

ANA BEATRIZ KÖNIG DE OLIVEIRA

**GEOAMBIENTES EM ÁREAS DE CAMPOS RUPESTRES
FERRUGINOSOS E QUARTZÍTICOS DA BORDA LESTE DO
ESPINHAÇO**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da
Universidade Federal de Viçosa -
Câmpus Viçosa**

T

O48g
2018

Oliveira, Ana Beatriz König de, 1993-

Geoambientes em áreas de campos rupestres ferruginosos e quartzíticos da borda leste do Espinhaço / Ana Beatriz König de Oliveira. – Viçosa, MG, 2018.

xi, 134 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Solos - Análise. 2. Geomorfologia. 3. Comunidades vegetais. 4. Espinhaço, Serra do (MG e BA). 5. Direito ambiental. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 631.44

ANA BEATRIZ KÖNIG DE OLIVEIRA

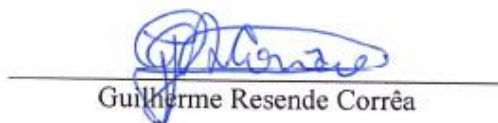
**GEOAMBIENTES EM ÁREAS DE CAMPOS RUPESTRES
FERRUGINOSOS E QUARTZÍTICOS DA BORDA LESTE DO
ESPINHAÇO**

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

APROVADA: 31 de outubro de 2018.



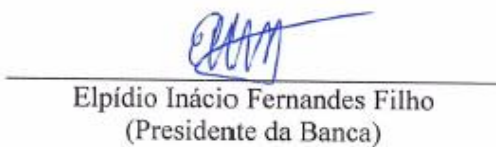
Samuel Vasconcelos Valadares



Guilherme Resende Corrêa



Márcio Rocha Francelino



Elpídio Inácio Fernandes Filho
(Presidente da Banca)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permitir que mais esse sonho se tornasse realidade. Sem Ele, nada disso seria possível! Agradeço também à Nossa Senhora Aparecida por sua intercessão, por me iluminar, dar forças e sabedoria para trilhar esse caminho!

Agradeço aos meus pais, Cinthia e Erivam, por todo carinho, atenção e amor. Sem o apoio de vocês, essa conquista não seria possível. Vocês me deram a vida e me ensinaram os princípios éticos para que eu pudesse viver com dignidade. Obrigada pela confiança em mim depositada!

Ao Mike pelo amor verdadeiro e por todos esses anos ao meu lado. Embora você tenha partido no meio dessa jornada chamada Mestrado e mesmo eu não tenha conseguido chegar a tempo de me despedir, você foi a estrelinha que me acompanhou todos os dias. Tenho certeza que você esteve ao meu lado em todos os momentos, seja pra me dar forças e me acalmar ou pra me iluminar e trazer o sorriso de volta ao rosto. Amo você!

Ao meu namorado Ramon pelo amor, respeito e amizade. Obrigada pelas palavras de carinho e conforto. Mesmo com a distância, obrigada pelo companheirismo que me deu forças e incentivo para alcançar esse objetivo.

Aos meus avós, tios e primas por todo carinho e amor. Senti saudade de cada um de vocês ao longo desses quase oito anos. Obrigada por sempre estarem ao meu lado!

Aos amigos do DPS (Naiara, Marília, Rafael Gomes, Athos, Arthur, Webert, Sérgio, Jonatas), aos amigos da Panelinha (Xisto, Galvão, Maíra, Biel, Vitão, Ítala, Nael, Saymon, Robson), aos amigos da Família Meia Boca (Lela, Xu, Vi e Pops), aos amigos de Viçosa (Geandra, Gustavo, Daniel Ambrosim, André Luiz, Nailanita, Jéssica). Aos amigos de São Paulo (Bi, Vi, Fi, Molly). A cada um de vocês, obrigada por todos esses anos de amizade, por todas as muitas histórias juntos, por todas risadas e lágrimas compartilhadas.

Aos amigos da Geografia Matheus Manso e Rafael Guimarães pela amizade e pela ajuda na execução da pesquisa.

Aos professores do Departamento de Solos, em especial os professores Raphael Alves, Liovando da Costa, Leonardus Vergütz e João Carlos Ker pela sabedoria compartilhada, pelas conversas e por todo apoio ao longo dessa caminhada.

Aos professores do Departamento de Geografia, em especial os professores Leonardo Civalle e André Luiz L. de Faria, pelos ensinamentos geográficos que me permitiram chegar ao mestrado.

À Agroflor e seus profissionais pelo apoio, atenção e auxílio ao longo deste trabalho.

Aos membros da banca, professores Elpídio Fernandes Filho, Márcio Francelino, Samuel Valadares e Guilherme Corrêa pelo tempo dedicado ao meu trabalho e pelas contribuições que trouxeram a essa pesquisa.

À Viçosa, essa cidade pequena e estranha perdida no meio dos marres de morros de Minas Gerais. Essa cidade que, com seu jeitinho único e especial, foi minha casa por oito anos e conquistou meu coração e permitiu que aqui vivesse os melhores anos de minha vida.

À UFV por todos os dias na mais linda do Brasil, por todas as oportunidades, por todas as histórias, por todas as conquistas e por todas as pessoas que, graças a você, conhecemos nessa caminhada. I'am UFV.

À CAPES/FAPEMIG pelo apoio financeiro. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) -, processo 88887.130897/2016-00, Chamada 04/2016 - Tecnologias para a Recuperação da Bacia do Rio Doce.

“Quando alguém lhe magoar ou ofender, não retruque, não responda da mesma forma. Apenas sinta compaixão daquele que precisa humilhar, ofender e magoar para sentir-se forte”

(Chico Xavier)

BIOGRAFIA

Ana Beatriz König de Oliveira, filha de Cinthia Aparecida König Moraes de Oliveira e Erivam Moraes de Oliveira, nasceu em São Paulo, São Paulo, em 27 de julho de 1993.

Cursou o Ensino Fundamental e Médio no Colégio Angélica, localizado em São Paulo. Concluiu o Ensino Médio em dezembro de 2010.

Em 2011 ingressou no curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, granduando-se em licenciatura em janeiro de 2015 e no bacharelado em janeiro de 2016.

Em agosto 2016 ingressou na Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, em nível mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, junto ao Departamento de Solos, concluindo-o em outubro de 2018.

SUMÁRIO

RESUMO	viii
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I – CAMPOS RUPESTRES, GEOAMBIENTES E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL: UM ENSAIO CRÍTICO E SUBSÍDIOS À CONSERVAÇÃO	1
1. INTRODUÇÃO:	1
2. OBJETIVOS:	3
2.1. Objetivo Geral:	3
2.2. Objetivos Específicos:	3
3. METODOLOGIA:	4
4. REVISÃO DA LITERATURA	4
4.1. Teoria Geral dos Geoambientes:	4
4.2. Campos Rupestres no Brasil:	6
4.3. Campos Rupestres em Minas Gerais:	13
4.4. Exploração Mineral e Legislação Ambiental:	18
4.5. Equivalência Ambiental:	25
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS:	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	30
CAPÍTULO II – RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO E GEOAMBIENTES EM COMPLEXO RUPESTRE FERRUGINOSO E QUARTZÍTICO NA BORDA LESTE DA SERRA DO ESPINHAÇO	51
1. INTRODUÇÃO:	51
2. OBJETIVOS:	53
2.1. Objetivo Geral:	53
2.2. Objetivos Específicos:	53
3. MATERIAIS E MÉTODOS:	53
3.1. Serra do Espinhaço:	53
3.2. Área de Estudo:	56

3.3.	Fazenda Parauninha:	57
3.4.	Volta da Tropa:.....	62
3.5.	Estratificação das unidades Geoambientais:	69
3.6.	Amostragem e análises de solo:	70
3.7.	Caracterização e Amostragem da Vegetação:	75
4.	RESULTADOS:.....	76
4.1.	Classificação de solo:	81
4.2.	Caracterização química e física do solo:	81
4.3.	Parauninha – Complexo Rupestre Quartzítico:	84
4.4.	Volta da Tropa – Complexo Rupestre Ferruginoso:	103
5.	DISCUSSÕES:.....	111
6.	CONCLUSÕES:	114
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	116
CONSIDERAÇÕES FINAIS		123
ANEXOS		124
Anexo 1 – Características químicas dos termiteiros dos Complexos Rupestres.		125
Anexo 2 – Listas de espécies florísticas:		128

RESUMO

OLIVEIRA, Ana Beatriz König de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2018. **Geoambientes em áreas de Campos Rupestres ferruginosos e quartzíticos da borda leste do Espinhaço.** Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Coorientadores: Elpídio Inácio Fernandes Filho e Hugo Galvão Cândido.

O Brasil é o maior detentor de megadiversidade do mundo. Entretanto, os sistemas tropicais são os mais vulneráveis às mudanças no uso da terra. Os Campos Rupestres ocorrem em altitudes acima dos 1000 metros e fazem parte de um complexo fitofisionômico que ocorre sobre diferentes substratos e representam ecossistemas cuja síndrome de ocorrência inclui oligotrofismo extremo, acidez e deficiência generalizada de fósforo, solos rasos pela resistência à erosão ou alteração química, exposição ao vento e regime de fogo frequente. Em Minas Gerais, os geoambientes de Campos Rupestres encontram-se entre os mais ameaçados pela ação mineradora e extrativista e são os menos estudados. A necessidade de compensação ambiental é importante, pois se trata de uma atividade impactante ao meio ambiente e deve cumprir normas que garantam a recuperação da área. A Equivalência Ambiental em áreas de Campos Rupestres, deve se dar a partir da avaliação quantitativa e qualitativa de forma interdisciplinar/transdisciplinar considerando os meios físico, biótico e socioeconômico, focando-se, entre outros aspectos, nas possibilidades técnicas de restauração ou recuperação, sua incidência e área de influência espacial e nos aspectos temporais. Objetivando suprir a exiguidade de informações sobre a equivalência ambiental entre os geoambientes de Campos Rupestres Ferruginosos e Quartzíticos, esse trabalho apresentará dois capítulos. O primeiro capítulo abordará a equivalência ambiental, a legislação ambiental, os conceitos de Campos Rupestres Ferruginosos e Quartzíticos e o histórico da exploração mineral, e o segundo capítulo abordará a caracterização das áreas propostas à compensação ambiental devido aos impactos causados pela implantação da Mina do Sapo, pela empresa Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A., localizada no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, ambas na Serra do Espinhaço. Para estratificação das unidades geoambientais que compõem a paisagem de Parauninha e Volta da Tropa, foi utilizado um método que avalia as características pedológicas, geomorfológicas e as fisionomias vegetais de cada unidade geoambiental, possibilitando a estratificação de cada uma dessas unidades individualmente. Para este fim, foram utilizadas imagens de alta resolução, fotos aéreas e visitas de campo. Foram amostrados perfis de solo em áreas de Parauninha e Morro do Pilar, em locais representativos das unidades geoambientais. As coletas obedeceram a necessidade de representar a área completa da parcela. Concluiu-se que o conceito de sucessão ecológica é inadequado aos Campos Rupestres, uma

vez que cada fitofisionomia revela uma estreita relação de dependência com atributos do solo e que a compensação ambiental é um instrumento que está em evolução, haja vista à legislação que está em processo de adequação dos possíveis danos ambientais e conservação dos recursos naturais e, portanto, torna-se adequado estudos desta natureza como ferramenta para auxiliar as políticas públicas relacionadas à esta temática. Visando a conservação do ecossistema regional, aconselha-se que hajam geoambientes com substratos Ferruginosos e Quartzíticos para garantir maior variedade de geoambientes e habitats para conservação e sobrevivência de espécies cujo alcance espacial e ecológico é mais limitado. Os Complexos Rupestres sofrem impactos em sua totalidade ambiental e por isso, devem ser tomados os devidos cuidados quanto à preservação da biodiversidade na Cadeia do Espinhaço e dos seus biomas contíguos. Por fim, constata-se uma equivalência muito satisfatória entre as áreas de compensação e a área de intervenção da Mina Sapo da empresa Anglo American.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Ana Beatriz König de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, October, 2018. **Geoenvironments in areas of Ferruginous and Quartzite Rupestrian Grasslands (Campos Rupestres Ferruginosos e Quartzíticos) on the eastern border of Espinhaço.** Adviser: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Co-advisers: Elpídio Inácio Fernandes Filho and Hugo Galvão Cândido.

Brazil is the largest megadiversity holder in the world. However, tropical systems are the most vulnerable to changes in land use. The Rupestrian Grasslands appears at altitudes above 1000 meters and are part of a phytophysognomic complex that occurs on different substrates and represent ecosystems whose occurrence syndrome includes extreme oligotrophism, acidity and generalized deficiency of phosphorus, shallow soils due to resistance to erosion or chemical alteration, exposure to wind and frequent fire regime. In Minas Gerais, the geoenvironments of Rupestrian Grasslands are among the most threatened by mining and extractive action and are the least studied. The need for environmental compensation is important, because it is an impacting activity for the environment and must comply with norms that guarantee the recovery of the area. Environmental Equivalence in Rupestrian Grasslands should be based on quantitative and qualitative evaluation in an interdisciplinary/transdisciplinary way considering the physical, biotic and socioeconomic means, focusing, among other aspects, on the technical possibilities of restoration or recovery, its incidence and its spatial influence area and temporal aspects. Aiming to supply the small amount of information about the environmental equivalence between the geoenvironments of Ferruginous Rupestrian Grasslands and Quartzite Rock Fields, this paper will present two chapters. The first chapter will address environmental equivalence, environmental legislation, the concepts of Ferruginous and Quartzite Rupestrian Grasslands and the history of mineral exploration, and the second chapter will address the characterization of the areas proposed for environmental compensation due to the impacts caused by the implementation of the Sapó Mine by Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A., located in the city of Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, both in the Serra do Espinhaço. For stratification of the geoenvironmental units that compose the landscape of Parauninha and Volta da Tropa, a method was used that evaluates the pedological, geomorphological and vegetal characteristics of each geoenvironmental unit, making possible the stratification of each one of these units individually. For this purpose, high resolution images, aerial photos and field visits were used. Soil profiles were sampled in areas of Parauninha and Morro do Pilar, in representative sites of the geoenvironmental units. The collections obeyed the need to represent the entire plot area. It was concluded that the concept

of ecological succession is inadequate to the Rupestrian Grasslands, since each phyto-physiognomy reveals a close relationship of dependence with soil attributes and that environmental compensation is an evolving instrument, given the legislation that is in process of adaptation of possible environmental damages and conservation of natural resources and, therefore, studies of this nature are suitable as a tool to assist the public policies related to this theme. Aiming at the conservation of the regional ecosystem, it is advisable to have geoenvironments with Ferruginous and Quartzite substrates to guarantee a greater variety of geoenvironments and habitats for the conservation and survival of species whose spatial and ecological scope is more limited. The Rupestrian Complexes are impacted in their totality by the environment and therefore, due care must be taken to preserve biodiversity in the Espinhaço Chain and its contiguous biomes. Finally, there is a very satisfactory equivalence between the compensation areas and the intervention area of the Anglo American Sapo Mine.

CAPÍTULO I – CAMPOS RUPESTRES, GEOAMBIENTES E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL: UM ENSAIO CRÍTICO E SUBSÍDIOS À CONSERVAÇÃO

1. INTRODUÇÃO:

O Brasil possui a maior cobertura de florestas tropicais do mundo e, por esta razão, aliada ao fato de sua extensão territorial, diversidade geográfica e climática, abriga uma imensa diversidade biológica, o que faz dele o principal entre os países detentores de megadiversidade do planeta, possuindo entre 15% a 20% das 1,5 milhão de espécies descritas na Terra (Ministério do Meio Ambiente, 2002). Entretanto, os sistemas tropicais são os mais vulneráveis às mudanças no uso da terra (Rodrigues, 2015).

Os ecossistemas de montanha ocupam aproximadamente 12% da superfície terrestre e suportam cerca de um quarto de toda diversidade biológica global (Körner et al. 2010; Spehn et al. 2006). Dentre as regiões montanhosas, as tropicais e subtropicais correspondem aos principais centros de diversidade de plantas (Barthlott et al. 2005). Nessas regiões, variações nas comunidades vegetais estão relacionadas não somente à altitude (Baruch 1984; Körner 2005), mas também a fatores locais, como topografia, condições geoedáficas e histórico do uso da terra (Cingolani et al. 2003; Mediola, 2004; Gallardo-Cruz et al. 2009; Valencia et al. 2013) representando assim, um gradiente ambiental complexo.

No Brasil, os Campos Rupestres encontram-se nas áreas restritas aos picos mais altos e plátos das montanhas do Brasil, associados a itabirito (Mourão & Stehmann, 2007), quartzito-arenito (Vasconcelos, 2011) e granito-gnaiss (Queiroz *et al.*, 1996). Os Campos Rupestres correspondem a campos associados a afloramentos rochosos acima de 800 m (Eiten, 1983).

A Serra do Espinhaço é um complexo montanhoso sendo constituído por dois blocos principais, a Chapada Diamantina, no estado da Bahia, e a Cadeia do Espinhaço, em Minas Gerais. Está inserida na zona de transição entre dois importantes biomas brasileiros, a Mata Atlântica e o Cerrado, e é classificada como Reserva da Biosfera pela UNESCO. A Serra do Espinhaço apresenta solos rasos, arenosos, muito pobres em nutrientes e ricos em alumínio trocável (Moreira, 1965; Harley, 1995; Benites, 2001; Schaefer *et al.*, 2002; Schaefer *et al.*, 2008). Na maioria das localidades de altitudes elevadas da Serra do Espinhaço são encontrados os Campos Rupestres que são formações herbáceo-arbustivas associadas a afloramentos rochosos ou solos geralmente rasos, formados pela decomposição das rochas (Vasconcelos, 2011).

Os Campos Rupestre são caracterizados como “ilhas” com vegetação peculiar, marcada pelo elevado endemismo e diversidade. Seu alto número de espécies pode ser decorrente da sua

elevada heterogeneidade ambiental, uma vez que o amplo espectro topográfico dos afloramentos rochosos permite que plantas com requerimentos diferentes ocorram próximas umas das outras e/ou em mosaicos (Ribeiro et al. 2007; Speciale e Ezcurra, 2012). Além da topografia, a rede de drenagem e fatores edáficos influenciam a distribuição das espécies (Brade 1956). Eiten (1977) chama atenção para a vegetação dos Campos Rupestres, considerando-a como não sendo verdadeiramente constituída por campos, e sim, um Complexo, pois além de campos secos, bem drenados, ocorrem nessas localidades rupestres campos úmidos, que são brejos graminosos estacionais, encharcados durante a estação chuvosa e secos durante a estiagem. Destacam-se: campos arenosos limpos e sujos, campos pedregosos graminosos nas encostas e planaltos e campos alagados.

Objetivando suprir a exiguidade de informações sobre a equivalência ambiental entre os geoambientes de Campos Rupestres Ferruginosos e Quartzíticos, esse trabalho apresentará dois capítulos. O primeiro capítulo abordará a equivalência ambiental, legislação ambiental, os conceitos de Campos Rupestres Ferruginosos e Quartzíticos, o histórico da exploração mineral e a legislação ambiental. O segundo capítulo abordará a caracterização das áreas destinadas à compensação ambiental pela implantação da Mina do Sapo pela empresa Anglo American Minério de Ferro Brasil S.A., localizada no município de Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais.

O trabalho deriva de uma abordagem ecogeográfica de G. Bertrand, V. B. Sotchava, J. Tricart., onde procura-se evidenciar interrelações entre solo-vegetação-relevo para melhor subsidiar o planejamento e gestão da conservação ambiental. De acordo com Rodrigues (2011), Sotchava faz uma colocação básica a respeito dos Geossistemas, chamando atenção para o fato de que os Geossistemas, embora sejam considerados "fenômenos naturais", devem ser estudados à luz dos fatores econômicos e sociais que influenciam sua estrutura, podendo refletir parâmetros sociais e econômicos que influenciam importantes conexões em seu interior.

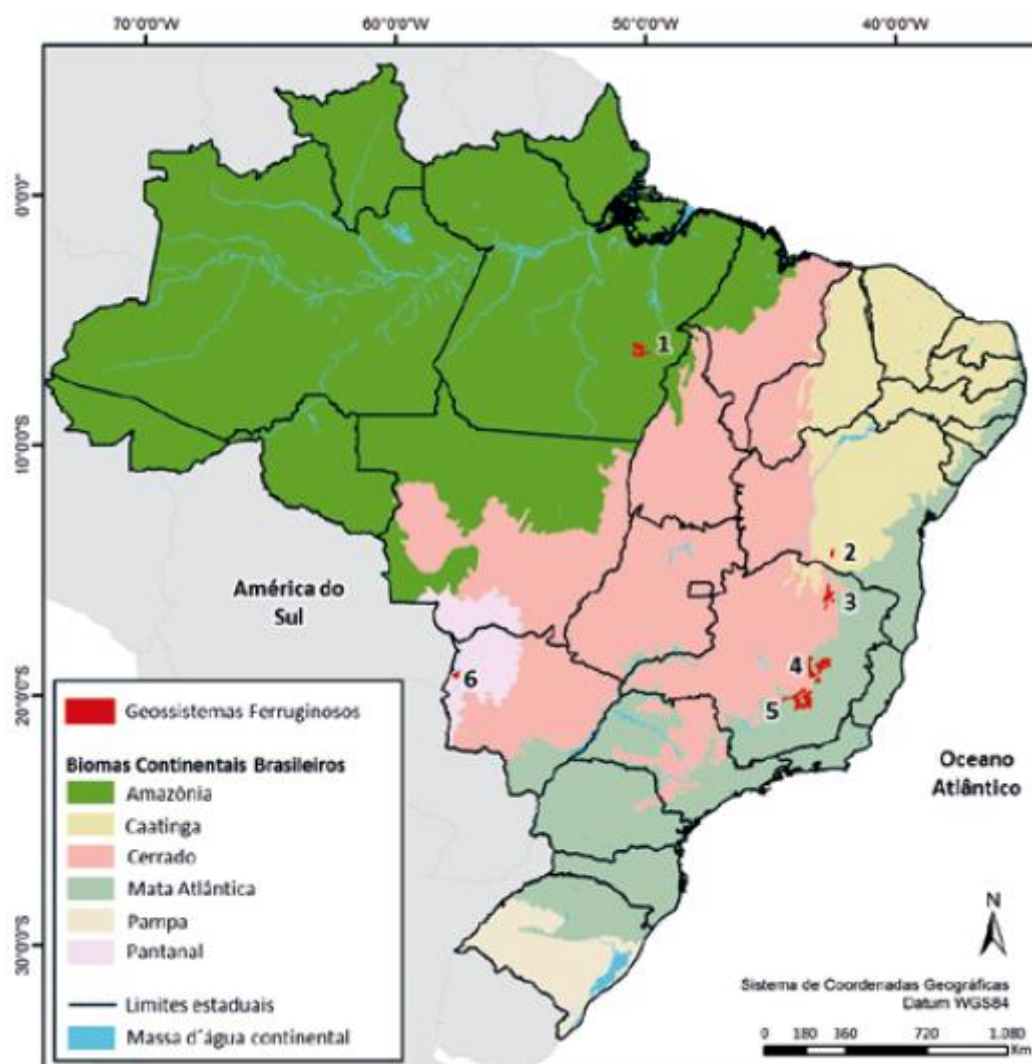


Figura 1 - Os principais sistemas ferruginosos do Brasil. 1 – Serra dos Carajás (PA); 2 – Caetité (BA); 3 – Vale do Rio do Peixe Bravo (MG); 4 – Bacia do Rio Santo Antônio (MG); 5 – Quadrilátero Ferrífero (MG); 6 – Morraria de Urucum (MS). Fonte: Geossistemas Ferruginosos do Brasil (2015).

