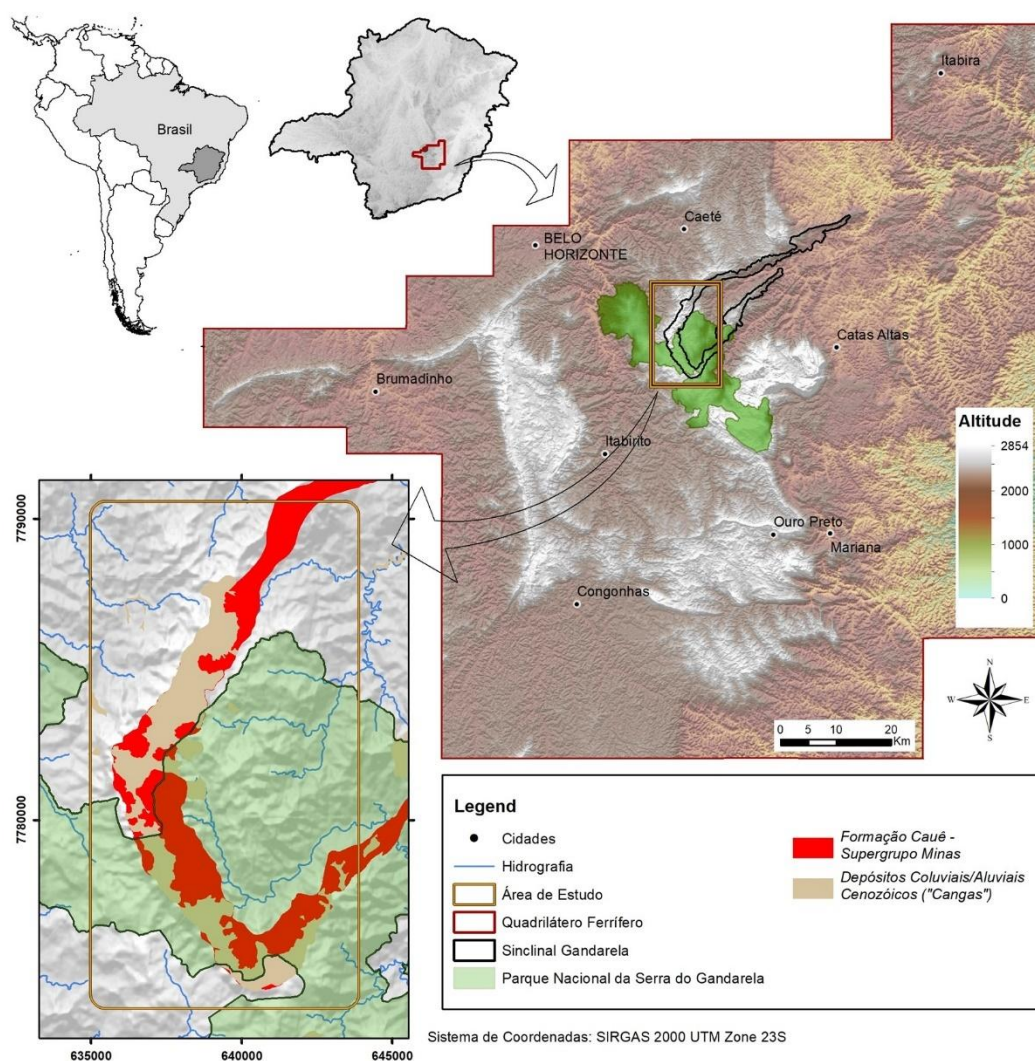
MATERIAL E MÉTODOS

Área de Estudo

O presente estudo foi desenvolvido ao longo do Geossistema Ferruginoso da borda oeste do Sinclinal Gandarela (Dorr, 1969) (20°3'S, 43°42"W), o qual compreende a porção leste do Quadrilátero Ferrífero (QF), uma importante província mineral do estado de Minas Gerais que

comporta cerca de 72% das reservas de minério de ferro brasileiras (Souza & Carmo, 2015) (Figura 14).

Figura 14. Área de Estudo. Localização da área de estudo em relação ao Quadrilátero Ferrífero e ao Sinclinal Gandarela.



O QF consiste em um complexo metamórfico (granito-gnaisses arqueanos) associados a dois supergrupos de formações supracrustais (Dorr, 1969): o supergrupo arqueano Rio das Velhas e o supergrupo Minas, paleoproterozóico, marcado por formações ferríferas bandadas. Processos de intemperismo e erosão, associados com as diferentes litologias, condicionaram a moldagem dos complexos compartimentos morfoestruturais encontrados no QF (Medina et al., 2005; Lamounier et al., 2010; Salgado et al., 2004). Dentre estes compartimentos, podemos citar o Sinclinal Gandarela (SG), que se destaca principalmente pelos seguintes atributos identificados na sequência.

a) Presença de uma alça central deprimida, formando um grande anfiteatro erosivo e deposicional alinhado de NE-SW, onde rochas dolomíticas, mais susceptíveis ao intemperismo, foram erodidas e rebaixadas pelas drenagens remontantes (Foto 20 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Foto 20. Visão Geral da porção interior do Sinclinal Gandarela. Na porção interior do Sinclinal Gandarela são encontradas rochas dolomíticas, mais susceptíveis ao intemperismo e que, por isso, foram erodidas e rebaixadas em relação às cotas topográficas adjacente.



b) Presença de uma superfície cimeira, em forma de ferradura, entre as mais elevadas do QF, associadas aos substratos ferruginosos (cangas e itabiritos), sob as quais ocorrem formações campestres, também conhecidas como “Cangas” (Foto 21 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Tratam-se de ambientes submetidos a um conjunto severo de filtros ambientais e onde se observa uma elevada diversidade de habitats, condicionados não somente pela natureza do substrato (Mourão & Stehmann, 2007), mas também por caracteres de ordem topográfica, capacidade de retenção de água e condições microclimáticas (Conceição & Giulietti 2002; Conceição & Pirani 2005, Alves & Kolbek 2009 apud Teixeira & Lemos 2013).

Foto 21. Campos Rupestres Ferruginosos. Presença de Campos Rupestres Ferruginosos nas cotas altimétricas mais elevadas da paisagem.



c) Inserção em uma região ecotonal, marcada pela transição de dois grandes domínios morfoclimáticos brasileiros: a “Mata Atlântica” e o “Cerrado”, ambos considerados Hotspots de biodiversidade (Mittermeier et al., 1999; Myers et al., 2000). Há, nesta região, um evidente gradiente climático, com maior florestamento nas porções a leste, em direção ao domínio Atlântico; e aumento da expressão savânica na direção oeste, especialmente nos patamares e encostas externas do Sinclinal Gandarela, onde ocorrem, de forma geral, filitos muito intemperizados, associados a formações savânicas típicas (Cerrados l.s.) (Foto 22). Essa característica transicional, associada ao complexo conjunto de fatores abióticos são, por sua vez, responsáveis pela ocorrência de uma maior diversidade de formas de vida (Longman & Jenik, 1992) e uma maior diversidade florística (Carmo, F.F. & Jacobi, 2013; Carmo, 2010).

Foto 22. Encosta oeste do Sinclinal Gandarela. Presença de formações tipicamente savânicas associadas aos filitos ocorrentes nas encostas e patamares externos da Serra do Gandarela.



De acordo com Santos et al. (2021), a área de estudo está situada majoritariamente no compartimento denominado “Depressão Suspensa do Sinclinal Gandarela”, com destaque para as coberturas associadas aos depósitos elúvio-coluviais, formados por fragmentos de hematita e itabirito cimentados por limonita (canga), que caracterizam as superfícies aplainadas e sustentam as grandes altitudes do relevo, chegando a 1.600 m.

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Strahler-Strahler, 1989), o clima é categorizado como Cwb – Subtropical de Altitude, com temperaturas médias abaixo de 22 °C (71.6 °F) durante todos os meses do ano, e pelo menos quatro meses com médias acima de 10 °C (50 °F). A média do mês mais frio compreende temperaturas acima de 0 °C (32 °F). Ocorrem duas estações definidas, uma chuvosa (outubro a abril) e outra tipicamente seca (maio a setembro). A média pluviométrica anual varia entre 1.450 and 1.650 mm (INMET, 2018).

Unidades Geoambientais Associadas ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela

A estratificação das unidades geoambientais foi realizada a partir da análise integrada de aspectos pedológicos, geomorfológicos e de distribuição das fisionomias vegetais, sendo que estes aspectos foram, em uma primeira etapa, identificados através de observações diretas de campo, onde foram percorridos diversos trechos da área em estudo. Foram, neste contexto,

delimitados cinco (5) geoambientes, sendo quatro (4) associados a formações vegetacionais nativas e um (1) composto por áreas tipicamente antropizadas pela extração de Bauxita e Piçarra. Em uma classificação hierárquica inferior, estão os geobiótopos, em número de 17 (Tabela 12 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Conforme apresentado no capítulo anterior, o Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela compreende quatro Geoambientes, a saber: i) Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas; ii) Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo; iii) Campo Rupestre Ferruginoso Aberto; Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso; iv) Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa. Além destes ocorrem também Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra. Em uma escala mais detalhada, ocorrem também geobiótopos, que se caracterizam como as menores unidades homogêneas diretamente visualizadas no terreno. Assemelham-se aos geótopos *sensu* Bertrand (1972), sendo o último nível da escala tempo-espacial, que apresentam condições diferentes do geossistema e dos geoambientes em que se encontram.

O objetivo deste trabalho constitui analisar a relação entre as propriedades edáficas e as biocenoses dos geobiótopos associados ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela. Contudo, estas análises serão realizadas somente para os Geoambientes que compõem o Campo Rupestre Ferruginoso, a saber: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo e Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso. Além disso, foram também considerados os dados obtidos nas áreas de Extração de Bauxita e Piçarra, com vistas ao estabelecimento de uma linha de um referencial. Os geobiótopos associados às Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas e Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa serão descritos, porém não analisados neste estudo.

Tabela 12. Chave de Classificação das Unidades Geoambientais associadas ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela.

Geoambiente	Geobiótopo	Código Geobiótopo
<i>Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (CRF_A)</i>	<i>Encostas com campo rupestre aberto de Lychnophora em blocos de canga liquenizada</i>	<i>A_LYC</i>
	<i>Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae</i>	<i>A_BAR</i>
	<i>Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de Vellozia (V. compacta)</i>	<i>A_VEL</i>
	<i>Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga</i>	<i>A_MIM</i>
	<i>Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada</i>	<i>A_CGD</i>

Geoambiente	Geobiótopo	Código Geobiótopo
<i>Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso (CRF_G)</i>	<i>Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de Vellozia gramínea, V. tragacantha ou V. albiflora em canga degradada.</i>	<i>G_GRV</i>
	<i>Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto gramíneo ou couraça afluente</i>	<i>G_GRM</i>
	<i>Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada</i>	<i>Ab_TIP</i>
	<i>Topos e encostas colúviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica</i>	<i>Ab_DBA</i>
<i>Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo (CRF_Ab)</i>	<i>Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada</i>	<i>Ab_DCG</i>
	<i>Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito</i>	<i>Ab_ITA</i>
	<i>Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas</i>	<i>Ab_ILH</i>
	<i>Vale suspenso com capão florestal sobre canga degradada em topo serrano</i>	<i>CAP_VS</i>
<i>Matas e Capões Florestais de Canga no Topo e Encostas (CAP)</i>	<i>Encostas colúviais e tálus misto com capão florestal alto em canga degradada e itabirito dolomítico</i>	<i>CAP_AL</i>
	<i>Topos e encostas colúviais com capão florestal baixo em canga degradada</i>	<i>CAP_BX</i>
<i>Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa (HID)</i>	<i>Vegetação semi-lacustre em canga</i>	<i>HID</i>
<i>Áreas de extração de bauxita e piçarra (BAUX)</i>	<i>Áreas de extração de bauxita e piçarra</i>	<i>BAUX</i>

O geoambiente mais representativo e diverso é o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, cujos geobiótopos, representam variações da geofoma e drenagem (topos, encostas, patamares inundáveis), de substrato (canga compacta, fragmentada, lajeiro, itabirito decomposto) ou estruturais, ligadas à composição do extrato herbáceo ou arbustivo.

Os geobiótopos identificados e mapeados no Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (Geoambiente) variaram conforme a topografia e os nichos de solos ocupados por espécies características. Abaixo encontram-se representados os geobiótopos associados ao Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (Figura 15; Figura 16; Figura 17; Figura 18; Figura 19).

Figura 15. Topos e Encostas de Canga com Campo Rupestre Aberto de Vellozia (V. compacta).

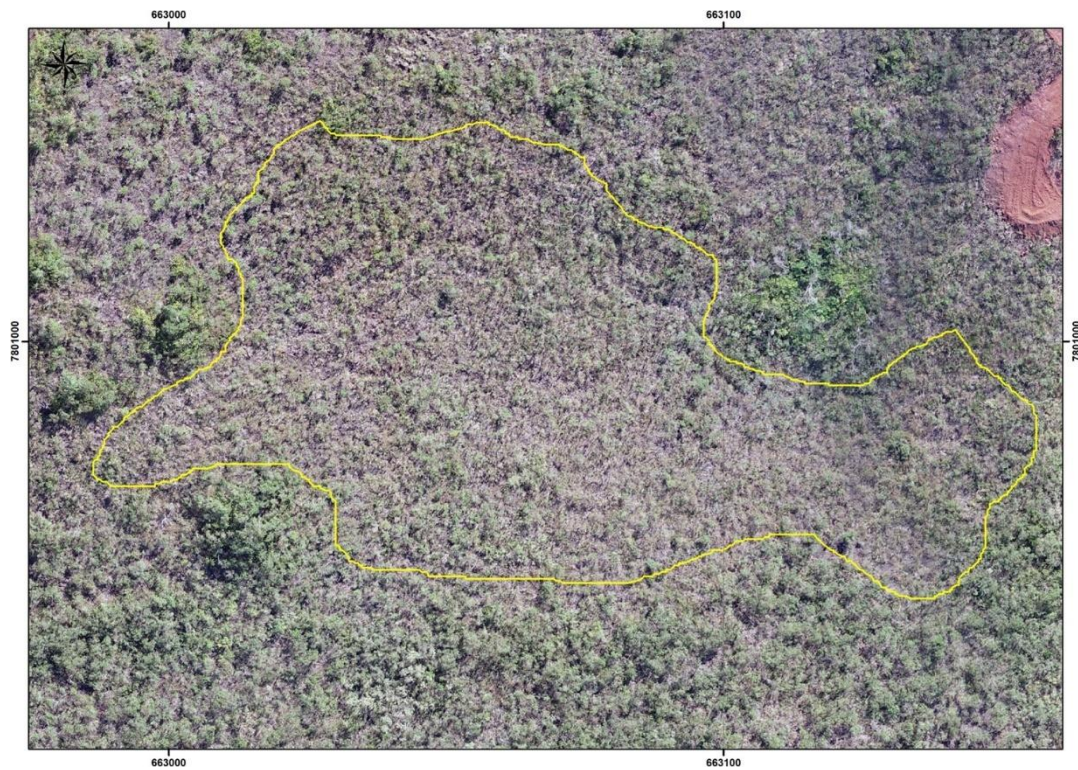


Figura 16. Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada.

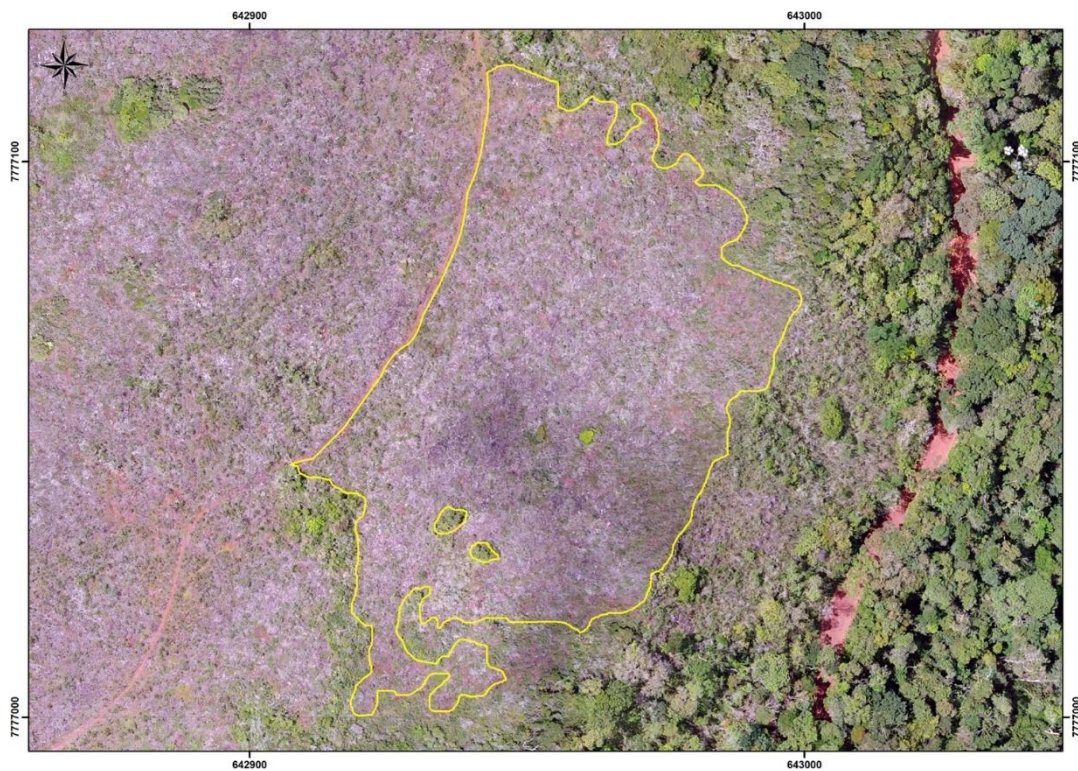


Figura 17. Encostas com campo rupestre aberto de *Mimosa* em blocos de Canga. Indivíduos de *Mimosa calodendron* Mart. ex Benth. identificados com os círculos vermelhos.

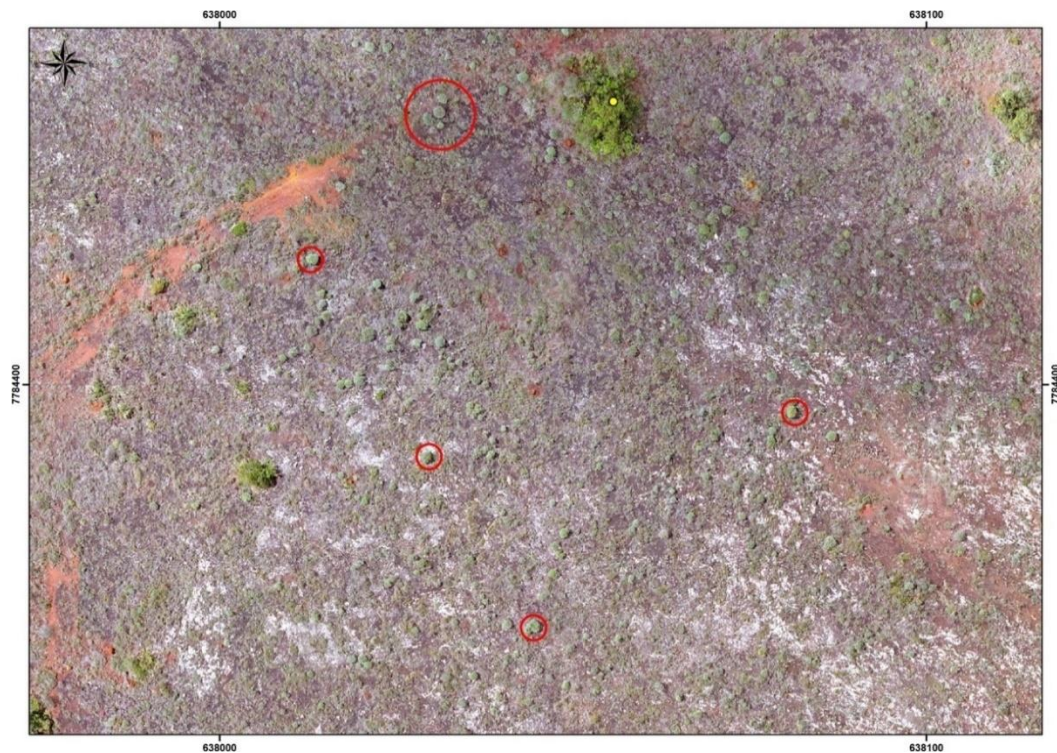


Figura 18. Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liqüenizada.

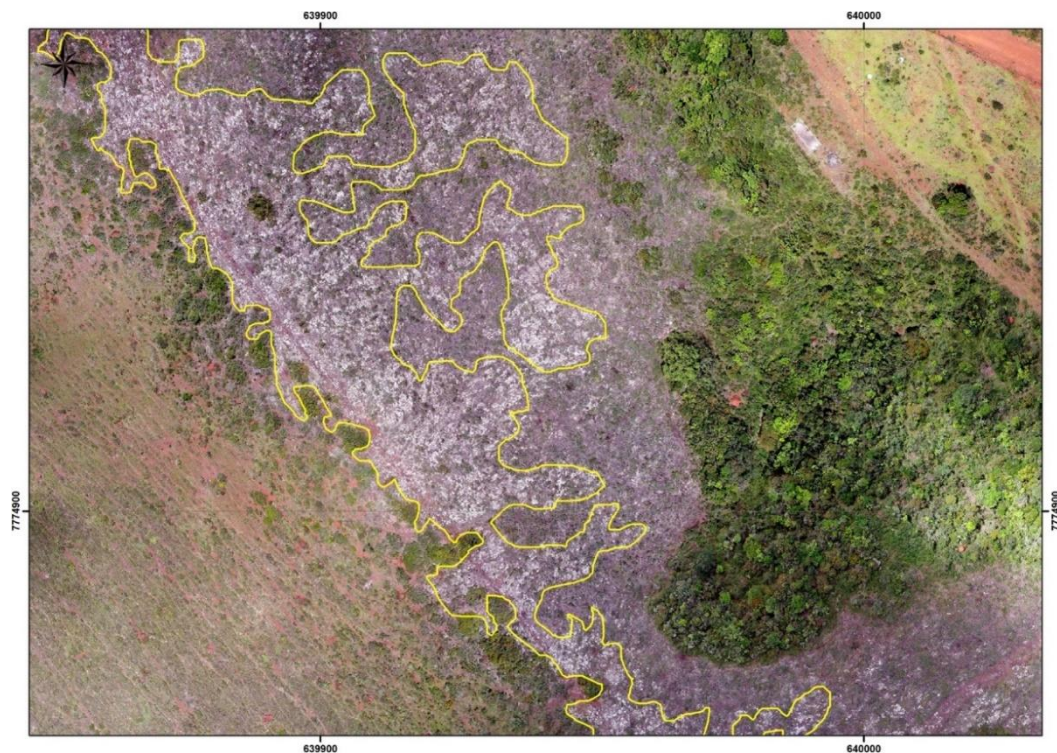
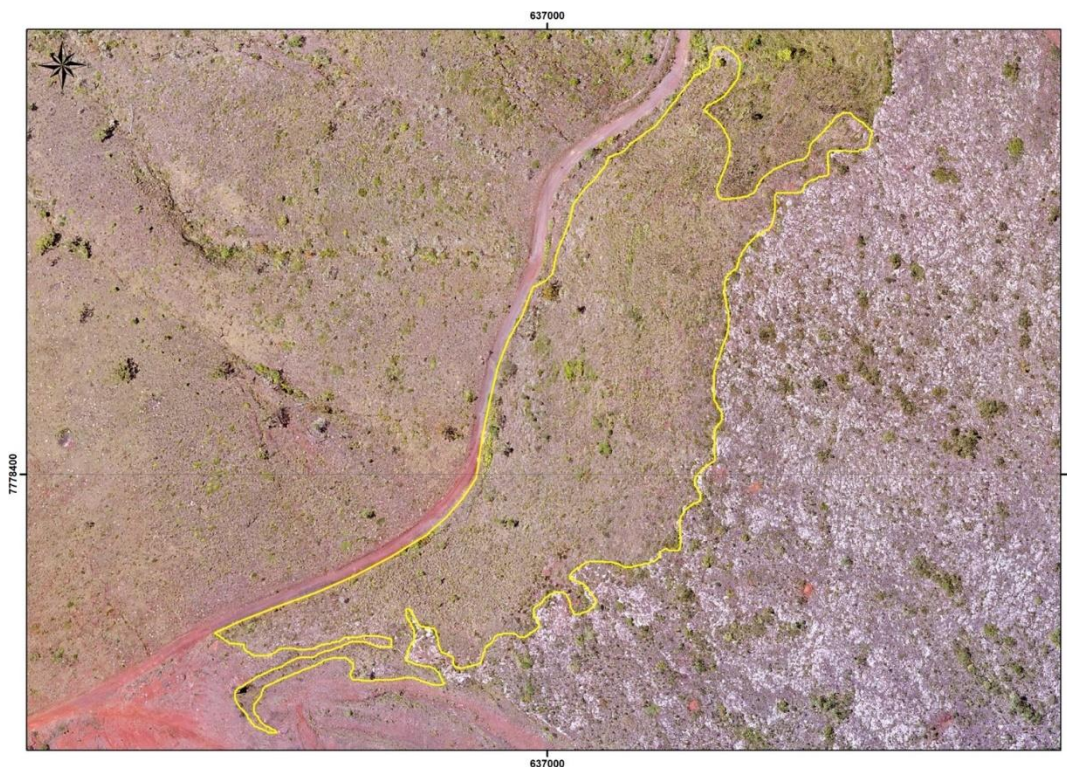


Figura 19. Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae.



O Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso é composto essencialmente por espécies herbáceas, com destaque para a ocorrência de *Vellozia Graminea* Pohl, *Vellozia tragacantha* (Mart. ex Schult. & Schult.f.) Mart. ex Seub. e *Vellozia albiflora* Pohl. Em determinados locais, a depender da topografia, podem apresentar características hidromórficas durante o período chuvoso que os aproximam dos Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa.

Os geobiótopos identificados e mapeados no Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso estão representados na Figura 20 e Figura 21.

Figura 20. Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto gramíneo ou couraça aflorante.

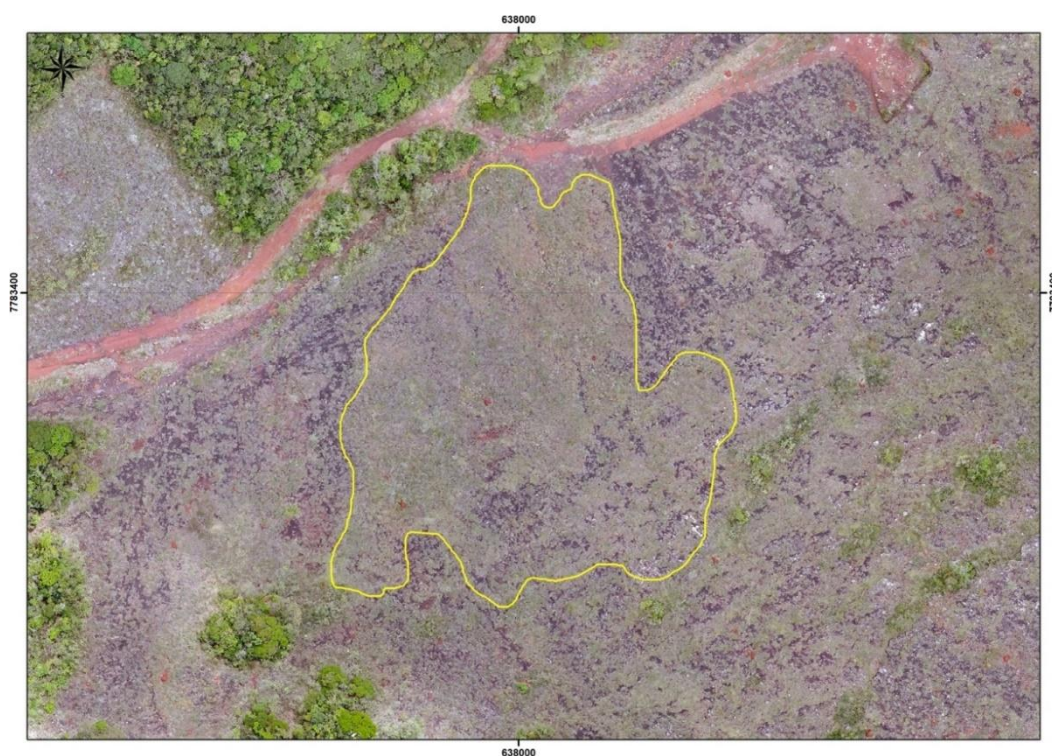


Figura 21. Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de *Vellozia graminea*, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga degradada.



O Geossistema Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo compreende uma variação que abrange ambientes de escube típico até ambientes mais densamente povoados. Ocorrem também em diferentes substratos, variando de canga degradada, sobre canga bauxítica ou itabirito alterado. Representam, no contexto da área de estudo, ambientes de transição entre os geoambientes florestados e abertos, e de forma geral, associados a solos de profundidade mediana, entre os dois extremos mencionados.

São geossistemas impactados pelas atividades de extração de bauxita nos anos 70 e 80, que se encontram em graus muito variáveis de conservação, difíceis de serem aferidos de forma sistemática por toda a área.

O menor número de geobiótopos já traduz, portanto, maior homogeneidade estrutural e fisionômica, em comparação aos geoambientes abertos, mais tipicamente herbáceos.

Os geobiótopos identificados e mapeados no Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo estão representados na Figura 22, Figura 23, Figura 24, Figura 25 e Figura 26.

Figura 22. Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito.

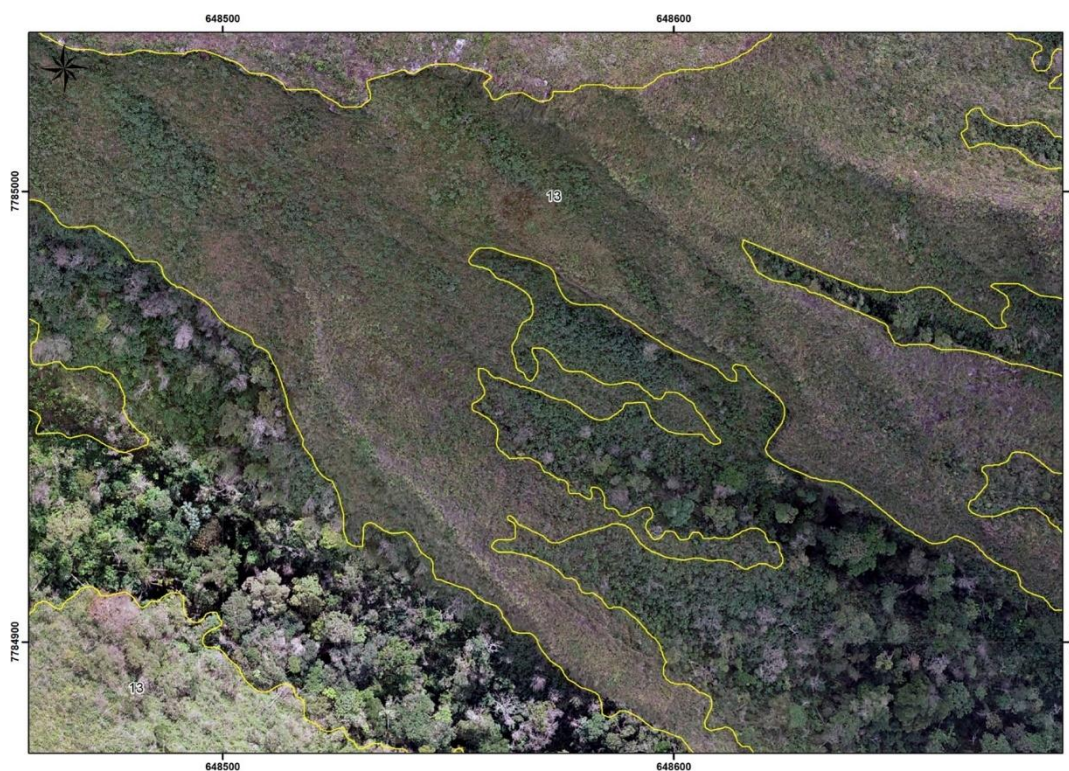


Figura 23. Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada.

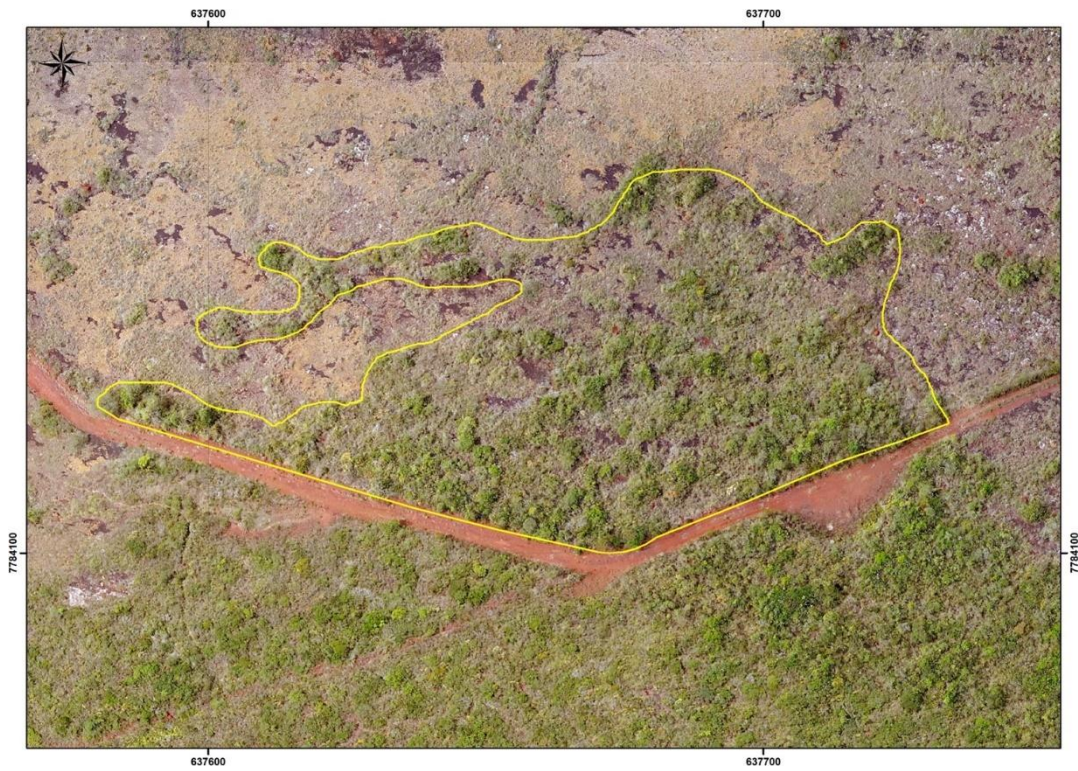


Figura 24. Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica.

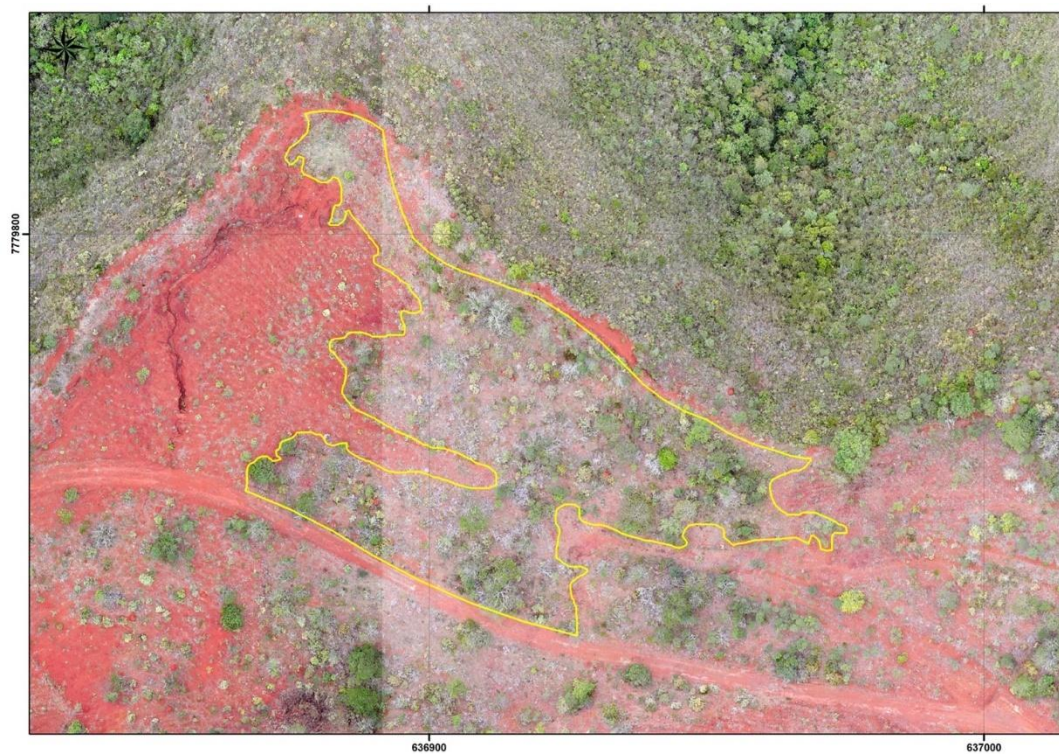


Figura 25. Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada.

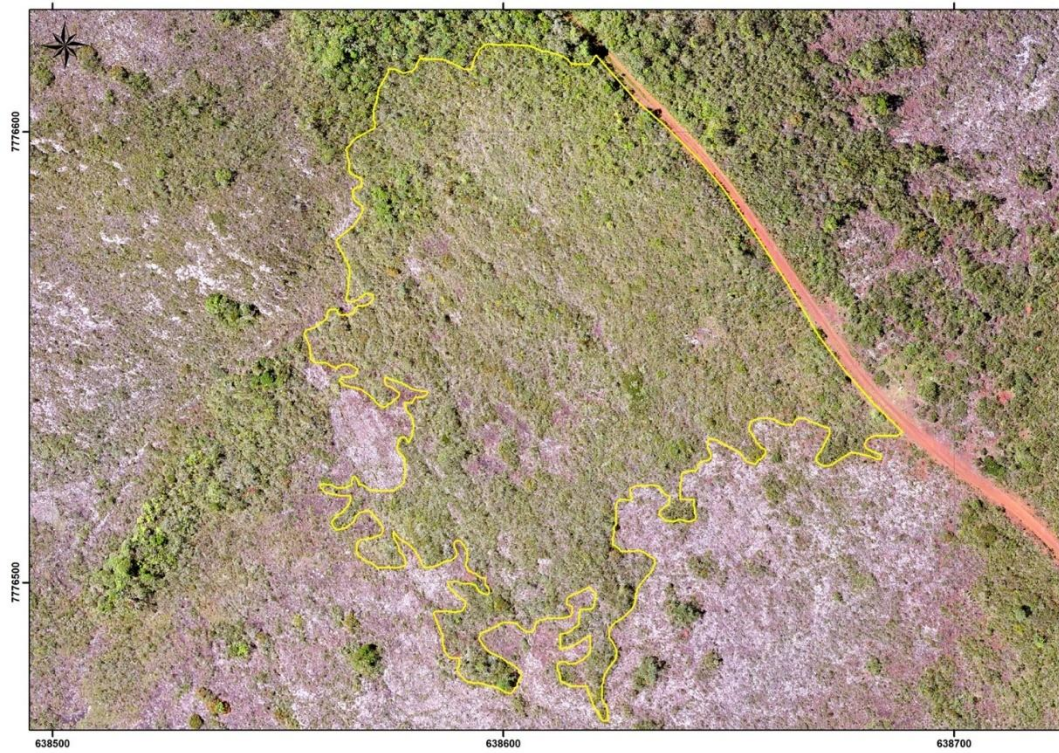
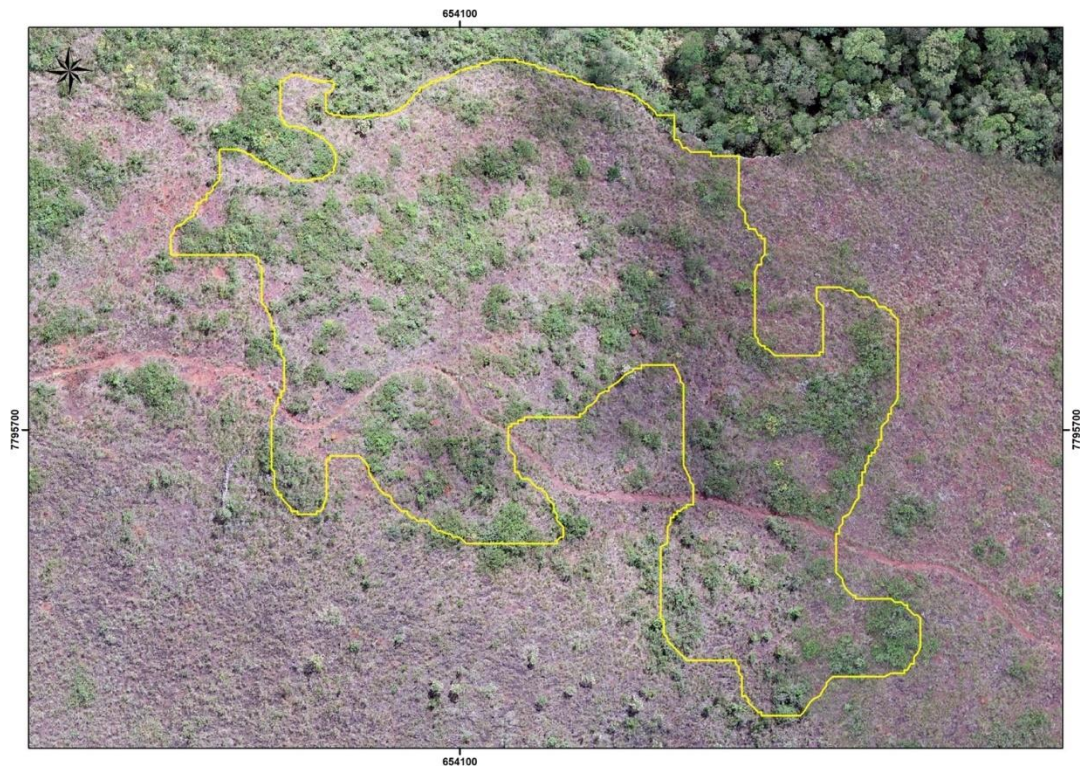


Figura 26. Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em Ilhas.



Os geoambientes de Matas e Capões Florestais do Complexo Rupestre Ferruginoso ocorrem tanto no topo quanto nas encostas. Quando no topo, variam de Vales suspensos, com drenagem limitada e solos profundos e ricos em matéria orgânica, até o Capão Florestal Baixo ou Alto em canga degradada, em solos de maior profundidade e bem drenados. Quando nas encostas, recobrem as encostas médias e altas em tálus e colúvios em canga degradada.

Os geobiótopos identificados e mapeados no Geoambiente Matas e Capões Florestais no Topo e Encostas estão representados na Figura 27, Figura 28, Figura 29. Cabe ressaltar que estes geobiótopos não constituem escopo dos objetivos propostos.

Figura 27. Vale suspenso com capão florestal sobre canga degradada em topo serrano.

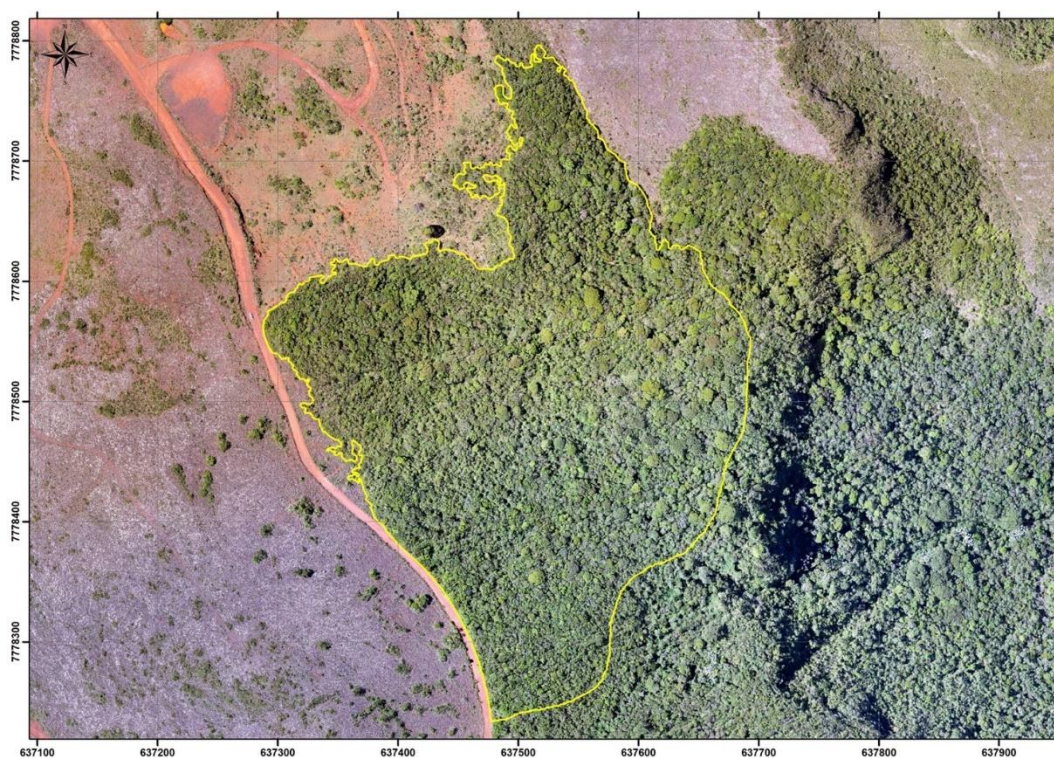


Figura 28. Topos e encostas coluviais com capão florestal baixo em canga degradada.

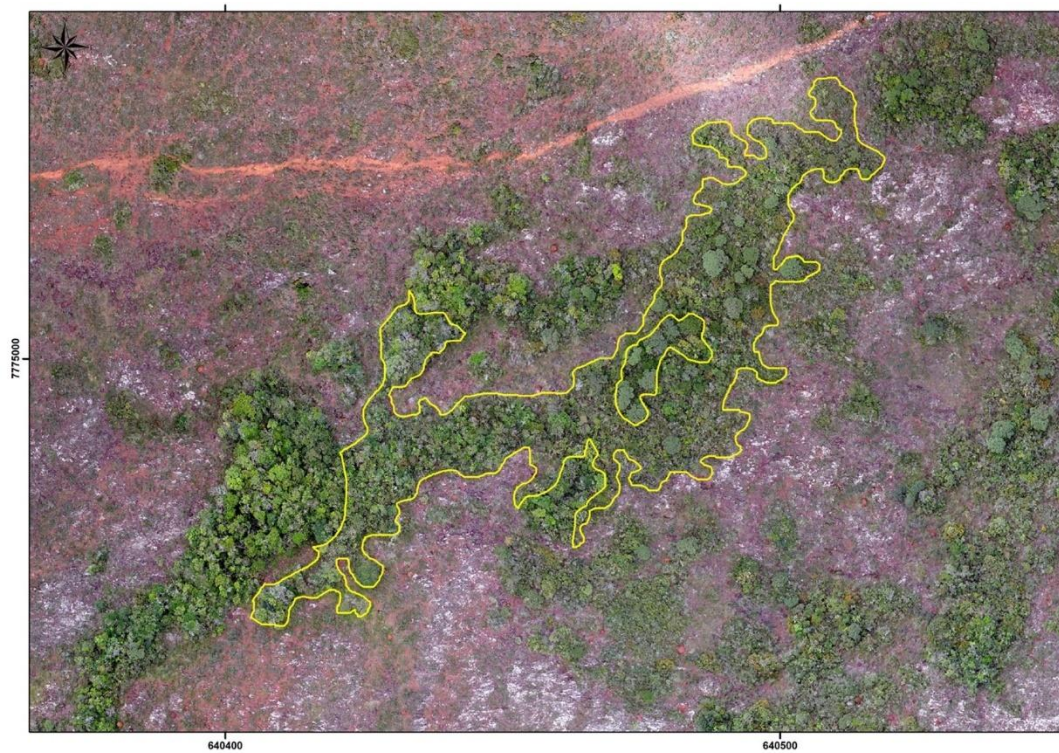


Figura 29. Encostas coluviais e tálus misto com capão florestal alto em canga degradada e itabirito dolomítico.



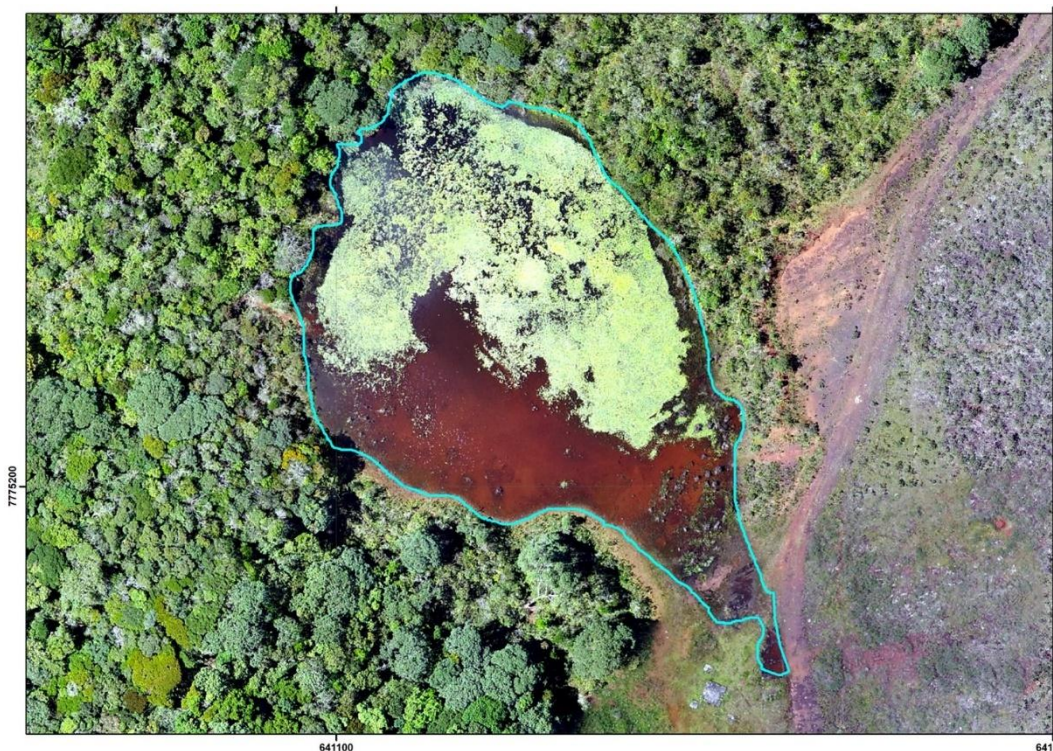
O último geoambiente identificado foi representado por Ambientes Hidromórficos em canga ferruginosa, e abrange um geobiótopo higrófilo intermitente (Vegetação Semi-Lacustre em Canga) (Figura 30) e outro hidrófilo (Lagos e Brejos Permanentemente Inundáveis) (Figura 31 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) que serão, neste estudo, tratados como um ambiente único.

No contexto estudado, estas unidades ocupam áreas de expressão muito limitada, embora tenham importância por prover recursos hídricos nas partes mais elevadas da serra.

Figura 30. Vegetação semi-lacustre em canga.



Figura 31. Lagos e brejos permanentemente inundáveis.



Ocorrem, por fim, dentro do Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela, trechos impactados por atividades de extração de bauxita, que remontam aos anos 70. Tratam-se de ambientes bastante simplificados, essencialmente ocupados por espécies exóticas e/ou invasoras, como *Melinis minutiflora* P.Beauv. e *Urochloa decumbens* (Stapf) R.D.Webster. Contudo, foram também identificadas espécies nativas dos ambientes circundantes, e espécies tipicamente ruderais, colonizando estes ambientes, com destaque para *Acritopappus longifolius* (Gardner) R.M.King & H.Rob., *Eragrostis rufescens* Schrad. ex Schult., *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC., *Cuphea ingrata* Cham. & Schtdl., *Axonopus siccus* (Nees) Kuhlm., *Trichogonia hirtiflora* (DC.) Sch.Bip. ex Baker, *Lantana lundiana* Schauer, *Baccharis reticularia* DC., dentre outras (Foto 23 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Foto 23. Áreas de extração de bauxita e piçarra.



Delimitação das Unidades Geoambientais

Após o reconhecimento dos padrões em campo foram sistematizados procedimentos para a delimitação de cada unidade geoambiental. Essa delimitação foi realizada sob ortofotos obtidas através de sobrevoos de drone (DJI – Phantom 4 PRO) em toda a região de estudo, respeitando a escala mínima de 1:2500. Com base na interpretação das imagens, foram estabelecidos padrões, baseados na textura, forma e tonalidade, para cada uma das classes previamente definidas. Estes padrões foram então replicados para a área de estudo. Optou-se por não gerar classificação automática, sendo a vetorização realizada diretamente em tela. O mapeamento elaborado foi lançado em mapas e validado através de visitas complementares a campo.

A digitalização do mapa de Geoambientes foi realizada através dos programas ArcMap 10.2. O mapa final foi projetado no sistema UTM e datum SIRGAS 2000 / 23S.

Análises de Solo

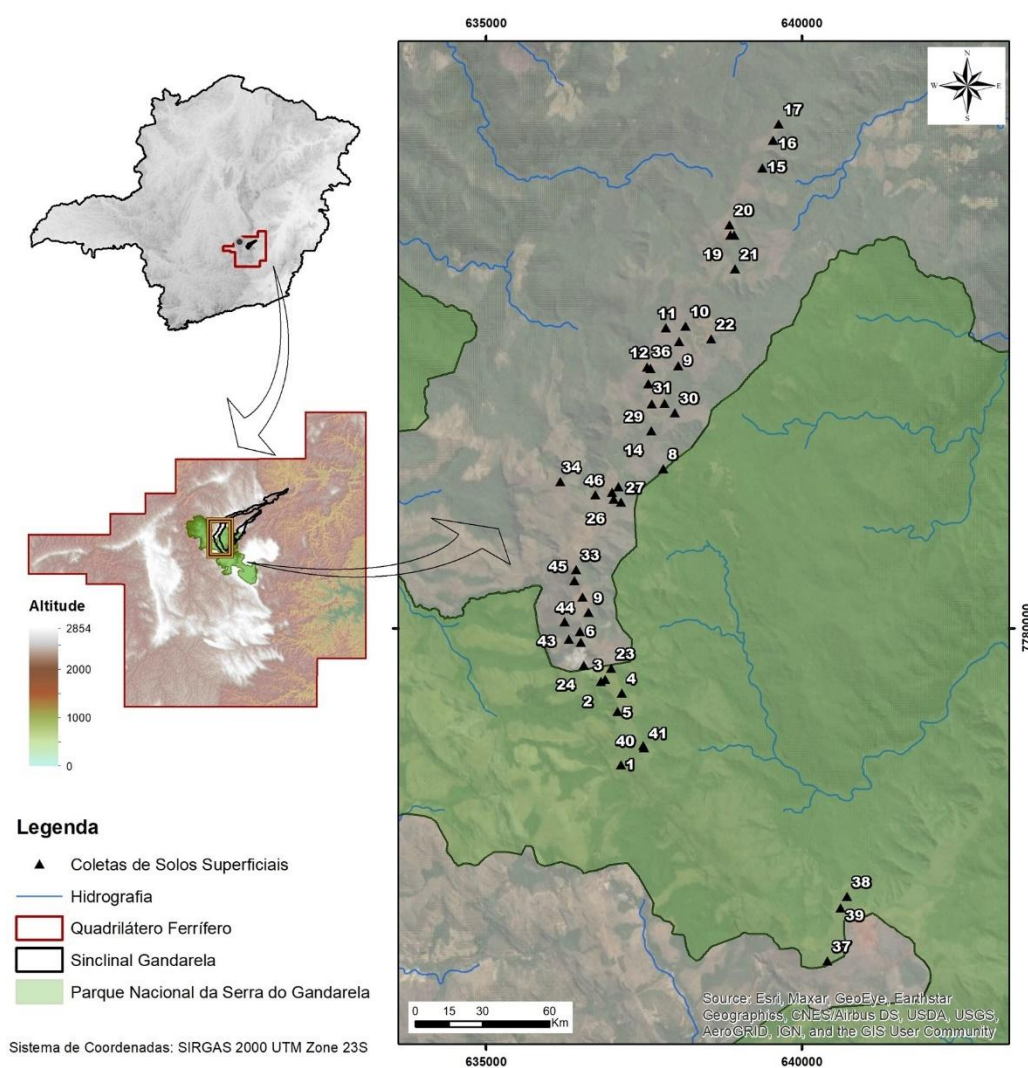
Para obtenção dos parâmetros relacionados à fertilidade e textura dos solos foram obtidas amostras de solo superficial (0-20 cm de profundidade) ao longo dos geoambientes previamente mapeados, buscando-se também a completa representatividade de geoambientes. Foram coletadas amostras ao longo de 46 pontos, cujas coordenadas encontram-se apresentadas

na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** Tabela 16 (Material Suplementar II). A Figura 8 apresenta a localização dos pontos de coleta de solo superficial.