2. OBJETIVOS:

2.1. Objetivo Geral:

Revisar criticamente os conceitos de geoambientes, Campos Rupestres, e a aplicação da análise Geossistêmica para subsidiar a aplicação das Leis Federais (Mata Atlântica, Lei Federal nº 11.428, de 2006 e Decreto Regulamentador, Decreto Federal nº 6.660, de 2008) e estaduais para compensação ambiental em domínio de Complexo Rupestre em Minas Gerais.

2.2. Objetivos Específicos:

- Contribuir para uma adequação e prática da Lei da Mata Atlântica para ser aplicada ao contexto do Complexo Rupestre;

- Avaliar alguns aspectos da aplicabilidade da compensação Geoambiental em duas áreas distintas: Morro do Pilar, em Complexo Rupestre Ferruginoso; Serra do Intendente, em Complexo Rupestre Quartzítico.

3. METODOLOGIA:

Esse capítulo foi desenvolvido seguindo os preceitos do estudo exploratório, por meio de uma pesquisa bibliográfica e documental que, segundo Gil (2008), é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído de livros, teses, artigos científicos e documentos.

A primeira etapa foi a seleção das fontes que forneceram informações sobre o assunto, considerando como critério de inclusão as bibliografias que abordassem a temática deste trabalho.

A segunda etapa foi a coleta de dados, onde, primeiramente, realizou-se uma leitura exploratória de todo material selecionado objetivando verificar se a obra consultada é de interesse para o trabalho. No segundo momento, realizou-se a leitura seletiva e aprofundada das partes que realmente interessavam ao trabalho. Por fim, foi feito um registro das informações extraídas das fontes em instrumento específico.

A terceira etapa foi a análise e interpretação dos resultados, onde foi realizada uma leitura analítica com a finalidade de ordenar as informações contidas nas fontes.

Por fim, na quarta etapa foi feita uma discussão dos dados obtidos na etapa anterior.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1. Teoria Geral dos Geoambientes:

Para Rodrigues (2001), uma das fontes de inspiração da Teoria Geossistêmica, bem como de outros modelos que visam à integração do meio físico-biótico foi a escola dos naturalistas do século XIX, cujas práticas foram disseminadas principalmente por meio das nascentes sociedades geográficas do século XX.

O geógrafo naturalista Alexander von Humboldt (1769-1859), foi inspirado pela estética de Kant e pelo romantismo de Goethe e Schelling. Segundo Barbosa (2011), Kant fomentou em Humboldt uma visão dialética pela totalidade, uma vez que a Terra tem seu próprio dinamismo e, para compreender geograficamente o mundo, é necessário entender o dinamismo da natureza. Assim, Humboldt entendeu o mundo por meio da subjetividade representativa, sem abandonar o empirismo. Segundo Lourenço (2002), a síntese da ciência e da arte era o interesse de Humboldt para compreender o Cosmos na sua Totalidade.

Segundo a linha humboltiana, já no século XX, tardiamente, a teoria dos sistemas integrados e sistêmico ressurgiu. O conceito de sistema foi definido por Jean Tricart (1977, p. 19) como um conjunto de fenômenos que se processam a partir dos fluxos de matéria e energia, que tem origem de uma interdependência, no qual surge uma nova entidade global, integral e dinâmica, permitindo assim uma atitude dialética, a necessidade de análise e de visão do todo, para melhor compreender o meio ambiente.

O termo Geossistema foi criado pelo geógrafo russo Viktor Sotchava em 1963. Ao criá-lo, ele fez com base na vivência e na interpretação do espaço geográfico de seu país, abrangendo uma escala regional (Troppmair, Galina, 2006; Rosolém, Archela, 2010). Para Rodrigues (2011), a possibilidade de gestão territorial sem o entrave da propriedade privada talvez também explique o surgimento e difusão dessa teoria na antiga URSS, tendo em vista que se promove o reconhecimento de unidades espaciais com características elementares, relacionais e dinâmicas, semelhantes entre si, mesmo incluindo-se o antrópico.

De acordo com Rodrigues (2011), Sotchava faz uma colocação básica a respeito dos Geossistemas, chamando atenção para o fato de que os Geossistemas, embora sejam considerados "fenômenos naturais", devem ser estudados à luz dos fatores econômicos e sociais que influenciam sua estrutura, podendo refletir parâmetros sociais e econômicos que influenciam importantes conexões em seu interior.

Segundo Dias e Santos (2007), para Sotchava, os Geossistemas são sistemas territoriais naturais, constituídos de componentes naturais intercondicionados e inter-relacionados em sua distribuição e se desenvolvem no tempo, como parte do todo. Embora os Geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais que influenciam sua estrutura são levados em consideração durante o estudo e a análise (Rodríguez e Silva, 2002).

Georges Bertrand, ao adaptar o termo à realidade francesa, defendeu outro ponto de vista sobre o conceito de Geossistema, representando "unidade dimensional compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados" (Bertrand, 1971, p. 18). Contudo, Bertrand "resgata o conceito de Geossistema criado por Sotchava, incorporando a ele a dimensão da ação antrópica, sendo assim uma categoria espacial de componentes relativamente homogêneos, cuja dinâmica resulta da interação entre o potencial ecológico, a exploração biológica e a ação antrópica" (Rosolém, Archela, 2010, p. 3).

Os princípios básicos da teoria de Sotchava é a consideração da natureza como sistemas dinâmicos abertos e hierarquicamente organizados, passíveis de delimitação ou de serem circunscritos espacialmente em sua tridimensionalidade. Esse princípio vem carregado de todos os derivativos da teoria geral dos sistemas, dentre os quais se destaca o da articulação entre os

sistemas abertos (variáveis extrínsecas) e da interdependência de suas variáveis intrínsecas (identificando-se também internamente as rotas, trocas de matéria, energia e ciclos). Coloca-se que o geossistema não se subdivide infinitamente posto que depende de uma organização geográfica. Um outro tipo de princípio básico é o bilateral, ou dual, dos geossistemas, em que se analisa, por um lado, a estrutura homogênea que caracterizaria o geômero e, por outro, as qualidades integrativas dos geossistemas, que caracterizaria o geócoro (Rodrigues, 2001, p. 73).

Uma outra noção implícita é a noção de dinâmica, pela qual é possível classificar os geossistemas de acordo com seu estado ou estados sucessivos, assim como é possível assumir ou propor hipóteses sobre sua dinâmica futura, característica fundamental para a aplicação ou para o planejamento. O caráter preditivo da proposta é um dos principais pontos de apoio de sua aplicabilidade, o que permite identificar a direção ou balanço de processos, inclusive por incorporar o fator antrópico (Rodrigues, 2001, p. 73).

Portanto, o Geossistema é um sistema natural, complexo e integrado, onde há circulação de energia e matéria, onde são discernidas unidades dinâmicas e homogêneas de organização do espaço em escalas diversas, e onde ocorre exploração biológica, inclusive aquela praticada pelo homem (Troppmair, Galina, 2006). A classificação dos Geossistemas se dá a partir de um princípio bilateral de classificação que reconhece a classificação que reconhece a composição dos Geossistemas a partir de integridades homogêneas (geômeros) e heterogêneas (geócoros) (Oliveira, 2016).

4.2. Campos Rupestres no Brasil:

O termo “Campo Rupestre” foi primeiramente utilizado por Magalhães (1966) para designar o tipo de vegetação associada a afloramentos quartzíticos, tão característica na Serra do Espinhaço. Rizzini (1979) inclui também a vegetação associada a afloramentos hematíticos, comum na região do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais), e na Serra de Carajás (Pará), no conceito de Campos Rupestres, denominando-os como Campos Ferruginosos.

Os Campos Rupestres são formações herbáceo-arbustivas associadas a afloramentos rochosos ou solos geralmente rasos, formados pela decomposição das rochas ou da canga ferruginosa. No Brasil, localizam-se na serra do Espinhaço, na Bahia e Minas Gerais, e em Goiás, principalmente, normalmente em altitudes superiores a 900 m (Eiten, 1983) (Figura 2). A vegetação é constituída basicamente por um estrato herbáceo mais ou menos contínuo, entremeado por pequenos arbustos perenifólios e esclerofilos (Mourão; Stehmann, 2007). Apesar dessa caracterização, que confere uma aparência semelhante às diversas áreas de campos rupestres, estes não constituem um tipo de vegetação homogêneo, mas um mosaico de

comunidades relacionadas e controladas pela topografia, declividade, microclima e natureza do substrato (Giulietti *et al.* 2000).

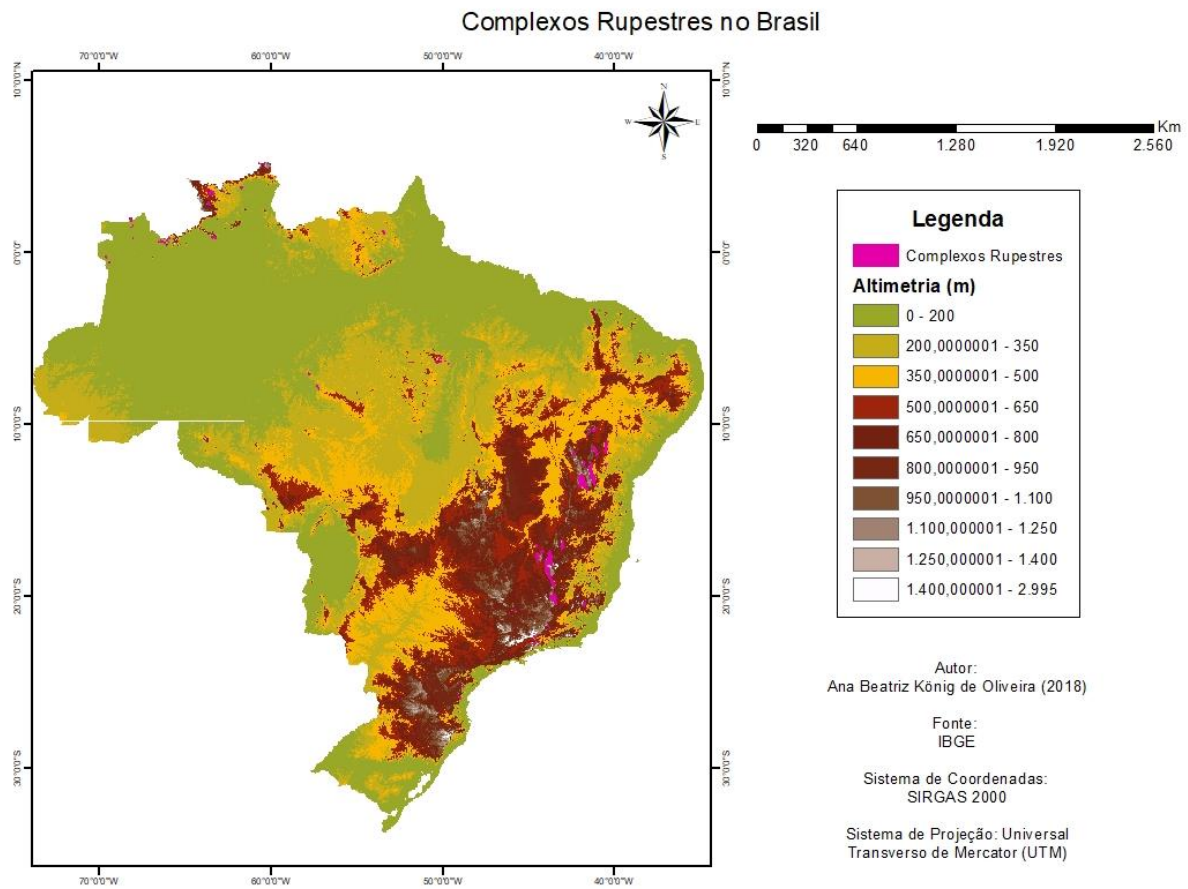


Figura 2 - Sobreposição da distribuição dos Complexos Rupestres no Brasil em relação à topografia (adaptado de Schaefer *et al.*, 2016).

A origem dos Campos Rupestres ocorreu no Pré-Cambriano, quando os maciços rochosos de quartzito e/ou arenito afloraram na crosta terrestre e estas áreas mais elevadas ficaram entremeadas pela vegetação de Cerrado e Caatinga (Conceição *et al.*, 2005; Alves *et al.*, 2007).

Os Campos Rupestres podem ocorrer sobre diferentes tipos de rochas (Figura 3). Na maior parte da Cadeia do Espinhaço, como na Chapada Diamantina e Serra do Cipó, predominam o quartzito e solos arenosos originados da decomposição dessa rocha (Giulietti *et al.* 1987; Harley 1995). No Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, e na Serra dos Carajás, no Pará, predomina a canga, um substrato rico em ferro, produto da laterização do solo. São rochas ferruginosas cenozoicas, compostas por fragmentos de hematita cimentados por limonita (Rizzini 1979). No Brasil, os Campos Rupestres podem ser encontrados nos biomas Mata Atlântica, Floresta Amazônica, Pantanal, Cerrado e Caatinga.

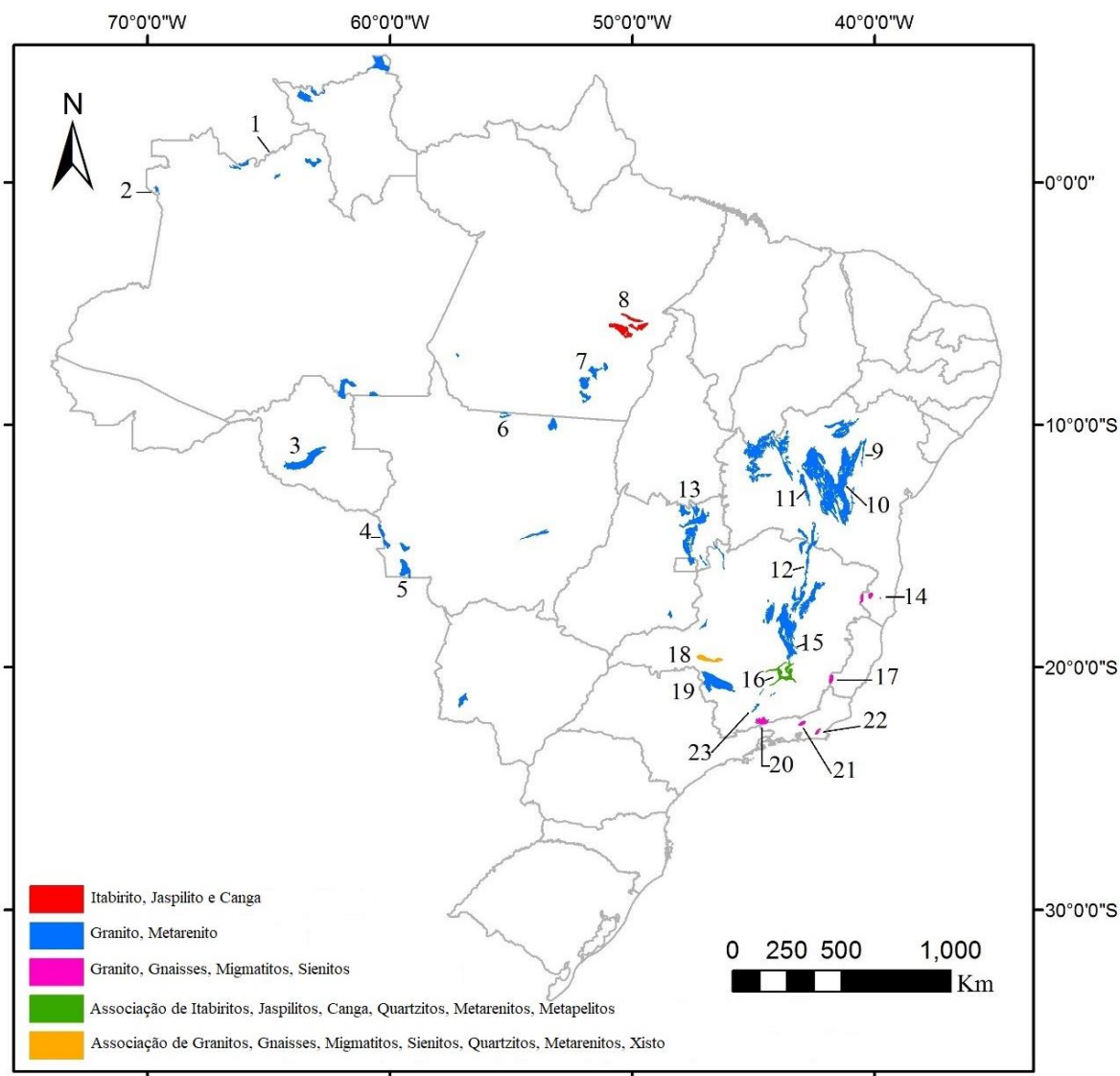


Figura 3 - Distribuição do Complexo Rupestre no Brasil em relação ao substrato geológico e províncias estruturais brasileiras. Os números representam: 1-Tepuis, 2-Tunuí, 3- Serra dos Pacaás Novos, 4- Serra Ricardo Franco, 5-Santa Bárbara, 6- Serra do Cachimbo, 7- Serra da Seringa, 8- Serra dos Carajás, 9- Morro do Chapéu, 10- Chapada Diamantina (Serra do Sincorá), 11- Espinhaço Setentrional, 12- Espinhaço Meridional, 13- Terras Altas do Planalto Central, 14- Pontões de Santo Antônio do Jacinto, 15- Serra do Cipó, 16- Quadrilátero Ferrífero, 17- Caparaó, 18- Araxá, 19- Serra da Canastra, 20- Itatiaia, 21- Serra dos Órgãos, 22- Macaé, 23- Ibitipoca (adaptado de Schaefer et al., 2016).

Os Campos Rupestres possuem alto grau de endemismos. Aproximadamente 65% das espécies do Cerrado possuem distribuição descontínua das áreas e à grande diversidade de habitats (Conceição e Pirani, 2005; Rapini *et al.*, 2008).

No Centro-Oeste do país, no estado do Mato Grosso do Sul, o Maciço do Urucum, juntamente com os morros calcários de Corumbá, é uma das formações de morros residuais situadas ao longo da fronteira com a Bolívia, a oeste do rio Paraguai com altitude máxima de 1.060 m, com uma área de 1.311 km² (Silva *et al.*, 2000). Localizado no bioma Pantanal, essa região apresenta característica única no Brasil, em função das influências que recebe de

ecossistemas vizinhos, dos endemismos que contém, e da ocorrência de espécies de distribuição restrita a essa área. Além disso, a riqueza de espécies em alguns grupos taxonômicos é considerável quando comparada com outras no território sul-mato-grossense (Tomas *et al.*, 2014).

A vegetação presente no Maciço do Urucum varia de floresta estacional semidecídua (a cerca de 100 m de altitude) a campo rupestres (topo dos morros na cota de 1000 m de altitude), além de floresta estacional decidual nas áreas calcárias. Entre estes extremos ocorrem gradações com floresta perenifólia e mata galeria, e uma estreita faixa de cerrado na transição para campos rupestres. Há pequenas ilhas de vegetação xerofítica em bancadas lateríticas localizadas no sopé do Maciço do Urucum e em algumas encostas. A composição da flora e da fauna da região possui elementos do Chaco, do Cerrado e da Amazônia. A riqueza botânica da área é alta, ocorrendo mais de 973 espécies de 116 famílias (Pott *et al.*, 2000), justificada principalmente pela grande variedade de fitofisionomias.

Entretanto, apesar de toda a biodiversidade conhecida no Maciço do Urucum encontra-se ameaçada pelas atividades antrópicas altamente impactantes (mineração, assentamentos rurais, atividade agropecuária, expansão urbana) que têm ocupado cada vez mais espaço nas partes altas (não inundáveis) na borda oeste do Pantanal, entre a margem direita do rio Paraguai e a fronteira com a Bolívia (Tomas *et al.*, 2014).

A atividade de mineração poderá potencialmente eliminar os campos rupestres, ou modificá-los de tal forma que poderá prejudicar a ocorrência de espécies deste tipo de habitat, além daquelas que dependem de florestas das encostas e dos poucos corpos d'água que nascem nas montanhas do Maciço do Urucum. Tanto a mineração quanto o uso direto da água para lavagem de minério e uso industrial têm potencial para causar impactos profundos na biodiversidade da região (Tomas *et al.*, 2014).

No estado de Goiás, os Campos Rupestres ocorrem em algumas disjunções na Serra Dourada, no município de Mossâmedes, na Serra dos Pirineus, no município de Pirenópolis, na Chapada dos Veadeiros, principalmente no município de Alto Paraíso, e nas serras dos Cristais e Serra dos Topázios no município de Cristalina (Romero, 2002).

De acordo com Romero (2002), a Serra dos Pirineus está entre as serras no estado de Goiás que apresentam extensas áreas de Campo Rupestre e que merece uma alta prioridade para investigação. Criado em 1987, o Parque Estadual da Serra dos Pirineus possui solos pobres em matéria orgânica, pouco profundos e cascalhentos, predominando Cambissolos e Neossolo Litólicos (Moura *et al.*, 2007).

A vegetação no alto da serra é predominantemente campestre, representada por campo limpo, campo limpo úmido e campo sujo úmido. Sobre os afloramentos rochosos, crescem campo e cerrado rupestre, com alto grau de conservação (Oliveira et al., 2002). As formações savânicas são representadas na área por cerrado típico e vereda, além do mencionado cerrado rupestre, onde a vegetação lenhosa cresce em locais de afloramentos de rocha característicos (Faria Júnior e Santos, 2006). Entre as formações florestais, encontram-se mata mesofítica e cerradão, e ao longo dos cursos d'água, mata de galeria. Em muitos casos, ao longo desses cursos d'água, observam-se afloramentos rochosos com vegetação herbácea/arbustiva não adensada (Santos, 2003).

A Serra dos Pirineus é considerada uma área-chave para biodiversidade, constando espécies endêmicas de anfíbios e vegetais e, além da biodiversidade, a Serra é o divisor de águas entre a Bacia do Paraná, a sul, e a Bacia Araguaia-Tocantins, ao norte (Salmona *et al.*, 2014)

Entretanto, a exploração de minerais que marcou a ocupação da Serra dos Pirineus desde 1727 e, em virtude da crise do ouro, no século XVIII, a região se voltou para a agropecuária. Nos anos de 1960, com a construção de Brasília, a cidade e o conjunto de cachoeiras da Serra se tornaram destino comum de moradores da capital federal e de Goiânia.

Salmona *et al.* (2014) analisaram o processo de regeneração de vegetação nativa dentro do Parque Estadual dos Pirineus e constataram constante e intensa supressão de formações savânicas e campestres, sendo provável que não haja muitas opções de áreas para se proteger com essas formações em um futuro próximo. Mesmo com fortes indícios de que o Parque tem efeito positivo considerável na inibição do desmatamento, quando comparado com sua vizinhança, ficou evidente a necessidade de maiores investimentos, sobretudo em recursos humanos e infraestrutura.

Na região Nordeste, a Chapada Diamantina localiza-se no centro do estado da Bahia e encontra-se inserida no Parque Nacional da Chapada Diamantina, com 152 mil hectares. Essa área corresponde a parte setentrional da Cadeia do Espinhaço (Harley, 1995; Conceição, 2006).