As amostras de solo foram coletadas entre novembro de 2017 e agosto de 2021 e encaminhadas ao departamento de solos da Universidade Federal de Viçosa.

As amostras coletadas foram secas ao ar, destorroadas e passadas por uma peneira com malha de 2 mm, para obtenção da terra fina, que foi submetida a análise de acordo com os métodos descritos por EMBRAPA (2013). A análise textural foi realizada por peneiramento e método da pipeta, porém, com utilização de agitação lenta (50 rpm) por 16 horas (RUIZ, 2005a) e determinação do silte por pipetagem (RUIZ, 2005b), e não por diferença.

Figura 32. Pontos de Coletas de Solo Superficial. Localização dos pontos de coletas de amostras de solo superficial.



A argila dispersa em água foi determinada seguindo metodologia descrita para análise granulométrica, com agitação rápida (12000 rpm por 15 minutos) e suprimindo-se o uso do dispersante químico.

O pH foi determinado em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹ em suspensão solo/solução na proporção 1:2,5. Os cátions trocáveis foram extraídos por KCl 1 mol L⁻¹ e quantificados por espectrometria de absorção atômica (Ca²⁺ e Mg²⁺) e por titulometria com NaOH (Al³⁺). O Na⁺, extraído com solução de acetato de amônio 1,0 mol L⁻¹ a pH 7,0, foi quantificado por fotometria de chama. A acidez potencial (H⁺ + Al³⁺) extraída por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0 e quantificada por titulometria com NaOH. P disponível e K⁺ trocável foram extraídos pelo Mehlich⁻¹, onde P foi quantificado pelo método do ácido ascórbico, como descrito por Kuo (1996), e K⁺ determinado por fotometria de chama. O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado após a determinação do C orgânico pelo método Walkley Black, sem aquecimento

A partir dos resultados obtidos foram calculadas as variáveis: soma de bases (SB) e saturação por bases (V); capacidade de troca catiônica a pH 7 – CTC - (T); além de saturação por alumínio (m).

Composição Florística

Os dados florísticos que subsidiaram os estudos foram obtidos através de levantamentos fitossociológicos realizados na área de estudo. Foram considerados dados coletados em 357 parcelas de amostragem, cujas coordenadas encontram-se apresentadas na Tabela 17 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** (Material Suplementar II). A Figura 34 apresenta a localização dos pontos de amostragem fitossociológica.

O levantamento compreendeu espécies ocorrentes em todos os estratos (herbáceo, arbustivo, arbóreo, escandente e epifítico) através da implantação de 357 parcelas de 100 m² (20 m x 5 m). Cada parcela foi subdividida em quatro faixas de 5,0 m x 5,0 m, sendo mensurada em cada faixa 1 (uma) subparcela de 1,0 m² (1,0 m x 1,0 m). A Figura 33 apresenta o modelo esquemático das parcelas utilizadas para análise fitossociológica.

Figura 33. Modelo esquemático da parcela para avaliação fitossociológica.

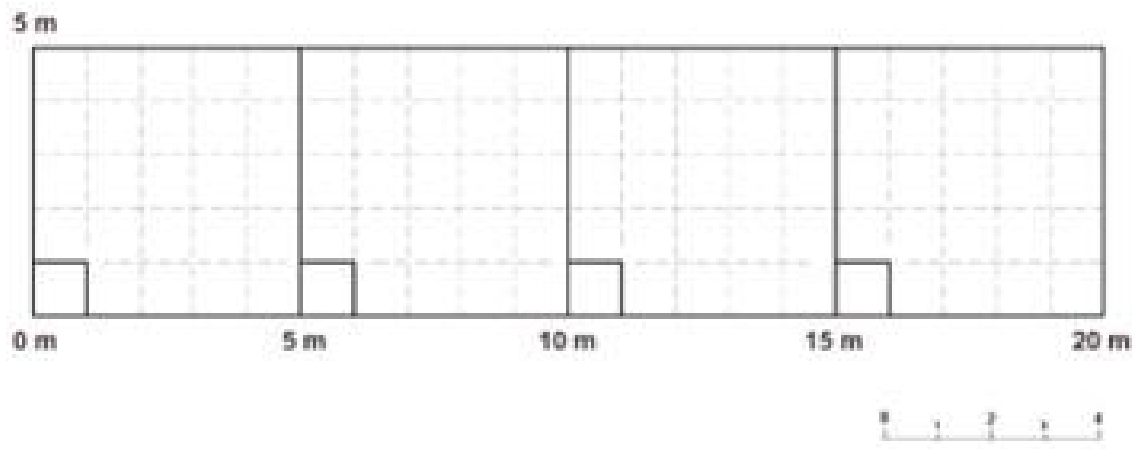
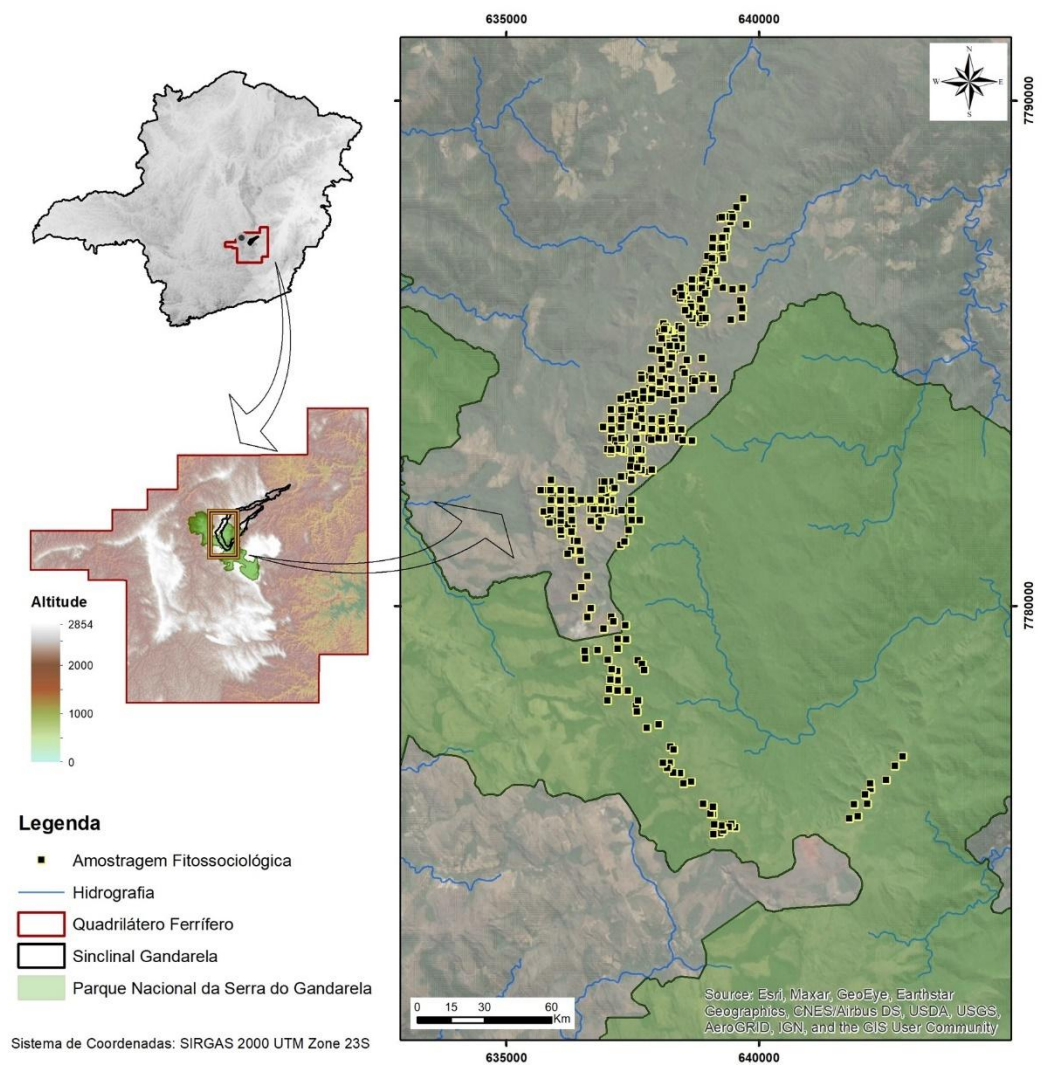


Figura 34. Localização dos pontos de coletas de dados da vegetação.



Para avaliar os estratos que compõem a estrutura da vegetação foram definidos tamanhos específicos de parcelas de amostragem e critérios diferentes de inclusão, conforme apresentado na Tabela 13.

Tabela 13. Esquema de amostragem utilizado para o levantamento fitossociológico dos estratos vegetacionais.

Estrato	Critério de Inclusão	Unidade Amostral
<i>I</i>	<i>DAS \geq 4,77 cm e altura $>$ 0,5 m</i>	<i>1 parcela de 20,0 x 5,0 m</i>
<i>II</i>	<i>DAS \geq 1 cm $<$ 4,77 cm e altura $>$ 0,5 m</i>	<i>1 parcela de 5,0 x 5,0 m</i>
<i>III</i>	<i>Altura inferior a 0,5 m</i>	<i>4 subparcelas de 1,0 x 1,0 m</i>

Para os indivíduos arbustivos e arbóreos, foram tomados os dados de DAS (diâmetro à altura do solo – 0,20 m) ou DAP (diâmetro à altura do peito – 1,30 m) medidos com auxílio de paquímetro e fita métrica, respectivamente. A altura dos indivíduos arbóreos e arbustivos foi estimada com auxílio de um cano de alumínio de 2 metros de altura, graduado a cada 10 centímetros.

Para cada subparcela de amostragem (1,0 m²), foi anotado o número de indivíduos presentes, a área de cobertura de cada indivíduo e identificada à espécie. No caso de espécies com reprodução clonal, ou que ocorrem agrupadas formando touceiras, cada touceira isolada foi considerada como um único indivíduo. A área de cobertura de cada indivíduo foi obtida através de uma grade com área interna de 25,0 cm x 25,0 cm, dividida em intervalos de 5,0 cm, conforme apresentado na Foto 24.

Foto 24. Subparcela de amostragem com a grade para avaliação da cobertura (estrato herbáceo).



A identificação taxonômica das espécies foi feita através de bibliografia específica, por comparação com exsicatas depositadas no Herbário BHCB e, quando necessário através de consultas a especialistas botânicos.

As espécies registradas foram listadas em ordem alfabética de família e gênero, com base no sistema APG IV (Chase et al., 2016) e PPG (PPG I, 2016) Para validar os nomes das espécies e respectivos autores e excluir as sinônimas botânicas consultou-se a Lista de Espécies da Flora do Brasil (Flora do Brasil 2020) através do pacote “Flora” (Carvalho, 2010)., em ambiente R (R Core Team, 2021).

Análise de Dados

As análises de dados foram desenvolvidas em ambiente R (R Core Team, 2021). Para todas as variáveis analisadas foram gerados gráficos *boxplot*, utilizando-se a interface gráfica do pacote ggplot2 (Wickham et al., 2022).

Testes de normalidade foram desenvolvidos para todas as variáveis de solo, através do teste Shapiro- Wilk e análise de QQ-plots. As homogeneidades das variâncias foram avaliadas através de testes de Bartlett's, utilizando-se o pacote “dplyr” (Crawley, 2012). Parâmetros físicos e químicos do solo (não-normais) foram avaliados a nível de Geoambiente e comparados com testes Kruskal-Wallis's, seguidos por testes *post hoc* de Dunn's, desenvolvidos com o pacote ‘dunn.test’ (Dinno, 2017). As variáveis de solo foram, por fim, sumarizadas através de Análise de Componente Principal (PCA) (Legendre & Legendre, 1998), visando a identificação de possíveis gradientes e, quando pertinente reduzir a redundância de parâmetros. Todas as variáveis foram parametrizadas e também foi calculada a correlação de Pearson entre os

parâmetros avaliados e os eixos de ordenação da PCA. A PCA foi desenvolvida através do pacote ‘FactoMineR’ (Husson et al., 2017).

Para analisar de forma qualitativa as possíveis diferenças na composição florística da vegetação associada aos Geoambientes, foi desenvolvida uma análise de NMDS, utilizando-se a dissimilaridade Euclidiana (Clarke, 1993). A NMDS foi desenvolvida através da função ‘metaMDS’ do pacote “vegan” (Oksanen et al., 2020). Além disso, foram também avaliadas as similaridades florísticas entre os geoambientes, através do índice de Jaccard (Magurran, 2004).

Para avaliar a associação entre as espécies vegetais mais tipicamente associadas a cada geoambiente, foi desenvolvida uma análise de valor indicador (IndVal). O método IndVal combina o grau de especificidade, correspondente ao valor de uma determinada espécie enquanto indicadora de agrupamentos (no caso os geoambientes), com a fidelidade, que corresponde à probabilidade de que uma determinada espécie seja encontrada em uma unidade amostral pertencente ao mesmo agrupamento (Dufrene e Legendre 1997; De Cáceres et al. 2010), gerando um valor indicador percentual (IndVal) para cada espécie. A análise foi realizada com a função ‘multipatt’ do pacote ‘indicpecies’ (De Cáceres e Jansen 2016). Este pacote foi usado para separar as espécies indicadoras de cada unidade geoambiental. Os testes de permutação de Monte Carlo (999) foram realizados para avaliar a significância estatística da associação entre espécies e as unidades geoambientais (Bakker 2008; Legendre & Legendre 2012).

A avaliação da suficiência amostral, por sua vez, foi realizada através das curvas de extrapolação de espécies, elaboradas a partir do pacote ‘iNEXT’ (Hsieh et al., 2016) (Hill number = 0; intervalos de confiança de 95%). As extrapolações foram desenvolvidas a partir dos dados de riqueza e diversidade de espécies, utilizando-se uma matriz de presença e ausência nos respectivos geobiótopos.

RESULTADOS

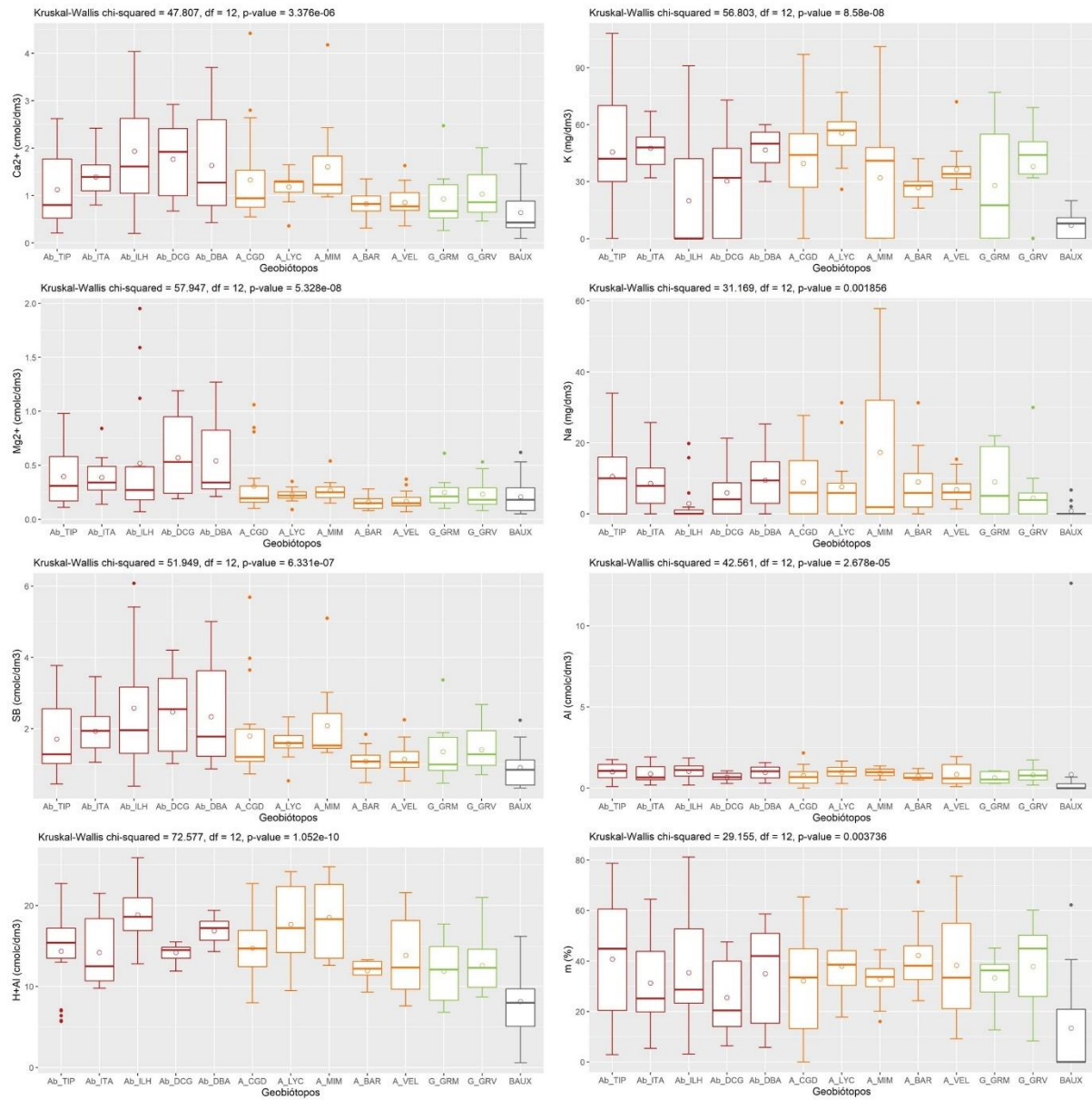
Caracterização Edáfica dos Geobiótopos

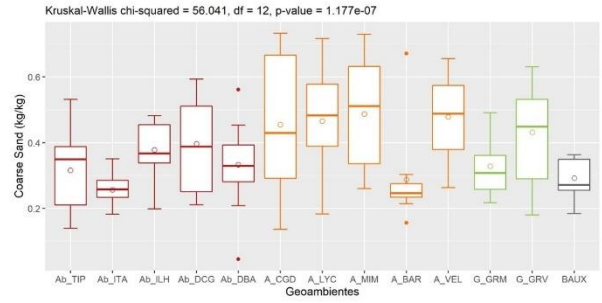
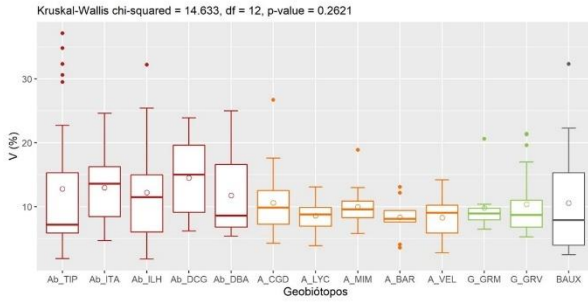
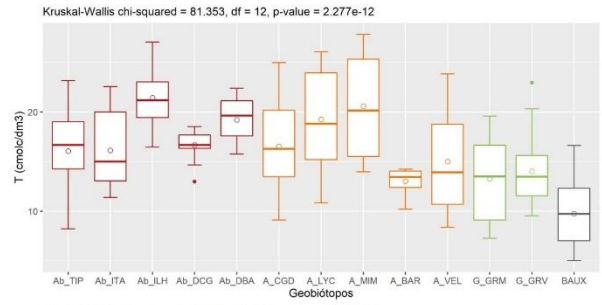
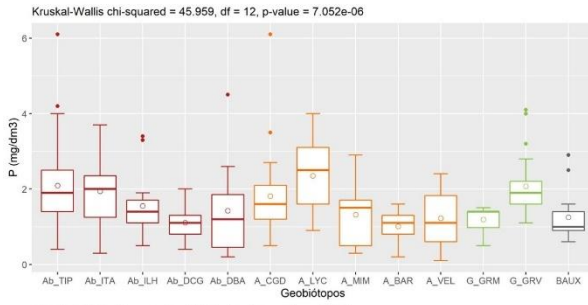
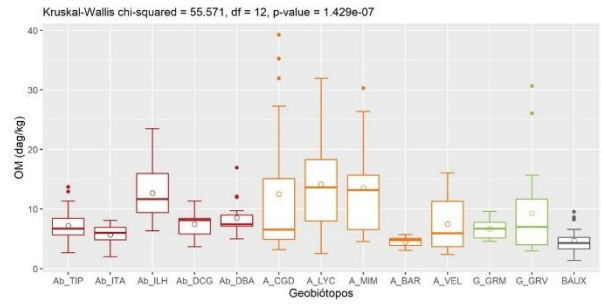
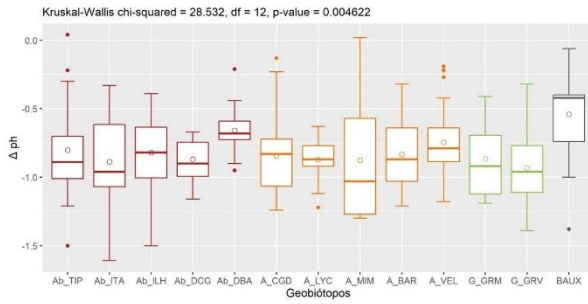
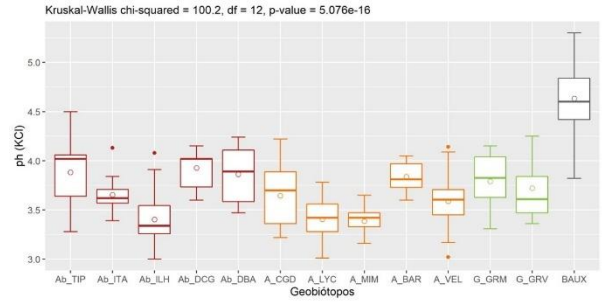
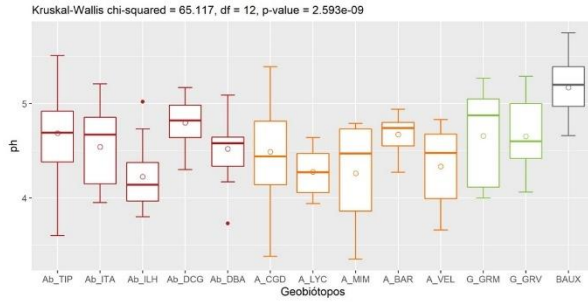
Em relação aos teores de pH (tanto em água como em KCl), o geobiótopo Encostas com Campo Rupestre Arbustivo de Padrão em Ilhas apresentou os menores valores de pH ($4,223 \pm 0,334$) (Figura 35; Tabela 18 - Material Suplementar II), sendo inclusive menor que alguns dos geobiótopos associados aos ambientes abertos. As áreas de extração de Bauxita e Piçarra destacaram-se com os maiores valores de pH ($5,172 \pm 0,304$), identificando um meio pouco menos ácido que os demais geobiótopos analisados.

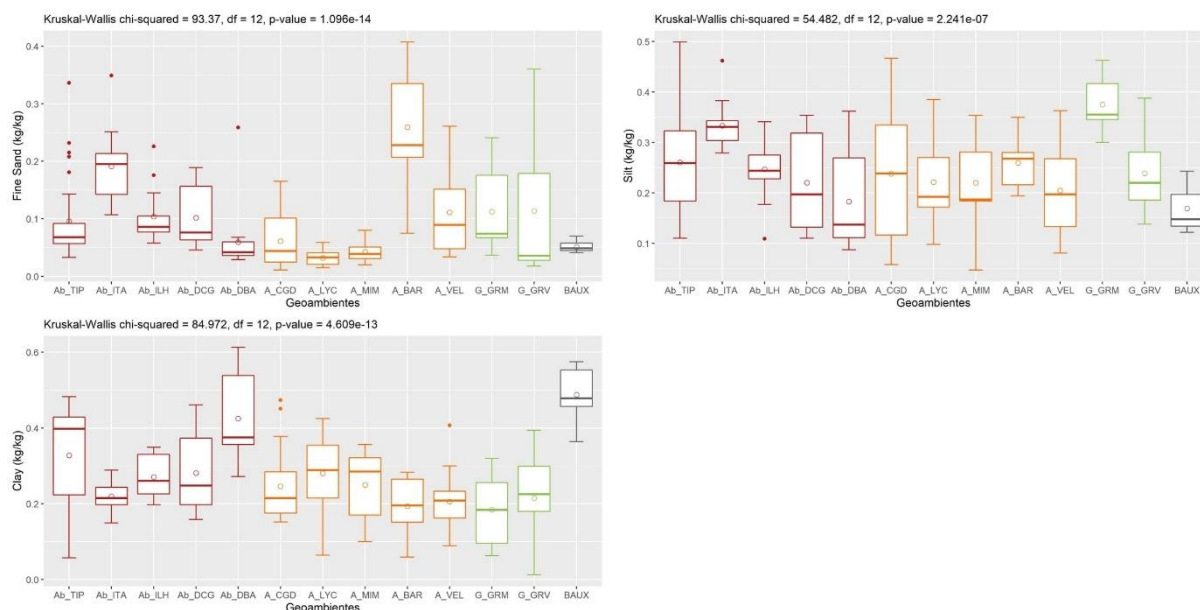
Os teores de Al estão, de forma geral, entre 3 e 31,96 $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$, e os maiores teores de Alumínio trocável (Al^{3+}) e H+Al estão concentrados nos geobiótopos Encostas com Campo Rupestre Arbustivo de Padrão em Ilhas ($18,86 \pm 3,339 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) e Encostas com Campo Rupestre Aberto de *Mimosa* em blocos de Canga ($18,515 \pm 4,633 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$) (Figura 35; Tabela 18 - Material Suplementar II).

A MO, por sua vez, apresentou uma maior variação nos geobiótopos Encostas com Campo Rupestre Aberto de *Lychnophora* em Blocos de Canga Liquenizada ($14,141 \pm 8,418 \text{ dag/Kg}$) e Encostas com Campo Rupestre Aberto de *Mimosa* em blocos de Canga ($13,54 \pm 8,527 \text{ dag/Kg}$), Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada ($12,528 \pm 11,452 \text{ dag/Kg}$), sendo que as maiores médias foram obtidas para os dois primeiros. O geobiótopo Encostas com Campo Rupestre Arbustivo de Padrão em Ilhas também apresentou valores comparativamente mais elevados de MO ($12,696 \pm 5,131 \text{ dag/Kg}$) (Figura 35; Tabela 18 - Material Suplementar II). Esses valores, apesar de não correlacionados, acompanharam as médias de Fósforo e a CTC (Figura 35).

Figura 35. Boxplots para os parâmetros químicos e físicos analisados do solo.