A ecorregião Chapada Diamantina é uma das mais elevadas do Bioma Caatinga, com altitudes que variam de 200 a 1.800 m, com picos isolados, como o Pico do Barbado, com 2.033 m.

O relevo é bastante acidentado, com grandes maciços residuais, topos rochosos, encostas íngremes, vales estreitos e profundos, grandes superfícies planas de altitude e serras altas, estreitas e alongadas. Em geral, acima de 1.000 m de altitude, onde existem mais afloramentos rochosos, predominam os campos rupestres com substratos rochosos de quartzitos e arenitos, além de sedimentos arenosos (Harley, 1995; Conceição, 2006; Rocha *et al.*, 2005).

Nos maciços e serras altas, os solos são em geral rasos, pedregosos e pobres, predominando os Neossolos Litólicos, enquanto nos topos planos, os solos são em geral profundos e muito pobres, com predominância de Latossolos (Rocha *et al.*, 2005).

O campo rupestre é a vegetação dominante nas áreas de maior altitude e topos de serras na Chapada Diamantina como um todo. Este tipo vegetacional encontra-se restrito a áreas elevadas com substrato arenoso ou pedregoso, em que aparecem afloramentos rochosos, sendo que o solo pode muitas vezes se tornar alagadiço devido à proximidade das rochas no subsolo (Zappi *et al.*, 2003).

A Chapada Diamantina é uma das regiões da Bahia mais afetadas pelas constantes queimadas, demandando grande aporte de recursos financeiros e humanos para os combates aos incêndios. A elevada frequência do fogo na Chapada Diamantina é preocupante, pois é uma região que inclui diversos tipos de florestas, caatingas, cerrados e campos rupestres, cada qual com suas fisionomias peculiares. Tais tipos de vegetação fazem dela um importante centro de diversidade de montanhas do Brasil, com elevado número de espécies de plantas endêmicas, a maioria delas dos campos rupestres (Harley & Simmons 1986; Giuliatti & Pirani 1988; Harley 1995).

Apesar da existência da Unidades de Conservação, a rica biodiversidade da região não está de fato protegida, pois é constantemente ameaçada pelo avanço agrícola, garimpo, queimadas, pastagens, retiradas de madeira e plantas ornamentais e turismo desordenado (Harley, 1995; Giuliatti *et al.*, 1997; Franca-Rocha *et al.*, 2005).

No bioma Amazônia, no estado do Pará, encontra-se a Serra dos Carajás, caracterizada pela ocorrência de jaspilitos, minério de ferro hematíticos e cangas (Souza e Carmo, 2015). A ocorrência de cangas e formações ferríferas na Serra dos Carajás está associada do Grupo Grão Pará, Formação Carajás (Pré-Cambriano) (Pereira, 2009), composta por jaspilitos esferulitos e formações ferríferas bandadas – BIFs –, cuja idade mínima é determinada por soleira máfica que a corta, datada em 2,7 a 8 Ma pelo método U-Pb, zircão (Trendall *et al.*, 1998). Há ocorrências de canga estruturada, química e detrítica. A canga estruturada é caracterizada pela presença de hematita, magnetita e goethita, além da ocorrência de estruturas bem preservadas de dobras, falhas e fraturas. A canga química é encontrada em bordas de clareiras, na transição entre as Formações Carajás e Parauapebas ou próximo a intrusões máficas em meio aos corpos ferríferos (Souza e Carmo, 2015).

A Amazônia é uma região dominada por terras baixas florestadas, sendo a transição de biomas mais secos na direção do nordeste semiárido, quanto do Planalto Central dominado por cerrados (Schaefer *et al.*, 2015). Na região da Serra dos Carajás, encontram-se diversos platôs

de variadas dimensões, associados as formações de vegetação aberta sobre canga ferrífera (Schaefer *et al.*, 2012). Do ponto de vista climático, a região está localizada na faixa conhecida como corredor seco da Amazônia Oriental, representando uma faixa climática transicional entre a Bacia Amazônica e o Planalto Brasileiro, e apresentando grande variedade de fácies locais de pequena expressão geográfica (Vanzolini & Brandao, 1986). Como zona de tensão ecológica em escala regional, o relevo e o conjunto de condições climáticas e geológicas característicos de Carajás tornaram possível a coexistência de paisagens diferentes, que incluem solos tropicais profundos cobertos por Florestas Ombrófilas, lado a lado com vegetações ora florestais, ora abertas, de caráter estacional, nas vertentes escarpadas e em alguns relevos mais altos, com coberturas pedológicas muito pouco desenvolvidas (Schaefer *et al.*, 2008).

O Mosaico vegetacional de Carajás constitui um grande contínuo florestal de cerca de 12.000 km² inserido em região de intensa pressão antrópica, principalmente pela expansão da fronteira agropecuária e da extração mineral no entorno. A paisagem definida por extensas pastagens na porção sul/leste de Carajás avança ao norte/oeste em processo de isolamento geográfico do conjunto de áreas protegidas (Martins *et al.* 2012), que resguardam amostras do que outrora foi a rica vegetação sul paraense.

Além da peculiaridade da sua vegetação, a Serra dos Carajás também é destaque por seus recursos minerais, sendo considerada a mais rica área mineral do Brasil e uma das mais expressivas do planeta (Freitas, 1986; Santos, 1986). Os processos extrativos são relacionados ao ferro, cobre, níquel, ouro, manganês, areia, pedreiras de gnaiss e ametista, o que dá a dimensão da variedade de rochas e, por correlação, remete a diversidade de comunidades vegetais (Mota *et al.*, 2015).

As minas de ferro são a céu aberto e todo o processo de extração mineral, tais como avanço de cava, construção e alteamento de barragens e empilhamento de estéril, acarretam alterações na paisagem com supressão vegetal, incluindo florestas e formas abertas (Carvalho, 2010). Neste contexto, a peculiar vegetação sobre canga em Carajás vem sendo eliminada em um ritmo que ameaça atropelar o conhecimento sobre sua flora e a definição de estratégias que garantam sua conservação (Mota *et al.*, 2015).

Dessa forma, a preservação dos Campos Rupestres encontra grandes desafios em todo país. É necessário compreender as particularidades desses ecossistemas, de forma que o manejo seja viável.

Os estudos taxonômicos aprofundados das espécies de Campos Rupestres são de grande importância para a conservação da diversidade biológica, uma vez que estes geram informações relevantes para o reconhecimento das espécies e para seu estado de ameaça de extinção .

Há uma carência de informações sobre como, e o que preservar prioritariamente. Na última década, várias iniciativas levaram à identificação de prioridades mundiais para a conservação, considerando índices de diversidade biológica, grau de ameaça, ecoregiões, entre outros critérios (MMA, 2002).

4.3. Campos Rupestres em Minas Gerais:

De acordo com Walter (2006), há grande controvérsia no uso do termo rupestre em sistemas de classificação nas áreas onde a vegetação ocorre sobre solos rochosos e em altitudes elevadas. Tal controvérsia ocorre devido à variação fisionômica apresentada pela vegetação dos altos das montanhas e serras, além da sua complexa e gradual transição para as fisionomias adjacentes (Oliveira Filho; Fluminhan Filho, 1999). Para Walter (2006), há evidente similaridade vegetacional entre trechos mais altos da cadeia do Espinhaço e aqueles das Chapada dos Veadeiros (GO) ou dos Guimarães (MT), sendo que as floras de cada uma dessas terras altas, certamente são compostas de elementos das vegetações próximas (influência local) e dos biomas contíguos (influência regional).

Benites *et al.* (2003), citam outros autores que usaram diversos termos para designar a vegetação de ambientes rupestres: Mello-Barreto (1949) ao estudar a vegetação em áreas altimontanas utilizou o termo “Campos Alpinos”, Rizzini (1963), que propôs o termo “Campos Altimontanos” para denominar a vegetação que ocorre em ambientes rupestres. Joly (1970) que utilizou o termo “Campos Rupestres”, introduzido por Magalhães (1966), referindo-se exclusivamente às formações sobre quartzito. Posteriormente, Rizzini (1979) subdividiu em “Campos Quartzíticos”, para áreas sobre quartzito como a Serra do Espinhaço, e os “Campos Altimontanos” sobre rochas cristalinas diversas, como os ocorrentes nas Serras do Mar e da Mantiqueira. Ferri (1980) dividiu a vegetação de altitude em “Campos Rupestres” e “Campos de Altitude” e Eiten (1983), designou os termos “Campo Rupestre” e “Campo Montano”, para formações sobre quartzito e sobre granito, respectivamente.

Veloso *et al.* (1991) classificaram a vegetação que ocorre nos ambientes rupestres como “Refúgios Vegetacionais” ou “Relíquias de Vegetação”, pois, segundo os autores, estas são toda e qualquer vegetação floristicamente diferente do contexto geral da flora dominante. Por fim, Semir (1991) sugeriu os termos “Complexos Rupestres de Quartzito” e “Complexos Rupestres de Granito” para vegetação da Serra do Espinhaço e da Serra da Mantiqueira, respectivamente, alegando que ambas as formações são rupestres, mas diferem-se quanto a litologia predominante.

De modo geral, os Campos Rupestres ocorrem principalmente acima de 900 m de altitude, em montanhas cujas rochas são de origem pré-cambriana que foram remodeladas por movimentos tectônicos a partir do Paleógeno, estando associados, principalmente, a afloramentos de quartzito, arenito e minério de ferro (King, 1956; Joly, 1970; Giuliatti e Pirani, 1988; Eiten, 1992; Alves e Kolbelk, 1994; Giuliatti *et al.*, 1997; Caiafa e Silva, 2005; Alves *et al.*, 2007). Eles são distribuídos principalmente ao longo da Cadeia do Espinhaço, embora áreas isoladas desse tipo de vegetação também sejam encontradas em outras serras do Brasil, como citadas anteriormente, ou na Serra do Lenheiro na região de São João Del Rei, Serra de São José em Tiradentes, e Itutinga, em Minas Gerais, estas três últimas consideradas como pertencentes à Serra da Mantiqueira, mas com geologia e afinidades florísticas mais relacionadas aos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço (Giuliatti e Pirani, 1988; Eiten, 1992; Alves e Kolbelk, 1994 2009, 2010; Gavilanes *et al.*, 1995; Harley, 1995; Giuliatti *et al.*, 1997; Alves *et al.*, 2007; Rapini *et al.*, 2008).

No Brasil, outras áreas com vegetações já tratadas como “rupestres” ou “campos rupestres”, mas fora da região enfocada pela presente revisão, são: a Serra dos Carajás, no Pará, onde a vegetação cresce sobre canga (Silva *et al.* 1996), e a Serra da Jibóia, no Leste da Bahia, onde os campos rupestres ocorrem sobre substrato gnáissico-granítico (Queiroz *et al.* 1996).

Já os campos de altitude são típicos dos pontos mais elevados de montanhas que se soergueram principalmente durante o Terciário (Serras do Mar e da Mantiqueira), estando geralmente situados acima de 1.500 m de altitude e associados a rochas ígneas ou metamórficas, como granito, gnaiss e, no caso particular de Itatiaia, nefelino-sienito (Segadas-Vianna 1965, Petri & Fúlfaro 1988, Martinelli & Orleans e Bragança 1996, Giuliatti *et al.* 1997, Safford 1999a, Caiafa & Silva 2005, Alves *et al.* 2007). Uma exceção é representada pelos campos de altitude do Parque Estadual da Serra do Mar, no Núcleo Curucutu, que ocorrem em cotas mais baixas, entre 750 m e 850 m de altitude (Garcia & Pirani 2003, 2005). Estes autores sugeriram que a altitude não seria determinante para a ocorrência desse tipo de vegetação, mas uma combinação de fatores, tais como condições topográficas, proximidade do oceano e circulação atmosférica.

Em Minas Gerais, os geoambientes de Campos Rupestres encontram-se entre os mais ameaçados e menos estudados (Jacobi *et al.*, 2007; Jacobi; Carmo, 2008). O alto grau de endemismo dessas formações está relacionado às suas especializações e ao isolamento dos topos das serras onde ocorrem (Rezende, 2013). Os Campos Rupestres Quartzíticos da Serra do Espinhaço são ligados ao extrativismo mineral e vegetal (Rapini *et al.*, 2008). Os Campos Rupestres Ferruginosos, por ocorrerem em rochas com elevado teor de ferro, são alvo atual da

degradação causada pelas grandes mineradoras (Jacobi *et al.*, 2007; Jacobi; Carmo, 2008; Vincent; Meguro, 2008; Messias *et al.*, 2012; Vasconcelos *et al.*, 2014).

Segundo Carmo e Jacobi (2013), a vegetação associada aos Campos Rupestres Ferruginosos abriga espécies raras e algumas novas para a ciência, com elevada diversidade¹ beta e gama. Para Vasconcelos (2011), os Campos Rupestres Quartzíticos apresentam vegetações de variadas fitofisionomias, desde áreas abertas cobertas por gramíneas e outras ervas, até habitats com adensamento de arbustos e pequenas árvores, com ou sem a presença de afloramentos rochosos.

Os Campos Rupestres constituem ambientes adversos ao estabelecimento de plantas, e que são adaptadas à ambientes oligotróficos extremos, sendo capazes de tolerar as características ambientais limitantes devido as inúmeras adaptações anatômicas, morfológicas, fisiológicas e reprodutivas, permitindo-lhes sobreviver nesses ambientes (Teixeira, Lemos Filho, 2002; Vincent, 2004; Viana, Lombardi, 2007; Silva, 2013; Alves e Kolbek, 1994).

Biologicamente, “muitas espécies apresentam adaptações morfológicas e/ou fisiológicas a ambientes xerofíticos, tais como folhas coriáceas ou suculentas, modificações de órgãos em estruturas de reserva, presença de pilosidade densa nas folhas e ramos” (Viana, Lombardi, 2007, p. 160). De acordo com Conceição e Giulietti (2002), a diversificação florística e a multiplicidade de exploração de microambientes atingem grau máximo, com destaque às *Velloziaceae*, *Orchidaceae*, *Bromeliaceae* e *Eriocaulaceae*.

De modo geral, os solos de Complexos Rupestres são pobres em nutrientes, com baixa capacidade de troca catiônica (CTC), altos níveis de elementos tóxicos, especialmente Al^{3+} nos quartzitos (Benites *et al.* 2003). Possuem também características físicas que limitam o crescimento das plantas, sendo rasos e arenosos, muitas vezes constituídos por pequenas ilhas de solo circundadas por blocos de rochas aflorantes. Possuem baixa capacidade de campo, onde as espécies adaptadas mostram-se mais tolerantes ao déficit hídrico. No entanto, dependendo da topografia e características das rochas, podem também exibir drenagem deficiente, formando ambientes brejosos ou temporariamente alagados (Jacobi *et al.*, 2007; Benites *et al.*, 2003).

De acordo com Benites *et al.* (2003), parte dos solos identificados nos Complexos Rupestres não tem classificação definida pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solo

¹ “A diversidade α , ou local, corresponde à diversidade dentro de um habitat ou comunidade, e é bastante sensível à definição de habitat, e à área e intensidade da amostragem.

A diversidade γ , ou regional, corresponde à diversidade de uma grande área, bioma, continente, ilha, etc.

A diversidade β corresponde à diversidade entre habitats ou outra variação ambiental qualquer, isto é, mede o quanto a composição de espécies varia de um lugar para outro” (Barros, 2007).

(EMBRAPA, 2013) ao nível de grandes grupos e subgrupos. As subordens que geralmente ocorrem são os Neossolos Litólicos.

Segundo Messias (2011), as variações topográficas e microtopográficas propiciam diferentes tipos de pedoambientes nos Campos Rupestres. Em áreas onde ocorrem muitos afloramentos rochosos, formam-se ilhas de solos rasos, espaçadas pelos blocos de rochas. Estas áreas normalmente são bastante íngremes, sujeitas a grande transporte de sedimentos pelas águas da chuva para regiões mais baixas. As áreas mais baixas do perfil abrigam depósitos coluviais, dando origem a solos contínuos são, ainda que sejam rasos, são relativamente mais profundos do que nas áreas íngremes. Nessas áreas podem ocorrer, além dos Neossolos Litólicos, também os Cambissolos, Espodossolos e ainda, onde a drenagem é mais deficiente, Organossolos se tiver.

- **Quadrilátero Ferrífero:**

O Quadrilátero Ferrífero localiza-se na parte central do estado de Minas Gerais e abrange uma área de 7.200 km² (Messias, 2011; Jacobi e Carmo, 2008) Está inserido na zona de transição dos dois hotspots brasileiros: a Mata Atlântica e o Cerrado, e é considerado uma área de “importância biológica especial” (Drummond et al., 2005).

O Quadrilátero Ferrífero é formado por terrenos antigos e geologicamente complexos, com litologias variadas aflorando lado a lado, apresentando uma singular heterogeneidade da paisagem, com fitofisionomias integrando um mosaico moldado pela conjunção da topografia, litologia, clima e altitude (Alkmim & Marshak, 1998; Klein & Ladeira, 2000; Jacobi e Carmo, 2008).

Os Campos Ferruginosos estão associados a vários tipos de substratos ricos em ferro, que se apresentam totalmente fragmentados ou formando uma espessa e sólida couraça. Entre estes dois extremos, ocorrem várias fisionomias campestres como campo limpo, campo sujo e os campos rupestres propriamente ditos (Jacobi e Carmo, 2008).

Nas montanhas formadas pelos depósitos de minério de ferro que delimitam o Quadrilátero Ferrífero, estão localizadas as couraças compostas por minerais derivados de formações ferríferas bandadas, hematita e fragmentos de itabirito cimentados por limonita, as cangas, que podem chegar a mais de 30 metros de espessura em alguns pontos (Simmons, 1963; Dorr, 1964; Jacobi e Carmo, 2008). Na década de 1960, Dorr (1964) estimou que a cobertura total das cangas era de aproximadamente 10 mil hectares.

A canga fornece assim condições ecológicas que geralmente diferem da paisagem adjacente, ou matriz. Jacobi e Carmo (2008) estudaram a diversidade dos Campos Rupestres

Ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero e constaram que a heterogeneidade das cangas reflete numa variedade de ambientes, com predominância de diferentes comunidades de plantas.

As plantas de Campos Rupestres Ferruginosos apresentam adaptações fisiológicas, morfológicas e reprodutivas típicas, como esclerofilia, reprodução clonal e poiquiloidria, ou seja, a capacidade de resistir a ciclos de dessecação e reidratação, além de possuírem adaptações para se estabelecerem em substratos ricos em metais pesados, como ferro, manganês, cobre e alumínio (Gaff, 1987; Giuliatti *et al.*, 1987; Vincent e Meguro, 2008).

De acordo com Vilela *et al.* (2004), as cangas apresentam uma alta diversidade beta, decorrentes do isolamento, e provavelmente de variações climáticas e mineralógicas do substrato ferruginoso.

- **Serra do Espinhaço:**

Na Cadeia do Espinhaço localiza-se nos estados da Minas Gerais, sofrendo uma ruptura no paralelo 17° S. A porção sul localiza-se na zona de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado, enquanto a porção central e norte, em áreas de transição entre os biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica.

O substrato rochoso mais comum nos Campos Rupestres do Espinhaço é o quartzito, com solos pouco profundos, pedregosos ou arenosos, permeados pelos afloramentos rochosos (Benites *et al.*, 2007). A vegetação é principalmente herbácea, com algumas plantas esparsas de maior porte que crescem sobre ou entre os blocos de rochas, ou nos solos Litólicos (Messias, 2011).

Os estudos florísticos nos campos rupestres da Cadeia do Espinhaço se intensificaram a partir da década de 1970 (Harley e Simmons, 1986). Algumas espécies endêmicas ao Espinhaço ocorrem ao longo de toda a Cadeia (Giuliatti *et al.*, 1987), porém várias são microendêmicas. Assim, apenas uma pequena parcela dessas espécies é compartilhada pelas porções mineira e baiana da Cadeia (Giuliatti e Pirani, 1988; Rapini *et al.*, 2002) e a similaridade florística entre áreas do Espinhaço costuma ser surpreendentemente baixa, mesmo em localidades vizinhas (Zappi *et al.*, 2003; Conceição *et al.*, 2005; Azevedo e Berg, 2007)

A alta diversidade beta dos campos rupestres parece estar relacionada à sua distribuição descontínua ao longo do Espinhaço e às heterogeneidades macroespaciais (altitudinal, topográfica e latitudinal) e microespaciais (edáficas e microclimáticas). De acordo com Rapini *et al.* (2008), uma das hipóteses para explicar sua diversificação está relacionada às oscilações climáticas durante o Quaternário. Nos períodos interglaciais, os campos rupestres ficariam retraídos às regiões mais elevadas das serras e, nos glaciais, ampliariam sua extensão para as

regiões mais baixas. O processo de contrações e expansões sucessivas promoveria a diferenciação entre populações vicariantes durante os períodos mais quentes e úmidos e possibilitaria o fluxo gênico e eventuais hibridações entre elas durante os mais frios e secos (Harley, 1995; Giulietti et al., 1997).

Os limites de distribuição dos campos rupestres, no entanto, parecem ser estabelecidos principalmente por fatores edáficos e mudanças climáticas talvez fossem insuficientes para promover a expansão dos campos rupestres ou sua invasão por matas ou cerrados. (Rapini *et al.*, 2008) As disjunções entre os campos rupestres, portanto, seriam bem antigas e a distribuição das espécies estaria associada basicamente a sua capacidade de dispersão (Alves e Kolbek, 1994). A íntima associação das espécies endêmicas do Espinhaço com os campos rupestres sugere que seus indivíduos necessitam de condições bastante particulares para sobrevivência ou não são competitivos em outros ambientes (Alves e Kolbek, 1994).

4.4. Exploração Mineral e Legislação Ambiental:

A exploração de recursos minerais é a retirada de substâncias minerais de jazida, mina, salina ou outro depósito mineral, para fins de aproveitamento econômico. O Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), autarquia vinculada ao Ministério de Minas e Energia (MME), tem o poder de controlar o exercício das atividades de mineração no País (Faria, 2008). Segundo Guerra e Guerra (2011), minério é um mineral ou uma associação de minerais (rocha), que pode ser explorada do ponto de vista comercial. A noção do minério está intimamente ligada com o rendimento econômico. Atualmente, a vida moderna necessita do máximo rendimento na exploração dos minérios.

A mineração está intimamente ligada à história do Estado de Minas Gerais. No período colonial, já haviam lavras de ouro aluvial. Entre 1700 e 1780, o Estado produziu 2/3 do ouro e das gemas extraídos no Brasil. Graças a extração mineral, muitos núcleos urbanos se formaram. E com o objetivo de escoar os minérios, a Estrada Real foi construída em meados do século XVII. Entre 1700 e 1808, a população estimada de Minas Gerais, cresceu de 30 mil, para 450 mil habitantes e entre 1820 a 1830, seis companhias britânicas foram formadas com o objetivo de explorar jazidas auríferas em Minas Gerais. (Minas Gerais, 2008). No século XX, a mineração brasileira foi caracterizada especialmente pelo minério de ferro, que precedeu o manganês. De acordo com Melo (2014), durante todo o século, Minas Gerais foi importante exportador de manganês.

Em 1975, Minas Gerais correspondia a 59% da produção mineral do Brasil. Desde então, a produção caiu para 35,5% em 1986, mas manteve-se acima dos 30% na década de 1990

(Minas Gerais, 1989). De acordo com Melo (2014), as exportações no Estado cresceram de US\$ 100 milhões, no início dos anos 80, para quase US\$ 2 bilhões, ao final da década de 1990.

Minas Gerais é um Estado com grande importância no setor de mineração. Apenas o Estado tinha previsão de receber US\$ 26 bilhões no quadriênio 2012-2016, equivalendo a 35% da produção nacional (IBRAM, 2012). Os minerais metálicos e não metálicos, assumem a liderança na produção dessas substâncias no Brasil (Minas Gerais, 2013).

Entretanto, a mineração é uma das atividades de maior impacto ao ambiente, provocando alterações físicas e químicas drásticas no substrato e, conseqüentemente, na biota. Atualmente, há um aumento da demanda por empreendimentos mineradores nas áreas de Campos Rupestres em Minas Gerais (Messias *et al.*, 2012). De acordo com a descrição do anexo da Resolução CONAMA 237, de 1997 (BRASIL, 1997), os empreendimentos causadores de significativos impactos ambientais estão sujeitos ao Licenciamento Ambiental (Borges e França, 2015).

A necessidade de compensação ambiental da atividade mineradora é importante, pois se trata de uma atividade impactante ao meio ambiente e deve cumprir normas que garantam a recuperação da área. De acordo com o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, a compensação ambiental pode ser entendida como um mecanismo de responsabilização dos empreendedores causadores de significativo impacto ambiental pelo prejuízo causado ao meio ambiente.

A compensação ambiental pode ser definida como mecanismo de reparação dos danos ambientais considerados irreversíveis e não mitigáveis (Pacheco, 2008) ou ainda, como um instrumento que objetiva garantir à sociedade o ressarcimento pelos danos causados de empreendimentos causadores de significativo impacto ambiental (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 2005). A compensação ambiental não possui um conceito universal, tampouco uma abordagem consistente para determinar a compensação da biodiversidade (Almeida, 2011).

Esta compensação é calculada de acordo com o grau de impacto ambiental estimado, e os recursos serão destinados a apoiar a implantação e manutenção de Unidade de Conservação do Grupo Proteção Integral. Note-se que esta compensação não está relacionada ao tipo de impacto significativo que o empreendimento possa causar. Mesmo que não haja nenhum impacto sobre os recursos ambientais vivos, a compensação nos termos da Lei 9.985/2000 é obrigatória (REVISTA DO MP-MG, 2012, p. 29).

A legislação brasileira reconhece a importância da conservação e preservação da vegetação nativa. Os Artigos 225, parágrafo 3º, da Constituição Federal e 14, § 1º, da Lei

6.938/81, dizem que, os danos ambientais causados em decorrência de intervenção, empreendimento, obra ou atividade que acarrete na alteração adversa de quaisquer das características do meio ambiente, devem ser reparados, independentemente da licitude da conduta ou atividade (MPSP, 2011).

Há, também, outros mecanismos que tratam da preservação e conservação da vegetação. Com a promulgação da Lei da Mata Atlântica (Lei Federal nº 11.428, de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica) e seu Decreto Regulamentador (Decreto Federal nº 6.660, de 2008), não só a Floresta Atlântica foi protegida, mas também os demais ecossistemas existentes dentro dos limites do Bioma, bem como alguns ecossistemas de disjunções localizadas nas áreas de Cerrado e de Caatinga que circundam o Bioma da Mata Atlântica (Vasconcelos, 2014) (Figura 4).

O Bioma Mata Atlântica, segundo Vasconcelos (2014), possuiu tipologias florestais (Floresta Ombrófila Densa, Mista e Aberta; Floresta Estacional Decidual e Semidecidual), e apresenta diversos ecossistemas associados, entre os quais se incluem diversas áreas de Campos Rupestres e Campos de Altitude.

Os Campos Rupestres deste estudo se localizam nas áreas de transição entre os Biomas Mata Atlântica e Cerrado; também a Resolução CONAMA 369/06 que trata das intervenções em áreas de preservação permanente (APP).

As compensações referentes às supressões de vegetação no Bioma Mata Atlântica são disciplinadas pela Lei Federal nº 11.428 e seu Decreto Regulamentador, com particularidades quando se tratar de mineração, por conta do requisito de recuperação de área equivalente ao empreendimento, conforme os artigos 17 e 23.

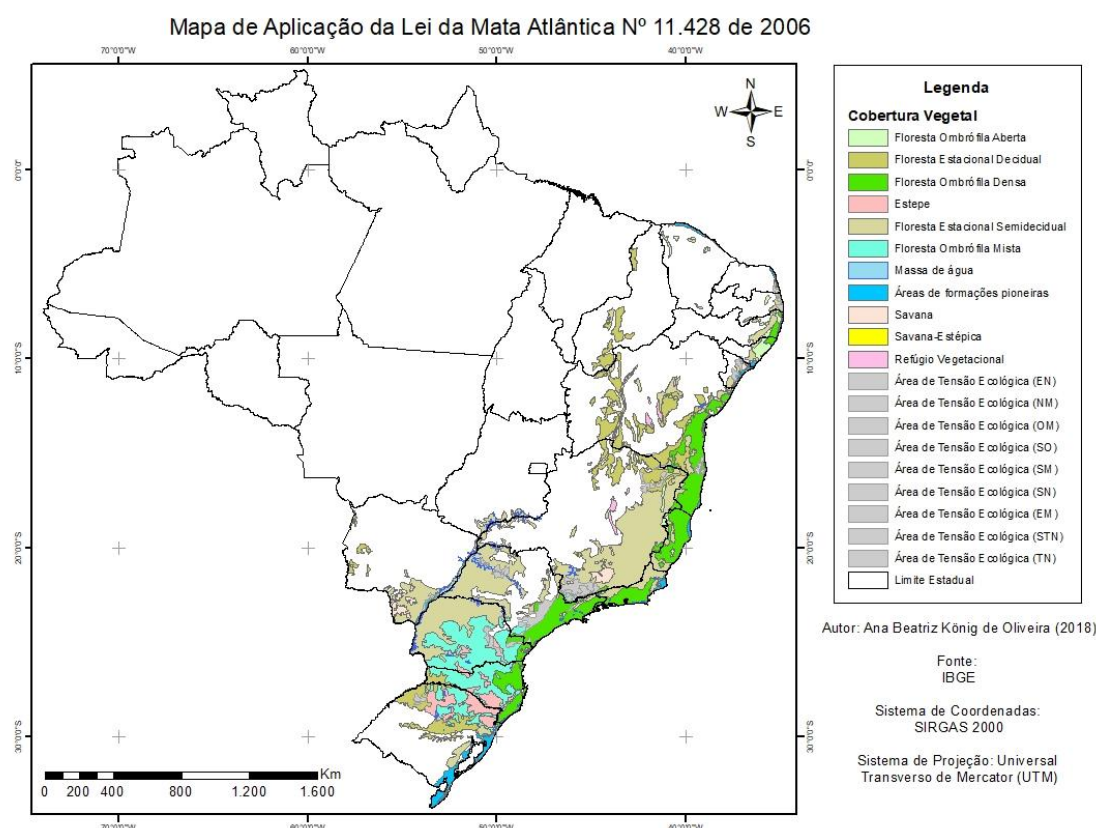


Figura 4 - Mapa de aplicação da Lei da Mata Atlântica nº 11.428 de 2006.

Áreas de Tensão Ecológica: SO - Savana/Floresta Ombrófila; OM - Floresta Ombrófila Densa/Floresta Ombrófila Mista; SM - Savana/Floresta Ombrófila Mista; SN - Savana/Floresta Estacional; TN - Savana Estépica/Floresta Estacional; EN - Estepe/Floresta Estacional; STN - Savana/Savana Estépica/Floresta Estacional; EM - Estepe/Floresta Ombrófila Mista; NM - Floresta Estacional/ Floresta Ombrófila Mista

Além da Lei da Mata Atlântica, outros instrumentos legais são relevantes para a proteção dos Campos de Rupestres. Em Minas Gerais, há uma legislação específica para as compensações da Mata Atlântica. Assim, para definição do quantitativo da área destinada a compensação ambiental nesse estado, aplica-se o disposto no Art. 4 da Deliberação Normativa COPAM nº 73, de 2004, que exige, o mínimo de compensação da área pela supressão da Mata Atlântica seja correspondente ao dobro da área suprimida (MPMG, 2018). Com a edição da Resolução CONAMA 392, de 2007 (BRASIL, 2007), foram estabelecidos importantes critérios para a identificação dos ambientes florestais atlântica e de seus estágios de regeneração. Porém, tais critérios não eram aplicáveis aos campos de altitude ou campos rupestres. Todavia, a partir da Resolução CONAMA nº 423, de 2010, são definidos critérios específicos para os campos de altitude e tem-se, portanto, uma grande oportunidade para proteger esses ecossistemas (Vasconcelos, 2014).

De acordo com a Resolução CONAMA nº 423, de 2010, Campos de Altitude são ecossistemas do Bioma Mata Atlântica que ocorrem no sudeste e no sul do país, acima dos limites de ocorrência da floresta, nas cadeias de montana e altomontana (vegetação campestre no topo das montanhas e planaltos mais altos) onde predominam rochas expostas, vegetação rasteira e pequenas árvores tortas (Mamede, s/d). Conforme citado anteriormente, vemos que as definições de Campos Rupestres diferem de Campos de Altitude, o que é uma severa lacuna na legislação.

De acordo com Vasconcelos (2014), os campos de altitude se encontram em áreas de preservação permanente de topos de morro, de bordas de chapada e de declividade elevada, disciplinadas pela Lei Federal nº 12.651, de 2012, a Lei de Proteção da Vegetação Nativa.

O conjunto de leis que trata da proteção desses ecossistemas pressupõe que áreas a serem utilizadas na compensação ambiental devam possuir características ecológicas semelhantes. Tal pressuposto é plenamente atendido quando se dispõe de áreas de Campos Rupestres sobre qualquer substrato, já que não existe qualquer razão ou sentido conservacionista para excluir ou negligenciar um dado substrato qualquer quando se busca a proteção e conservação. Por outro lado, há que se reconhecer a singularidade dos Campos Rupestres Ferruginoso, cujos solos mostram características muito distintas dos demais (Schaefer et al., 2016), associados a certas espécies indicadoras, algumas das quais endêmicas.

De acordo com o Art. 14 da Lei da Mata Atlântica, “a supressão de vegetação primária ou de vegetação secundária em estado avançado, protegida por essa lei, só poderá ter sua autorização concedida em casos de utilidade pública. O mesmo dispositivo também apenas permite a autorização de supressão de vegetação secundária em estado médio de regeneração nos casos de utilidade pública e de interesse social”.

Nos termos do Art. 17 e no inciso II do Art. 32 da Lei da Mata Atlântica, a supressão de vegetação primária ou de vegetação nos estágios médio ou avançado de regeneração ficam condicionados à compensação ambiental na forma da destinação de área equivalente à extensão da área da desmatada, com as mesmas características ecológicas, na mesma bacia hidrográfica e, sempre que possível, na mesma microbacia hidrográfica.

Os Estados são, a princípio, competentes para emitir autorização para intervenção nos ecossistemas protegidos por essa Lei. Entretanto, de acordo com o Art. 19 do Decreto Federal nº 6.660, de 2008, esse aparato legal inclui a prerrogativa da União em emitir, preliminarmente, a anuência para o licenciamento ambiental quanto à conversão para uso alternativo do solo nos desmates acima de 50 hectares por empreendimento, isolada ou cumulativamente; ou três

hectares por empreendimento, isolada ou cumulativamente, quando localizada em área urbana ou região metropolitana.

No caso dos Campos Rupestres, o mapa que acompanha o Decreto Federal nº 6.660, de 2008 não os mapeia e, de acordo com a Nota Explicativa, aponta que, os Campos Rupestres estariam inseridos no conceito de Campos de Altitude, nas classes de Refúgios Vegetacionais localizados nos Biomas Cerrado e Caatinga são protegidos como disjunções do Bioma Mata Atlântica.

O Mapa da Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica não delimitou disjunções associadas ao Bioma Mata Atlântica dentro da porção mineira do Bioma Caatinga. Além disso, as fitofisionomias campestres no Bioma Caatinga, em Minas Gerais, restringem-se a pequenas manchas esparsas (VASCONCELOS, 2014, p. 114).

A Nota Explicativa do mapa de vegetação, que acompanha o Decreto no 6.660, de 2008, ressalva, segundo Vasconcelos (2014) que o mapeamento é apenas indicativo, em função da escala simplificada (1:5.000.000) e informa também que o fato de manchas menores de outras fitofisionomias serem agregadas em outras manchas maiores, por questões de escala, não caracteriza a inexistência das manchas menores. Ressalta que muitas áreas de campo de altitude não foram apresentadas no mapa em virtude da escala de representação.

As definições legais sobre Campos de Altitude, apresentadas anteriormente neste trabalho, apresentam uma conceituação ampla, mas em momento nenhum excluem a possibilidade de afloramentos rochosos nos campos de altitude. Vasconcelos (2014) acredita ser possível encontrar combinações de campos rupestres de altitude, campos de altitude não rupestres, campos rupestres que não sejam de altitude e, ainda, campos que não sejam nem rupestres nem de altitude.

Para Vasconcelos (2014), essa classificação é coerente com o Mapa da Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica presente na Nota Explicativa e permite que campos rupestres condicionados a contextos biogeográficos de altitude possam ser protegidos pela referida lei, quando forem associados a disjunções desse bioma. Essa proposta de classificação não exclui, inclusive, a constatação de diferenças biogeográficas entre ambientes como campos quartzíticos e campos granito-gnáissicos, como defendido por Vasconcelos (2011), porém as insere dentro de uma classificação mais geral.

Dois campos de altitude, em contextos biogeográficos diferentes, podem apresentar biodiversidade distinta, mas apresentam características ambientais semelhantes como refúgios vegetacionais e, consequentemente, importância ecológica, justamente por serem campos de altitude (VASCONCELOS, 2014).

Além da escala de mapeamento inadequada para a aplicação da Lei em áreas de Campos Rupestres, há que se considerar que esses são ecossistemas singulares, com um mosaico

ambiental sem paralelos e, diferentemente do que ocorre nas florestas, o conceito de estágio sucessional não deve ser aplicado, uma vez que as espécies ali encontradas se desenvolvem num clímax edáfico.

Horn (1974) define sucessão ecológica como um fenômeno que envolve gradativas variações na composição específica e na estrutura da comunidade, iniciando-se o processo em áreas que, mediante ações perturbatórias ou não, se apresentam disponíveis à colonização de plantas e animais, prosseguindo até determinado período onde tais mudanças se tornam bastante lentas, sendo a comunidade resultante designada como clímax. Odum (1988) acrescenta que, quando a sucessão não é interrompida por forças externas, é bastante direcional e previsível; envolvendo modificação do ambiente físico pelos fatores bióticos, no sentido de aumentar a complexidade estrutural e atingir um grau máximo de biomassa e de função simbiótica entre organismos por unidade de fluxo energético disponível.

De acordo com os ecólogos, a sucessão é definida como a alteração da estrutura da comunidade ao longo do tempo. O processo de sucessão começa com uma comunidade “vazia”, sem nenhuma espécie. A sucessão primária ocorre com a formação e a colonização de um novo substrato. Na sucessão secundária, mais comum, uma comunidade pré-existente é removida ou impactada por uma perturbação. Muitos elementos da comunidade anterior podem se reestabelecer na área perturbada. Foi observado que, as chamadas espécies que colonizam logo após a perturbação, as espécies pioneiras, tendem a ser diferentes daquelas que aparecem mais tarde. Também foi verificado que, a presença de espécies pioneiras e a convergência das comunidades ao longo do tempo, apresentaram que as substituições de espécies ao longo da sucessão seriam determinísticas, não aleatórias. Devido às alterações das condições ambientais e às interações competitivas, as espécies pioneiras acabam por desaparecer e ser substituídas por um segundo grupo de espécies, culminando na comunidade clímax, que não será mais substituída por nenhuma espécie (Gotelli, 2009, p. 184-187).

Para Campos Rupestres, de acordo com a Resolução CONAMA nº 423, de 2010, há a necessidade de definir os parâmetros para identificação e análise da vegetação primária e secundária nos estágios inicial, médio e avançado de regeneração, considerando sua importância biológica e o alto grau de endemismo, incluindo espécies raras e ameaçadas de extinção. Considerando o Artigo 2º:

Art. 2º Para fins de aplicação da presente Resolução são adotadas as delimitações e conceitos estabelecidos no mapa referido no art. 2º da Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, e considerando os seguintes conceitos:

I - Campo antrópico: vegetação de campo formada em áreas originais de floresta, devido à intervenção humana e ações para uma maior produtividade de espécies

forrageiras, principalmente com a introdução de espécies nativas ou exóticas, não considerada remanescente de Campo de Altitude.

II - Vegetação Primária: vegetação de máxima expressão local, com grande diversidade biológica, sendo os efeitos das ações antrópicas mínimos, a ponto de não afetar significativamente suas características originais de estrutura e de espécies.

III - Vegetação Secundária ou em Regeneração: vegetação resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer espécies remanescentes da vegetação primária (BRASIL, 2010).

Para Vasconcelos (2014), deve-se criar uma classificação alternativa mais coerente com os fundamentos dispostos do Mapa da Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica e em sua Nota Explicativa, pois a classificação de Campos Rupestres e de Campos de Altitude refere-se a fatores ambientais distintos e, portanto, não mutuamente excludentes. Enquanto o Campo de Altitude é condicionado pelo efeito do macro, meso e micro relevo nos ecossistemas, o Campo Rupestre é condicionado pelos afloramentos rochosos que os constituem.

4.5. Equivalência Ambiental:

As leis não definem critérios claros para a proteção e conservação de Campos Rupestres. Na Lei da Mata Atlântica, devido a escala do mapeamento (1:5.000.000), algumas áreas dentro do Bioma Mata Atlântica (Figura 3) são tratadas como refúgios vegetacionais (Figura 2), podendo gerar questionamentos e polêmicas sobre a abrangência de sua proteção pela Lei.

Segundo as legislações vigentes, as áreas compensadas não mantêm necessariamente a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos equivalentes aos fornecidos pelas áreas que foram desmatadas, visando a compensação à supressão de árvores, focando exclusivamente no número de indivíduos arbóreos, desconsiderando outras características ecológicas das áreas (Gasparinetti *et al.*, 2011).

A compensação ambiental, embora seja uma forma de reparação ao dano ambiental, deve ser ajustada, uma vez que cada área apresenta heterogeneidades físicas, biológicas e ecológicas, levando à possibilidade de se compensar áreas sem a necessária equivalência em termos de composição, estrutura e função. De acordo com o MPSP (2011), na compensação não há equivalência em relação ao bem afetado, tendo como objeto a reconstituição ou melhora de um outro bem ou sistema ambiental que leve à restituição de funções e serviços ecossistêmicos perdidos e que se mostrem necessariamente benéficos ao ambiente objeto da degradação, melhorando sua qualidade ambiental e em áreas mais próximas possíveis.

A Equivalência Ambiental é conceituada a partir do princípio de custo-benefício, onde todas as implicações de uma intervenção devem ser pesadas, buscando soluções que tragam resultados positivos ao meio ambiente.

Aqui, os danos devem ser avaliados do ponto de vista quantitativo e qualitativo de forma interdisciplinar/transdisciplinar considerando os meios físico, biótico e socioeconômico, focando-se, entre outros aspectos, suas possibilidades técnicas de restauração ou recuperação, sua incidência e área de influência espacial e aspectos temporais (MPSP, 2011).

O primeiro passo da Equivalência Ambiental, segundo Gasparinetti *et al.* (2017), é avaliar as características ecológicas da área a ser suprimida. Quanto mais relevante, mais área deverá ser compensada por sua perda, desincentivando sua supressão. Deve ser levar em consideração critérios que visem a qualidade ambiental da área, como por exemplo o estado de conservação do solo, a proporção de vegetação nativa conservada, a presença de espécies exóticas, a presença de raízes ou sementes que possibilitem a regeneração, a presença de mata ciliar e áreas de recargas de aquíferos, raridade local da fitofisionomia e espécies ameaçadas. O segundo passo deve ser a avaliação de alternativas de compensação. Áreas de boa qualidade ambiental são separadas para serem usadas para compensação por conservação, enquanto áreas com baixa qualidade ambiental são direcionadas para serem utilizadas para compensação por restauração. Quanto maior for o valor ecológico da área conservada, menor será a taxa de compensação exigida, incentivando a alocação de áreas compensadas nesses locais.

Os solos são cruciais para a vida na Terra e é o fator de maior importância na Equivalência Ambiental, pois é o suporte dos demais fatores. A qualidade do solo determina, de forma significativa, a natureza dos ecossistemas das plantas e a capacidade da terra em sustentar a vida animal. Áreas de solo em bom estado de conservação está correlacionado com a presença de vegetação. Caso o solo esteja degradado e sem o aporte de vegetação, o impacto das gotas de chuva poderão favorecer a erosão do solo e até a desertificação, prejudicando, também, as áreas de recarga hídrica.

Os fatores vegetação nativa e espécies exóticas são o segundo critério mais relevante na Equivalência Ambiental. Em seguida, vem as áreas relevantes para os recursos hídricos. A raridade da fitofisionomia foi o critério com menor peso. Também poderia ser incluído o fator “espécies ameaçadas”, mas não deveria haver troca a partir de certo nível de ameaça, fato que teria de ser definido no decreto por outro mecanismo não compensatório (Gasparinetti *et al.*, 2017).

Empreendimentos em áreas de Campo Rupestre, como já ocorrem na Serra do Gandarela pela empresa Vale, e em Conceição do Mato Dentro pela Anglo American. Garantir a eficácia da Lei da Mata Atlântica é uma medida fundamental para a proteção dos Campos Rupestres. Para Benites *et al.* (2003), os Campos Rupestres são pouco estudados devido a sua pouca importância agrícola e por estarem em regiões de difícil acesso. No entanto, o

conhecimento destes solos é fundamental importância para a identificação de fatores do meio físico que condicionam características da biota a ele associadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

Primeiramente, é importante conhecer quais são as áreas de Campos Rupestres efetivamente protegidas pela Lei da Mata Atlântica através do mapeamento elaborado com base nas definições da Lei da Mata Atlântica e seu decreto, bem como da Nota Explicativa. O mapa que acompanha o Decreto Federal nº 6.660, de 2008, não mapeia os Campos de Altitude, embora a nota explicativa inserida no mapa apresente sua conceituação. A Nota Explicativa especifica que os Refúgios Vegetacionais localizados nos Biomas Cerrado e Caatinga são protegidos como disjunções do Bioma Mata Atlântica (Vasconcelos, 2014).

A Nota Explicativa do mapa de vegetação ressalva que o mapeamento é apenas indicativo, em função da escala simplificada (1:5.000.000), e informa também que, o fato de manchas menores de outras fitofisionomias serem agregadas em outras manchas maiores, por questões de escala, não caracteriza a inexistência das manchas menores, explicitando que há áreas de campo não apresentadas no mapa, em virtude da escala de representação (Vasconcelos, 2014).

Assim, conhecer a área de estudo e realizar uma vistoria de campo é fundamental para fazer uma correta caracterização das fitofisionomias, os estágios sucessionais e verificar se há fragmentos que divirjam dos mapas da legislação. Dessa forma, é possível determinar o verdadeiro estágio que a área se encontra.