Legenda: Ab_ITA: Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito; Ab_ILH: Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas; A_LYC: Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada; A_BAR: Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae; A_VEL: Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de Vellozia (*V. compacta*); A_MIM: Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga; A_CGD: Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada; Ab_TIP: Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada; Ab_DBA: Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica; Ab_DCG: Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada; G_GRM: Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto graminoso ou couraça aflorante; G_GRV: Patamares com campo rupestre graminoso mal drenado de Vellozia gramínea, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga; BAUX: Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

Os valores de CTC, por sua vez, acompanharam os valores de MO, destacando-se o geobiótopo Encostas com Campo Rupestre Arbustivo de Padrão em Ilhas ($21,441 \pm 2,861$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), Encostas com Campo Rupestre Aberto de *Mimosa* em blocos de Canga ($20,597 \pm 5,218$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada ($19,254 \pm 5,249$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$), Encostas Coluviais com Campo Rupestre Arbustivo Denso em Canga Bauxítica ($19,223 \pm 2,167$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$). Destaca-se, ainda, as Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra, com baixos valores de MO ($4,713 \pm 2,294$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) e de Fósforo ($1,247 \pm 0,607$ $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$) (Figura 35).

O teor de argila se destaca nas áreas de Extração de Bauxita e Piçarra ($0,488 \pm 0,063$ kg/kg) e no geobiótopo Encostas Coluviais com Campo Rupestre Arbustivo Denso em Canga Bauxítica ($0,425 \pm 0,113$ kg/kg). Os teores de Areia Grossa foram, de forma geral, superiores nos geobiótopos associados ao Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, com exceção do geobiótopo Escarpas com Campo Rupestre Aberto de Velloziaceae ($0,288 \pm 0,15$ kg/kg).

O geobiótopo graminoso Patamares com Campo Rupestre Graminoso Mal Drenado de *Vellozia gramínea*, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga degradada, por sua vez, apresentou teores de Areia Grossa ($0,328 \pm 0,097$ kg/kg), Silte ($0,375 \pm 0,055$ kg/kg) e Argila ($0,184 \pm 0,098$

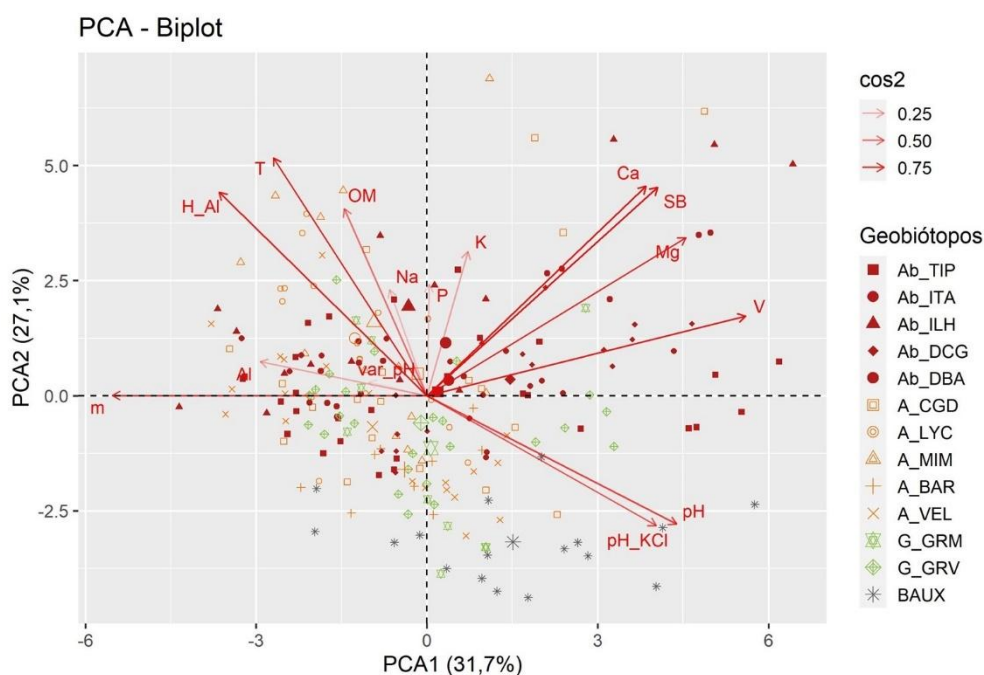
kg/kg) mais próximos aos demais obtidos nos geobiótopos associados ao Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (Figura 35). Em relação à Areia Fina, os valores médios ($0,112 \pm 0,079$ kg/kg) foram também similares aos geobiótopos mencionados, mas com um maior erro padrão.

Por fim, os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na e SB apresentaram maior variação nos geobiótopos associados ao Geoambiente Arbustivo. Contudo, independentemente do geobiótopo associado, os valores destes parâmetros são, de forma geral, baixos.

Relações Entre os Atributos Físicos e Químicos dos Solos e os Geobiótopos

A Análise de Componentes Principais (PCA) executada para as variáveis químicas indicou que o eixo 1 (Dim1) da PCA explica 31,7% da variância e o eixo 2 (Dim2) explica 27,1% desta. Os dois eixos, juntos, explicam 58,8% da variância (Gráfico 15). Seus resultados indicam que o eixo 1 (cujas variáveis V em são mais correlacionadas ao eixo) é o principal responsável pela segregação das Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra e do Geobiótopo Ab_DCG (Encostas com campo rupestre arbustivo denso em Canga Degradada) (com valores de $p < 0,005$). Já o eixo 2 (cujas variáveis T, SB, e Ca^{+2} são mais correlacionadas ao eixo) é responsável pela segregação dos geobiótopos Ab_ILH (Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas), A_MIM (Encostas com campo rupestre aberto de *Mimosa* em blocos de Canga), A_LYC (Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada), Ab_DBA (Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica), A_BAR (Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae) e BAUX (Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra).

Gráfico 15. PCA-Biplot para os parâmetros químicos do solo e sua relação com a ordenação dos Geoambientes.



O Gráfico 26 (Material Suplementar II) apresenta os resultados das variáveis analisadas para a PCA das variáveis químicas do solo.

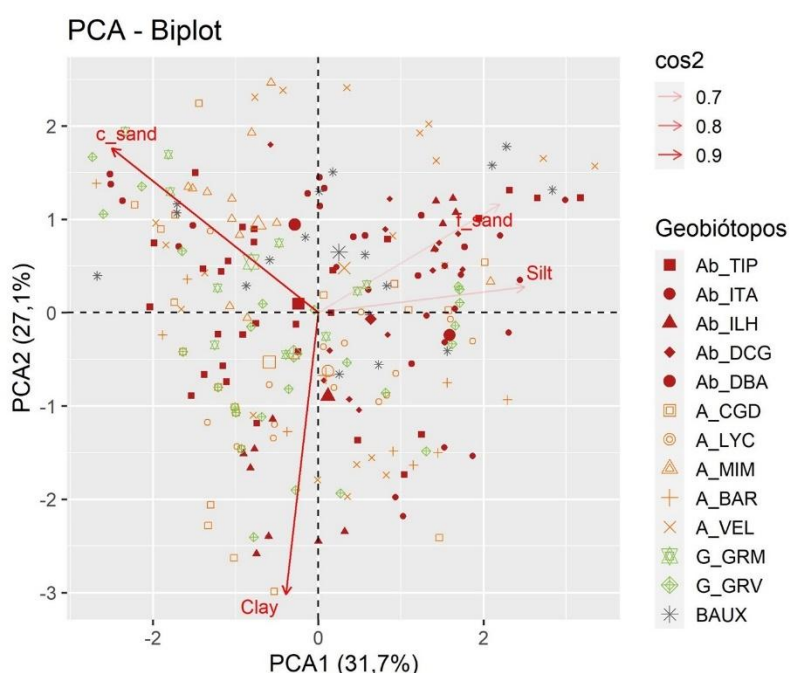
A análise de correlação entre os parâmetros de fertilidade indicou uma correlação de *Pearson* positiva entre V e Mg^{2+} , Ca^{2+} , SB e negativa entre V e m. A correlação foi, ainda, positiva entre H+Al e T; pH em KCl e pH e, por fim entre Ca^{2+} e SB. (Gráfico 27 - Material Suplementar II).

A análise correlações de *Pearson* obtidas para os valores da PCA indicam, ainda, que a variável V apresenta a maior correlação positiva com o eixo 1 ($R = 0.9039171$, $p < 0,05$) e m apresenta a maior correlação negativa com este mesmo eixo ($R = -0.8916366$, $p < 0,05$). Em seguida, destacam-se as correlações positivas entre as variáveis Mg^{2+} ($R = 0.7347908$, $p < 0,05$), pH ($R = 0.7076910$, $p < 0,05$), SB ($R = 0.6546137$, $p < 0,05$), pH em KCl ($R = 0.6499015$, $p < 0,05$) e Ca ($R = 0.6216905$, $p < 0,05$) e o eixo 1. Em relação ao eixo 2, T apresenta a maior correlação ($R = 0.8339972$, $p < 0,05$), seguida por Ca^{2+} ($R = 0.7350566$, $p < 0,05$), SB ($R = 0.7309301$, $p < 0,05$), H+Al ($R = 0.7132044$, $p < 0,05$) e MO ($R = 0.6555185$, $p < 0,05$). Entende-se, portanto, através da análise quantitativa, que os parâmetros V, m, pH, SB, Ca^{2+} , Mg^{2+} , H+Al, MO, são os que melhor explicam a ordenação dos valores da PCA.

O Gráfico 16 apresenta o resultado da PCA-Biplot para os parâmetros físicos do solo. Em relação aos Geobiótopos, o eixo 1 da PCA é responsável pela segregação das unidades Ab_ITA (Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito), A_BAR (Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae), G_GRM (Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto gramíneo ou couraça aflorante), A_MIM (Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga), A_LYC (Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada), sendo estes geobiótopos diferenciados principalmente pelos teores de silte e areia fina. O eixo 1 (Dim1) da PCA explica 46,3% da variância e o eixo 2 (Dim2) explica 36,2% desta. Os dois eixos, juntos, explicam 82,5% da variância.

Já o eixo 2, mais fortemente influenciado pelo teor de argila, é o principal responsável pela segregação dos geobiótopos A_VEL (Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de *Vellozia*), G_GRV (Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de *Vellozia* gramínea, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga), A_BAR (Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae), Ab_TIP (Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada), Ab_DBA (Topos e encostas colúviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica) e BAUX (Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra).

Gráfico 16. Análise de Componentes Principais para as variáveis físicas do solo sua relação com a ordenação dos Geoambientes.



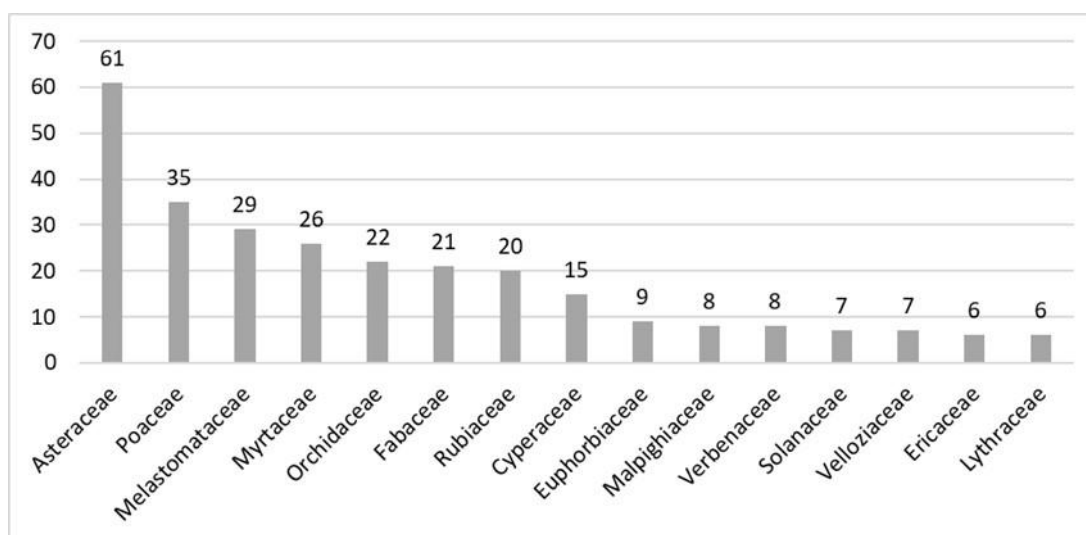
O Gráfico 29 (Material Suplementar II) apresenta a análise de correlação de *Pearson* entre as variáveis físicas do solo. O Gráfico 28 (Material Suplementar II) apresenta os resultados da PCA realizada para as variáveis físicas analisadas. No que tange a correlação entre as variáveis físicas analisadas e os eixos da PCA, o Silte apresentou maior correlação positiva com o eixo 1 ($R = 0.8136230$, $p < 0,05$), seguida pela areia fina ($R = 0.7138968$, $p < 0,05$). Já a areia grossa apresentou correlação negativa ($R = -0.815120$, $p < 0,05$) com o eixo 1. Em relação ao eixo 2, o teor de argila apresentou a maior correlação negativa ($R = -0.98335724$, $p < 0,05$) e as demais variáveis, apesar de significativas apresentaram valores de R inferiores a 0,6.

Composição Florística dos Geobiótopos

Os dados florísticos compilados para os Geobiótopos em análise resultaram em uma riqueza total de 421 morfoespécies, distribuídas em 76 famílias botânicas.

As famílias Asteraceae (61 spp.), Poaceae (35 spp.), Melastomataceae (29 spp.), Myrtaceae (26 spp.), Orchidaceae (22 spp.), Fabaceae (21 spp.), Rubiaceae (20 spp.) correspondem às famílias mais representativas em espécies, conforme apresentado no Gráfico 3. Essas sete famílias somam 50,8% da riqueza total amostrada nestes ambientes (Gráfico 17).

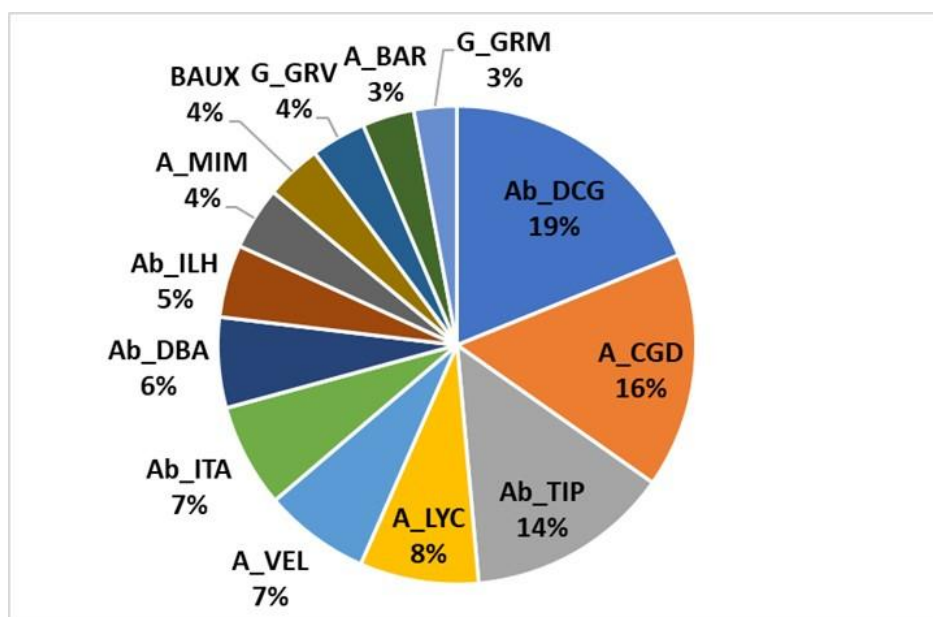
Gráfico 17. Famílias botânicas mais ricas na amostragem florística.



Em relação aos Geobiótopos, o geobiótopo Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada (Ab_DCG) apresentou uma maior riqueza de espécies (253 spp.), seguido por Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada (Ab_CGD - 213 spp.), Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada (Ab_TIP - 185 spp.)

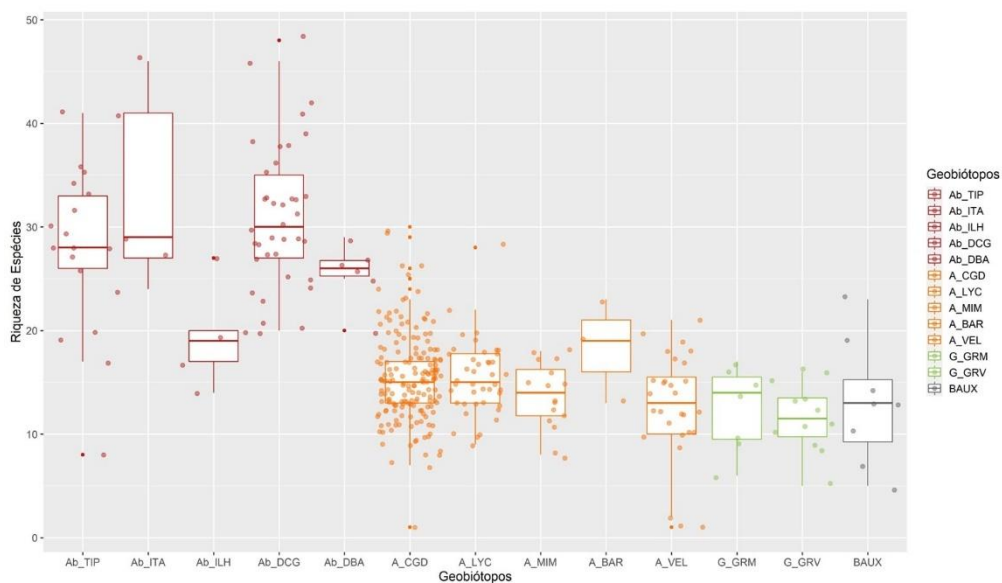
e Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada (A_LYC - 108 spp.). O Geobiótopos Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto graminoso ou couraça aflorante (G_GRM) e Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae (A_BAR) apresentaram um menor número de espécies (39 e 47 spp., respectivamente) (Gráfico 18).

Gráfico 18. Riqueza de Espécies por Geobiótopo.



O Gráfico 19, por sua vez, apresenta a distribuição da riqueza de espécies no gradiente analisado, denotando que os geobiótopos tipicamente arbustivos são mais ricos em espécies do que aqueles tipicamente abertos.

Gráfico 19. Boxplot da Riqueza de Espécies por Geobiótopo.



O Gráfico 20 apresenta a curva de extrapolação da riqueza espécies por Geobiótopo para as espécies associadas ao estrato herbáceo, e o Gráfico 21 apresenta a curva de rarefação da diversidade por Geobiótopo, para as espécies associadas ao estrato herbáceo, considerando o índice de diversidade de *Simpson*. Nota-se, em ambos os gráficos que os geobiótopos associados ao Geoambiente Campo Rupestre Ferruginoso arbustivo de fato compreende um ambiente mais rico em espécies. O mesmo padrão identificado acima, ocorre também ao se considerar somente o estrato arbustivo (Gráfico 22 e Gráfico 23).

Gráfico 20. Curva de Acumulação da Riqueza de Espécies (Chao) por Geobiótopo – Estrato Herbáceo.

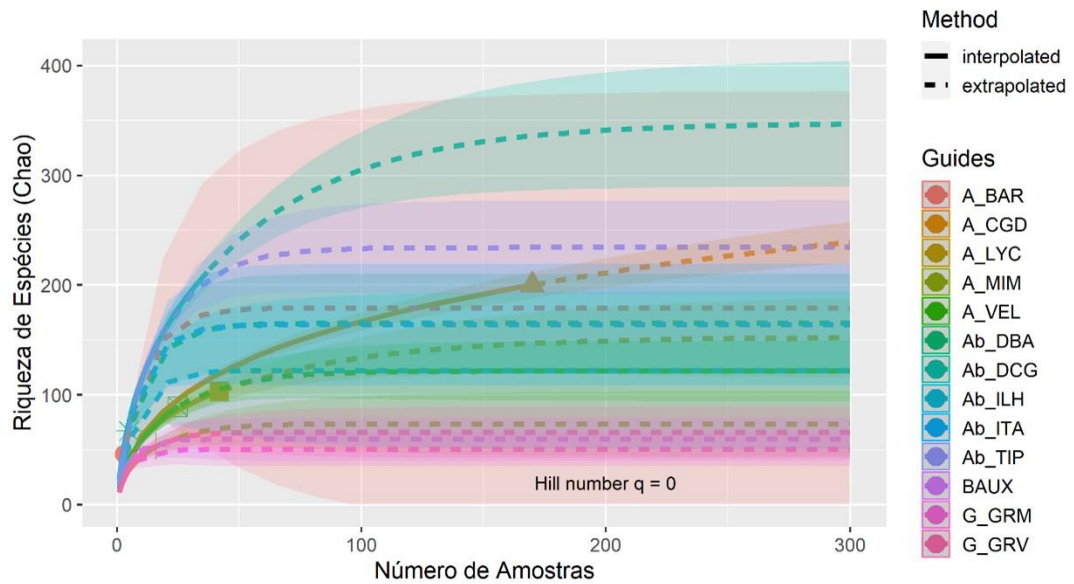


Gráfico 21. Curva de Rarefação da diversidade de espécies (Simpson) por Geobiótopo – Estrato Herbáceo.

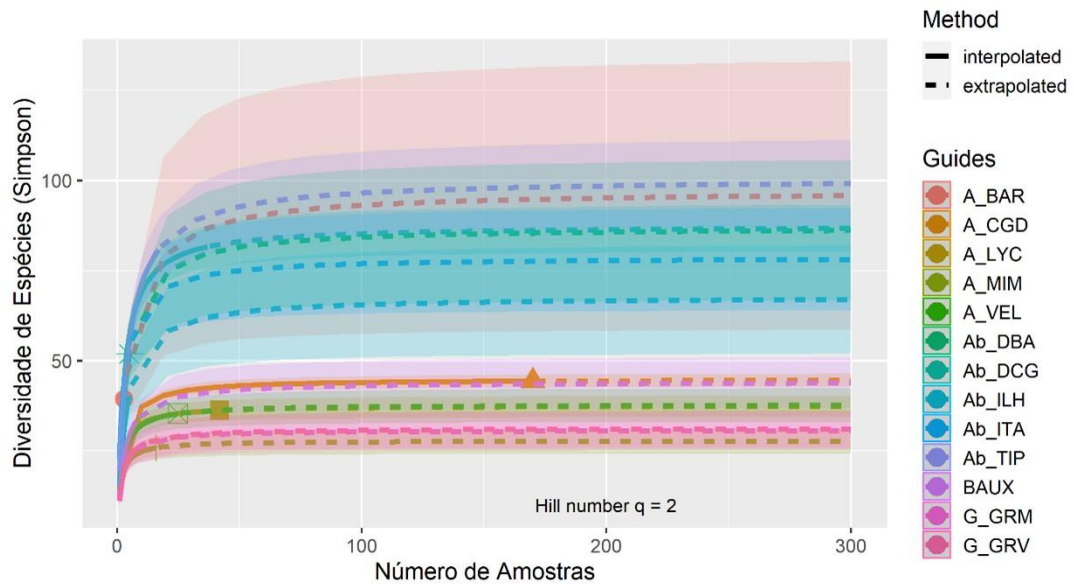


Gráfico 22. Curva de Acumulação da Riqueza de Espécies (Chao) por Geobiótopo – Estrato Arbustivo.

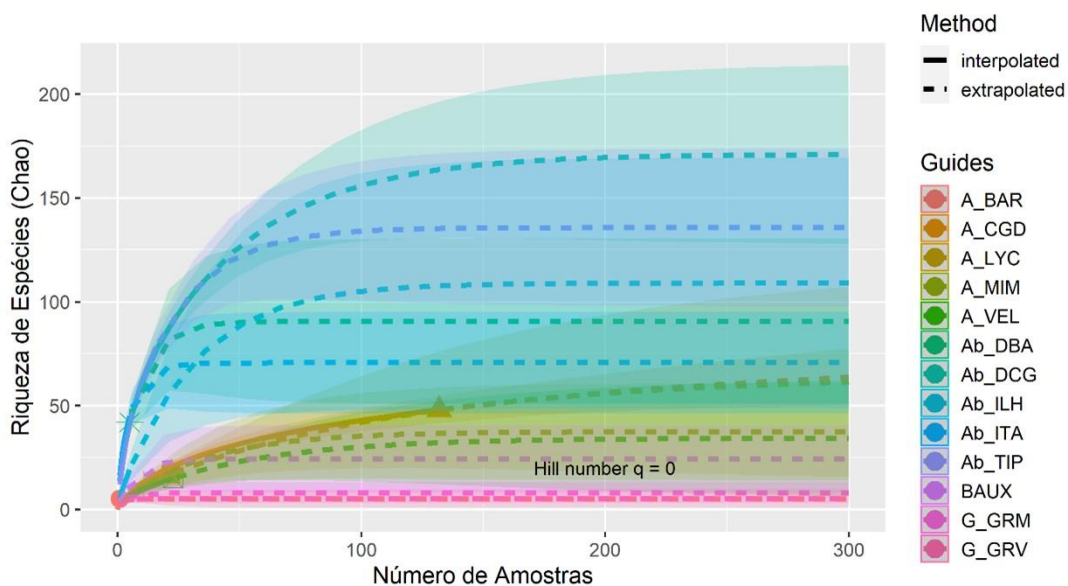
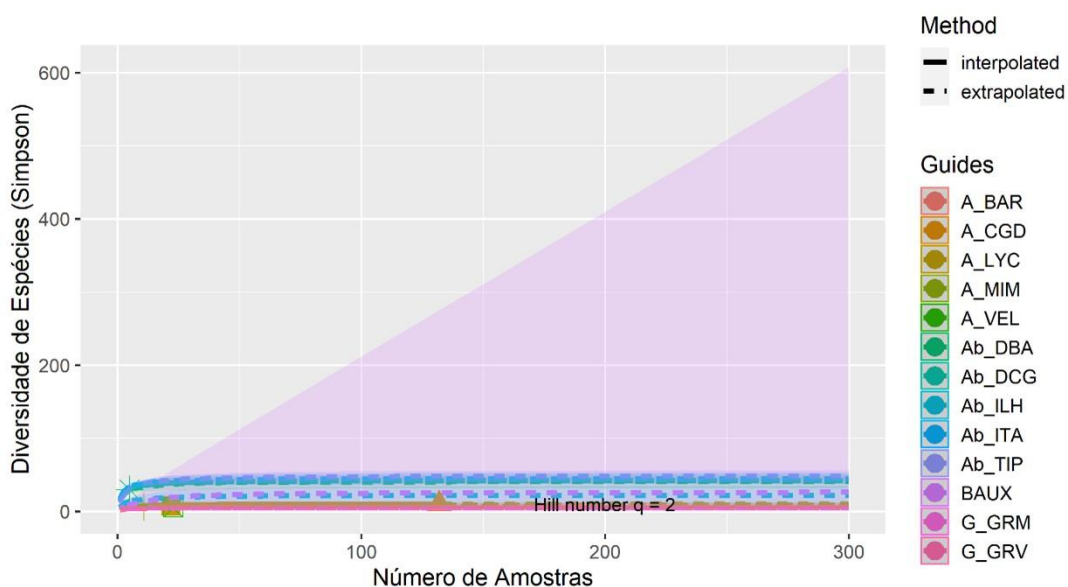


Gráfico 23. Curva de Rarefação da diversidade de espécies (Simpson) por Geobiótopo – Estrato Arbustivo.



A Tabela 14 apresenta os dados de riqueza considerado a rarefação para as estimativas obtidas.