Os campos rupestres inseridos no Bioma Mata Atlântica e em suas áreas contíguas, têm sobre eles o fato de que a União tem a prerrogativa de emitir anuência para o licenciamento ambiental quanto a exploração mineral nos mesmos, nos termos da Lei nº 11.428 de 2006, regulamentada pelo Decreto Federal nº 6.660, de 2008, e, especificamente, pela Resolução CONAMA nº 423, de 2009. Entretanto, tal prerrogativa deve ser contraposta embasada às condições de sensibilidade geológica e singularidade ecológica dos mesmos. A simples defesa da flora parece que oferece poucas causas para se enfrentar o poderio econômico, de modo adequado.

Os estudos de geoambientes sobre Campos Rupestres no Brasil indicam total inaplicabilidade do conceito de estágio sucessional (Schaefer *et al.*, 2015; 2016 a, b). Cada fácies e fitofisionomia revelam uma estreita relação de dependência com atributos de solos, como classificação do solo, profundidade, teor de matéria orgânica, química, tipo e grau de fragmentação de cangas, estrutura. Os climaxes pedológicos com mecanismos adaptativos

mostram fitofisionomias próprias para cada particularidade geomorfológica, sob controle de uma lenta evolução transformativa (Schaefer *et al.*, 2017).

Diante das dificuldades em estabelecer a escala do mapeamento e da inexistência dos estágios sucessionais da vegetação em Campos Rupestres, aplicar as Leis de proteção torna-se um problema. Não há como aplicar as leis pois são muito subjetivas e, em Campos Rupestres, a preservação desse ambiente raro e ameaçado ocorrerá através da compensação, que deveria se pautar em um mapeamento satisfatório.

Os Complexos Rupestres não são, e nem poderiam ser um ecossistema associado exclusivamente à Mata Atlântica, pois ocorre no Cerrado, Pantanal, Caatinga e Amazônia. Dessa forma, torna-se possível justificar e embasar uma discussão sobre uma possível legislação para Campos Rupestres.

A terminologia de “Complexo Rupestre” de Semir (1991), indica que os Campos Rupestres devem ser vistos como uma vegetação bem individualizada, sem estágios sucessionais. De acordo com Benites *et al.* (2007), nas partes mais altas das montanhas, ocorrem verdadeiros complexos rupestres de altitude, com solo e vegetação peculiares. Apesar de serem aparentemente homogêneos, podem ser observadas diversidades consideráveis de geoambientes determinados pela topografia local e aspectos microambientais. Assim, a necessidade de um mapeamento detalhado nessas áreas faz-se necessário.

Propõe-se uma revisão da fronteira entre os biomas Mata Atlântica e o Cerrado nas áreas de Campos Rupestres. A possibilidade de trabalhar localmente, com maior nível de precisão, visando melhor conhecimento da vegetação, subsídios à expansão da pesquisa e ferramentas mais adequadas para proteção desse ecossistema frágil. Também sugere-se que sejam realizados novos mapeamentos em escala adequada em áreas de Campos Rupestres. A partir de estudos realizados por pesquisadores nessas áreas, Vasconcelos (2014) sugere que os resultados sejam disponibilizados ao IBGE para que se aprimore o Mapa da Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica, seja em razão da melhoria do mapeamento da vegetação e dos biomas, seja pela interpretação de quais seriam os ecossistemas externos, mas associados, ao Bioma Mata Atlântica.

Ribeiro *et al.* (2009) sugere que os seguintes indicadores e ferramentas sejam utilizados como base para a redelimitação: 1 – relatos antigos sobre a cobertura vegetal original e épocas de destruição; 2 – testemunhos de pesquisadores contemporâneos; 3 – localização de espécies indicadoras da Mata Atlântica que sejam facilmente observáveis a distância; 4 – distribuição da canela-de-ema gigante (*Vellozia gigantea*), indicadora de região diretamente afetada pela

condensação da umidade; 5 – presença de remanescentes de matas; 6 – formação de nebulosidade estacionária ao longo da vertente oriental do maciço montanhos.

O aumento de precisão pode e deve resultar em ações mais adequadas para cada uma das áreas de Campos Rupestres, sejam de fiscalização e adequação da legislação, sejam de estímulo de práticas sustentáveis considerando as especificidades biológicas e culturais.

A supressão de Campos Rupestres também deve ser explicitada na Lei, bem como a necessidade de compensação das áreas equivalentes. Para Vasconcelos (2014), o alto grau de endemismo torna-se uma dificuldade técnica para uma aplicação generalizada do reconhecimento botânico e ainda assim, são poucas as pessoas capacitadas para fazer o reconhecimento de espécies ou mesmo de gêneros dos Campos de Altitude. Isso gera um problema, pois muitas áreas de Campo Rupestre podem passar despercebidas nos licenciamentos ambientais, sem nem ao menos serem identificadas antes da supressão.

Identificar corretamente a litologia de cada uma das áreas também é um fator importante, pois, de acordo com Vasconcelos (2014), os diferentes tipos de rocha dão vez a diferentes tipos de solos, originando campos com singularidades bióticas específicas. Para Nunes (2009), a profundidade do solo, acidez, teor de matéria orgânica e disponibilidade de água são fatores-chaves para a diferenciação da biodiversidade interna aos Campos Rupestres.

No segundo capítulo deste trabalho, serão apresentadas áreas de Campos Rupestres que poderão ser utilizadas na compensação ambiental da Mina do Sapo Ferrugem da empresa sul-africana Anglo American.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AB’SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003, 159p.
- ALKMIM, F. F.; MARSHAK, S. Transamazonian Orogeny in the Southern São Francisco Craton Region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. *Precambrian Research*, n. 90, p. 29-58, 1998.
- ALMEIDA, A. D. **Panorama da compensação ambiental no setor de petróleo e gás: um estudo de caso na bacia Potiguar, Rio de Janeiro**. 2011. 110 p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- ALMEIDA-ABREU, P. A. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): Rifte, a Bacia e o Orógeno. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 1-18, 1995.
- ALMEIDA-ABREU, P. A.; RINGER, F. E. Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozóico. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, v. 32, n. 1, p. 1-14, 2002.
- ALVES, R.J.V. & KOLBEK, J. 1994. Plant species endemism in savanna vegetation on table mountains (campo rupestre) in Brazil. **Vegetatio** v. 113, p. 125-139, 1994.
- ALVES, R.J.V. & KOLBEK, J. 2009. Summit vascular flora of Serra de São José, Minas Gerais, Brazil. **Check List** v. 5, p. 35-73, 2009.
- ALVES, R.J.V. & KOLBEK, J. 2010. Can campo rupestre vegetation be floristically delimited based on vascular plant genera? **Plant Ecology** v. 207, p. 67-79, 2010.
- ALVES, R.J.V., CARDIN, L. & KROPF, M.S. 2007. Angiosperm disjunction “campos rupestres – restingas”: a re-evaluation. **Acta Botanica Brasilica** v. 21, p. 675-685, 2007.
- ALVES, R.J.V.; KOLBEK, J. Plant species endemismo em savana vegetation on table mountains (Campo Rupestre) in Brazil. **Vegetation**. v. 26 p. 125-139, 1994.
- ASSOCIAÇÃO DE PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE E DA VIDA. **Paisagens da Mata**. Disponível em: <<http://www.apremavi.org.br/mata-atlantica/paisagens-da-mata/>>. Acesso em: 25 jun. 2018.

- AZEVEDO, C.O. & C. BERG. 2007. Análise comparativa de áreas de campo rupestre da Cadeia do Espinhaço (Bahia e Minas Gerais) baseada em espécies de Orchidaceae. **Sitientibus**, série Ciências Biológicas v. 7, p. 199-210, 2007.
- BARBOSA, Tulio. **Estética Romântica Germânica e a Paisagem Em Humboldt**: Percurso da Geografia. 2011. p.204-211. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia, Geografia, Universidade Estadual Paulista (UNESP) “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente, 2011. Disponível em: <http://www2.fct.unesp.br/pos/geo/dis_teses/11/dr/tulio.pdf>. Acesso em: 13 jul. 2017.
- BARROS, R. S. M. **Medidas de Diversidade Biológica**. Texto elaborado como parte dos requisitos da disciplina Estágio Docência do Programa de Pós-Graduação em Ecologia/UFJF. 2007.
- BARTHLOTT, W.; MUTKE, J.; RAFIQPOOR, M. D.; KIER, G.; KREFT, H. Global centres of vascular plant diversity. **Nova Acta Leopoldina** v. 92, p. 61-83, 2005.
- BARUCH, Zdravko. Ordination and classification of vegetation along an altitudinal gradient in the Venezuelan pfiros. **Vegetatio**, v. 2, n. 55, p.115-126, 1984.
- BENITES, V. M. **Caracterização de solos e de substâncias húmicas em áreas de vegetação rupestre de altitude**. Viçosa: UFV, 2001. 74p.: Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- BENITES, V. M. et al Solos e vegetação nos complexos rupestres de altitude da Mantiqueira e do Espinhaço. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.10, n.1, p.76-85, 2003.
- BENITES, V.M., SCHAEFER, C.E.G.R, SIMAS, F.N.B, SANTOS, H.G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 30, n. 4, p. 569-577, 2007.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, n. 13, p. 1-27, 1971.
- BORGES, Monike Valent Silva; FRANÇA, Verônica Maria Ramos do Nascimento. A efetividade da compensação ambiental como condicionante no processo de licenciamento ambiental. **Revista de Direito, Economia e Desenvolvimento Sustentável**, Minas Gerais, v. 1, n. 2, p.108-123, 2015. Semestral.

BRADE, A. C. 1956. "A Flora do Parque Nacional de Itatiaia". **Boletim do Parque Nacional do Itatiaia** v. 5, p. 1-112, 1956.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de janeiro de 1997. Disciplina O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições e competências que lhe são conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, regulamentadas pelo Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990, e tendo em vista o disposto em seu Regimento Interno. **Diário Oficial**, Brasília, 19 de jan. de 1997.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 392, de 25 de junho de 2007. Definição de vegetação primária e secundária de regeneração de Mata Atlântica no estado de Minas Gerais. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 jun. 2007.

BRASIL. CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 423, de 12 de abril de 2010. Dispõe sobre parâmetros básicos para identificação e análise da vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária nos Campos de Altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 13 abr. 2010.

BRASIL. Decreto Federal nº 6.660, de 21 de novembro de 2008. Regulamenta dispositivos da Lei 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**, Brasília, 24 nov. 2008.

BRASIL. Lei Federal nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e a proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 26 dez. 2006. Retificado em 9 jan. 2007.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 mai. 2012.

BRASIL. Lei Federal nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro

- de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 28 mai. 2012.
- CAIAFA, A.N. & SILVA, A.F. 2005. Composição florística e espectro biológico de um campo de altitude no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais – Brasil. **Rodriguésia** v. 5, p.163-173, 2005.
- CARMO, F. F., CARMO, F. F., SALGADO, A. A. R. & JACOBI, C. M. Novo sítio espeleológico em sistemas ferruginosos, no vale do rio Peixe Bravo, norte de Minas Gerais, Brasil. **Espeleo-Tema**. Vol.22 – n.1, p.25 – 39. 2011.
- CARMO, Felipe Fonseca do. **Novo Polo Para Conservação Em Geossistema Ferruginoso Na Região Do Rio Peixe Bravo, Norte De Minas Gerais**. 2012. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <http://pos.icb.ufmg.br/pgecologia/dissertacoes/D271_felipe_f_carmo.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2017.
- CARMO, Flávio Fonseca do; JACOBI, Claudia Maria. A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. **Rodriguésia**, Rio de Janeiro, v. 64, n. 3, p.527-541, set. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rod/v64n3/v64n3a05.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino (Org.). **Geossistemas Ferruginosos Do Brasil: Áreas Prioritárias Para Conservação Da Diversidade Geológica E Biológica, Patrimônio Cultural E Serviços Ambientais**. Belo Horizonte: 3i, 2015. 552 p.
- CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, A. L. L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 621-632, 2008.
- CARVALHO, A.S. 2010. **Mamíferos de médio e grande porte na Floresta Nacional de Carajás, Pará: riqueza, abundância e efeitos da fitofisionomia e do impacto da mineração**. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 134 p.

- CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental; **Estudos avançados**, vol. 24. n. 68, USP, São Paulo, 2010.
- CERVO, Amado L. e BERVIAN, Pedro A. **Metodologia Científica: para uso dos estudantes universitários**. 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983.
- CINGOLANI, A. M., CABIDO, M. R., RENISON, D., SOLÍS-NEFFA, V. Combined effects of environment and grazing on vegetation structure in Argentine granite grasslands. **Journal of Vegetation Science**, v. 14, p. 223-232, 2003.
- CONCEIÇÃO, A. A. Plant Ecology in 'Campos Rupestres' of the Chapada Diamantina, Bahia. In: L.P. Queiroz, A. Rapini, A.M. Giuliatti. (Org.). **Towards Greater Knowledge of the Brazilian Semi-arid Biodiversity**. Brasília, Ministério da Ciência e Tecnologia. 2006
- CONCEIÇÃO, A.A. & J.R. PIRANI. Delimitação de habitats em campos rupestres na Chapada Diamantina, Bahia: Substrato, composição florística e aspectos estruturais. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** v. 23, p. 85-111, 2005.
- CONCEIÇÃO, A.A., A. RAPINI, J.R. PIRANI, A.M. GIULIETTI, R.M. HARLEY, T.R.S. SILVA, A.K.A. SANTOS, C. COSME, I.M. ANDRADE, J.A.S. COSTA, L.R.S. SOUZA, M.J.G. ANDRADE, R.R. FUNCH, T.A. FREITAS, A.M.M. FREITAS & A.A. OLIVEIRA. 2005. Campos Rupestres. In: F.A. Juncá, L. Funch & W. Rocha (org.). **Biodiversidade e conservação da Chapada Diamantina**. pp. 153-180. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, 2005.
- CONCEIÇÃO, A.A., GIULIETTI, A.M. Composição florística e aspectos estruturais de Campo Rupestre em dois platôs do Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, vol. 29, n.1, p. 37-48. 2002
- CONDIT, R.; HUBBELL, S.; LAFRANKIE, J.; SUKUMAR, R.; MANOKARAN, N.; FOSTER, R. B.; ASHTON, P. S. **Species-area and species-individual relationships for tropical trees**: a comparison of three 50-ha plots. *Journal of Ecology*, Oxford, v. 84, p. 549- 562, 1996.
- CORRÊA, R. S.; BENTO, M. A. B. Qualidade do substrato minerado de uma área de empréstimo revegetada no distrito federal. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1435-1443, 2010.

- DAVIS S. D.; HEYWOOD, V. H.; MCBRIDE, O. H.; VILLA-LOBOS, J. & HAMILTON, A. C. (Eds.). **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation**. V.3 WWF/IUCN, Cambridge. 1997
- DIAS, H.C.T.; FERNANDES FILHO, E.I., SCHAEFER, C.E.G.R., FONTES, L.E.F., VENTORIM, L.B et al. Geoambientes do Parque Estadual do Ibitipoca, Município de Lima Duarte-MG. **Revista Árvore**, Viçosa-mg, v. 26, n. 6, p.777-786, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v26n6/a14v26n6.pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2018.
- DIAS, J.; SANTOS, L. A paisagem e o Geossistema como possibilidade de leitura da expressão do espaço sócio-ambiental rural. **Confin**s, número 1, 2º semestre, 2007. Disponível em: <<http://confin.revues.org/10>>. Acesso em: 15 de jul. 2017.
- DORR, J.N. Supergene iron ores of Minas Gerais, Brazil. **Economic Geology** v. 59, p. 1203-1240, 1964.
- DRUMMOND, G.M., C.S. MARTINS, A.B.M MACHADO, F.A. SEBAIO & Y. ANTONINI (eds.) **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação**, 2a. ed. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, Brasil. 222 f, 2005.
- EITEN, G. 1992. Natural Brazilian vegetation types and their causes. **Anais da Academia Brasileira de Ciências** 64:35-65.
- EITEN, G. **Classificação da vegetação do Brasil**. CNPq, Brasília, 305p, 1983
- EITEN, G. Delimitação do Conceito Cerrado. **Arquivos Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 21, p.125-134, 1977.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.
- FARIA JÚNIOR, Jair Eustáquio Quintino de; SANTOS, Mirley Luciene dos. **RECURSOS FLORAIS E SÍNDROMES DE POLINIZAÇÃO E DISPERSÃO DE ESPÉCIES DE CAMPO RUPESTRE NO PARQUE ESTADUAL DA SERRA DOS PIRENEUS, GOIÁS**. 2006. 15 f. Relatório Final - Curso de Ciências Biológicas, Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - Go, 2006. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/RBN/article/view/5208>>. Acesso em: 22 nov. 2018.

- FARIA, Ivan Dutra. **Compensação Ambiental**: os fundamentos e as normas; a gestão e os conflitos. Brasília: Consultoria Legislativa do Senado Federal, 2008. 115 p. 43 v.
- FERRARI, L.T.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES, R.B.A.; MENDONÇA, B.A.F.; GJORUP, D.F.; CORRÊA, G.R.; SENRA, E. O. Thermic and Hydric Dynamics of Ironstone (Canga) and Quartzite Rupestrian Grasslands in the Quadrilátero Ferrífero: The Ecological Importance of Water. In: Geraldo Wilson Fernandes. (Org.). **Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil**. 1ed.: Springer International Publishing, 2016, v., p. 71-84.
- FERRI, M.G. **Vegetação brasileira**. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1980.
- FRANCA-ROCHA, W., JUNCÁ, F.A., CHAVES, J.M. & FUNCH, L. 2005. Considerações finais e recomendações para conservação. Pp. 409-435. In: F.A. JUNCÁ; L. FUNCH & W. FRANCA-ROCHA (eds.). **Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- FREITAS, M.L.D. Algumas considerações sobre a região-programa. In: **Carajás: Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento**. São Paulo: Brasiliense /Brasília: CNPq. p. 22-29, 1986
- GAFF, D.F. Desiccation tolerant plants in South America. **Oecologia** v. 74, p. 133-136, 1987.
- GALLARDO-CRUZ, J.A.; PÉREZ-GARCÍA, E.A.; MEAVE, J.A. β -Diversity and vegetation structure as influenced by slope aspect and altitude in a seasonally dry tropical landscape. **Landscape Ecology** v. 24, p. 473-482, 2009
- GARCIA, R.J.F. & PIRANI, J.R. 2003. Revisão sobre o diagnóstico da vegetação campestre junto à crista de serras, no Parque Estadual da Serra do Mar, São Paulo, SP, Brasil. **Hoehnea** v. 30, p. 217-241, 2003.
- GASPARINETTI, Pedro; BRUNER, Aaron; VILELA, Thaís. **Definição de níveis de equivalência ecológica para a lei de compensação florestal do DF segundo o método de experimento de escolha**. 51. ed. Rio de Janeiro: Conservation Strategy Fund - Csf, 2017. 84 p.
- GAVILANES, M.L., BRANDÃO, M., LACA-BUENDIA, J.P. & ARAUJO, M.G. 1995. Cobertura vegetal da Serra de São José, MG, municípios de São João Del Rei e Tiradentes. **Daphne** v. 5. p. 40-72, 1995.

- GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GIULIETTI, A. M.; HARLEY, R. M.; QUEIROZ, L. P.; WANDERLEY, M. G. L. & PIRANI, J. R. Caracterização e endemismos nos campos rupestres da cadeia do espinhaço In: CAVALCANTI, T. B. & WALTER, B. M. T. **Tópicos atuais em botânica**. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, Sociedade Botânica do Brasil, Brasília. p. 311-318. 2000.
- GIULIETTI, A. M.; MENEZES, N. L.; PIRANI, J. R.; MEGURO, M. & WANDERLEY, M. G. L. Flora da Serra do Cipó: caracterização e lista de espécies. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** v. 9, p. 1-151, 1987.
- GIULIETTI, A.M. & PIRANI, J.R. 1988. Patterns of geographic distribution of some plant species from the Espinhaço Range, Minas Gerais and Bahia, Brazil. In **Proceedings of a workshop on Neotropical distribution patterns** (P.E. Vanzolini & W.R. Heyer, eds.). Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, p.39-69.
- GIULIETTI, A.M., PIRANI, J.R. & HARLEY, R.M. 1997. Espinhaço Range region, eastern Brazil. In **Centres of plant diversity: a guide and strategy for their conservation** (S.D. Davis, V.H. Heywood, O. Herrera-MacBryde, J. Villa-Lobos & A.C. Hamilton, eds.). Information Press, Oxford, v.3, p.397-404.
- GOTELLI, Nicholas J.. **Ecologia**. 4. ed. Londrina, PR: Editora Planta, 2009. 288 p.
- GROSSI-SAD, J. H.; MOURÃO, M. A. A.; GUIMARÃES, M. L. V. & KNAUER, L. G. Geologia da Folha Conceição do Mato Dentro. In: GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C. & SOARES-FILHO, B. S. (coordenadores e editores). **PROJETO ESPINHAÇO EM CD-ROM (textos, mapas e anexos)**. Belo Horizonte, COMIG – Companhia Mineradora de Minas Gerais. p. 2533-2693. 1997.
- GUERRA, A.; GUERRA, A. Minério. In: **Novo Dicionário Geológico-Geomorfológico**, 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011
- HARLEY, R. M, SIMMONS, N. A. 1986. Florula of Mucugê, Chapada Diamantina - Bahia, Brazil. **Royal Botanic Gardens, Kew**, 227p.
- HARLEY, R. M. Introdução. In: Stannard, B. L. (Ed.). Flora of the Pico das Almas: Chapada Diamantina – Bahia, Brazil. **Royal Botanic Gardens, Kew**, p. 1-78, 1995.
- HORN, H. S. The ecology of secondary succession. **Ann. Rev. Ecol. Syst.**, v.5, p.25-37, 1974.

- IBAMA – INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS. **Metodologia de cálculo do grau do impacto ambiental de empreendimentos terrestres**: relatório final do grupo de trabalho. Brasília, 2005. 115 p.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas do Brasil: Primeira aproximação. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. 1 mapa, colorido. Escala 1:5.000.000. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/biomas_pdf.zip>. Acesso em: 15 out. 2014. IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Nota explicativa do mapa da área de aplicação da Lei nº 11.428, de 2006**: Lei da Mata Atlântica. Rio de Janeiro, 2008. Atualização em agosto de 2012.
- IBRAM – Instituto Brasileiro de Mineração. **Formações e análises da economia mineral brasileira**. 7ª edição. Dezembro, 2012. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00003797.pdf>>. Acesso em: 01 jul. 2018.
- IEF – INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (Minas Gerais). Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Compensação Ambiental**. 201-. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/compensacao-ambiental>>. Acesso em: 11 jul. 2017.
- IEF– INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (Minas Gerais). Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Plano Operativo Anual**: exercício 2012. Belo Horizonte, 2012, 25 p. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br>>. Acesso em: 18 mar. 2018.
- JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. Diversidade dos Campos Rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 4, p. 24-32, 2008.
- JACOBI, C. M.; DO CARMO, F. F.; VINCENT, R. C.; STEHMANN, J. R. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 7, p. 2185-2200, 2007. ISSN 0960-3115.
- JACOBI, Claudia Maria; CARMO, Flávio Fonseca do; VINCENT, Regina de Castro. Estudo Fitossociológico de Uma Comunidade Vegetal Sobre Canga Como Subsídio Para a Reabilitação de Áreas Mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 32, n. 3, p.345-353, 2008. Bimestral. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v32n2/a17v32n2.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- JOLY, A.B. **Conheça a vegetação brasileira**. Editora da Universidade de São Paulo e Polígono, São Paulo. 1970.