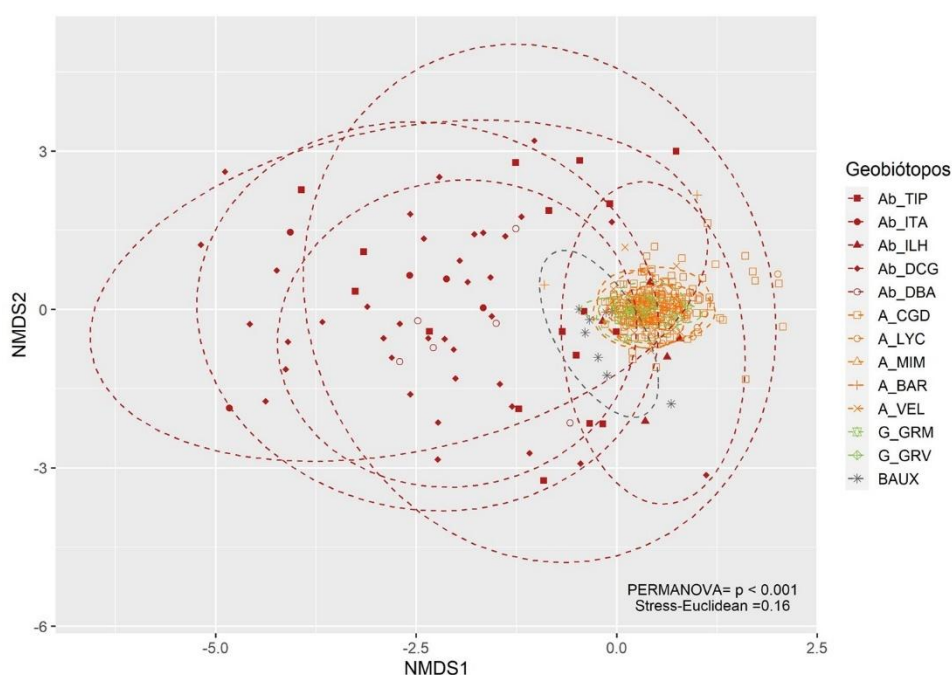
Tabela 14. Dados de Diversidade e Riqueza de Espécies para os Geobiótopos amostrados.

Geobiótopo	Índice	Observado	Estimado
A_BAR	Diversidade de Shannon	44,109	161,132
	Diversidade de Simpson	40,333	99,333
	Riqueza de Espécies	47	187,083
A_CGD	Diversidade de Shannon	77,596	82,379
	Diversidade de Simpson	47,212	47,781
	Riqueza de Espécies	213	306,68
A_LYC	Diversidade de Shannon	56,901	63,721
	Diversidade de Simpson	38,032	39,4
	Riqueza de Espécies	108	147,536
A_MIM	Diversidade de Shannon	37,096	44,27
	Diversidade de Simpson	27,933	29,941
	Riqueza de Espécies	57	81,797
A_VEL	Diversidade de Shannon	56,044	68,447
	Diversidade de Simpson	36,053	38,599
	Riqueza de Espécies	96	138,657
Ab_DBA	Diversidade de Shannon	66,488	124,379
	Diversidade de Simpson	55,08	71,417
	Riqueza de Espécies	82	242,952
Ab_DCG	Diversidade de Shannon	138,779	165,348
	Diversidade de Simpson	91,292	96,385
	Riqueza de Espécies	253	404,838
Ab_ILH	Diversidade de Shannon	56,907	119,764
	Diversidade de Simpson	47,761	74,696
	Riqueza de Espécies	66	158,16
Ab_ITA	Diversidade de Shannon	79,931	122,676
	Diversidade de Simpson	68,523	92,607
	Riqueza de Espécies	94	155,389
Ab_TIP	Diversidade de Shannon	127,931	178,005
	Diversidade de Simpson	91,255	106,359
	Riqueza de Espécies	185	305,471
BAUX	Diversidade de Shannon	42,804	58,592
	Diversidade de Simpson	36,053	47,946
	Riqueza de Espécies	51	67,531
G_GRM	Diversidade de Shannon	31,141	41,53
	Diversidade de Simpson	25,314	30,394
	Riqueza de Espécies	39	54,429
G_GRV	Diversidade de Shannon	36,426	46,004
	Diversidade de Simpson	28,124	32,17
	Riqueza de Espécies	50	66,844
A_BAR	Diversidade de Shannon	44,109	161,132
	Diversidade de Simpson	40,333	99,333

Similaridade Florística entre os Geobiótopos

O gráfico de NMDS gerado para a composição florística (Gráfico 24) identifica, que os geobiótopos tipicamente arbustivos representam grupamento de espécies mais amplo, e diferenciado, daquele associado aos geobiótopos tipicamente abertos, inclusive com uma maior dispersão das amostras. Contudo, é possível notar também um elevado grau de compartilhamento de espécies entre os diferentes geobiótopos.

Gráfico 24. NMDS para os dados de composição de espécies por Geobiótopo.



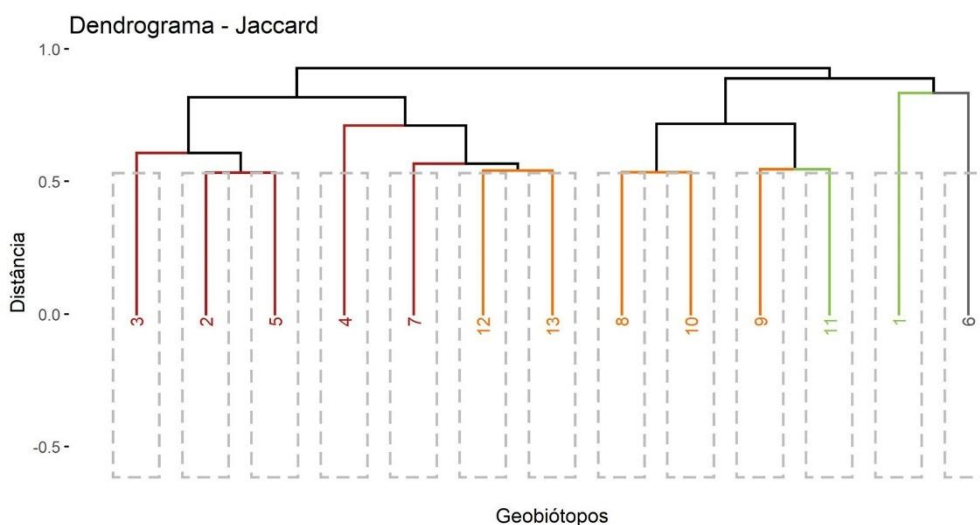
Padrões muito similares foram também observados ao diferenciar a composição do estrato herbáceo (Gráfico 30 – Material Suplementar II). Já o NMDS para os dados de composição associados o estrato arbustivo (Gráfico 31 – Material Suplementar II) evidenciou que os geobiótopos associados aos Geoambientes Campo Rupestre Ferruginoso Aberto (A_LYC, A_BAR, A_VEL, A_MIM), Campo Rupestre Ferruginoso Graminoso (G_GRM, G_GRV) e Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra (BAUX) compartilham um elevado número de espécies.

O teste *post-hoc* de Tukey, realizado a partir da matriz de distâncias euclidianas obtidas para os eixos 1 e 2 do NMDS, identificou que as diferenças na composição são estatisticamente significativas ($p < 0,05$) entre os Geobiótopos indicados em amarelo na Tabela 19 – Material Suplementar II. Este padrão que pode ser também verificado na análise do Gráfico 32 **Erro!**

Fonte de referência não encontrada. – Material Suplementar II, que representa a dispersão da dissimilaridade (mensurada através da matriz de distâncias euclidianas) entre os geobiótopos.

Por sua vez, a análise dos índices de similaridade de Jaccard entre os geobiótopos indicou similaridades florísticas entre A_LYC (2) e A_VEL (5) (SJ = 0,468), A_LYC (2) e A_CGD (3) (SJ = 0,466), Ab_TIP (8) e Ab_DCG(10) (SJ = 0,465), Ab_ITA (9) e Ab_DBA (11) (SJ = 0,455), G_GRM (12) e G_GRV (13) (SJ = 0,459), A_LYC (2) e A_MIM (7) (SJ = 0,422)(Tabela 5**Erro! Fonte de referência não encontrada.**). Contudo, outros geobiótopos, indicados em amarelo na Tabela 5, apresentam valores de SJ superiores a 0,25. De acordo com Ellenberg & Mueller-Dombois (1974) valores de $SJ > 0,25$ indicam boa similaridades entre duas áreas. Estes padrões podem também ser observados no Gráfico 25, que apresenta um dendrograma de similaridade de Jaccard baseado nas distâncias euclidianas das amostras.

Gráfico 25. Dendrograma de Similaridade Florística (Jaccard) entre os Geobiótopos.



Legenda: 1 – BAUX; 2 - A_LYC; 3 – A_CGD; 4 – Ab_ILH; 5 – A_VEL; 6 – A_BAR; 7 – A_MIM; 8 – Ab_TIP; 9 – Ab_ITA; 10 – Ab_DCG; 11 – Ab_DBA; 12 – G_GRV; 13 – G_GRM.

Tabela 15. Similaridade entre os Geoambientes - mensurada através do índice de Jaccard. Valores em amarelo indicam similaridade florística (SJ > 0,25).

SJ	BAUX (1)	A_LY C (2)	A_CG D (3)	Ab_I LH (4)	A_VE L (5)	A_BA R (6)	A_MI M (7)	Ab_T IP (8)	Ab_I TA (9)	Ab_D CG (10)	Ab_D BA (11)	G_G RV (12)
A_LY C (2)	0,161											
A_CG D (3)	0,158	0,466										
Ab_IL H (4)	0,147	0,318	0,257									
A_VE L (5)	0,176	0,468	0,392	0,328								
A_BA R (6)	0,167	0,183	0,156	0,153	0,202							
A_MI M (7)	0,149	0,422	0,250	0,323	0,404	0,182						
Ab_TI P (8)	0,140	0,258	0,349	0,243	0,266	0,132	0,175					
Ab_IT A (9)	0,133	0,154	0,185	0,176	0,138	0,146	0,110	0,341				
Ab_D CG (10)	0,126	0,203	0,302	0,208	0,212	0,111	0,144	0,465	0,290			
Ab_DB A (11)	0,209	0,195	0,209	0,244	0,171	0,162	0,139	0,322	0,455	0,284		
G_GR V (12)	0,110	0,350	0,223	0,289	0,377	0,169	0,446	0,152	0,083	0,110	0,100	
G_GR M (13)	0,169	0,289	0,183	0,346	0,350	0,162	0,433	0,143	0,073	0,110	0,110	0,459

Legenda: Ab_ITA: Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito; Ab_ILH: Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas; A_LYC: Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada; A_BAR: Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae; A_VEL: Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de Vellozia (*V. compacta*); A_MIM: Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga; A_CGD: Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada; Ab_TIP: Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada; Ab_DBA: Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica; Ab_DCG: Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada; G_GRM: Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto graminoso ou couraça aflorante; G_GRV: Patamares com campo rupestre graminoso mal drenado de *Vellozia graminea*, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga; BAUX: Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

Espécies Indicadoras dos Geobiótopos

Do total de espécies registradas nos levantamentos, 104 puderam ser consideradas como indicadoras, apresentando valores de $p < 0,01$. Para o Geoambiente Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra (BAUX), foram identificadas oito espécies indicadoras destacando-se, com valores muito significativos ($p = 0$): *Melinis minutiflora*, *Acritopappus longifolius*, *Polygala paniculata*, *Cuphea ingrata*, *Hydrocotyle quinqueloba*, *Eragrostis rufescens*, *Urochloa decumbens* e *Hyptis sp.* (Tabela 20 – Material Suplementar). Ressalta-se que *Melinis minutiflora* compreende uma espécie exótica, com elevado potencial invasor (Martins, 2009).

Barbacenia flava, *Apochloa poliophylla*, *Schizachyrium sanguineum*, *Cattleya sp.*, *Odontocarya sp.*, *Pfaffia gnaphalioides*, *Trembleya parviflora*, *Agarista pulchella*, *Chaetogastra hieracioides*, *Deluciris rupestris*, *Andropogon macrothrix*, *Rhynchospora sp.*, *Schizachyrium tenerum*, *Lychnophora passerina* e *Richterago discoidea* foram tidas como espécies indicadoras do geobiótopo A_BAR (Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae).

Mimosa calodendron, como esperado, é tida como indicadora do geobiótopo Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga (A_MIM). *Cassytha filiformis* e *Mitracarpus sp.* foram tidas como indicadoras do geobiótopo Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas (Ab_ILH). *Coccocypselum lanceolatum*, *Miconia corallina*, *Psidium cattleyanum*, *Jacaranda micrantha*, *Vismia parviflora*, *Campomanesia rufa*, *Chamaecrista rotundata*, *Desmodium affine*, *Eriope sp.*, *Phyllanthus klotzschianus*, *Passiflora haematostigma*, *Solanum swartzianum* e *Styrax ferrugineus* foram consideradas espécies indicadoras do geobiótopo Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito (Ab_ITA).

Além destas espécies indicadas acima, outras se destacaram com valores de $p < 0,01$., sendo consideradas indicadoras de mais de um geobiótopo (Tabela 21– Material Suplementar II). Destacam-se, com maiores valores de significância: *Pleroma heteromallum* (A_BAR+ A_CGD+ A_LYC+ A_MIM+ A_VEL+ Ab_ILH+ Ab_TIP+ G_GRM+ G_GRV), *Byrsonima variabilis* (A_BAR+ Ab_DBA+ Ab_DCG+ Ab_ITA+ Ab_TIP+ BAUX), *Palicourea sessilis* (Ab_DBA+Ab_DCG+Ab_ITA+Ab_TIP), *Lychnophora pinaster* (A_CGD+ A_LYC+ A_MIM+ A_VEL+ Ab_DBA+ Ab_ILH+Ab_ITA+ Ab_TIP+ G_GRM+ G_GRV), *Trilepis lhotzkiana* (A_BAR+ A_CGD+A_LYC+ A_MIM+ A_VEL+ Ab_ILH+ G_GRM+ G_GRV), *Myrsine coriacea* (Ab_DBA+Ab_DCG+Ab_ITA+Ab_TIP), *Erythroxylum gonocladum* (Ab_DBA+ Ab_DCG+ Ab_ITA+ Ab_TIP), *Myrceugenia alpigena* (Ab_DBA+Ab_DCG+Ab_ITA), *Lippia hermannioides* (Ab_DBA+Ab_DCG+Ab_ILH+Ab_ITA), *Coccoloba acrostichoides* (A_BAR+ Ab_DBA+

Ab_DCG+ Ab_ITA), *Acianthera teres* (A_BAR+ A_CGD+ A_LYC+ A_MIM+ A_VEL+ Ab_ILH+ G_GRM+ G_GRV), *Vellozia albiflora* (G_GRM+ G_GRV), *V. compacta* (A_VEL+ Ab_ILH+ G_GRM+ G_GRV), *Ichnanthus bambusiflorus* (A_BAR+ Ab_DBA+ Ab_DCG+ Ab_ILH+ Ab_ITA+ Ab_TIP), *Cattleya caulescens* (A_CGD+ A_LYC+ A_MIM+ A_VEL+ Ab_ILH+ G_GRM+ G_GRV), *Leandra cancellata* (Ab_DBA+Ab_DCG+Ab_ITA+Ab_TIP), *Ouratea semiserrata* (Ab_DBA+Ab_ITA), *Myrcia splendens* (Ab_DBA+ Ab_DCG+ Ab_ILH+ Ab_ITA+ Ab_TIP), dentre outras indicadas na Tabela 21 (Material Suplementar II).

O gráfico de NMDS gerado para as 104 espécies indicadoras (Gráfico 33 – Material Suplementar) identifica os mesmos padrões identificados anteriormente, porém com uma segregação mais evidente i) dos geoambientes tipicamente abertos, principalmente pelos geobiótopos A_CGD e A_LYC (Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada e Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada, respectivamente) e ii) dos geobiótopos Ab_ITA (Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito), Ab_TIP (Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada), Ab_DCG (Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada).

DISCUSSÃO

Em relação aos teores de pH (tanto em água como em KCl), as áreas de extração de Bauxita e Piçarra destacaram-se com os maiores valores (pH 5,172±0,304), identificando um meio pouco menos ácido que os demais geobiótopos analisados.

Os teores de Alumínio trocável (Al^{3+}) e H+Al estão concentrados nos geobiótopos Encostas com Campo Rupestre Aberto de *Lychnophora* em Blocos de Canga Liquenizada e Encostas com Campo Rupestre Aberto de *Mimosa* em blocos de Canga, Encostas com Campo Rupestre Arbustivo de Padrão em Ilhas e Topos e Encostas Colúviais com Campo Rupestre Arbustivo Denso em Canga Bauxítica. Os dois primeiros compõem formações abertas e estes teores estão provavelmente associados aos teores de MO, que também foram maiores nestes geobiótopos.

A MO apresentou, assim como mapeado no Capítulo I, para os geoambientes, tendências de acompanhamento em relação às médias de Fósforo e a CTC. Destaca-se, ainda, as Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra, com baixos valores de MO (4,713±2,294 cmol_c/dm³) e de Fósforo (1,247±0,607 cmol_c/dm³). O teor de argila também se destaca nas áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

O teor de argila se destaca nas áreas de Extração de Bauxita e Piçarra e no geobiótopo Encostas Colúviais com Campo Rupestre Arbustivo Denso em Canga Bauxítica. Os teores de

Areia Grossa foram, de forma geral, superiores nos geobiótopos associados ao Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, com exceção do geobiótopo Escarpas com Campo Rupestre Aberto de Velloziaceae que, na Serra do Gandarela, ocupam escarpas declivosas, que não favorecem o acúmulo destas frações, mas principalmente de material na fração Silte. Este material, contudo, parece ser acumulado nas áreas mais planas do terreno, associadas às rampas colúviais, onde ocorrem o geobiótopo Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto graminoso ou couraça aflorante.

As variáveis V e m foram, na PCA, as principais responsáveis pela segregação das Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra e do Geobiótopo Ab_DCG (Encostas com campo rupestre arbustivo denso em Canga Degradada) (com valores de $p < 0,005$). Já o eixo 2 (cujas variáveis T, SB, e Ca^{+2} são mais correlacionadas ao eixo) é responsável pela segregação dos geobiótopos Ab_ILH (Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas), A_MIM (Encostas com campo rupestre aberto de *Mimosa* em blocos de Canga), A_LYC (Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada), Ab_DBA (Topos e encostas colúviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica), A_BAR (Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae) e BAUX (Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra).

Já para os parâmetros físicos do solo, os teores de silte e areia fina foram os principais responsáveis pela segregação dos geobiótopos Ab_ITA (Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito), A_BAR (Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae), G_GRM (Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto graminoso ou couraça aflorante), A_MIM (Encostas com campo rupestre aberto de *Mimosa* em blocos de Canga), A_LYC (Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada). A Argila, por sua vez, também se comporta como um parâmetro que segrega os geobiótopos: A_VEL (Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de *Vellozia*), G_GRV (Patamares com campo rupestre graminoso mal drenado de *Vellozia* graminea, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga), A_BAR (Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae), Ab_TIP (Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada), Ab_DBA (Topos e encostas colúviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica) e BAUX (Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra).

Os dados florísticos obtidos, identificam que os geobiótopos tipicamente arbustivos representam agrupamento de espécies mais amplo, e diferenciado, daquele associado aos geobiótopos tipicamente abertos, inclusive com uma maior dispersão das amostras. Contudo, é possível notar também um elevado grau de compartilhamento de espécies entre os diferentes

geobiótopos, indicando que estes podem compor refúgios de biocenoses que não foram claramente estabelecidas no conjunto de dados aqui trabalhados.

De toda forma, foi possível observar um gradiente na riqueza de espécies, sendo esta maior nos geobiótopos tipicamente arbustivos (Ab_) e menor nos geobiótopos abertos (A_) e nas áreas degradadas.

Importa mencionar, por fim, que o Geobiótopo Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas (Ab_ILH) que apresenta uma menor diversidade, fato provavelmente associado ao fato de que estes geobiótopos compartilham espaços territoriais muito similares aos demais Geobiótopos tipicamente abertos.

CONCLUSÃO GERAL

O Geossistema Ferruginoso da Serra do Gandarela abrange um *continuum* de unidades geoambientais que variam desde formações campestres até florestais, ocorrentes sobre substratos ferruginosos. Este *continuum* é marcado por i) uma elevada riqueza de espécies vegetais que, em escala de geoambientes, varia no sentido dos ambientes florestados para os ambientes abertos; ii) diferenças significativas nos parâmetros físicos e químicos dos solos, destacando-se para os parâmetros físicos, o conteúdo de Areia Grossa (que aumenta no sentido dos ambientes florestados para os abertos) e Argila (que decresce neste mesmo gradiente) e, dentre os parâmetros químicos: a CTC que, de forma geral, é baixa, e decai no gradiente no sentido dos ambientes florestados para os abertos, acompanhando os valores de matéria orgânica e outros parâmetros associados à fertilidade dos solos, como por exemplo o teor de Fósforo (P).

Os dados apresentados neste estudo indicam que as mudanças nos padrões de diversidade florística são mais fortemente estabelecidas ao se considerar o nível de Geoambientes, sendo que o *continuum* geoambiental é mais evidente quando consideradas as diferenças entre os domínios abertos e arbustivos que delimitam o Geossistema Ferruginoso. Neste contexto, pode-se dizer que os geoambientes comportam uma correlação de grupos taxonômicos mais amplos (que podem ser tratados por métodos estatísticos).

Em relação aos parâmetros físicos e químicos do solo, a disponibilidade de matéria orgânica parece ser um fator fundamental no controle da oferta de recursos, destacando ainda mais a importância dos geoambientes florestados dentro do *continuum* associado ao Geossistema Ferruginoso do Sinclinal Gandarela. Estes Capões representam condições locais de maior disponibilidade de nutrientes, se comparados às demais formações abertas e arbustivas do entorno. No outro extremo, estão os ambientes degradados pelas atividades de extração de

bauxita e piçarra, que forneceram insumos importantes para uma melhor compreensão da dinâmica associada à descaracterização da carapaça laterítica (cangas). Estes ambientes, mesmo quando submetidos a condições climáticas favoráveis e após longo prazo de intervenção, apresentam baixa resiliência, oligotróficos e floristicamente simplificados. Essas observações indicam, ainda, que estas áreas muito dificilmente terão sua condição original restaurada e possivelmente evoluirão para ambientes arbustivos, tipicamente savanizados, uma vez que a remoção da carapaça laterítica representa a desestruturação edáfica que suporta os ambientes mais tipicamente abertos.

Os geobiótopos, em nível hierárquico mais detalhado, revelam uma diversidade intrínseca e estocástica, não sendo possível sistematizar, a partir dos dados aqui obtidos, um reconhecimento botânico suficiente passível de ser utilizado para fins de segregação, nessa escala tão detalhada. Os Geobiótopos podem, portanto, estar associados a refúgios de biocenoses que foram claramente estabelecidas no conjunto de dados aqui trabalhados através das análises de espécies indicadoras, sobretudo para os geobiótopos: Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae; Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica; Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga; Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas; Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito; e para as Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

Neste sentido, a escala de geoambientes mostra-se capaz de prover condições adequadas para uma interpretação voltada à conservação destes ambientes, partindo-se do princípio de que a conservação destas unidades pressupõe também uma efetiva proteção de um conjunto de espécies indicadoras associadas a compartimentos geoambientais hierarquicamente inferiores. Não obstante, os geobiótopos, podem ser bastante úteis para prover informações acerca da distribuição e conservação de certas espécies que estruturam formações dentro de um mesmo geoambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alkmim, F. F., & Marshak, S. (1998). Transamazonian orogeny in the Southern São Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, 90(1-2), 29-58.
- Almeida, F. F. M. (1977). O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de geociências*, 7(4), 349-364.
- Alves, R. J. V., & Kolbek, J. (2009). Summit vascular flora of Serra de São José, Minas Gerais, Brazil. *Check list*, 5(1), 035-073.
- Anderson, M. G., Comer, P. J., Beier, P., Lawler, J. J., Schloss, C. A., Buttrick, S., ... & Faith, D. P. (2015). Case studies of conservation plans that incorporate geodiversity. *Conservation Biology*, 29(3), 680-691.
- Ataide, E. S., Castro, P. D. T. A., & Fernandes, G. W. (2011). Florística e caracterização de uma área de campo ferruginoso no complexo mineralógico Alegria, Serra de Antônio Pereira, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. *Revista Árvore*, 35, 1265-1275.
- Azevedo, Ú. R. D., Machado, M. M. M., Castro, P. D. T. A., Renger, F. E., Trevisol, A., & Beato, D. A. C. (2012). Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta. CPRM.
- Barbosa, G. V., & Rodrigues, D. M. S. (1967). Quadrilátero Ferrífero. Instituto Central de Geo-Ciências.
- Bertrand, G. (1972). *Ecologie d'un espace géographique. [Les géosystèmes du Valle de Prioro (Espagne du Nord-Ouest)]*. *Espace Géographique*, 1(2), 113-128. <https://doi.org/10.3406/spgeo.1972.1319>
- Bertrand, G. (2004). Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. *Raega-O Espaço Geográfico em Análise*, 8.
- Bertrand, G., & Tricart, J. (1968). Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. *Revue géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest*, 39(3), 249-272.
- Borsali, E. F. (2012). A flora vascular endêmica do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil: levantamento das espécies e padrões de distribuição geográfica.
- Brandão, M. (1992). Caracterização geomorfológica, climática, florística e faunística da Serra do Curral em Belo Horizonte, MG. *Daphne*, 2, 13-38.
- Brandão, M. (1997). Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais-VI: Serra do Rola Moça.
- Brandão, M., & Gavilanes, M. L. (1990). Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais (Serra da Piedade)-II. *Daphne*, 1(1), 26-43.
- Brandão, P. C., Soares, V. P., Simas, F. N. B., Schaefer, C. E. G. R., Souza, A. L. De, & Mendonça, B. A. F. De. (2010). Caracterização de geoambientes da floresta nacional do purus, Amazônia ocidental: uma contribuição ao plano de manejo. *Revista Árvore*, 34(1), 115-126. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000100013>.

Campos, J. F., Castilho, A. F., Martins, F. D., Hatano, F. M., & Rolim, S. G. (2012). Uma visão geográfica da região da Flona de Carajás. *Floresta Nacional de Carajás: Estudos sobre vertebrados terrestres*. Nitro Imagens, São Paulo, 28-63.

Carmo, F. F. (2010). Importância Ambiental e Estado de Conservação dos Ecossistemas de Cangas no Quadrilátero Ferrífero e Proposta de Áreas-Alvo para a Investigação e Proteção da Biodiversidade em Minas Gerais. 1–90.

Carmo, F. F. D., & Jacobi, C. M. (2013). A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. *Rodriguésia*, 64(3), 527-541.

Carmo, F. F., & Kamino, L. H. Y. (2015). Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte.

Carmo, F. F., da Mota, R. C., Kamino, L. H. Y., & Jacobi, C. M. (2018). Check-list of vascular plant communities on ironstone ranges of south-eastern Brazil: dataset for conservation. *Biodiversity data journal*, (6).

Carmo, F.F. 2014. Padrões de diversidade, composição florística e estrutura de comunidades de plantas em afloramentos rochosos, Quadrilátero Ferrífero, Brasil. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre. [Tese de Doutorado].

Carvalho, G. H., Cianciaruso, M. V., & Batalha, M. A. (2010). Plantminer: a web tool for checking and gathering plant species taxonomic information. *Environmental Modelling & Software*, 25(6), 815-816.

Chase, M. W., Christenhusz, M. J. M., Fay, M. F., Byng, J. W., Judd, W. S., Soltis, D. E., Mabberley, D. J., Sennikov, A. N., Soltis, P. S., Stevens, P. F., Briggs, B., Brockington, S., Chautems, A., Clark, J. C., Conran, J., Haston, E., Möller, M., Moore, M., Olmstead, R., ... Weber, A. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/boj.12385>

Clarke, K. R. (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18(1988), 117–143. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x>

Coelho, M. S., de Siqueira Neves, F., Perillo, L. N., Morellato, L. P. C., & Fernandes, G. W. (2018). Forest archipelagos: a natural model of metacommunity under the threat of fire. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 244-249.