- KING, L.C. A geomorfologia do Brasil oriental. **Revista Brasileira de Geografia** v. 18, p. 147-265, 1956
- KLEIN, C. & E.A. LADEIRA. Geochemistry and petrology of some Proterozoic banded iron-formations of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **Economic Geology** v. 95, p. 405-428, 2000.
- KLEIN, C. Some Precambrian banded iron-formation (BIFs) from around the world: their age, geologic setting, mineralogy, metamorphism, geochemistry, and origin. **American Mineralogist**, v.90, p.1473-1499, 2005.
- KÖRNER, C.; OHSAWA, M.; SPEHN, E.; BERGE, E.; BUGMANN, H.; GROOMBRIDGE, B.; HAMILTON, L.; HOFER, T.; IVES, J.; JODHA, N.; MESSERLI, B.; PRATT, J.; PRICE, M.; REASONER, M.; RODGERS, A.; THONELL, J.; YOSHINO, M.; BARON, J.; BARRY, R.; BLAIS, J.; BRADLEY, R.; HOFSTEDE, R.; KAPOV, V.; LEAVITT, P.; MONSON, R.; NAGY, L.; SCHINDLER, D.; VINEBROOKE, D.; WATANABE, T. 2005. MOUNTAIN SYSTEMS. IN: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N (eds.) 31 **Ecosystems and human well-being: Current state and trends**, Volume 1. Washington D.C. Island Press, 681-716 pp.
- KÖRNER, C.; PAULSEN, J.; SPEHN, E. 2010. A digital “**Mountain Biodiversity Portal**” for **global biodiversity research**”. In: <http://www.mountainbiodiversity.org/explore>. Acesso em 22 de nov. 2018.
- LARA, R. O. **Sobrevivência e crescimento de plantas autóctones inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares em substratos da mineração de ferro**. 2014. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.
- LOURENÇO, C. **Paisagem no Kosmos de Humboldt: um diálogo entre a abstração e a sensibilidade**. São Paulo: USP, 2002 (Tese de Doutorado).
- MADEIRA, João Augusto (Org.). Encarte 2: Caracterização Ambiental, Aspectos Culturais, Uso e Ocupação do Solo, Visão das Comunidades. In: BRASÍLIA. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Icmbio. Ministério do Meio Ambiente. **PLANO DE MANEJO: PARQUE NACIONAL DA SERRA DO CIPÓ E ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MORRO DA PEDREIRA**. Brasília: 2009. p. 54-152.

- MAGALHÃES, G. M. Contribuição para o conhecimento da flora dos campos alpinos de Minas Gerais. **Anais da Sociedade Botânica do Brasil**, Porto Alegre, p. 225-304, 1954.
- MAGALHÃES, G. M. Sobre os cerrados de Minas Gerais. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v. 38, p. 59-70, 1966.
- MAMEDE, Fani. **Nota de Esclarecimentos Ref.: Entendendo a Resolução do CONAMA Sobre Campos de Altitude**: Resolução nº 423, de 12/4/2010. Brasília: CONTAG – Confederação Nacional dos Trabalhadores Rurais Agricultores e Agricultoras Familiares, s/d.
- MARTINELLI, G. & ORLEANS E BRAGANÇA, J. **Campos de altitude**. Rio de Janeiro: Editora Index, 1996.
- MARTINS, Frederico Drumond. **O Conflito de Carajás**: Cenários para a conservação da savana metalófila. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Mestrado Profissional em Biodiversidade em Unidades de Conservação, Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Escola Nacional de Botânica Tropical, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://w2.files.scire.net.br/atric/jbrj-jmpenbt_upl//THESIS/30/tcc_martins_f.d._mp_jbrj_20151124105836884.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2017.
- MELLO-BARRETO, H. L. Regiões fitogeográficas de Minas Gerais. **Boletim de Geografia** n. 14. p.14-28. 1949.
- MELO, João Carlos de. ASPECTOS DA MINERAÇÃO EM MINAS GERAIS. In: CONGRESSO DE MINERAÇÃO DA AMAZÔNIA, 4., 2014, Belém. **Anais...** . Belém: Congresso de Mineração da Amazônia, 2014. p. 1 - 33. Disponível em: <www.ibram.org.br/sites/1300/1382/000000065.doc>. Acesso em: 01 jul. 2018.
- MENDIOLA, M.Q. Highland Grassland Vegetation in the Northwestern Andes of Argentina. **Mountain Research and Development Journal** v. 24, p. 243-250, 2004
- MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A; KOZOVITS, A.R. Fitossociologia de Campos Rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Bot. Bras.**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 230-242, 2012.
- MESSIAS, Maria Cristina Teixeira Braga. **Fatores Ambientais Condicionantes da Diversidade Florística em Campos Rupestres Quartzíticos e Ferruginosos no**

Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. 2011. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Geologia, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/2109/1/TESE_DiversidadeFlorísticaCampos.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2017.

MINAS GERAIS. **Economia mineira - 1989: diagnóstico e perspectivas.** Belo Horizonte. 1989.

MINAS GERAIS. **Histórico e Importância da Mineração no Estado.** Belo Horizonte: Revista do Legislativo. 2008.

MINAS GERAIS. **Mineração: O maior e mais tradicional Estado minerador do Brasil.** Belo Horizonte. 2013.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS, 2018, Belo Horizonte. **Ata de Reunião - Referente: Licenciamento Ambiental - Step 3 - Anglo American.** Belo Horizonte: MP-MG, 2018. 14 p.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Procuradoria Geral de Justiça. **Relatório do Grupo de Trabalho – Ato PGJ nº 36/2011.** São Paulo, 2011.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira:** Atualização - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas. – Brasília: MMA, (Série Biodiversidade, 31). 327 p. 2008.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade brasileira:** avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, MMA, Brasília. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/biodivbr.pdf>. Acesso em 09 jul. 2017. 2002.

MOREIRA, A. A. N. **Relêvo.** In: Geografia do Brasil – grande região leste. Rio de Janeiro: IBGE, vol. 19, n. 5, p. 5-54, 1965.

MOTA, Nara Furtado de Oliveira; SILVA, Leonardo Vianna C.; MARTINS, Frederico Drumond; VIANA, Pedro Lage **VEGETAÇÃO SOBRE SISTEMAS FERRUGINOSOS**

- DA SERRA DOS CARAJÁS. In: CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino (Org.). **GEOSSISTEMAS FERRUGINOSOS DO BRASIL**. Brasília: 3i Editora, 2015. p. 289-316.
- MOURA, Iona'i Ossami; KLEIN, Vera Lúcia Gomes; FELFILI, Jeanine Maria; FERREIRO, Heleno Dias. Fitossociologia da comunidade lenhosa de uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual dos Pireneus, Pirenópolis, Goiás. **Revista de Biologia Neotropical**, Goiânia, v. 2, n. 4, p.83-100, 2007. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/RBN/article/view/5208>>. Acesso em: 22 nov. 2018.
- MOURÃO, A.; STEHMANN, J. R. Levantamento da flora do Campo Rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguesia**, Rio de Janeiro, v. 58, p. 775-786, 2007.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley e Sons, 1974. 574p.
- NEVES, S. C.; ALMEIDA-ABREU, P. A.; FRAGA, L. M. S. Fisiografia. In: SILVA, A. C. et al. **Serra do Espinhaço Meridional: Paisagens e Ambientes**. Belo Horizonte: O Lutador, p. 47-58. 2005.
- NUNES, J. A. **Florística, estrutura e relações solo-vegetação em gradiente fiofisionômico sobre canga, na Serra Sul, Flona de Carajás-Pará**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- NUNES, M. S.; CARVALHO, V. L. M.; OLIVEIRA, F. S.; SIMÕES, P. M. L.; VALADÃO, R. C. Indicadores micropedológicos da evolução do relevo do Planalto do Espinhaço Meridional, MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v. 15, p. 201-218, 2015.
- ODUM, E. P. **Fundamentos da ecologia**. 4. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988. 927p.
- OLIVEIRA FILHO, A. T.; FLUMINHAN FILHO, M. Ecologia da vegetação do Parque Florestal Queda do Rio Bonito. **Cerne**, Lavras, n. 5, p. 51-64. 1999.
- OLIVEIRA, A.A.M.; COSTA, D.D.; SALGADO, D.P.; MOURA, I.O.; TEIXEIRA, K.A.; SANTOS, L.L.; CATEIN, S.M.M. **Plano de Gestão das Unidades de Conservação Estaduais em Goiás – Proposta Metodológica e Executiva**. Documento do

Departamento de Áreas Protegidas para a Gestão das Unidades de Conservação Estaduais. Goiânia: Agência Ambiental de Goiás. 2002.

OLIVEIRA, Cristina Silva de. **Estudo dos Geossistemas das Cristas Quartzíticas da Mantiqueira Meridional: A paisagem em Perspectiva Multiescalar**. 2016. p. 41-50. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Geografia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, 2016.

OLIVEIRA, Paula Alves. **Características fitofisionômicas de Campos Rupestres quartzíticos e ferruginosos no Espinhaço Meridional, Minas Gerais: UFVJM**, 2015. 69p. (Dissertação - Mestrado em Ciência Florestal).

PACHECO, A. L. C. **Ambiente institucional da compensação ambiental de que trata o artigo 36 da Lei Federal 9.985/2000: da necessidade de governança regulatória**. 2008. 171 p. Tese (Doutorado em Ciências Humanas e Sociais) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.

PEREIRA, R.M.P. 2009. **Geologia da Região Sul da Serra Norte e Características do Minério de Ferro do Depósito N8, Província Mineral Carajás**. Dissertação (Mestrado em Geologia). Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. 143 p.

PETRI, S. & FÚLFARO, V.J. **Geologia do Brasil (Fanerozóico)**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1988

PIELOU, E. C. **An introduction to mathematical ecology**: New York: Wiley-Interscience. p. 286, 1969.

POTT, A.; SILVA J.S.V.; SALIS, S.M.; POTT, V.J.; SILVA, M.P. Vegetação e uso da terra. p.111-131. In: SILVA, J.S.V. (Ed.). **Zoneamento ambiental da borda oeste do Pantanal: Maciço do Urucum e adjacências**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 2000. 365p.

QUEIROZ, L. P.; SENA, T. S. N.; COSTA, M. J. S. L. Flora vascular da Serra da Jibóia, Santa Terezinha-Bahia. I: O Campo Rupestre. **Sitientibus**, Feira de Santana, v. 15, p. 27-40, 1996.

QUEIROZ, L.P., SENA, T.S.N. & COSTA, M.J.S.L. Flora vascular da Serra da Jibóia, Santa Terezinha – Bahia. I: o campo rupestre. **Sitientibus** v. 15, p. 27-40, 1996.

- RAPINI, A. A.; RIBEIRO, P. L.; LAMBERTI, S.; PIRANI, J. R. A flora dos campos Rupestre Quartzíticos da Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 4, p. 16-24, 2008.
- RAPINI, A., R. MELLO-SILVA & M.L. KAWASAKI. Richness and endemism in Asclepiadoideae (Apocynaceae) from the Espinhaço Range of Minas Gerais, Brazil – a conservationist view. **Biodiversity and Conservation** v. 11, p. 1733-1746, 2002.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B., CORRÊA, G.F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 2002. 338 p.
- REVISTA DO MINISTÉRIO PÚBLICO DO ESTADO DE MINAS GERAIS**. Belo Horizonte: Cgb Artes Gráfi Cas Ltda, 2012.
- REZENDE, Lina Andrade Lobo de. **Restauração ecológica de Campos Rupestres ferruginosos**. 2013. 75 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <http://locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/6814/texto_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 09 jul. 2017.
- RIBEIRO, A C, GUIMARÃES, P T & ALVAREZ V H & ALVAREZ V H (Eds.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a. Aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. 359 p.
- RIBEIRO, K.T.; MEDINA, B.M.O.; SCARANO, F.R. 2007. Species composition and biogeographic relations of the rock outcrop flora on the high plateau of Itatiaia, SEBrazil., **Revista Brasileira de Botânica** v. 30, p. 5-17, 2007.
- RIBEIRO, Kátia Torres; NASCIMENTO, Jaqueline Serafim do; MADEIRA, João Augusto; RIBEIRO, Leonardo Cotta. Aferição dos limites da Mata Atlântica na Serra do Cipó, MG, Brasil, visando maior compreensão e proteção de um mosaico vegetacional fortemente ameaçado. **Natureza & Conservação**, Curitiba, v. 7, n. 1, p.30-49, abr. 2009.
- RIZZINI, C. T. Nota prévia sobre a divisão fitogeográfica do Brasil. Separata de: **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, n. 1, p. 1 -35, 1963.
- RIZZINI, C. T. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. Aspectos sociológicos e florísticos. HUCITEC/EDUSP, São Paulo, 374p. 1979.

- ROCHA, Washington J. S. da Franca; CHAVES, Joselisa Maria; ROCHA, Cléa Cardoso da; FUNCH, Lígia; JUNCÁ, Flora Acuña. Seção I - Aspectos gerais. In: JUNCÁ, Flora Acuña; FUNCH, Lígia; ROCHA, Washington (Org.). **Biodiversidade e Conservação da Chapada Diamantina**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005. Cap. 1. p. 29-95. (Biodiversidade 13). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/Bio13_chapada_diamantina.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2018.
- RODRIGUES, Cleide. A teoria geossistêmica e sua contribuição aos estudos geográficos e ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 14, p.69-77, 2001.
- RODRIGUES, Priscyla Maria Silva. **Geoambientes e relação solo-vegetação do Parque Estadual Caminho dos Gerais, Serra Geral, norte de MG**. 2015. 93 f. Tese (Doutorado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2015.
- RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**, Fortaleza, Ano 1. n. 01. 2002. p. 95-112.
- ROMERO, R. Diversidade da flora dos campos rupestres de Goiás, Sudoeste e Sul de Minas Gerais. In: ARAÚJO et al. (eds.). **Biodiversidade, Conservação e Uso Sustentável da flora do Brasil**. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Sociedade Botânica do Brasil. p. 81 - 86. 2002.
- SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.
- SAFFORD, H.D. Brazilian páramos I. An introduction to the physical environment and vegetation of the campos de altitude. **Journal of Biogeography** v. 26, p. 693-712, 1999.
- SALMONA, Yuri Botelho; RIBEIRO, Fernanda Figueiredo; MATRICARDI, Eraldo Aparecido Trondoli. PARQUES “NO PAPEL” CONSERVAM? O CASO DO PARQUE DOS PIRENEUS EM GOIÁS. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v. 2, n. 34, p.295-310, 2014. Quadrimestral. Disponível em: <<https://revistas.ufg.br/bgg/article/view/31740/17009>>. Acesso em: 22 nov. 2018.
- SANTOS, B.A. 1986. Recursos minerais. In: **Carajás: Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento**. Sao Paulo: Brasiliense / Brasília: CNPq. p. 294-361.

- SANTOS, M.L. **Florística e biologia reprodutiva de espécies de Melastomataceae no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas e Parque Estadual da Serra dos Pirineus, Goiás**. Tese de Doutorado, Universidade de Brasília. 2003. 159p.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ªEd. (Revista e ampliada). Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SCHAEFER C.E.G.R., CÂNDIDO H.G., CORRÊA G.R., PEREIRA A., NUNES J.A., SOUZA O., MARINS A., FERNANDES-FILHO E., KER J.C. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Brasil: uma revisão crítica e papel ecológico de termiteiros. In: Carmo F.F., Kamino L.H.Y. (eds) **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais**. 3i, Belo Horizonte, p. 77–102, 2015.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; GILKES, R. J.; CAMPOS, J. C.; COSTA, L. M.; SAADI, A. Pedogenesis on the uplands of the Diamantina Plateau, Minas Gerais, Brazil: a chemical and micropedological study. **Geoderma** 107, p. 243-269, 2002.
- SCHAEFER, C. E. G. R.; MICHEL, R. F. M.; CHAGAS, C. S.; FERNANDES FILHO, E. I.; VALENTE, E. L.; SOUZA, E.; VASCONCELOS, B. N. F.; RIBEIRO, A. S. S. **Relatório do levantamento pedológico, geomorfológico e geológico para o Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra do Cipó e APA Morro da Pedreira**. Viçosa: UFV/DPS, 2008.
- SCHAEFER, C. E.G.R.; MARINS, A.; CORRÊA, G. R. S. A, Og; Nunes, Jaqueline A.. Termite Role in Soil Nutrient Cycling in Ironstone Rupestrian Grasslands (Canga) in Carajás, Brazilian Amazonia. In: Geraldo Wilson Fernandes. (Org.). **Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil**. 1ed.: Springer International Publishing, 2016, v., p. 379-390.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; CÂNDIDO, H.G.; VIANA, P.; SENRA, E.; OLIVEIRA, A.B.K. **Avaliação Geoambiental e Ecológica de áreas de Campo Rupestre Ferruginoso sobre canga e afins para fins de compensação ambiental**. Viçosa-MG, 2017.
- 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. **Geodiversidade dos Ambientes de Canga na Região de Carajás – Pará**. Relatório técnico Vale do Rio Doce. 75 p, 2008

- SCHAEFER, C.E.R.G.; MENDONÇA, B.A.F.; FERREIRA JÚNIOR, VALENTE, E.L. & CORREA, G.R. 2012. **Relações Solo-Vegetação em alguns ambientes brasileiros: Fatores Edáficos e Florística**. Ecologia de florestas tropicais do Brasil. Viçosa: Editora UFV. 2a edição.
- SCHAEFER, Carlos E.G.R.; CORRÊA, G.R.; CÂNDIDO, H.G.; ARRUDA, D.M.; NUNES, J.A.; ARAUJO, R.W.; RODRIGUES, P.M.S.; FERNANDES FILHO, E.I.; PEREIRA, A.F.S.; BRANDÃO, P.C.; NERI, A.V. The Physical Environment of Rupestrian Grasslands (Campos Rupestres) in Brazil: Geological, Geomorphological and Pedological Characteristics, and Interplays. In: Geraldo Wilson Fernandes. (Org.). **Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil**. 1ed.: Springer International Publishing, 2016, v., p. 15-53.
- SEGADAS-VIANNA, F. **Ecology of the Itatiaia Range, southeastern Brazil. I– altitudinal zonation of the vegetation**. Arquivos do Museu Nacional v. 53, p. 7-30, 1965.
- SEMIR, J. **Revisão taxonômica de Lychnophora Mart. (Vernoniae: Compositae)**. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, v. 1, p. 461-469, 1991.
- SHANNON, C.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- SILVA J.S.V. et al. Avaliação integrada do Maciço do Urucum e adjacências – procedimentos e diretrizes. In: SILVA, J.S.V. (Ed.). **Zoneamento ambiental da borda oeste do Pantanal: Maciço do Urucum e adjacências**. Brasília: Embrapa Informação e Tecnologia, 365p, 2000.
- SILVA, M.F.F., SECCO, R.S. & LOBO, M.G.A. Aspectos ecológicos da vegetação rupestre da Serra dos Carajás, estado do Pará, Brasil. **Acta Amazonica** v. 26, p. 17-44, 1996.
- SILVA, Wesley Alves. **Gradiente Vegetacional e Pedológico em Complexo Rupestre de Quartzito no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Botânica, Biologia Vegetal, Universidade.
- SIMMONS, G.C. 1963. Canga caves in the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil. **The National Speleological Society Bulletin** v. 25, p. 66-72, 1963.

- SOUZA, Fernanda Cristina Rodrigues de; CARMO, Flávio Fonseca do. 47 GEOSSISTEMAS FERRUGINOSOS NO BRASIL. In: CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino (Org.). **GEOSSISTEMAS FERRUGINOSOS DO BRASIL: ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA DIVERSIDADE GEOLÓGICA E BIOLÓGICA, PATRIMÔNIO CULTURAL E SERVIÇOS AMBIENTAIS**. Belo Horizonte: 3i editora, 2015. p. 47-76.
- SPEHN, E.M.; LIBERMAN, M.; KÖRNER, C. 2006. Land use change and mountain biodiversity. CRC Press, **Boca Raton** v. 34, p. 21-25, 2006.
- SPEZIALE, K.L.; EZCURRA, C. The role of outcrops in the diversity of Patagonian vegetation: Relicts of glacial palaeofloras? **Flora** v. 207, p. 141-149, 2012.
- TEIXEIRA, Wagner Antunes; LEMOS FILHO, José Pires de. Fatores edáficos e a colonização de espécies lenhosas em uma cava de mineração de ferro em Itabirito, Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 26, n. 1, p.25-33, 2002. Bimestral.
- TILMAN, D. Competition and biodiversity in spatially structured habitats. **Ecology**, v. 75, p. 2-16. 1994.
- TOMAS, Walfrido Moraes; ISHII, Iria Hiromi; STRUSSMANN, Christine; NUNES, Alessandro Pacheco; SALIS, Suzana Maria de; CAMPOS, Zilca; FERREIRAS, Vanda Lucia; BORDIGNONS, Marcelo Oscar; BARROS, Antonio Thadeu Medeiros de; PADILHAS, Daly Roxana Castro. Borda Oeste do Pantanal e Maciço do Urucum em Corumbá, MS: Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade. In: 5º SIMPÓSIO SOBRE RECURSOS NATURAIS E SOCIOECONÔMICOS DO PANTANAL, 5., 2010, Corumbá - Ms. **Anais...** . Corumbá - Ms: Embrapa, 2010. p. 1 - 7.
- TORRES, F. T. P.; MARTINS, S. V. Similaridade Florística entre sinúsias da região do Parque Estadual do Ibitipoca - MG. In: TORRES, F. T. P.; ROCHA, G. C.; RIBEIRO, G. A.. **Geociências Aplicadas: diferentes abordagens**. Ubá - MG: Geographica, 2008. Cap. 2. p. 25-44.
- TRENDALL, A.F.; BASEI, M.A.S.; LAETER, J.R. & NELSON, D.R. Shrimp zircon U-Pb constraints on the age of the Carajás formation, Grao Pará Group, Amazon Craton. **Journal of South America Earth Sciences**, v. 11, p. 265-277, 1998.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. IBGE, Rio de Janeiro, p.19. 1977.

- TROPPEMAIR, Helmut; TROPPEMAIR, Helmut. Geossistemas. **Mercator**, Fortaleza, v. 2, n. 10, p.79-89, 2006. Semestral. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/view/69/44>>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- VALENCIA, J.; LASSALETTE, L.; VELÁZQUEZ, E.; NICOLAU, J. M.; SAL, A.G. Factors Controlling Compositional Changes in a Northern Andean Páramo (La Rusia, Colombia). **Biotropica** v. 45, n 1, p 18-26, 2013.
- VALENTE, E. L. **Relações solo-vegetação no Parque Estadual da Serra do Cipó, Espinhaço Meridional, Minas Gerais**. 2009. 138 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.
- VANZOLINI, P. & BRANDAO, C.R.F. 1986. Diretrizes gerais para um levantamento faunístico. In: **Carajás – Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento**. Brasília: CNPq / Ed. Brasiliense.
- VASCONCELOS, M. F. O que são campos rupestres e campos de altitude nos topos de montanha do leste do Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 241-246, 2011.
- VASCONCELOS, P. B.; ARAÚJO, G. M.; BRUNA, E. The role of roadsides in conserving Cerrado plant diversity. **Biodiversity and Conservation**, v. 23, p. 3035-3050, 2014.
- VASCONCELOS, V. V. Campos de Altitude, Campos Rupestres e aplicação da lei da mata atlântica: Estudo Prospectivo para o estado de Minas Gerais In: **Bol. de Geografia**, vol. 32, n. 2, p. 110-133, Maringá, mai. -ago. 2014.
- VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Rio de Janeiro. 1991
- VIANA, P.L.; LOMBARDI, J.A. Florística e caracterização dos Campos Rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 58, n. 1, p. 159-177, 2007.
- VILELA, R.A., R.J. MELO, T.A.V. COSTA, L.E. LAGOEIRO & C.A.C. VARAJÃO. Petrografia do minério hematita compacta da Mina do Tamanduá (Quadrilátero Ferrífero, MG). *Revista da Escola de Minas de Ouro Preto* v. 57, p. 157-164, 2004.