Coelho, M. S., Fernandes, G. W., Pacheco, P., Diniz, V., Meireles, A., Santos, R. M. D., ... & Negreiros, D. (2016). Archipelago of montane forests surrounded by rupestrian grasslands: new insights and perspectives. In *Ecology and conservation of mountaintop grasslands in Brazil* (pp. 129-156). Springer, Cham.

Conceição, A. A., & Giuliatti, A. M. (2002). Composição florística e aspectos estruturais de campo rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. *Hoehnea*, 29(1), 37-48.

CONCEIÇÃO, A. A., & Pirani, J. R. (2005). Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: substratos, composição florística e aspectos estruturais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 85-111.

Crawley, M. J. (2012). *The R book*. John Wiley & Sons.

da Silva, M. F. (1992). Distribuição de metais pesados na vegetação metalófica de Carajás. *Acta Botanica Brasilica*, 6, 107-122.

de Almeida, F. F. M. (1977). O cráton do São Francisco. *Revista Brasileira de geociências*, 7(4), 349-364.

Dias, H. C. T., Fernandes Filho, E. I., Schaefer, C. E. G. R., Fontes, L. E. F., & Ventorim, L. B. (2002). Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, município de Lima Duarte-MG. *Revista Árvore*, 26(6), 777-786. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622002000600014>

Dinno, A. (2017). Title Dunn's Test of Multiple Comparisons Using Rank Sums.

Dorr, J. (1969). Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/pp641A>

Drummond, G. M., Martins, C. S., Machado, A. B. M., Sebaio, F. A., & Antonini, Y. (2005). Síntese da Áreas Prioritárias de Minas Gerais.

Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.

Ellenberg, D., & Mueller-Dombois, D. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology* (p. 547). New York: Wiley.

EMBRAPA. 2013. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisa de Solo. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª Ed. Brasília.

Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em: 18 jan. 2022.

Giulietti, A. M., Pirani, J. R., & Harley, R. M. (1997). Espinhaço range region, eastern Brazil. *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*, 3, 397-404.

Giulietti, A. M., Pirani, J. R., & Harley, R. M. (1997). Espinhaço range region, eastern Brazil. *Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation*, 3, 397-404.

Hsieh, T. C., Ma, K. H., Chao, A., & Hsieh, M. T. (2016). Package 'iNEXT'. URL <http://chao.stat.nthu.edu.tw/blog/software-download/>(accessed 228 2017).

Husson, F., Josse, J., Le, S., Mazet, J., & Husson, M. F. (2016). Package 'factominer'. An R package, 96, 698.

Jacobi, C. M., & Carmo, F. D. (2008). Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. *Megadiversidade*, 4(1-2), 24-32.

Jacobi, C. M., & Carmo, F. F. (2012). Diversidade florística nas cangas do Quadrilátero Ferrífero. IDM, Belo Horizonte.

Jacobi, C. M., Carmo, F. F. D., & Vincent, R. D. C. (2008). Estudo fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga como subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG. *Revista Árvore*, 32(2), 345-353.

Jacobi, C. M., Do Carmo, F. F., Vincent, R. C., & Stehmann, J. R. (2007). Plant communities on ironstone outcrops: A diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, 16(7), 2185–2200. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9156-8>

Klein, C., & Ladeira, E. A. (2000). Geochemistry and petrology of some Proterozoic banded iron-formations of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. *Economic Geology*, 95(2), 405-427.

KUO, S. 1996. Phosphorus. In Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T. and Sumner, M. E. (eds.) *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods*. Soil Science Society of America Book Series, No. 5. Madison. pp. 869– 920.

Lamounier, W. L., Carvalho, V. L. M., Salgado, A. A. R., & Marent, B. R. (2010). A influência da litologia na distribuição da cobertura vegetal e no uso do solo na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero - MG. *Revista Geografias*, 152–165. <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13289>

Larcher, W. (1995). Photosynthesis as a tool for indicating temperature stress events. In *Ecophysiology of photosynthesis* (pp. 261-277). Springer, Berlin, Heidelberg.

Legendre, P., & Legendre, L. (1998). *Numerical ecology*. Numerical Ecology Second English Edition, 20(20), 870. <https://doi.org/10.1021/ic050220j>

Longman, K. A., & Jenik, J. (1992). Forest-savanna boundaries: general considerations. *Nature and dynamics of forest-savanna boundaries*, 3-20.

Lopes, A. D. C. (2019). A flora vascular da crista da Serra do Curral.

Magalhães, G.M. (1966). Sobre os cerrados de Minas Gerais. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 38, p. 59-70.

Medina, A.I.; Dantas, M. E.; Saadi, A. (2005). Geomorfologia. In: PROJETO APA SUL RMBH - Estudos do Meio Físico. Belo Horizonte: CPRM/SEMAD/CEMIG, v. 6.

MEGURO, M., PIRANI, J. R., DE MELLO-SILVA, R. E. N. A. T. O., & GIULIETTI, A. M. (1996). Caracterização florística e estrutural de matas ripárias e capões de altitude da Serra do Cipó, Minas Gerais. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 13-29.

Mendonça, B.A., F., Inácio, E., Filho, F., Gonçalves, C. E., Schaefer, R., Nogueira, F., Simas, B., Frutuoso, J., Junior, V., De Aquino, B., Lisboa, R., & Gaio, J. (2013). *Solos E Geoambientes Do Parque Nacional Do Viruá E Entorno, Roraima: Visão Integrada Da*

Paisagem E Serviço Ambiental 1 Soils And Geoenvironments Of The National Park Of Viruá And Surrounding, Roraima: Integrated Vision Of The Landscape And Environmental S. *Ciência Florestal*, 2, 429–444.

Messias, M. C. T. B., & Carmo, F. F. (2015). Flora e vegetação em substratos ferruginosos do Sudeste do Quadrilátero Ferrífero. *Geossistemas Ferruginosos no Brasil*. Instituto Prístino, Belo Horizonte, 335-360.

Messias, M. C. T. B., Leite, M. G. P., Meira-Neto, J. A. A., & Kozovits, A. R. (2012). Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Acta Botanica Brasilica*, 26(1), 230–242.
<https://doi.org/10.1590/S0102-33062012000100022>

Mittermeier, R. A., Myers, N., Mittermeier, C. G., & Robles Gil, P. (1999). Hotspots: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX, SA, Agrupación Sierra Madre, SC.

Mourão, A., & Stehmann, J. R. (2007). Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, 58(4), 775-786.

Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858. Bertrand, G. (1972). *Ecologie d'un espace géographique. [Les géosystèmes du Valle de Prioro (Espagne du Nord-Ouest)]*. *Espace Géographique*, 1(2), 113–128.
<https://doi.org/10.3406/spgeo.1972.1319>

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., Henry, M., Stevens, H., Szoecs, E., & Maintainer, H. W. (2020). Package “vegan” Title Community Ecology Package Version 2.5-7.

Pereira, A. F. S. (2010). Florística, fitossociologia e relação solo-vegetação em campo rupestre ferruginoso do Quadrilátero Ferrífero, MG.

Porto, M. L., & da Silva, M. F. (1989). Tipos de vegetação metalófila em áreas da Serra de Carajás e de Minas Gerais, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 3(2), 13-21.

PPG, I. (2016). Pteridophyte Phylogeny Group. *Journal of Systematics and Evolution*, 54(6), 563-603.

Ribeiro, A. S. D. S. (2009). Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica dos solos da serra Sul, Floresta Nacional de Carajás, Pará.

Rizzini, C. T. (1979). *Tratado de Fitogeografia do Brasil: Aspectos sociológicos e florísticos*, vol. 2. Edgard Blucher Ltda./EDUSP, São Paulo.

Roberts, D. W. (2019). labdsv: Ordination and multivariate analysis for ecology. R package version,2.0-1.

- Rodrigues, P. M. S., Schaefer, C. E. G. R., Corrêa, G. R., Campos, P. V., & Neri, A. V. (2015). Solos, relevo e vegetação determinam os geoambientes de unidade de conservação do norte de Minas Gerais, Brasil. *Neotropical Biology and Conservation*, 10(1), 31–42. <https://doi.org/10.4013/nbc.2015.101.05>
- Ruchkys, Ú. A., Castro, P. D. T. A., dos Santos, D. J., & Rodrigues, J. D. S. B. (2018). Patrimônio em Geossistemas Ferruginosos: Potencial de Uso para o Geoturismo. *RELACult-Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade*, 4(2).
- Ruiz, H. A. (2005a). Dispersão física do solo para análise granulométrica por agitação lenta. In *Congresso Brasileiro de Ciência do Solo* (Vol. 30).
- Ruiz, H. A. (2005b). Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte+ argila). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 29(2), 297-300.
- Salazar, G. (2020). *EcolUtils: Utilities for community ecology analysis*. R package.
- Salgado, A. A. R. (2006). *Estudo da Evolução do Relevo do Quadrilátero Ferrífero, MG–Brasil, Através da Quantificação dos Processos Erosivos e Denudacionais*. 2006. 101 f (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado em Geologia)–Departamento de Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto).
- Salgado, A. A. R., Braucher, R., Varajao, A. C., Colin, F., Varajao, A. F. D. C., & Nalini Jr, H. A. (2008). Relief evolution of the Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brazil) by means of (10Be) cosmogenic nuclei. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 52(3), 317.
- Salgado, A. A. R., Colin, F., Nalini Júnior, H. A., Braucher, R., Varajão, A. F. D. C., & Varajão, C. A. C. (2004). O Papel da Denudação Geoquímica no Processo de Erosão Diferencial no Quadrilátero Ferrífero/MG. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 5(1), 55–69. <https://doi.org/10.20502/rbg.v5i1.32>
- Santos, D. J. dos, Ruchkys, Ú., & Travassos, L. E. P. (2021). Perfil Geoecológico do Parque Nacional da Serra do Gandarela, Minas Gerais, Brasil. *Sociedade & Natureza*, 33, e57012. <https://doi.org/10.14393/sn-v33-2021-57012>
- Schaefer, C. E. G. R. (1997). Ecogeography and human scenario in notheast Roraima, Brasil | *Ciênc. cult. (São Paulo)*;49(4): 241-52, July-Aug. 1997. mapas, tab, graf | LILACS. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-199819>
- Schaefer, C. E. G., de Lima Neto, E., Corrêa, G. R., Simas, F. N. B., Campos, J. F., de Mendonça, B. A. F., & Nunes, J. A. (2016). Geoambientes, solos e estoques de carbono na Serra Sul de Carajás, Pará, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi-Ciências Naturais*, 11(1), 85-101.
- Silva, R. R., & Tozzi, A. M. G. D. A. (2011). Uma nova espécie de *Mimosa* L. (Leguminosae, Mimosoideae) do Centro-Oeste do Brasil. *Hoehnea*, 38, 143-146.
- Sotchava, V. B. (1962). Definition de Quelques Notions et Termes de Géographie Physique. *Institute de Geographie de la Sibirie et Extrem Orient*, 3, 94-177.
- Sotchava, V. B. (1978). Por uma teoria de classificação de geossistemas de vida terrestre. *Biogeografia*. São Paulo, (14), 1-24.

- Souza, C. R., & Carmo, F. D. (2015). Geossistemas ferruginosos no Brasil. Geossistemas ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte, 31, 47-76.
- Souza, D. T. (2009). Composição florística e estrutura dos capões de altitude no parque estadual do Rio Preto, Minas Gerais, Brasil (Doctoral dissertation, MSc Dissertation, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, BR (in Portuguese)).
- Strahler, A. N., & Strahler, A. H. (1976). Elements of physical geography. Wiley.
- Team, R. C. (2013). 2021. R: A language and environment for statistical computing.
- Teixeira, W. A., & de Lemos Filho, J. P. (2013). A flórua rupestre do Pico de Itabirito, Minas Gerais, Brasil: lista das plantas vasculares. Boletim de Botânica, 31(2), 199-230.
- Teixeira, W. A., & Lemos-Filho, J. P. (1998). Metais pesados em folhas de espécies lenhosas colonizadoras de uma área de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. Rev Árvore, 22, 381-388.
- Teixeira, W. A., & Lemos-Filho, J. P. (2002). Fatores edáficos ea colonização de espécies lenhosas em uma cava de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. Revista Árvore, 26(1), 25-33.
- Tricart, J. L. (1981). Paisagem e Ecologia: Igeo/USP. São Paulo.
- Udvardy, M. F. (1959). Notes on the ecological concepts of habitat, biotope and niche. Ecology, 725-728.
- Valente, E. L. (2009). Relações solo-vegetação no Parque Nacional da Serra do Cipó, Espinhaço Meridional, Minas Gerais.
- Vasconcelos, M. F. D. (2011). O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do Leste do Brasil?. Brazilian Journal of Botany, 34(2), 241-246.
- Viana, P. L., & Lombardi, J. A. (2007). Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. Rodriguésia, 58(1), 157-177.
- Vicent, R. C. (2004). Florística, fitossociologia, e relações entre a vegetação e o solo em área de campo ferruginoso no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais (Doctoral dissertation, Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo).
- Vilela, R. A., Melo, R. J. D., Costa, T. A. V. D., Lagoeiro, L. E., & Varajão, C. A. C. (2004). Petrografia do minério hematita compacta da Mina do Tamanduá (Quadrilátero Ferrífero, MG). Rem: Revista Escola de Minas, 57(3), 157-164.
- Whittaker, R. J., Willis, K. J., & Field, R. (2001). Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. Journal of biogeography, 28(4), 453-470.

MATERIAL SUPLEMENTAR II

Tabela 16. Localização dos Pontos de Coletas de Solo.

Identificação	Geoambiente	Geobiótopo	Código Geobiótopo	Latitude	Longitude
1	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada	Ab_TIP	43W 41' 18"	20S 05' 30"
2	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto de <i>Lychnophora</i> em blocos de canga liquenizada	A_LYC	43W 41' 29"	20S 04' 47"
3	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica	Ab_DBA	43W 41' 27"	20S 04' 46"
4	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada	Ab_DCG	43W 41' 18"	20S 04' 53"
5	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Escarpas com campo rupestre aberto de <i>Velloziaceae</i>	A_BAR	43W 41' 20"	20S 05' 03"
6	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de <i>Vellozia (V. compacta)</i>	A_VEL	43W 41' 41"	20S 04' 27"
9	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada	Ab_TIP	43W 41' 36"	20S 04' 11"
8	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto graminoso ou couraça aflorante	A_GRM	43W 40' 56"	20S 02' 57"
9	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto de <i>Mimosa</i> em blocos de Canga	A_MIM	43W 40' 49"	20S 02' 04"
10	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada	Ab_DCG	43W 40' 45"	20S 01' 44"
11	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto de <i>Lychnophora</i> em blocos de canga liquenizada	A_LYC	43W 40' 56"	20S 01' 45"
12	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Patamares com campo rupestre graminoso mal drenado de <i>Vellozia graminea</i> , <i>V. tragacantha</i> ou <i>V. albiflora</i> em canga	A_GRV	43W 41' 06"	20S 02' 05"

Identificação	Geoambiente	Geobiótopo	Código Geobiótopo	Latitude	Longitude
13	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada	Ab_TIP	43W 41' 04"	20S 02' 06"
14	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de <i>Vellozia (V. compacta)</i>	A_VEL	43W 41' 03"	20S 02' 38"
15	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada	Ab_TIP	43W 40' 04"	20S 00' 22"
16	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de <i>Vellozia (V. compacta)</i>	A_VEL	43W 39' 58"	20S 00' 07"
17	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada	A_CGD	43W 39' 55"	19S 59' 59"
18	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada	A_CGD	43W 40' 19"	20S 00' 56"
19	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de <i>Vellozia (V. compacta)</i>	A_VEL	43W 40' 21"	20S 00' 57"
20	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito	Ab_ITA	43W 40' 21"	20S 00' 51"
21	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica	Ab_DBA	43W 40' 18"	20S 01' 14"
22	Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra	Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra	BAUX	43W 40' 31"	20S 01' 50"
23	Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra	Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra	BAUX	43W 41' 24"	20S 04' 40"
24	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de <i>Vellozia gramínea</i> , <i>V. tragacantha</i> ou <i>V. albiflora</i> em canga	A_GRV	43W 41' 39"	20S 04' 39"
25	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito	Ab_ITA	43W 41' 21"	20S 03' 07"
26	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre arbustivo de candeia em canga degradada	A_CND	43W 41' 23"	20S 03' 13"
27	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito	Ab_ITA	43W 41' 19"	20S 03' 15"

Identificação	Geoambiente	Geobiótopo	Código Geobiótopo	Latitude	Longitude
28	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada	A_CGD	43W 40' 56"	20S 02' 24"
29	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto de Lychnophora em blocos de canga liquenizada	A_LYC	43W 41' 03"	20S 02' 24"
30	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de Vellozia gramínea, V. tragacantha ou V. albiflora em canga	A_GRV	43W 40' 50"	20S 02' 28"
31	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada	Ab_TIP	43W 41' 05"	20S 02' 13"
32	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de Vellozia gramínea, V. tragacantha ou V. albiflora em canga	A_GRV	43W 41' 47"	20S 04' 25"
33	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas colúviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica	Ab_DBA	43W 41' 43"	20S 03' 49"
34	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae	A_BAR	43W 41' 52"	20S 03' 04"
35	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas	Ab_ILH	43W 41' 24"	20S 03' 10"
36	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga	A_MIM	43W 40' 48"	20S 01' 51"
37	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas	Ab_ILH	43W 39' 25"	20S 07' 10"
38	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre arbustivo de candeia em canga degradada	A_CND	43W 39' 14"	20S 06' 37"
39	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto gramíneo ou couraça aflorante	A_GRM	43W 39' 17"	20S 06' 43"
40	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga	A_MIM	43W 41' 06"	20S 05' 20"
41	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas	Ab_ILH	43W 41' 06"	20S 05' 21"
42	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada	Ab_DCG	43W 41' 41"	20S 04' 21"

Identificação	Geoambiente	Geobiótopo	Código Geobiótopo	Latitude	Longitude
43	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de <i>Vellozia</i> gramínea, <i>V. tragacantha</i> ou <i>V. albiflora</i> em canga	A_GRV	43W 41' 50"	20S 04' 16"
44	Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra	Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra	BAUX	43W 41' 40"	20S 04' 04"
45	Campo Rupestre Ferruginoso Aberto	Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada	A_CGD	43W 41' 44"	20S 03' 55"
46	Campo Rupestre Ferruginoso Arbustivo	Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada	Ab_TIP	43W 41' 33"	20S 03' 11"

Tabela 17. Localização dos pontos de amostragem fitossociológica implementados para obtenção de dados florísticos.

Parcela	Geobiótopo	Latitude	Longitude	Parcela	Geobiótopo	Latitude	Longitude
1	A_LYC	43W 40' 05"	20S 06' 46"	181	A_VEL	43W 41' 07"	20S 02' 52"
2	A_CGD	43W 40' 10"	20S 06' 46"	182	A_CGD	43W 41' 08"	20S 02' 58"
3	A_CGD	43W 40' 03"	20S 06' 40"	183	A_CGD	43W 40' 20"	20S 01' 40"
4	A_LYC	43W 40' 10"	20S 06' 33"	184	A_CGD	43W 40' 40"	20S 01' 40"
5	A_CGD	43W 40' 25"	20S 06' 13"	185	A_MIM	43W 40' 48"	20S 01' 41"
6	A_LYC	43W 40' 33"	20S 06' 07"	186	A_CGD	43W 40' 33"	20S 01' 47"
7	A_LYC	43W 40' 40"	20S 06' 01"	187	A_CGD	43W 40' 47"	20S 01' 47"
8	A_CGD	43W 40' 38"	20S 06' 07"	188	A_MIM	43W 40' 54"	20S 01' 53"
9	A_CGD	43W 40' 30"	20S 06' 14"	189	A_CGD	43W 41' 01"	20S 01' 53"
10	A_LYC	43W 40' 42"	20S 06' 04"	190	A_MIM	43W 40' 26"	20S 01' 59"
11	A_CGD	43W 40' 45"	20S 06' 00"	191	A_MIM	43W 40' 34"	20S 02' 00"
12	A_LYC	43W 41' 03"	20S 05' 28"	192	A_CGD	43W 40' 27"	20S 01' 53"
13	A_LYC	43W 41' 16"	20S 05' 14"	193	A_MIM	43W 40' 34"	20S 02' 06"
14	A_CGD	43W 41' 16"	20S 05' 08"	194	A_CGD	43W 41' 01"	20S 02' 19"
15	A_CGD	43W 41' 16"	20S 05' 02"	195	A_CGD	43W 41' 01"	20S 02' 13"
16	Ab_ILH	43W 41' 09"	20S 05' 14"	196	A_CGD	43W 41' 08"	20S 02' 07"
17	A_CGD	43W 41' 23"	20S 05' 21"	197	A_CGD	43W 41' 22"	20S 02' 20"
18	A_CGD	43W 41' 23"	20S 04' 55"	198	A_CGD	43W 41' 21"	20S 03' 05"
19	A_LYC	43W 41' 30"	20S 04' 48"	199	A_CGD	43W 41' 28"	20S 03' 25"
20	A_LYC	43W 41' 21"	20S 05' 07"	200	A_CGD	43W 41' 22"	20S 03' 18"
21	A_CGD	43W 40' 12"	20S 06' 33"	201	A_CGD	43W 41' 01"	20S 02' 52"
22	A_LYC	43W 40' 17"	20S 06' 27"	202	A_CGD	43W 41' 08"	20S 02' 46"

23	A_VEL	43W 41' 22"	20S 05' 13"	203	A_CGD	43W 40' 54"	20S 02' 19"
24	A_CGD	43W 41' 16"	20S 04' 41"	204	A_CGD	43W 42' 09"	20S 03' 05"
25	A_VEL	43W 41' 02"	20S 04' 55"	205	A_CGD	43W 42' 02"	20S 03' 05"
26	A_VEL	43W 41' 16"	20S 04' 47"	206	A_CGD	43W 41' 56"	20S 03' 05"
27	A_CGD	43W 41' 15"	20S 03' 40"	207	A_CGD	43W 41' 07"	20S 03' 12"
28	A_BAR	43W 41' 12"	20S 03' 38"	208	A_CGD	43W 41' 21"	20S 03' 12"
29	A_CGD	43W 41' 09"	20S 03' 31"	209	A_CGD	43W 41' 07"	20S 03' 24"
30	A_CGD	43W 40' 59"	20S 04' 57"	210	A_CGD	43W 41' 02"	20S 03' 24"
31	A_CGD	43W 40' 58"	20S 05' 01"	211	A_CGD	43W 41' 55"	20S 03' 31"
32	A_CGD	43W 41' 13"	20S 02' 16"	212	Ab_TIP	43W 41' 42"	20S 03' 44"
33	A_CGD	43W 41' 04"	20S 02' 15"	213	A_LYC	43W 41' 41"	20S 03' 51"
34	A_CGD	43W 41' 13"	20S 02' 07"	214	A_CGD	43W 41' 48"	20S 03' 44"
35	A_CGD	43W 40' 56"	20S 02' 07"	215	A_CGD	43W 41' 14"	20S 03' 18"
36	A_CGD	43W 40' 56"	20S 01' 51"	216	A_CGD	43W 41' 15"	20S 02' 06"
37	A_CGD	43W 40' 56"	20S 01' 59"	217	G_GRV	43W 40' 59"	20S 02' 01"
38	A_CGD	43W 40' 48"	20S 01' 27"	218	A_CGD	43W 40' 13"	20S 01' 53"
39	A_CGD	43W 40' 48"	20S 01' 20"	219	A_CGD	43W 40' 12"	20S 01' 59"
40	G_GRV	43W 40' 31"	20S 01' 09"	220	G_GRV	43W 41' 15"	20S 02' 13"
41	A_CGD	43W 40' 31"	20S 01' 02"	221	A_CGD	43W 41' 15"	20S 02' 19"
42	A_CGD	43W 40' 22"	20S 01' 11"	222	A_CGD	43W 41' 01"	20S 02' 39"
43	A_CGD	43W 40' 22"	20S 01' 02"	223	A_LYC	43W 41' 01"	20S 02' 26"
44	A_CGD	43W 40' 30"	20S 00' 54"	224	A_CGD	43W 40' 54"	20S 02' 06"
45	A_VEL	43W 40' 22"	20S 00' 54"	225	A_CGD	43W 40' 40"	20S 02' 19"
46	A_CGD	43W 41' 47"	20S 03' 29"	226	A_CGD	43W 40' 54"	20S 02' 33"
47	G_GRV	43W 40' 47"	20S 02' 32"	227	Ab_TIP	43W 40' 16"	20S 00' 45"
48	A_CGD	43W 41' 55"	20S 03' 34"	228	A_CGD	43W 41' 22"	20S 02' 59"
49	A_LYC	43W 42' 04"	20S 03' 21"	229	A_CGD	43W 41' 28"	20S 03' 18"
50	A_VEL	43W 41' 56"	20S 03' 13"	230	A_CGD	43W 40' 33"	20S 02' 33"
51	A_CGD	43W 41' 56"	20S 03' 28"	231	A_CGD	43W 40' 34"	20S 02' 26"
52	A_CGD	43W 41' 30"	20S 03' 21"	232	A_CGD	43W 40' 47"	20S 02' 19"
53	A_VEL	43W 41' 29"	20S 03' 29"	233	A_CGD	43W 41' 42"	20S 03' 12"
54	A_CGD	43W 41' 46"	20S 03' 38"	234	A_CGD	43W 41' 35"	20S 03' 11"
55	A_CGD	43W 41' 47"	20S 03' 45"	235	A_CGD	43W 41' 49"	20S 03' 06"
56	A_CGD	43W 41' 30"	20S 03' 13"	236	A_CGD	43W 41' 35"	20S 03' 18"
57	A_CGD	43W 41' 22"	20S 03' 05"	237	A_CGD	43W 41' 49"	20S 03' 18"
58	A_CGD	43W 41' 22"	20S 02' 40"	238	A_CGD	43W 41' 55"	20S 03' 25"
59	A_CGD	43W 41' 13"	20S 02' 40"	239	A_LYC	43W 42' 02"	20S 03' 18"
60	A_CGD	43W 41' 13"	20S 02' 32"	240	A_LYC	43W 41' 56"	20S 03' 18"

61	A_CGD	43W 41' 12"	20S 02' 56"	241	A_CGD	43W 41' 48"	20S 03' 32"
62	A_CGD	43W 41' 04"	20S 02' 48"	242	A_CGD	43W 42' 02"	20S 03' 12"
63	A_CGD	43W 40' 56"	20S 02' 32"	243	A_LYC	43W 42' 03"	20S 03' 26"
64	A_CGD	43W 41' 04"	20S 02' 32"	244	A_VEL	43W 40' 26"	20S 02' 33"
65	A_CGD	43W 40' 39"	20S 01' 35"	245	Ab_DCG	43W 40' 18"	20S 00' 58"
66	A_CGD	43W 40' 39"	20S 01' 27"	246	Ab_DCG	43W 40' 04"	20S 00' 18"
67	A_CGD	43W 40' 22"	20S 01' 17"	247	Ab_DCG	43W 40' 59"	20S 02' 06"
68	A_MIM	43W 40' 39"	20S 02' 07"	248	Ab_DCG	43W 40' 42"	20S 01' 44"
69	A_MIM	43W 40' 39"	20S 01' 59"	249	Ab_DCG	43W 40' 43"	20S 01' 22"
70	A_LYC	43W 41' 21"	20S 02' 32"	250	Ab_DCG	43W 40' 47"	20S 01' 18"
71	G_GRV	43W 40' 25"	20S 00' 50"	251	Ab_DCG	43W 40' 36"	20S 01' 19"
72	Ab_ILH	43W 40' 17"	20S 00' 53"	252	Ab_DCG	43W 40' 29"	20S 01' 12"
73	A_CGD	43W 40' 09"	20S 00' 09"	253	Ab_DCG	43W 41' 24"	20S 02' 39"
74	A_CGD	43W 39' 57"	20S 00' 02"	254	Ab_ITA	43W 41' 26"	20S 02' 59"
75	A_CGD	43W 40' 01"	20S 00' 07"	255	Ab_TIP	43W 41' 24"	20S 03' 17"
76	A_CGD	43W 40' 01"	20S 00' 12"	256	Ab_DCG	43W 41' 15"	20S 02' 25"
77	A_CGD	43W 40' 07"	20S 00' 32"	257	Ab_TIP	43W 40' 47"	20S 02' 21"
78	A_VEL	43W 40' 11"	20S 00' 29"	258	Ab_DCG	43W 40' 10"	20S 00' 50"
79	A_CGD	43W 40' 17"	20S 00' 34"	259	Ab_DCG	43W 40' 05"	20S 00' 21"
80	G_GRM	43W 40' 18"	20S 00' 42"	260	Ab_TIP	43W 40' 12"	20S 00' 37"
81	G_GRM	43W 40' 39"	20S 00' 57"	261	Ab_DBA	43W 40' 18"	20S 01' 14"
82	A_VEL	43W 40' 28"	20S 01' 05"	262	Ab_TIP	43W 41' 22"	20S 02' 41"
83	A_CGD	43W 40' 49"	20S 01' 23"	263	Ab_TIP	43W 40' 25"	20S 01' 54"
84	A_MIM	43W 40' 44"	20S 01' 53"	264	Ab_DCG	43W 41' 03"	20S 02' 39"
85	A_LYC	43W 41' 02"	20S 01' 51"	265	Ab_ITA	43W 41' 19"	20S 03' 04"
86	A_CGD	43W 40' 41"	20S 02' 25"	266	Ab_DCG	43W 41' 25"	20S 03' 13"
87	G_GRM	43W 40' 36"	20S 02' 31"	267	A_CGD	43W 41' 25"	20S 03' 07"
88	A_CGD	43W 40' 19"	20S 01' 51"	268	A_CGD	43W 41' 26"	20S 03' 04"
89	A_CGD	43W 40' 58"	20S 02' 53"	269	A_CGD	43W 41' 08"	20S 02' 50"
90	A_CGD	43W 42' 06"	20S 03' 05"	270	A_CGD	43W 41' 04"	20S 02' 51"
91	A_VEL	43W 41' 57"	20S 03' 05"	271	A_CGD	43W 41' 17"	20S 02' 36"
92	A_CGD	43W 41' 45"	20S 03' 13"	272	A_CGD	43W 41' 17"	20S 02' 39"
93	A_CGD	43W 41' 19"	20S 03' 19"	273	A_CGD	43W 40' 45"	20S 02' 32"
94	A_LYC	43W 42' 01"	20S 03' 25"	274	G_GRM	43W 40' 49"	20S 02' 31"
95	A_LYC	43W 42' 07"	20S 03' 19"	275	A_MIM	43W 40' 49"	20S 02' 02"
96	A_CGD	43W 41' 27"	20S 03' 06"	276	A_MIM	43W 40' 44"	20S 02' 03"
97	A_CGD	43W 41' 41"	20S 04' 08"	277	A_MIM	43W 41' 12"	20S 02' 31"
98	Ab_ILH	43W 41' 37"	20S 04' 27"	278	A_MIM	43W 41' 14"	20S 02' 33"

99	A_CGD	43W 41' 45"	20S 04' 14"	279	A_LYC	43W 40' 34"	20S 00' 55"
100	Ab_TIP	43W 40' 10"	20S 06' 29"	280	A_LYC	43W 40' 35"	20S 00' 54"
101	Ab_ITA	43W 41' 11"	20S 04' 32"	281	A_VEL	43W 40' 28"	20S 01' 07"
102	Ab_ITA	43W 40' 48"	20S 05' 36"	282	G_GRV	43W 40' 32"	20S 01' 09"
103	Ab_ITA	43W 41' 28"	20S 02' 59"	283	A_CGD	43W 40' 39"	20S 01' 29"
104	Ab_DCG	43W 41' 29"	20S 03' 11"	284	A_CGD	43W 40' 37"	20S 01' 32"
105	Ab_TIP	43W 41' 33"	20S 03' 18"	285	A_LYC	43W 41' 01"	20S 02' 25"
106	Ab_DCG	43W 41' 34"	20S 03' 14"	286	A_LYC	43W 41' 05"	20S 02' 23"
107	Ab_DBA	43W 41' 51"	20S 03' 28"	287	A_CGD	43W 39' 55"	20S 06' 42"
108	Ab_DBA	43W 41' 48"	20S 03' 32"	288	A_LYC	43W 38' 37"	20S 06' 35"
109	Ab_DCG	43W 41' 16"	20S 02' 24"	289	A_LYC	43W 41' 03"	20S 05' 24"
110	Ab_DCG	43W 40' 29"	20S 01' 12"	290	A_LYC	43W 41' 03"	20S 05' 28"
111	Ab_DBA	43W 40' 20"	20S 01' 16"	291	A_LYC	43W 40' 40"	20S 05' 50"
112	Ab_DCG	43W 41' 02"	20S 02' 07"	292	A_LYC	43W 40' 37"	20S 05' 52"
113	Ab_DCG	43W 41' 08"	20S 02' 14"	293	A_LYC	43W 40' 56"	20S 05' 38"
114	Ab_DCG	43W 41' 04"	20S 02' 40"	294	A_CGD	43W 38' 34"	20S 06' 26"
115	Ab_DCG	43W 40' 41"	20S 01' 22"	295	A_CGD	43W 38' 01"	20S 05' 55"
116	Ab_TIP	43W 40' 17"	20S 00' 47"	296	A_CGD	43W 38' 06"	20S 06' 01"
117	Ab_TIP	43W 40' 39"	20S 02' 15"	297	A_CGD	43W 38' 25"	20S 06' 26"
118	Ab_DCG	43W 40' 42"	20S 01' 30"	298	A_LYC	43W 39' 57"	20S 06' 40"
119	Ab_DCG	43W 41' 27"	20S 02' 25"	299	A_LYC	43W 38' 31"	20S 06' 34"
120	Ab_TIP	43W 40' 13"	20S 00' 37"	300	A_LYC	43W 39' 59"	20S 06' 42"
121	Ab_DCG	43W 40' 27"	20S 00' 49"	301	A_LYC	43W 40' 03"	20S 06' 44"
122	Ab_DCG	43W 40' 13"	20S 00' 43"	302	A_CGD	43W 40' 04"	20S 06' 41"
123	Ab_DCG	43W 40' 05"	20S 00' 28"	303	A_CGD	43W 38' 23"	20S 06' 16"
124	Ab_DCG	43W 40' 06"	20S 00' 21"	304	A_CGD	43W 38' 23"	20S 06' 13"
125	Ab_TIP	43W 40' 14"	20S 00' 36"	305	A_CGD	43W 38' 27"	20S 06' 20"
126	Ab_ILH	43W 40' 18"	20S 00' 52"	306	A_CGD	43W 38' 12"	20S 06' 10"
127	Ab_DCG	43W 40' 32"	20S 00' 57"	307	G_GRV	43W 40' 20"	20S 00' 44"
128	Ab_DCG	43W 40' 44"	20S 01' 45"	308	A_VEL	43W 40' 02"	20S 00' 09"
129	Ab_TIP	43W 40' 48"	20S 02' 22"	309	A_CGD	43W 40' 19"	20S 00' 43"
130	Ab_TIP	43W 40' 27"	20S 01' 56"	310	A_CGD	43W 40' 35"	20S 01' 01"
131	Ab_DCG	43W 42' 01"	20S 03' 09"	311	A_CGD	43W 40' 34"	20S 00' 59"
132	Ab_DCG	43W 41' 19"	20S 02' 33"	312	A_CGD	43W 40' 45"	20S 01' 20"
133	Ab_TIP	43W 41' 15"	20S 02' 56"	313	A_CGD	43W 40' 46"	20S 01' 21"
134	Ab_DBA	43W 41' 21"	20S 04' 27"	314	G_GRV	43W 41' 10"	20S 02' 04"
135	Ab_DCG	43W 40' 44"	20S 01' 30"	315	G_GRV	43W 41' 06"	20S 02' 03"
136	A_CGD	43W 39' 53"	19S 59' 57"	316	A_CGD	43W 40' 05"	20S 00' 08"

137	A_CGD	43W 39' 59"	20S 00' 09"	317	A_CGD	43W 40' 07"	20S 00' 09"
138	A_CGD	43W 39' 51"	20S 00' 13"	318	A_CGD	43W 41' 28"	20S 03' 12"
139	A_VEL	43W 40' 07"	20S 00' 22"	319	A_CGD	43W 41' 48"	20S 03' 12"
140	A_CGD	43W 40' 13"	20S 00' 22"	320	A_CGD	43W 41' 56"	20S 03' 12"
141	A_CGD	43W 40' 07"	20S 00' 29"	321	G_GRM	43W 41' 07"	20S 03' 18"
142	A_VEL	43W 40' 13"	20S 00' 28"	322	A_CGD	43W 41' 48"	20S 03' 25"
143	A_VEL	43W 40' 14"	20S 00' 35"	323	A_CGD	43W 39' 59"	20S 00' 09"
144	A_VEL	43W 40' 14"	20S 00' 42"	324	G_GRM	43W 39' 54"	20S 01' 02"
145	A_CGD	43W 40' 06"	20S 00' 35"	325	A_CGD	43W 40' 34"	20S 01' 21"
146	A_CGD	43W 40' 20"	20S 00' 48"	326	A_CGD	43W 40' 49"	20S 01' 35"
147	A_VEL	43W 40' 21"	20S 00' 55"	327	A_MIM	43W 40' 49"	20S 01' 55"
148	Ab_ILH	43W 40' 27"	20S 00' 55"	328	A_VEL	43W 40' 07"	20S 00' 22"
149	A_LYC	43W 40' 34"	20S 00' 55"	329	G_GRM	43W 40' 47"	20S 02' 26"
150	A_MIM	43W 40' 34"	20S 01' 02"	330	G_GRV	43W 41' 15"	20S 02' 32"
151	A_VEL	43W 40' 27"	20S 01' 08"	331	A_CGD	43W 41' 21"	20S 02' 39"
152	A_CGD	43W 40' 20"	20S 01' 08"	332	A_CGD	43W 41' 28"	20S 03' 05"
153	A_CGD	43W 40' 06"	20S 00' 54"	333	A_CGD	43W 42' 02"	20S 02' 58"
154	A_VEL	43W 39' 59"	20S 00' 55"	334	Ab_DCG	43W 41' 21"	20S 02' 26"
155	A_VEL	43W 39' 53"	20S 00' 54"	335	Ab_DCG	43W 41' 09"	20S 02' 17"
156	A_VEL	43W 39' 53"	20S 01' 07"	336	Ab_DCG	43W 40' 42"	20S 01' 32"
157	A_VEL	43W 39' 53"	20S 01' 13"	337	Ab_DBA	43W 41' 48"	20S 03' 32"
158	A_VEL	43W 40' 01"	20S 01' 15"	338	Ab_TIP	43W 41' 33"	20S 03' 18"
159	A_CGD	43W 40' 20"	20S 01' 14"	339	A_LYC	43W 40' 09"	20S 06' 40"
160	A_CGD	43W 40' 27"	20S 01' 14"	340	A_LYC	43W 41' 10"	20S 04' 41"
161	Ab_DCG	43W 40' 42"	20S 01' 22"	341	A_CGD	43W 41' 20"	20S 05' 01"
162	A_CGD	43W 40' 48"	20S 01' 21"	342	BAUX	43W 41' 51"	20S 03' 47"
163	A_CGD	43W 40' 34"	20S 01' 27"	343	A_LYC	43W 41' 55"	20S 03' 21"
164	A_CGD	43W 40' 48"	20S 01' 27"	344	BAUX	43W 40' 30"	20S 01' 41"
165	A_CGD	43W 40' 34"	20S 01' 34"	345	BAUX	43W 40' 32"	20S 01' 49"
166	A_CGD	43W 40' 41"	20S 01' 34"	346	BAUX	43W 41' 35"	20S 03' 25"
167	A_CGD	43W 40' 54"	20S 01' 34"	347	BAUX	43W 41' 44"	20S 03' 38"
168	A_LYC	43W 40' 55"	20S 01' 47"	348	BAUX	43W 41' 19"	20S 04' 30"
169	A_CGD	43W 40' 41"	20S 01' 53"	349	BAUX	43W 41' 34"	20S 04' 21"
170	A_MIM	43W 40' 40"	20S 01' 59"	350	BAUX	43W 41' 37"	20S 04' 01"
171	A_MIM	43W 40' 49"	20S 02' 01"	351	A_LYC	43W 41' 26"	20S 04' 35"
172	A_CGD	43W 40' 20"	20S 01' 53"	352	A_LYC	43W 41' 02"	20S 05' 21"
173	A_CGD	43W 40' 54"	20S 02' 00"	353	A_LYC	43W 41' 04"	20S 02' 24"
174	G_GRV	43W 41' 22"	20S 02' 13"	354	A_VEL	43W 40' 13"	20S 00' 28"

175	A_VEL	43W 40' 40"	20S 02' 26"	355	A_VEL	43W 40' 14"	20S 00' 35"
176	G_GRV	43W 40' 47"	20S 02' 31"	356	A_BAR	43W 41' 38"	20S 04' 49"
177	A_CGD	43W 40' 54"	20S 02' 26"	357	A_BAR	43W 41' 38"	20S 04' 54"
178	A_CGD	43W 41' 14"	20S 02' 39"				
179	A_CGD	43W 40' 54"	20S 02' 52"				
180	A_CGD	43W 41' 01"	20S 02' 46"				

Legenda: Ab_ITA: Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito; Ab_ILH: Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas; A_LYC: Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada; A_BAR: Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae; A_VEL: Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de Vellozia (*V. compacta*); A_MIM: Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga; A_CGD: Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada; Ab_TIP: Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada; Ab_DBA: Topos e encostas colúviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica; Ab_DCG: Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada; G_GRM: Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto gramíneo ou couraça aflorante; G_GRV: Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de *Vellozia graminea*, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga; BAUX: Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

Tabela 18. Análise descritiva dos parâmetros físico e químicos do solo por Geobiótopo.

Parâmetro	A_B AR	A_C GD	A_L YC	A_M IM	A_V EL	Ab_ DBA	Ab_ DCG	Ab_I LH	Ab_I TA	Ab_T IP	G_G RV	G_G RM	BAU X
Al3+	0,748 ±0,23 1	0,784 ±0,54 5	0,991 ±0,39 6	0,948 ±0,26 6	0,843 ±0,60 7	0,978 ±0,42 2	0,687 ±0,24 8	1,035 ±0,48 9	0,895 ±0,5 65	1,016 ±0,5 44	0,643 ±0,3 44	0,82 ±0,4 04	0,848 ±3,03 4
H+A l	11,95 6±1,2 42	14,74 ±3,90 3	17,67 3±5,0 5	18,51 5±4,6 33	13,85 5±4,8 48	16,88 7±1,6 52	14,21 3±0,9 92	18,86 ±3,33 9	14,19 3±4, 142	14,35 9±4,6 92	11,91 ±4,1 01	12,61 2±3, 253	8,162 ±3,79 7
m	42,26 7±15, 327	32,17 ±20,0 41	38,00 7±11, 331	32,91 5±7,7 79	38,34 5±20, 786	34,98 7±19, 545	25,53 3±15, 049	35,40 7±22, 596	31,32 ±17, 778	40,76 9±22, 857	33,32 ±9,5 08	37,86 4±15 ,9	13,43 5±18, 227
K	26,88 9±8,0 69	39,57 1±27, 283	55,53 3±14, 486	31,97 2±30, 755	36,5± 9,578	46,66 7±10, 431	30,23 3±25, 448	19,99 7±31, 247	47,66 7±9, 544	45,70 7±29, 747	27,96 4±31 ,1	37,95 ±21, 045	7,072 ±5,72 2
Ca	0,82± 0,352	1,33± 0,957	1,18± 0,302	1,608 ±0,89 4	0,853 ±0,32 3	1,633 ±1,13 6	1,765 ±0,77 9	1,936 ±1,21 3	1,391 ±0,4 19	1,125 ±0,70 5	0,929 ±0,6 5	1,032 ±0,4 65	0,639 ±0,43 3
Mg	0,16± 0,069	0,308 ±0,27 1	0,225 ±0,06 1	0,268 ±0,09 9	0,166 ±0,07 8	0,541 ±0,36 8	0,571 ±0,35 6	0,518 ±0,57 8	0,388 ±0,1 78	0,395 ±0,24 6	0,25 ±0,1 48	0,234 ±0,1 3	0,208 ±0,17 4
Na	9,002 ±10,3 93	8,872 ±8,95 7	7,639 ±9,41 167	17,34 4±23, 4,022	6,85± 4,022	9,438 ±7,64 1	5,958 ±7,13 7	2,917 ±6,28 05	8,601 ±7,3 86	10,51 9±9,9 071	9,017 ±10, 071	4,44 ±6,4 49	0,866 ±1,85 4
P	1,011 ±0,51 6	1,815 ±1,27 1	2,353 ±1,01 2	1,323 ±0,80 4	1,225 ±0,74 3	1,427 ±1,15 3	1,107 ±0,48 5	1,553 ±0,82 7	1,94 ±0,9 8	2,09± 1,257	1,19 ±0,3 38	2,072 ±0,7 72	1,247 ±0,60 7
MO	4,441 ±0,97 4	12,52 8±11, 452	14,14 1±8,4 18	13,54 ±8,52 7	7,486 ±4,43 6	8,515 ±3,09 5	7,421 ±2,26 4	12,69 6±5,1 31	5,683 ±1,5 83	7,233 ±2,6 43	6,641 ±1,6 43	9,293 ±6,9 07	4,713 ±2,29 4
pH em água	4,673 ±0,20 7	4,489 ±0,46 6	4,277 ±0,22 6	4,262 ±0,52 2	4,334 ±0,39 2	4,52± 0,341	4,797 ±0,27 8	4,223 ±0,33 4	4,542 ±0,4 23	4,685 ±0,42 6	4,658 ±0,5 1	4,653 ±0,3 46	5,172 ±0,30 4
pH em KCl	3,839 ±0,17 4	3,644 ±0,32 6	3,406 ±0,20 6	3,386 ±0,13 6	3,588 ±0,27 7	3,862 ±0,27 6	3,929 ±0,18 6	3,404 ±0,29 9	3,655 ±0,1 78	3,883 ±0,32 7	3,791 ±0,2 91	3,72 ±0,3 04	4,632 ±0,36 7
Δ pH	0,834 ±0,29 8	0,845 ±0,29 9	0,871 ±0,16 2	0,875 ±0,46 6	0,746 ±0,29 5	0,658 ±0,17 7	0,869 ±0,14 9	0,819 ±0,30 3	0,887 ±0,3 38	0,802 ±0,30 9	0,867 ±0,2 81	0,932 ±0,2 35	- 0,54± 0,322

SB	1,089 ±0,44 7	1,798 ±1,25 8	1,581 ±0,39 6	2,082 ±1,05 8	1,143 ±0,41	2,336 ±1,45 7	2,472 ±1,11	2,581 ±1,78	1,937 ±0,6 18	1,709 ±0,94 3	1,355 ±0,8 49	1,413 ±0,5 94	0,908 ±0,57 3
T	13,04 4±1,3 17	16,53 8±4,4 71	19,25 4±5,2 49	20,59 7±5,2 18	14,99 8±4,9 09	19,22 3±2,1 67	16,68 5±1,4 67	21,44 1±2,8 61	16,13 1±3, 789	16,06 8±4,0 81	13,26 5±4, 658	14,02 5±3, 309	9,762 ±3,2
V	8,322 ±3,16 3	10,60 5±5,2 48	8,587 ±2,57 6	9,977 ±3,30 5	8,295 ±3,29 8	11,76 7±6,5 77	14,5± 5,789	12,20 7±8,5 41	12,96 7±5, 507	12,79 ±10,4 77	9,84 ±3,9 7	10,4 ±4,8 77	10,57 6±8,3 56
Areia Grossa	0,288 ±0,15	0,455 ±0,20 9	0,466 ±0,16 1	0,487 ±0,17 1	0,478 ±0,11 7	0,333 ±0,11 9	0,396 ±0,13 6	0,378 ±0,08 2	0,256 ±0,0 47	0,316 ±0,10 6	0,328 ±0,0 97	0,432 ±0,1 41	0,292 ±0,06
Areia Fina	0,259 ±0,10 1	0,061 ±0,04 7	0,032 ±0,01 3	0,043 ±0,01 8	0,111 ±0,07	0,06± 0,057	0,102 ±0,05 2	0,104 ±0,04 5	0,191 ±0,0 63	0,096 ±0,07 1	0,112 ±0,0 79	0,114 ±0,1 23	0,051 ±0,00 8
Argila	0,193 ±0,07 3	0,246 ±0,1	0,28± 0,106	0,25± 0,091	0,206 ±0,07 2	0,425 ±0,11 3	0,281 ±0,10 2	0,27± 0,055	0,219 ±0,0 35	0,328 ±0,14 1	0,184 ±0,0 98	0,215 ±0,1 02	0,488 ±0,06 3
Silte	0,259 ±0,05 1	0,238 ±0,12 6	0,222 ±0,08 6	0,22± 0,085	0,205 ±0,08 4	0,183 ±0,09	0,221 ±0,09 3	0,247 ±0,05 8	0,333 ±0,0 45	0,26± 0,106	0,375 ±0,0 55	0,239 ±0,0 69	0,169 ±0,04

Legenda: Ab_ITA: Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito; Ab_ILH: Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas; A_LYC: Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada; A_BAR: Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae; A_VEL: Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de *Vellozia (V. compacta)*; A_MIM: Encostas com campo rupestre aberto de *Mimosa* em blocos de Canga; A_CGD: Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada; Ab_TIP: Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada; Ab_DBA: Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica; Ab_DCG: Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada; G_GRM: Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto gramíneo ou couraça aflorante; G_GRV: Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de *Vellozia graminea*, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga; BAUX: Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

Gráfico 26. Análise de Componentes Principais para as variáveis químicas do solo e a correlação entre as variáveis e os eixos da ordenação.

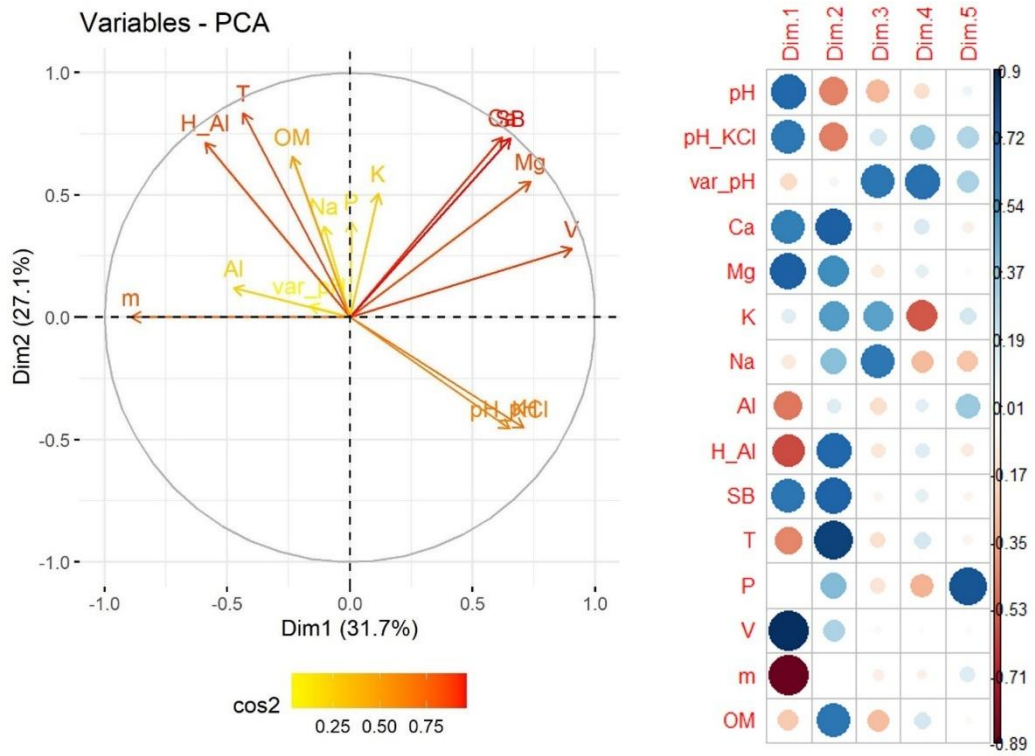


Gráfico 27. Correlação de Pearson entre os parâmetros químicos do solo.

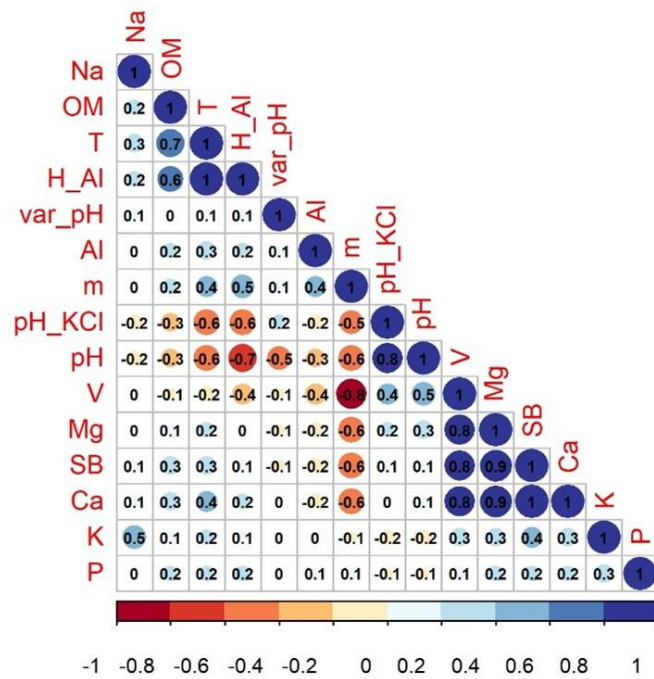


Gráfico 28. Análise de Componentes Principais para as variáveis físicas do solo e a correlação entre as variáveis e os eixos da ordenação.

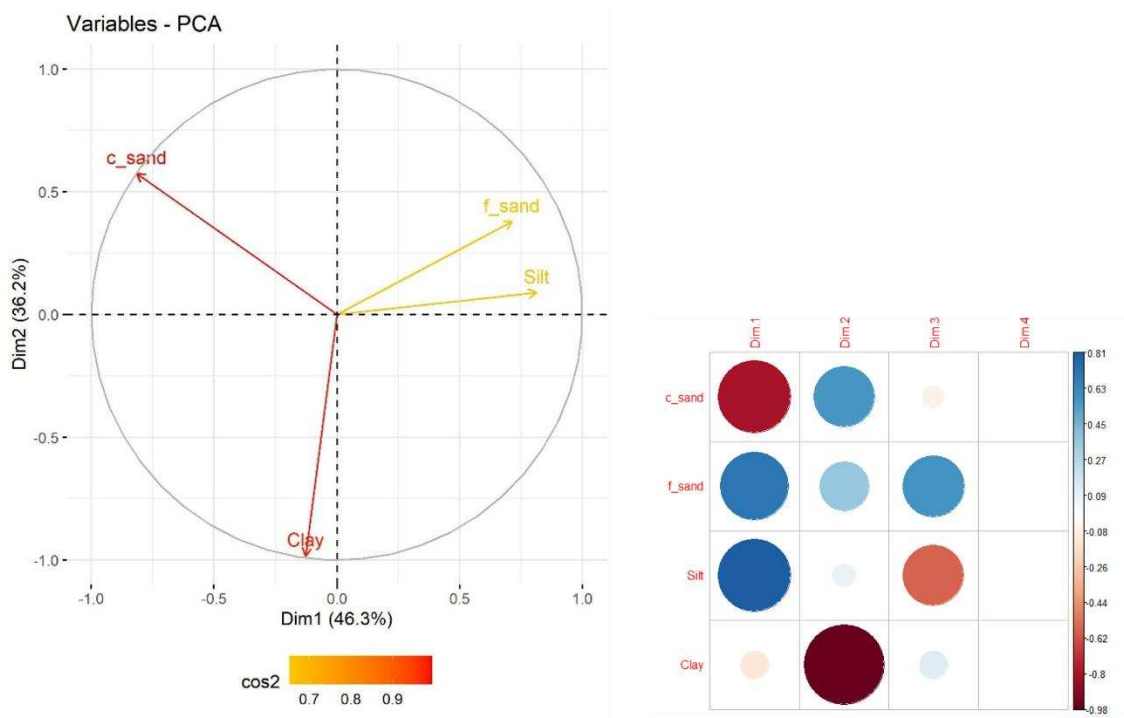


Gráfico 29. Correlação de Pearson entre os parâmetros físicos do solo.