- VINCENT, R. C. **Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em áreas de campos ferruginosos no quadrilátero ferrífero, Minas Gerais**. 2004. 144f. Tese (Doutorado em Ecologia) - Instituto de Biociências, USP, 2004. 144p.
- VINCENT, R. C.; MEGURO, M. Influence of soil properties on the abundance of plant species in ferruginous rocky soils vegetation, southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 31, p. 377-388, 2008.
- WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado: síntese terminológica e relações florísticas**, 2006. 373 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- WEBER, E.; HASENACK, H.; FERREIRA, C.J.S. 2004. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre, UFRGS Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-02-9. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>.
- ZAPPI, D.C., E. LUCAS, B.L. STANNARD, E.N. LUGHADHA, J.R. PIRANI, L.P. QUEIROZ, S. ATKINS, D.J.N. HIND, A.M. GIULIETTI, R.M. HARLEY & A.M. CARVALHO. Lista das Plantas Vasculares de Catolés, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo** v. 21, n. 2, p. 345-398, 2003.

CAPÍTULO II – RELAÇÃO SOLO-VEGETAÇÃO E GEOAMBIENTES EM COMPLEXO RUPESTRE FERRUGINOSO E QUARTZÍTICO NA BORDA LESTE DA SERRA DO ESPINHAÇO

1. INTRODUÇÃO:

Os principais componentes de uma paisagem podem ser caracterizados por intermédio da avaliação de seus recursos naturais. A hidrografia, a geologia, a geomorfologia, a vegetação e a pedologia são elementos da paisagem que interagem entre si, com grau variável de interdependência (Resende *et al.*, 2002).

Os geoambientes, segundo Martins (2015), resultam da combinação de fatores geomorfológicos, climáticos e hidrológicos, sendo caracterizados pelo potencial ecológico ou pela exploração biológica do espaço, significando que a cobertura vegetal está diretamente relacionada ao suporte que as condições do meio físico natural oferecem para o desenvolvimento das espécies. Portanto, o solo é considerado um fator muito importante para a estratificação dos geoambientes em uma dada paisagem.

De acordo com Tilman (1994), nos Campos Rupestres há uma grande heterogeneidade espacial que, somada a condições ambientais extremas, que dá origem a limitações múltiplas de recursos, o que propicia a coexistência de um grande número espécies, tornando-se locais com alto índice de endemismo.

Assim, nesse trabalho, “o termo geoambiente será definido como ambiente geográfico que, em uma extensão territorial, apresenta homogeneidade com relação a determinados fatores ambientais de interesse, ou a maioria deles. Os fatores ambientais em questão dizem respeito às características geológicas, pedológicas, geomorfológicas e vegetacionais. Assim, um conhecimento maior dos vários estratos ou geoambientes, torna-se indispensável para nortear o planejamento e a gestão das Unidades de Conservação” (Dias *et al.*, 2002).

Em Minas Gerais, os geoambientes de Campos Rupestres encontram-se entre os mais ameaçados e menos estudados (Jacobi *et al.*, 2007; Jacobi; Carmo, 2008). Os Campos Rupestres Quartzíticos da Serra do Espinhaço são ligados ao extrativismo mineral e vegetal (Rapini *et al.*, 2008). Os Campos Rupestres Ferruginosos, por ocorrerem em rochas com elevado teor de ferro, são alvo atual da degradação causada pelas grandes mineradoras (Jacobi *et al.*, 2007; Jacobi; Carmo, 2008; Vincent; Meguro, 2008; Messias *et al.*, 2012; Vasconcelos *et al.*, 2014).

Campo Rupestre é um termo que definiu, principalmente, a vegetação que cresce em substratos de quartzito-arenito (Harley e Simmons, 1986). Entretanto, essa terminologia foi também usada para referir-se a vegetações semelhantes, sobre estratos de rochas diversas, como

granito-gnaiss (Queiroz *et al.*, 1996) ou itabiritos/cangas (Viana e Lombardi, 2007; Vincent *et al.*, 2002, Vincent, 2004; Jacobi *et al.*, 2007 e 2008).

A Serra do Espinhaço Meridional é uma faixa orogênica de aproximadamente 300 km que se estende desde o Quadrilátero Ferrífero até a região de Olhos d'Água, e é constituída principalmente por litologias do Supergrupo Espinhaço, com rochas quartzíticas e, subordinadamente, rochas filíticas, conglomeráticas e vulcânicas de caráter básico e ácido (Almeida-Abreu, 1995; Araújo, 2015).

As características do solo onde a vegetação cresce, tais como a composição química e física, padrões de erosão e padrão de fraturas do substrato, que por sua vez estão relacionados com a natureza da rocha (seja ultramáfica, quartzito, granito, arenito ou calcário), condições ambientais locais, variações microclimáticas e topográficas, influenciam diretamente na composição florística da vegetação nos afloramentos rochosos (Nunes, 2009).

De acordo com Benites *et al.* (2007), nas partes mais altas das montanhas, ocorrem verdadeiros Complexos Rupestres de Altitude, com solo e vegetação peculiares. Apesar de serem aparentemente homogêneos, podem ser observadas diversidades consideráveis de geoambientes determinados pela topografia local e aspectos microambientais.

Quando a vegetação cresce sobre uma camada de rocha ferruginosa, rica em óxidos de ferro (hematita, goethita), recebe o nome de Campo Rupestre Ferruginoso, cujas principais ocorrências no Brasil são a Serra de Carajás no Pará e o Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais (Rizzini, 1979; Vincent *et al.*, 2002).

Solos desenvolvidos sobre canga são perférricos ($> 36\%$ de Fe_2O_3) são, de maneira geral, rasos, pedregosos, distróficos, de textura argilosa e com alta concentração de concreções ferruginosas (Pereira, 2010; Ferrari, 2013). Estes fatores, associados, condicionam a vegetação dos Campos Rupestres Ferruginosos a apresentarem adaptações morfológicas e/ou fisiológicas xeromórficas ou escleromórficas, tais como folhas coriáceas ou suculentas, modificações de órgãos em estruturas de reserva, presença de pilosidade densa nas folhas e ramos (Larcher, 1995).

Já a cobertura vegetal dos Campos Rupestres sobre quartzito varia em função da topografia, da natureza do substrato, da profundidade do solo, do microclima (Conceição e Giulietti, 2002). Os são solos rasos, com pequenas diferenças na composição química, nutrientes e acidez, além de possuir características físicas que podem ser suficientes para implicar diferenças florísticas (Conceição *et al.*, 2007).

O solo é resultado de alterações da rocha de origem ao longo do tempo, sob a influência de fatores climáticos, topográficos e bióticos. Assim, o solo expressa tanto as características de

seu material de origem quanto os processos pedogenéticos atuantes (Pereira, 2010). Para Resende *et al.* (2002), o solo é um excelente estratificador de ambientes, determinando muitas vezes o tipo de vegetação em função da disponibilidade de nutrientes e água, permitindo uma identificação dos estratos que compõe a paisagem.

Os Campos Rupestres, além de representarem ecossistemas ameaçados de extinção devido à mineração (Jacobi; Carmo, 2008), são ambientes com elevado endemismo e podem diferenciar-se floristicamente a poucos quilômetros de distância (Meirelles *et al.*, 1999; Messias *et al.*, 2013). Portanto, muitas espécies podem ser extintas, antes mesmo de serem conhecidas.

Com base no exposto, esse trabalho teve por objetivo identificar, caracterizar e mapear os geoambientes da Fazenda Volta da Tropa, no município de Morro do Pilar, e Parauninha, no município de Conceição do Mato Dentro. Para isso, utilizou-se uma metodologia com ênfase na pedogeomorfologia e ecogeográfica. Procurou-se caracterizar os solos, a vegetação geral e a geomorfologia de cada um dos ambientes, com base em análises morfológicas, químicas, físicas, além de classificar os solos de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação (EMBRAPA, 2013).

2. OBJETIVOS:

2.1. Objetivo Geral:

Avaliar a identidade e similaridade Geoambiental entre o Campo Rupestre Ferruginoso e o Campo Rupestre Quartzítico da Borda Leste da Serra do Espinhaço, Minas Gerais.

2.2. Objetivos Específicos:

- Avaliar a diversidade dos diferentes geoambientes presentes nos Campo Rupestres Ferruginosos e Quartzíticos;
- Definir quais variáveis pedológicas possuem influência na distribuição de abundância de espécies nas vegetações rupestres sobre solos ferruginosos e quartzíticos;
- Avançar na discussão sobre critérios a Compensação Ambiental em áreas de mineração da Anglo American.

3. MATERIAIS E MÉTODOS:

3.1. Serra do Espinhaço:

A Cadeia do Espinhaço se estende por 1.200 km na direção Norte-Sul, desde o Quadrilátero Ferrífero, no centro do estado de Minas Gerais, até a Chapada Diamantina, no centro da Bahia (Davis *et al.* 1997; Madeira, 2009). Ao Sul, inicia-se nas proximidades de Belo Horizonte,

atravessa todo o Estado de Minas Gerais e entra no Estado da Bahia, onde passa a se chamar Chapada Diamantina. Corre a Leste do Rio São Francisco, até as proximidades de Juazeiro, ao Norte do Estado. O limite Sul da Cadeia é a Serra do Ouro Branco, nas proximidades de Belo Horizonte (20°35'S) e o limite Norte situa-se nas Serras do São Francisco, no Município de Sento Sé, ao Norte da Bahia, nas proximidades de Juazeiro (44°30'W). As cotas altimétricas variam entre 900 e 2.000 m. As serras que compõem esse complexo constituem importantes centros de diversidade biológica e endemismo. São reconhecidas seis grandes áreas, em Minas Gerais: Serra do Ouro Branco, Serra da Piedade, Serra do Caraça, Serra do Cipó, Serra do Cabral e Serra de Grão-Mogol, e na Bahia, Serra do Rio de Contas (Pico das Almas), Serra do Sincorá, Serra do Tombador e Serra de Jacobina (Davis *et al.* 1997).

Seu nome se deve à semelhança de uma grande espinha dorsal que divide o território mineiro nas terras a leste, inseridas na Mata Atlântica, e as terras a oeste, pertencentes ao domínio dos Cerrados. Ao Norte há um hiato e depois a elevação da Chapada Diamantina, que constitui uma ilha de umidade em meio à Caatinga (Madeira, 2009).

Caracteriza-se por grande complexidade geológica e geomorfológica, que leva à sucessão de rochas e solos distintos em pequenos espaços e relevo movimentado, o que explica em parte a alta diversidade de espécies da vegetais. O elevado endemismo de espécies e até gêneros à Serra do Espinhaço se explica também pela pobreza dos solos, em geral arenosos, que levam a forte especialização da vegetação (Giulietti *et al.*, 1997; Menezes & Giulietti, 2000).

Devido à descoberta de bens minerais, como o diamante, o Espinhaço Meridional é tema de interesse desde o período colonial (Nunes *et al.*, 2015). A Serra do Espinhaço abrigou as ricas lavras de diamante e de ouro que sustentaram o Império Português nos séculos XVII e XVIII, como nas conhecidas regiões de Ouro preto, Diamantina e Chapada Diamantina e ainda hoje persistem as tentativas de garimpo. Na porção sul, na região do Quadrilátero Ferrífero, ainda é forte a exploração de minério de ferro e a siderurgia, como no município de Itabira, ao leste das Unidades de Conservação aqui enfocadas (Madeira, 2009).

A mineração, mesmo não afetando grandes extensões, quando comparada a outras atividades como a agropecuária, por exemplo, pode ser considerada uma das atividades mais impactantes ao solo (Lara, 2014). Normalmente, o que resta após a mineração é um substrato físico, química e biologicamente alterado (Carneiro *et al.*, 2008) que requer um reestabelecimento das suas funções (Corrêa e Bento, 2010).

Recentemente, a Serra do Espinhaço foi o grande alvo de novos investimentos mineradores, iniciando assim, explorações de jazidas no Norte e Médio Espinhaço, sendo a

cidade de Conceição do Mato Dentro um dos novos focos das explorações, estando entre as maiores iniciativas minerárias previstas (Vasconcelos *et al.*, 2014).

De acordo com Saadi (1995), a Serra do Espinhaço é subdivida em dois compartimentos de planaltos, sul e norte, muito bem diferenciados e nitidamente separados por uma zona deprimida de direção NW-SE, passando por Couto de Magalhães, a norte de Diamantina. Estes compartimentos são denominados, respectivamente, Planalto Meridional e Planalto Setentrional.

O compartimento Meridional inicia-se nas nascentes do rio Cipó alojadas na serra homônima, a aproximadamente 50 km a norte de Belo Horizonte. Nesta região, sua largura é a mais reduzida, aproximadamente 30km, e aumenta rapidamente em direção a norte, atingindo 90 km de largura entre Santo Antônio do Itambé e Conselheiro Mata. A altitude média da superfície situa-se em torno de 1.200 m, com ponto culminante em 2.062 m, no Pico do Itambé (Saadi, 1995).

O compartimento Setentrional inicia-se logo a norte de Couto de Magalhães e estende-se além da fronteira Minas Gerais-Bahia. Alonga-se em direção NNE com comprimento e largura de, respectivamente, 340 e 100km (Saadi, 1995).

A Serra do Espinhaço é uma faixa orogênica pré-cambriana de colisão edificada no Mesoproterozóico de direção NNW-SSE (Almeida-Abreu e Renger, 2002). Essa faixa orogênica limita o sudeste do Cráton do São Francisco e foi reativada no fim do Neoproterozóico, seguindo a mesma compartimentação da deformação deixada pela orogênese mesoproterozóica. É composta essencialmente por litologias do Supergrupo Espinhaço, principalmente rochas quartzíticas e, subordinadamente, rochas filíticas, conglomeráticas e vulcânicas de caráter básico e ácido (Almeida-Abreu, 1995). A oeste do cinturão de cavalgamentos ocorrem metassedimentos neoproterozóicos do Grupo Bambuí, enquanto na extremidade leste da área de estudo predominam gnaisses arqueanos do Complexo Dona Rita (Grossi-Sad *et al.*, 1997)

Do ponto de vista geológico, a característica fundamental é a predominância absoluta dos quartzitos que, em toda extensão do compartimento, compõem uma cobertura rígida, porém densamente fraturada e cisalhada. As formas de relevo resultantes de sua esculturação pela dissecação fluvial são representadas, majoritariamente, por cristas, escarpas e vales profundos adaptados às direções tectônicas e estruturais (Saadi, 1995).

Na maioria das localidades de altitudes elevadas da Serra do Espinhaço são encontrados os campos rupestres e campos de altitude, mas também encontram-se matas ciliares e ilhas de vegetação exuberante são frequentes ao longo das drenagens e em áreas topograficamente mais

planas, geralmente com forte controle litológico determinado pela presença de rochas metabásicas e/ou graníticas (Grossi-Sad *et al.*, 1997; Vasconcelos, 2011). Coberturas vegetais naturais, incluindo o cerrado, os campos e as matas, estão degradadas pela ação antrópica e extensas áreas com centenas de quilômetros quadrados estão sendo reflorestadas com eucalipto e pinheiro, para a produção de carvão e de celulose (Grossi-Sad *et al.*, 1997).

A região da Serra do Espinhaço tem o clima influenciado pelo fator orográfico, com clima temperado, com temperatura média anual na faixa de 18 a 19°C. A precipitação anual varia de cerca de 1.400 mm a 850 mm, do sul para o norte. O verão é chuvoso e o inverno seco. As chuvas são mais constantes entre dezembro e março (Grossi-Sad *et al.*, 1997; Neves *et al.*, 2005).

A Serra do Espinhaço é o divisor de águas da bacia do rio São Francisco, a oeste da cadeia, e do rio Doce, a leste da cadeia. O principal curso d'água que drena a Serra do Espinhaço é o Rio Jequitinhonha, que tem como afluentes importantes pela margem esquerda os rios Itacambirucu, Vacaria e Salinas e, pela margem direita, o Rio Araçuaí. O Rio Doce desenvolve-se fora da Serra do Espinhaço, mas tem afluentes da margem esquerda nascidos na mesma, como os rios Piracicaba, do Tanque, do Peixe, Guanhões, Santo Antônio e Suaçuí Grande. O Rio Gorutuba, na porção norte da serra, é afluente de segunda ordem do Rio São Francisco (Saadi, 1995; Grossi-Sad *et al.*, 1997).

Em termos de conservação ecológica, diversos autores consideram a Cadeia do Espinhaço como a base de um bioma e apontam a importância de sua biodiversidade relacionada aos seus três componentes essenciais, o suporte ecológico (rocha/solo), a biota ali estabelecida através de longos processos genéticos e as condições bioclimáticas que dão sustentabilidade para a vida ali instalada (Gontijo, 2008). Ainda de acordo com Gontijo (2008) e Ab'Saber (2003), a cadeia do Espinhaço é a base geológica-morfológica que dá “suporte ecológico” à biota.

3.2. Área de Estudo:

O estudo foi desenvolvido nas áreas de compensação ambiental proposta pela empresa Anglo American Minério de Ferro do Brasil S.A., localizados nos municípios de Conceição do Mato Dentro e Morro do Pilar, em Minas Gerais. A região abriga diversas Unidades de Conservação (UC's) de enorme importância, como o Parque Nacional da Serra do Cipó, o Corredor Central do Espinhaço, o Alto Rio Santo Antônio e a APA da Pedreira (Drummond *et al.*, 2005), e o Parque Estadual da Serra do Intendente.

3.3. Fazenda Parauninha:

A Fazenda Parauninha possui uma área de 898,25 hectares e está localizada no Parque Estadual da Serra do Intendente, nos distritos de Tabuleiro e Itacolomi, no município de Conceição do Mato Dentro (latitudes: 18°59' e 19° 2' S e longitude: e 43°36' 43°39' W), na borda leste do Espinhaço Meridional (Figura 5).

O Parque Estadual da Serra do Intendente apresenta uma área de 13.508,83 hectares e possui um clima subtropical de altitude (Cwb), com verão fresco e inverno seco, de acordo com a Köppen e Geiger. A temperatura média anual é 21 °C, e a pluviosidade média anual é de 1.682 mm (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

As cabeceiras do rio Parauninha estão localizadas dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Intendente, criado em 2007 pelo decreto sem número, cujo perímetro ocupa 50% da área da bacia e conserva mais de 450 nascentes locais e e protege a biodiversidade dos campos rupestres (Saadi, 1995; Franco *et al.*, 2013).

Mapa de Localização de Parauninha - Conceição do Mato Dentro - MG

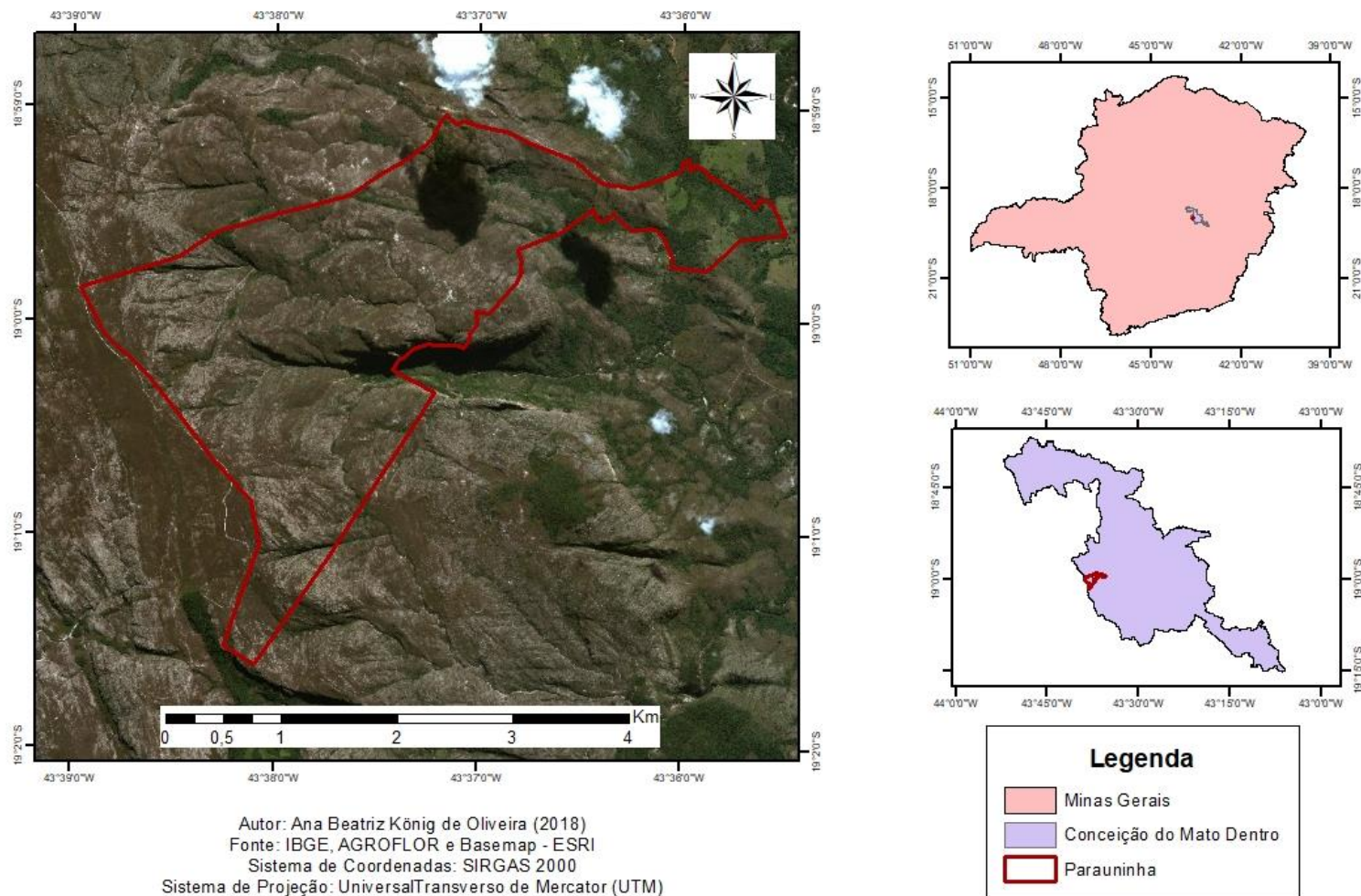


Figura 5 - Mapa de localização do Complexo Rupestre Quartzítico (Parauninha) - Conceição do Mato Dentro, MG.

A Fazenda Parauninha encontra-se localizada nos biomas Mata Atlântica e Cerrado (Figura 6). Apresenta bom estado de conservação da vegetação que inclui matas de galeria, cerrado, cerradão e florestas estacionais semidecíduais. O Campo Rupestre está bem conservado e os locais onde sofreu desmatamento por incêndios florestais e outros tipos de ações antrópicas apresentam boas possibilidades de recuperação. As florestas estacionais semidecíduais estão localizadas em áreas de encostas, nascentes d'água, margens de córregos, sendo de extrema importância para a manutenção dos corpos d'água (IEF, 2015).