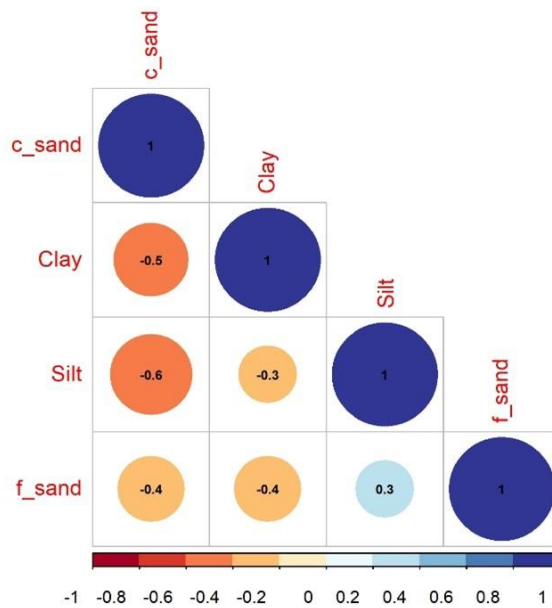


Gráfico 30. NMDS para os dados de composição de espécies por Geobiótopo – Estrato Herbáceo.

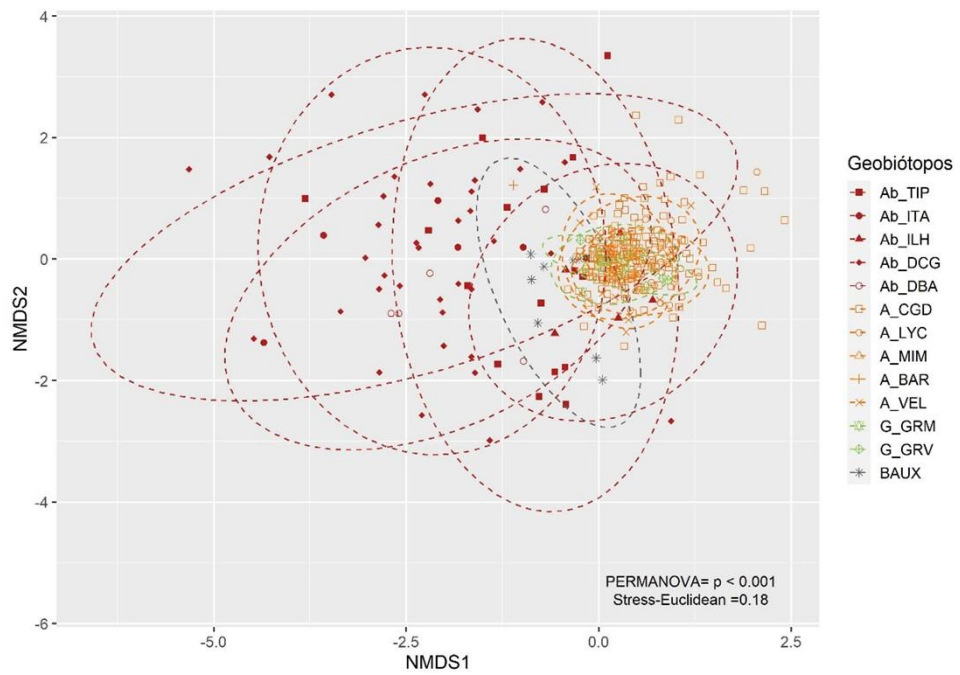


Gráfico 31. NMDS para os dados de composição de espécies por Geobiótopo – Estrato Arbustivo.

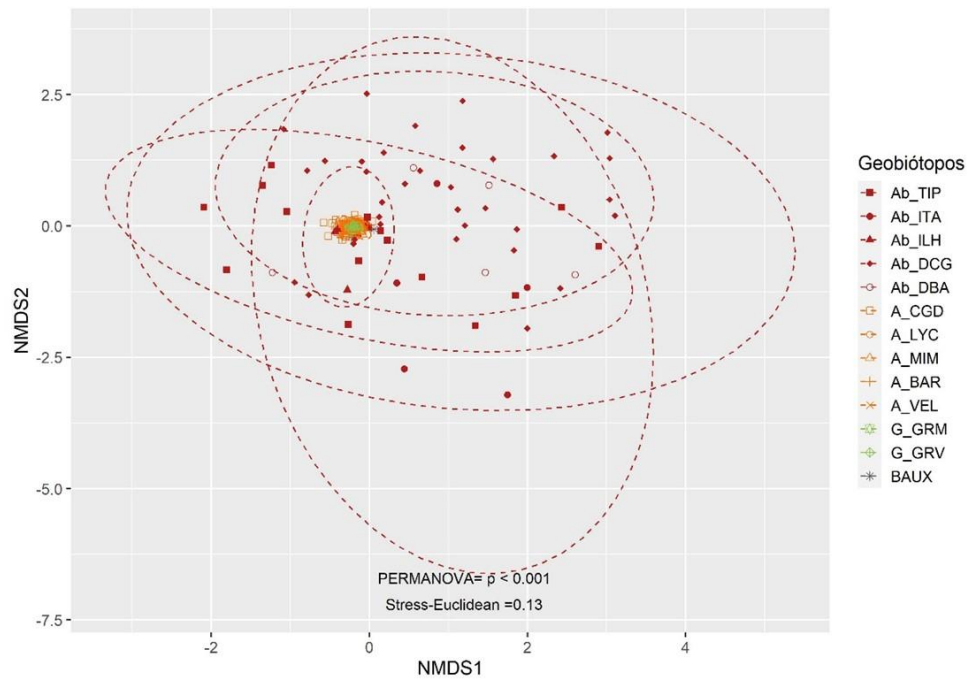


Gráfico 32. Análise de Coordenadas Principais para os dados de dissimilaridade entre Geobiótopos.

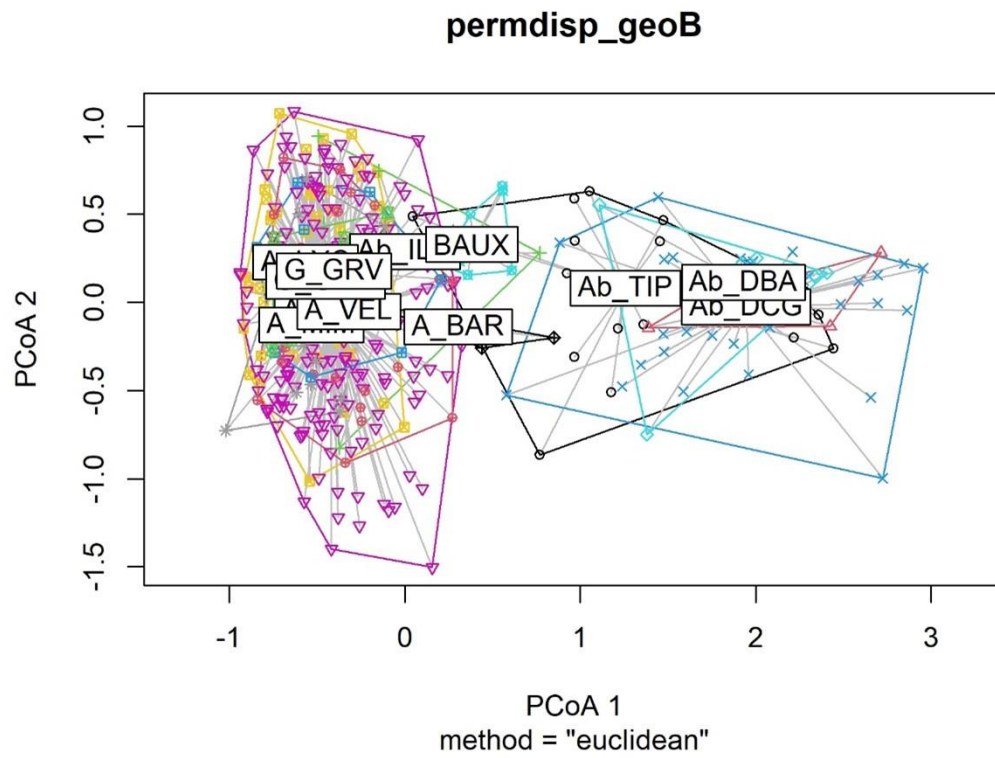


Tabela 19. Resultados do Teste post-hoc de Tukey (par-a-par) para os dados de composição entre os geobiótopos ($p < 0,05$ indicados em amarelo).

	Ab_D BA	Ab_D CG	Ab_I LH	Ab_I TA	Ab_ TIP	A_B AR	A_C GD	A_L YC	A_M IM	A_V EL	G_G RM	G_G RV	BA UX
Ab_D BA	-												
Ab_D CG	0,004	-											
Ab_IL H	1,000	0,000	-										
Ab_IT A	0,901	0,916	0,39 7	-									
Ab_TI P	0,097	0,997	0,00 6	1,00 0	-								
A_BA R	0,973	0,000	1,00 0	0,23 0	0,00 6	-							
A_CG D	0,598	0,000	1,00 0	0,00 2	0,00 0	1,00 0	-						
A_LY C	0,143	0,000	0,93 6	0,00 0	0,00 0	1,00 0	0,58 6	-					
A_MI M	0,001	0,000	0,13 9	0,00 0	0,00 0	0,89 1	0,00 1	0,29 1	-				
A_VE L	0,015	0,000	0,50 6	0,00 0	0,00 0	0,99 6	0,01 4	0,94 2	0,98 9	-			
G_GR M	0,003	0,000	0,12 2	0,00 0	0,00 0	0,78 6	0,01 9	0,37 6	1,00 0	0,95 1	-		
G_GR V	0,002	0,000	0,12 4	0,00 0	0,00 0	0,85 2	0,00 3	0,30 1	1,00 0	0,97 6	1,00 0	-	
BAU X	0,123	0,000	0,79 5	0,00 0	0,00 0	0,99 9	0,74 3	1,00 0	0,99 9	1,00 0	0,98 3	0,99 5	-

Legenda: Ab_ITA: Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito; Ab_ILH: Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas; A_LYC: Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada; A_BAR: Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae; A_VEL: Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de *Vellozia* (*V. compacta*); A_MIM: Encostas com campo rupestre aberto de *Mimosa* em blocos de Canga; A_CGD: Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada; Ab_TIP: Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada; Ab_DBA: Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica; Ab_DCG: Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada; G_GRM: Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto graminoso ou couraça aflorante; G_GRV: Patamares com campo rupestre graminoso mal drenado de *Vellozia graminea*, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga; BAUX: Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

Tabela 20. Espécies Indicadoras.

GEOBIÓTOPO	ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P	SIGNIF.
A_BAR	<i>Barbacenia flava</i>	BAR_FLA	1,000	0,001	***
A_BAR	<i>Apochloa poliophylla</i>	APO_POL	0,777	0,002	**
A_BAR	<i>Schizachyrium sanguineum</i>	SCH_SAN	0,776	0,001	***
A_BAR	<i>Cattleya sp.</i>	CAT_SP	0,577	0,010	**
A_BAR	<i>Odontocarya sp.</i>	ODO_SP	0,577	0,011	*
A_BAR	<i>Pfaffia gnaphaloides</i>	PFA_GNA	0,577	0,011	*
A_BAR	<i>Trembleya parviflora</i>	TRE_PAR	0,577	0,009	**
A_BAR	<i>Agarista pulchella</i>	AGA_PUL	0,572	0,010	**
A_BAR	<i>Chaetogastra hieracioides</i>	CHT_HIE	0,572	0,012	*
A_BAR	<i>Deluciris rupestris</i>	DEL_RUP	0,572	0,009	**
A_BAR	<i>Andropogon macrothrix</i>	AND_MAC	0,567	0,010	**
A_BAR	<i>Rhynchospora sp.</i>	RHY_SP	0,555	0,013	*
A_BAR	<i>Schizachyrium tenerum</i>	SCH_TEM	0,540	0,013	*
A_BAR	<i>Lychnophora passerina</i>	LYC_PAS	0,523	0,011	*
A_BAR	<i>Richterago discoidea</i>	RIC_DIS	0,493	0,024	*
A_MIM	<i>Mimosa calodendron</i>	MIM_CAL	0,772	0,001	***
Ab_DBA	<i>Myrcia retorta</i>	MYR_RET	0,702	0,001	***
Ab_DBA	<i>Guapira opposita</i>	GUP_OPP	0,637	0,001	***
Ab_DBA	<i>Myrcia obovata</i>	MYR_OBO	0,585	0,004	**
Ab_ILH	<i>Cassytha filiformis</i>	CAS_FIL	0,447	0,037	*
Ab_ILH	<i>Mitracarpus sp.</i>	MIT_SP	0,447	0,044	*
Ab_ITA	<i>Coccocypselum lanceolatum</i>	CCS_LAN	0,623	0,002	**
Ab_ITA	<i>Miconia corallina</i>	MIC_COR	0,612	0,003	**
Ab_ITA	<i>Psidium cattleyanum</i>	PSI_CAT	0,561	0,004	**
Ab_ITA	<i>Jacaranda micrantha</i>	JAC_MIC	0,529	0,008	**
Ab_ITA	<i>Vismia parviflora</i>	VIS_PAR	0,519	0,022	*
Ab_ITA	<i>Campomanesia rufa</i>	CAM_RUF	0,487	0,035	*
Ab_ITA	<i>Chamaecrista rotundata</i>	CHA_ROT	0,447	0,035	*
Ab_ITA	<i>Desmodium affine</i>	DES_AFF	0,447	0,032	*
Ab_ITA	<i>Eriope sp.</i>	ERI_SP	0,447	0,035	*
Ab_ITA	<i>Phyllanthus klotzschianus</i>	PHY_KLO	0,447	0,043	*
Ab_ITA	<i>Passiflora haematostigma</i>	PSF_HAE	0,447	0,039	*
Ab_ITA	<i>Solanum swartzianum</i>	SOL_SWA	0,447	0,040	*
Ab_ITA	<i>Styrax ferrugineus</i>	STY_FER	0,447	0,035	*
BAUX	<i>Melinis minutiflora</i>	MLN_MIN	0,859	0,001	***
BAUX	<i>Acritopappus longifolius</i>	ACR_LON	0,694	0,001	***
BAUX	<i>Polygala paniculata</i>	POL_PAN	0,603	0,002	**

BAUX	<i>Cuphea ingrata</i>	CPH_ING	0,569	0,004	**
BAUX	<i>Hydrocotyle quinqueloba</i>	HYD_QUI	0,562	0,009	**
BAUX	<i>Eragrostis rufescens</i>	ERA_RUF	0,500	0,015	*
BAUX	<i>Urochloa decumbens</i>	URO_DEC	0,500	0,015	*
BAUX	<i>Hyptis sp.</i>	HYS_SP	0,475	0,028	*

Significância: *** - 0; ** - 0.001; * - 0,01.

Tabela 21. Espécies Indicadoras de grupos de geobiótopos.

GEOBIÓTOPO	ESPÉCIE	CÓD. ESPÉCIE	STAT	P	SIGNIF.
A_BAR+Ab_ILH	<i>Andropogon ingratus</i>	AND_ING	0,453	0,048	*
A_BAR+Ab_ITA	<i>Luxemburgia octandra</i>	LUX_OCT	0,561	0,007	**
A_BAR+Ab_ITA	<i>Chamaecrista mucronata</i>	CHA_MUC	0,490	0,024	*
A_BAR+Ab_ITA	<i>Chamaecrista secunda</i>	CHA_SEC	0,453	0,037	*
A_BAR+G_GRV	<i>Vellozia caruncularis</i>	VEL_CAR	0,458	0,039	*
A_MIM+G_GRM	<i>Ditassa linearis</i>	DIT_LIN	0,665	0,001	***
Ab_DBA+Ab_ITA	<i>Ouratea semiserrata</i>	OUR_SEM	0,713	0,001	***
Ab_DBA+Ab_ITA	<i>Monteverdia gonoclada</i>	MON_GON	0,648	0,002	**
Ab_DBA+Ab_ITA	<i>Solanum cladotrichum</i>	SOL_CLA	0,636	0,001	***
Ab_DBA+Ab_ITA	<i>Miconia sellowiana</i>	MIC_SEL	0,624	0,002	**
Ab_DBA+Ab_ITA	<i>Pleroma martusianum</i>	PLE_MAR	0,522	0,022	*
Ab_DBA+BAUX	<i>Mimosa dolens</i>	MIM_DOL	0,469	0,036	*
Ab_DCG+Ab_ITA	<i>Palicourea tetraphylla</i>	PLC_TET	0,528	0,009	**
Ab_DCG+Ab_ITA	<i>Myrcia montana</i>	MYR_MON	0,471	0,023	*
Ab_DCG+Ab_ITA	<i>Neomarica glauca</i>	NEO_GLA	0,469	0,028	*
Ab_DCG+Ab_ITA	<i>Myrsine lancifolia</i>	MYS_LAN	0,463	0,050	*
Ab_ILH+Ab_ITA	<i>Eremanthus incanus</i>	ERE_INC	0,48	0,027	*

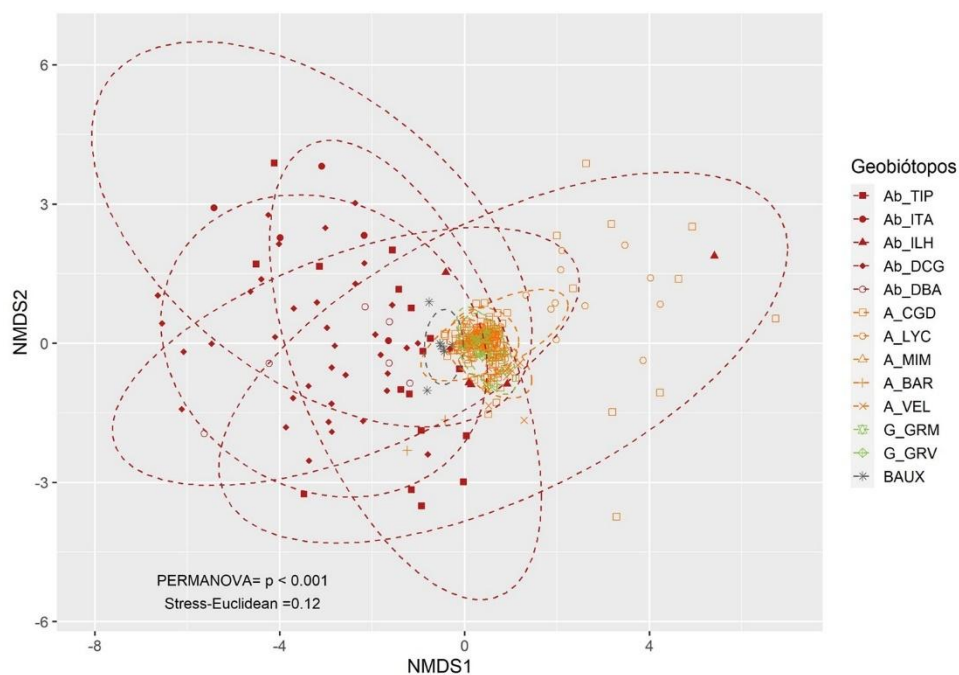
Ab_ITA+BAUX	<i>Chamaecrista desvauxii</i>	CHA_DES	0,526	0,013	*
G_GRM+G_GRV	<i>Vellozia albiflora</i>	VEL_ALB	0,736	0,001	***
A_BAR+A_LYC+G_GRV	<i>Lagenocarpus rigidus</i>	LAG_RIG	0,531	0,011	*
A_BAR+Ab_DBA+Ab_TIP	<i>Pleroma cardinale</i>	PLE_CAR	0,64	0,003	**
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA	<i>Myrceugenia alpigena</i>	MEG_ALP	0,777	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA	<i>Brunfelsia brasiliensis</i>	BRU_BRA	0,663	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA	<i>Roupala montana</i>	ROU_MON	0,656	0,002	**
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA	<i>Pimenta pseudocaryophyllus</i>	PIM_PSE	0,478	0,028	*
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA	<i>Paspalum carinatum</i>	PAS_CAR	0,454	0,042	*
Ab_DBA+Ab_IT A+Ab_TIP	<i>Epidendrum secundum</i>	EPI_SEC	0,436	0,049	*
Ab_DBA+Ab_IT A+BAUX	<i>Achyrocline satureioides</i>	ACH_SAT	0,494	0,016	*
A_BAR+Ab_DBA+Ab_DCG+Ab_IT A	<i>Coccoloba acrostichoides</i>	COC_ACR	0,751	0,001	***
A_BAR+Ab_DBA+Ab_ITA+BAUX	<i>Diplusodon buxifolius</i>	DIP_BUX	0,573	0,011	*
A_VEL+Ab_ILH+G_GRM+G_GRV	<i>Vellozia compacta</i>	VEL_COM	0,73	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ILH+Ab_ITA	<i>Lippia hermannioides</i>	LIP_HER	0,759	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ILH+Ab_ITA	<i>Dasyphyllum sprengelianum</i>	DAS_SPR	0,634	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ILH+Ab_ITA	<i>Gomesa ramosa</i>	GOM_RAM	0,497	0,012	*
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ILH+Ab_TIP	<i>Myrsine umbellata</i>	MYS_UMB	0,568	0,013	*
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA+Ab_TIP	<i>Palicourea sessilis</i>	PLC_SES	0,877	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA+Ab_TIP	<i>Myrsine coriacea</i>	MYS_COR	0,784	0,001	***

Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA+Ab_T IP	<i>Erythroxylum gonocladum</i>	ERY_GON	0,780	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA+Ab_T IP	<i>Leandra cancellata</i>	LEA_CAN	0,714	0,002	**
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA+Ab_T IP	<i>Lantana fucata</i>	LAN_FUC	0,602	0,002	**
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA+Ab_T IP	<i>Clidemia hirta</i>	CLI_HIR	0,509	0,017	*
Ab_DBA+Ab_IL H+Ab_ITA+Ab_T IP	<i>Koanophyllon adamantium</i>	KOA_ADA	0,486	0,027	*
Ab_DCG+Ab_IL H+Ab_TIP+G_GR M	<i>Lepidaploa rufogrisea</i>	LEP_RUF	0,517	0,018	*
A_BAR+Ab_DBA +Ab_DCG+Ab_IL H+Ab_ITA	<i>Cordia concolor</i>	COR_CON	0,679	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ILH+Ab_I TA+Ab_TIP	<i>Myrcia splendens</i>	MYR_SPL	0,713	0,002	**
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ILH+Ab_I TA+Ab_TIP	<i>Myrcia subcordata</i>	MYR_SUB	0,691	0,001	***
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ILH+Ab_I TA+Ab_TIP	<i>Ocotea percoriacea</i>	OCO_PER	0,531	0,013	*
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ILH+Ab_I TA+Ab_TIP	<i>Aristolochia smilacina</i>	ARS_SMI	0,489	0,033	*
Ab_DBA+Ab_DC G+Ab_ITA+Ab_T IP+BAUX	<i>Eremanthus erythropappus</i>	ERE_ERY	0,599	0,003	**
A_BAR+Ab_DBA +Ab_DCG+Ab_IL H+Ab_ITA+Ab_T IP	<i>Ichnanthus bambusiflorus</i>	ICH_BAM	0,723	0,001	***
A_BAR+Ab_DBA +Ab_DCG+Ab_IL H+Ab_TIP+BAU X	<i>Gaylussacia chamissonis</i>	GAY_CHA	0,498	0,015	*
A_BAR+Ab_DBA +Ab_DCG+Ab_IT A+Ab_TIP+BAU X	<i>Byrsonima variabilis</i>	BYR_VAR	0,878	0,001	***
A_CGD+A_LYC+ A_MIM+A_VEL+ Ab_ILH+G_GRV	<i>Jacquemontia linarioides</i>	JAQ_LIN	0,6	0,007	**
A_BAR+A_MIM +Ab_DBA+Ab_D CG+Ab_ITA+Ab_ TIP+G_GRM	<i>Trichantheium wettsteinii</i>	TRC_WET	0,645	0,001	***

A_CGD+A_LYC+ A_MIM+A_VEL+ Ab_ILH+G_GRM +G_GRV	<i>Cattleya caulescens</i>	CAT_CAU	0,719	0,001	***
A_CGD+A_LYC+ A_MIM+Ab_ILH +BAUX+G_GRM +G_GRV	<i>Sporobolus metallicolus</i>	SPO_MET	0,594	0,007	**
A_BAR+A_CGD +A_LYC+A_MIM +A_VEL+Ab_ILH +G_GRM+ G_GRV	<i>Trilepis lhotzkiana</i>	TLP_LHO	0,801	0,001	***
A_BAR+A_CGD +A_LYC+A_MIM +A_VEL+Ab_ILH +G_GRM+ G_GRV	<i>Acianthera teres</i>	ACI_TER	0,741	0,001	***
A_BAR+A_CGD +A_LYC+A_MIM +A_VEL+Ab_ILH +Ab_TIP+ G_GRM+G_GRV	<i>Pleroma heteromallum</i>	PLE_HET	0,935	0,001	***
A_BAR+A_CGD +A_LYC+A_MIM +A_VEL+Ab_ILH +Ab_TIP+ G_GRM+G_GRV	<i>Rhynchospora tenuis</i>	RHY_TEM	0,646	0,012	*
A_CGD+A_LYC+ A_MIM+A_VEL+ Ab_DBA+Ab_IL H+BAUX+ G_GRM+G_GRV	<i>Bulbostylis fimbriata</i>	BUL_FIM	0,628	0,008	**
A_CGD+A_LYC+ A_MIM+A_VEL+ Ab_DBA+Ab_IL H+Ab_ITA+ Ab_TIP+G_GRM +G_GRV	<i>Lychnophora pinaster</i>	LYC_PIN	0,82	0,002	**

Legenda: Ab_ITA: Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito; Ab_ILH: Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas; A_LYC: Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liquenizada; A_BAR: Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae; A_VEL: Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de *Vellozia* (*V. compacta*); A_MIM: Encostas com campo rupestre aberto de *Mimosa* em blocos de Canga; A_CGD: Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada; Ab_TIP: Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada; Ab_DBA: Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica; Ab_DCG: Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada; G_GRM: Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto gramíneo ou couraça aflorante; G_GRV: Patamares com campo rupestre gramíneo mal drenado de *Vellozia graminea*, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga; BAUX: Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.

Gráfico 33. NMDS para os dados de composição de espécies indicadoras por Geobiótopo.



Legenda: Ab_ITA: Escarpas com campo rupestre arbustivo sobre itabirito; Ab_ILH: Encostas com campo rupestre arbustivo de padrão em ilhas; A_LYC: Encostas com campo rupestre aberto de *Lychnophora* em blocos de canga liqüenizada; A_BAR: Escarpas com campo rupestre aberto de Velloziaceae; A_VEL: Topos e encostas de canga com campo rupestre aberto de *Vellozia* (*V. compacta*); A_MIM: Encostas com campo rupestre aberto de Mimosa em blocos de Canga; A_CGD: Encostas com campo rupestre aberto sobre canga degradada; Ab_TIP: Topos e encostas com campo rupestre arbustivo típico em canga degradada; Ab_DBA: Topos e encostas coluviais com campo rupestre arbustivo denso em canga bauxítica; Ab_DCG: Encostas com campo rupestre arbustivo denso em canga degradada; G_GRM: Patamar de lajeiro de canga com campo rupestre aberto graminoso ou couraça aflorante; G_GRV: Patamares com campo rupestre graminoso mal drenado de *Vellozia graminea*, *V. tragacantha* ou *V. albiflora* em canga; BAUX: Áreas de Extração de Bauxita e Piçarra.