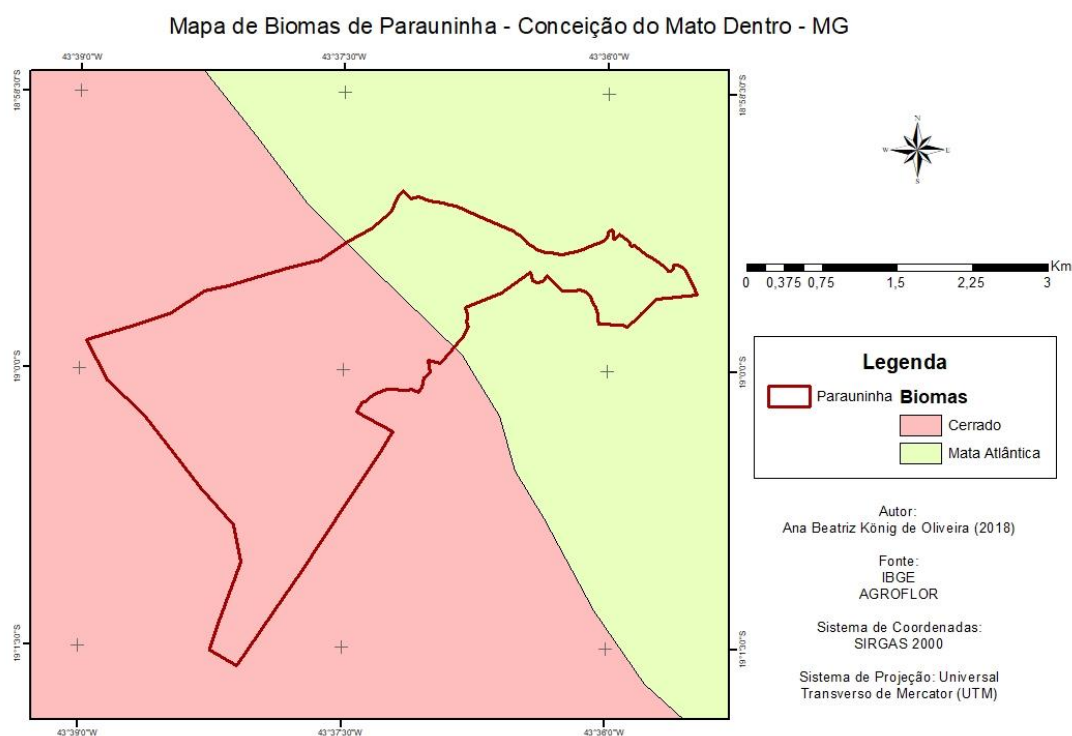


Figura 6 - Mapa de Biomas de Parauninha – Conceição do Mato Dentro, MG.

O Parque Estadual da Serra do Intendente é constituído predominantemente por rochas quartzíticas proterozóicas, Pré-Cambrianas. São quartzitos com variados graus de pureza e arenitos, pertencentes ao Supergrupo Espinhaço. Difere das serras do Mar e da Mantiqueira, constituídas por rochas cristalinas (gnaisses, granitos e derivações). Este fator por si só já implica em formas de erosão, topografias e tipos de solo bastante distintos, implicando em formações vegetacionais e potenciais de uso econômico muito diferenciados (Leinz & Amaral, 1989; Rizzini, 1979).

Rochas metabasálticas, relacionadas a intrusões de magma decorrentes de tectonismos muito posteriores, em cerca de 906 +- 2 Ma, de acordo com Almeida-Abreu (1995), ocupam considerável superfície areal da Serra do Espinhaço Meridional (Almeida-Abreu, 1995), com

reflexos possíveis sobre os solos, provavelmente mais ricos. Solos mais ricos também afetam a vegetação, possibilitando o desenvolvimento de matas mesofíticas mesmo nas partes mais altas das montanhas. Há trechos curtos com desenvolvimento de Latossolo em meio ao Campo Rupestre, sugerindo um afloramento de filito com anfibolito encaixado no quartzito.

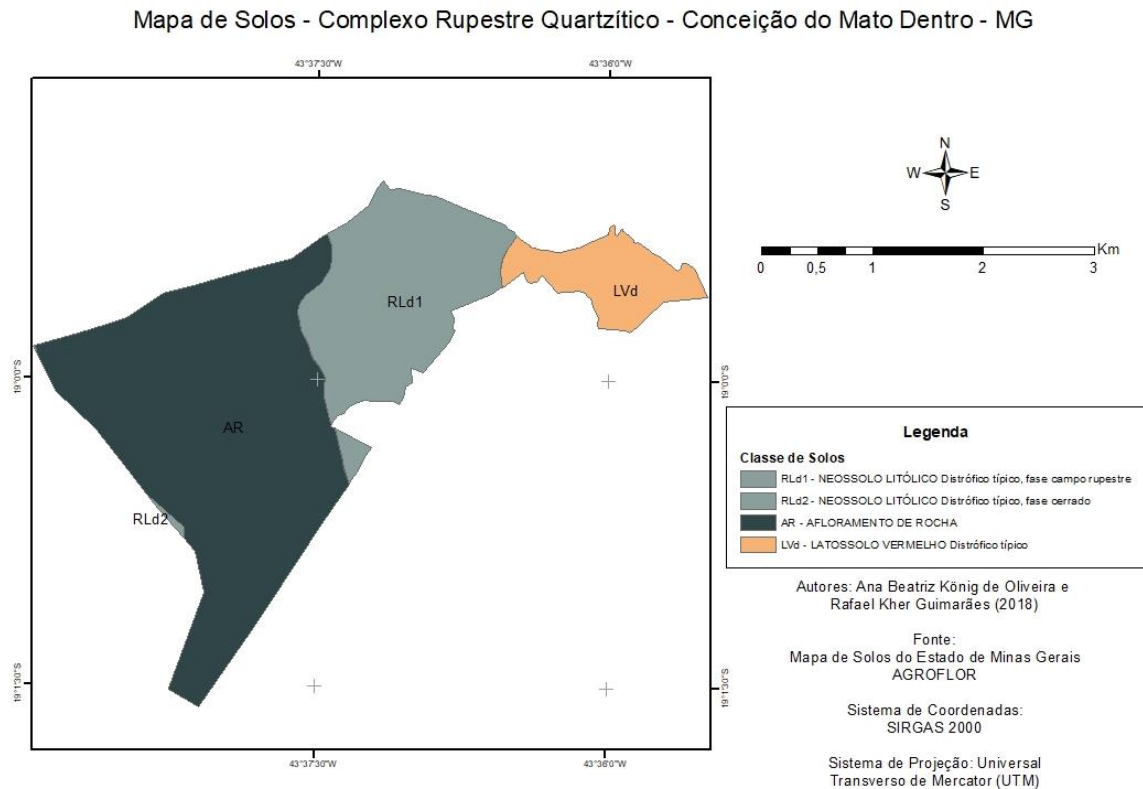


Figura 7 - Mapa de Solos de Parauninha, Conceição do Mato Dentro, MG.

RLd1 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, A moderado, textura média, fase campo rupestre, relevo montanhoso (50%). RLd2 - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, A fraco/moderado, fase cerrado, relevo suave ondulado e ondulado e forte ondulado. AR - AFLORAMENTO DE ROCHA (50%). LVd - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (60%).

Em Parauninha, verifica-se profunda variação nos tipos de solo em função da litologia, das diferenças climáticas e de padrões de deposição e erosão distintos conforme o relevo. Grande parte da área encontra-se em ambiente montanhoso com afloramentos de rochas quartzíticas. Há pontos de forte erosão, de forte dissecação e também pontos de alagamento durante a estação chuvosa (Figura 8).

Na parte montanhosa, os solos são ácidos, pobres em matéria orgânica e em nutrientes. A proporção entre as diferentes frações varia conforme a taxa de deposição ou de erosão que muda drasticamente em função de variações sutis no terreno, ou pela existência de diques que permitam o acúmulo de sedimentos. Os solos mais férteis são encontrados nas pequenas regiões correspondentes a afloramentos de filito com anfibolito, ou ainda em áreas de drenagem em que se acumulam nutrientes e umidade. Nestas áreas costuma haver desenvolvimento de capões de mata (Madeira, 2009).

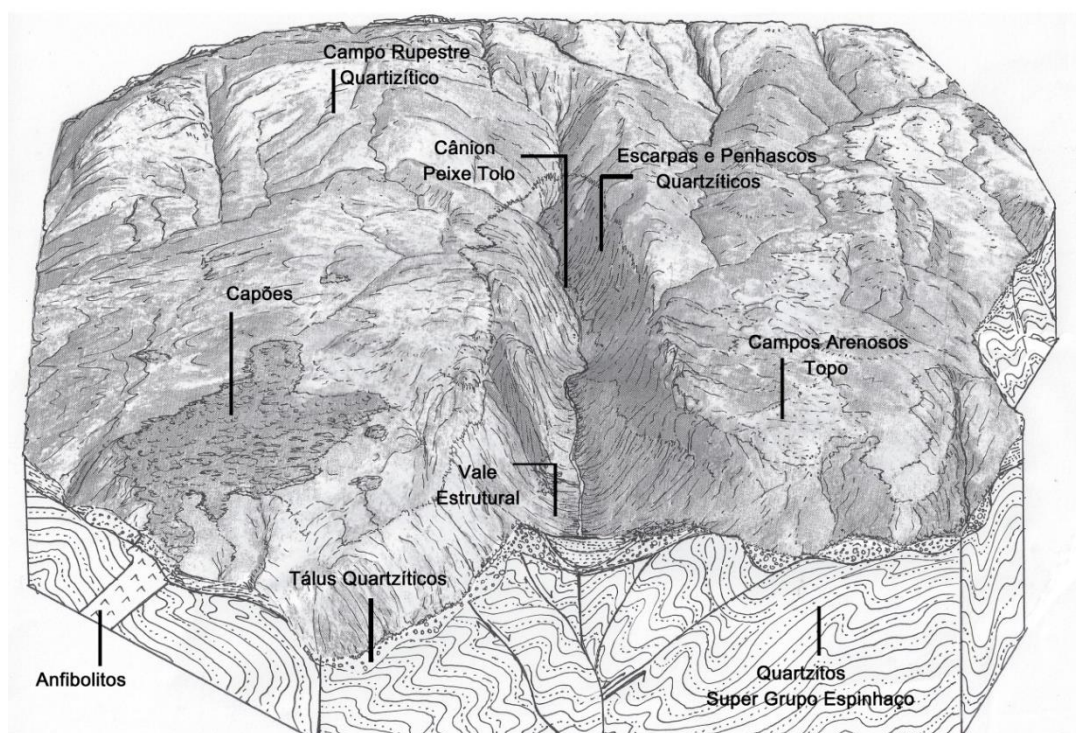


Figura 8 - Bloco diagrama em golpe de vista leste-oeste do Canion do Peixe Tolo, parte do Parque Estadual da Serra do Intendente, evidenciando grande variedade de geoambientes associados a Quartzitos em relevo de serras e escarpas, além de Capões e Escrubes sobre solos desenvolvidos de rochas anfibolíticas (desenho de Schaefer, 2017).

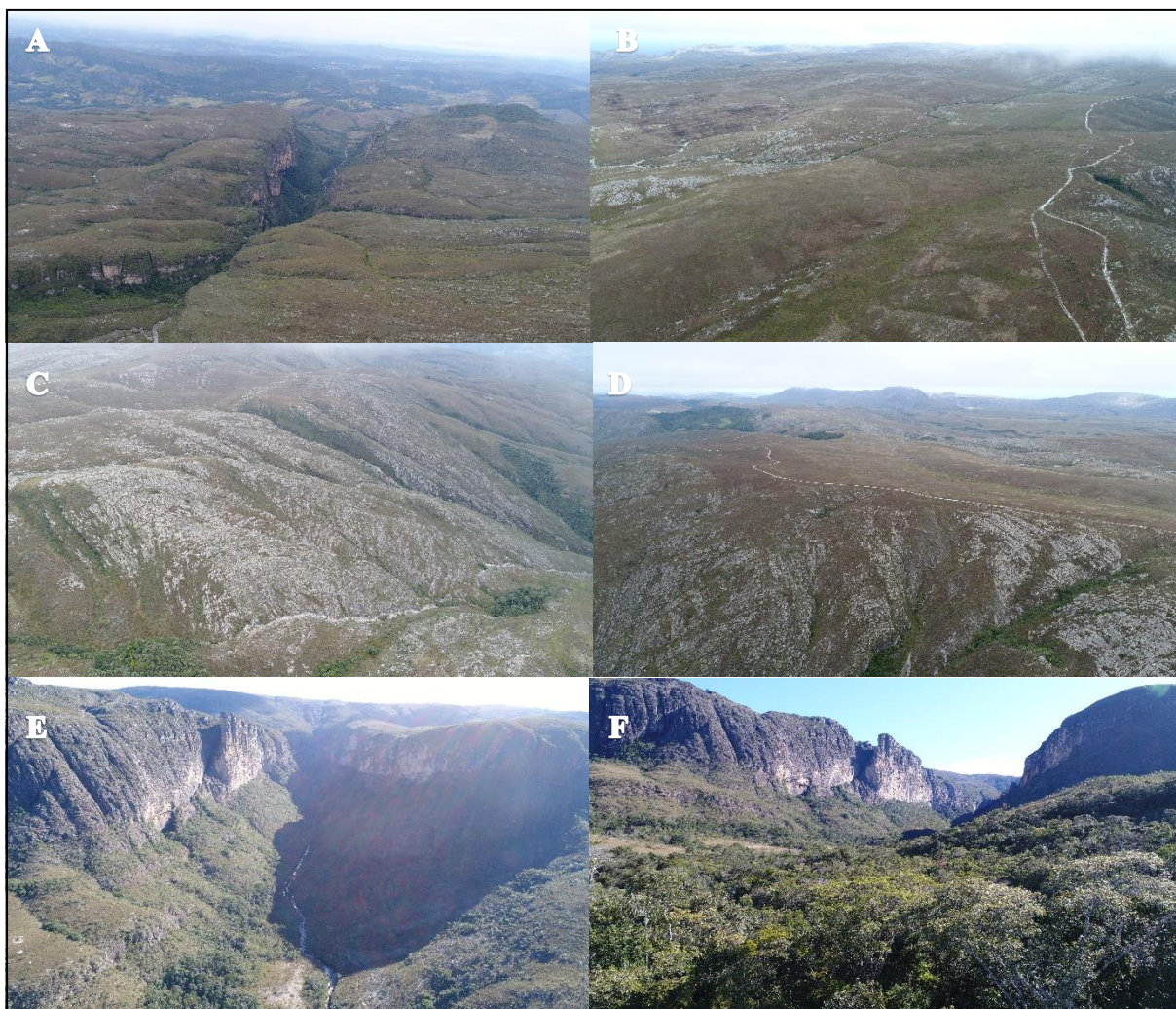


Figura 9 - Vistas aéreas de Parauninha. A – Serra do Intendente com vista para o Cânion do rio do Peixe Tolo; B – Topo da Serra do Intendente; C – Afloramentos rochosos nas encostas da Serra do Intendente; D – Topo aplainado da Serra do Intendente; E – Vale estrutural do rio do Peixe Tolo; F – Entrada do Cânion do Rio do Peixe Tolo na parte baixa do PESI.

Fonte: AGRFLOR

3.4. Volta da Tropa:

A Fazenda Volta da Tropa possui uma área de 280,6 hectares e se localiza dentro do sítio urbano de Morro do Pilar (latitude: 19° 12' e 19° 14' S e longitude: 43° 22' 3 e 45° 25' W), município que se insere na região do Espinhaço Meridional (Figura 10).

O município de Morro do Pilar possui um clima subtropical úmido (Cwa), com verão quente e inverno seco, de acordo com a Köppen e Geiger. A temperatura média anual é 21,5 °C, e a pluviosidade média anual é de 1.568 mm (Prefeitura de Morro do Pilar, 2016; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

Mapa de Localização de Volta da Tropa - Morro do Pilar - MG

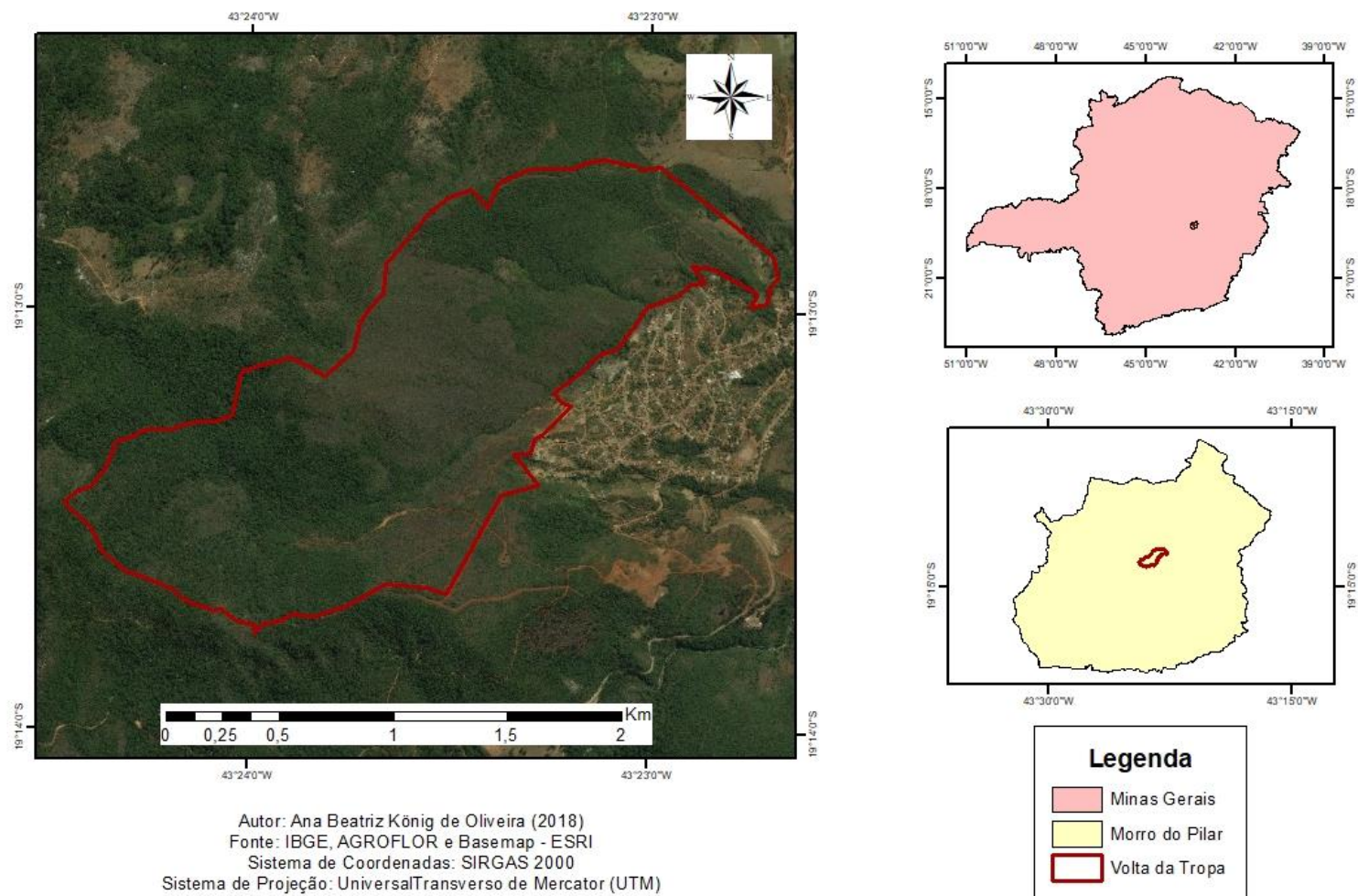


Figura 10 - Mapa de localização do Complexo Rupestre Ferruginoso (Volta da Tropa) - Morro do Pilar, MG.

O município de Morro do Pilar está inserido nos Biomas da Mata Atlântica e Cerrado, juntamente com o Campo Rupestre. A Fazenda Volta da Tropa está inserida majoritariamente no Bioma Cerrado, tendo apenas uma porção a leste da área de estudo inserida no Bioma Mata Atlântica (Figura 11). Segundo Veloso *et al.* (1991), a área que abrange o município de Morro do Pilar é formada pela Floresta Subcaducifólia Tropical ou Floresta Estacional Semidecidual que constitui um ecossistema pertencente ao bioma da Mata Atlântica (Mata Atlântica do Interior), juntamente com o Cerrado.

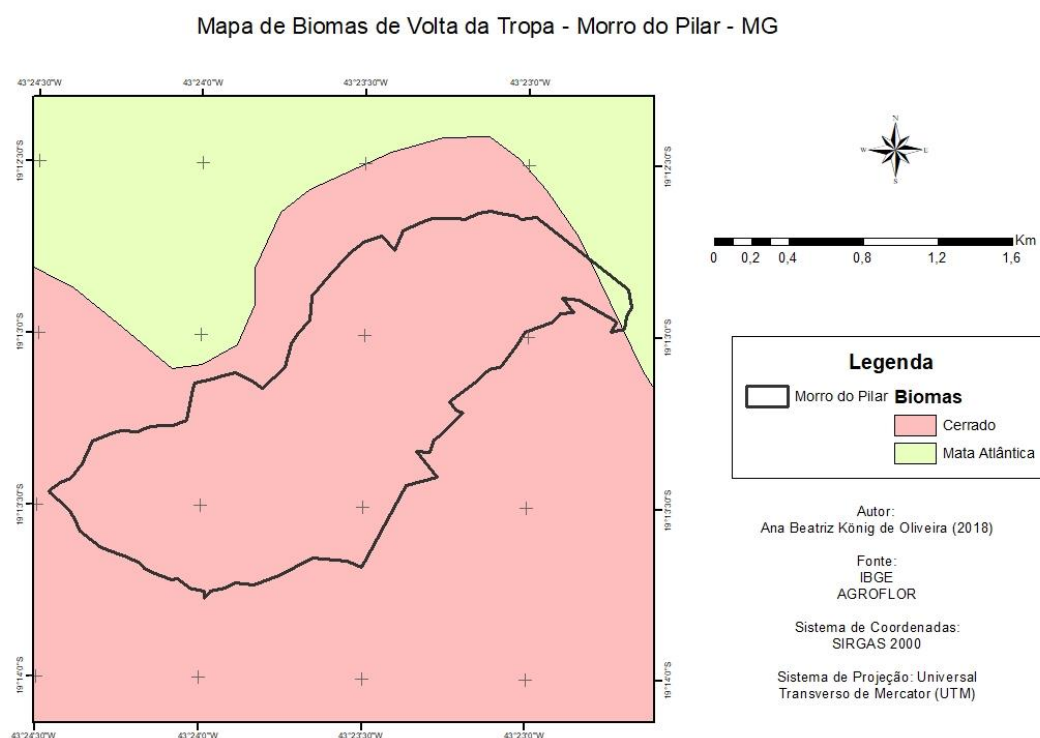


Figura 11 - Mapa de bioma de Volta da Tropa - Morro do Pilar, MG.

Morro do Pilar é drenado pela bacia Hidrográfica do rio Santo Antônio, e outras bacias hidrográficas de menor extensão territorial tais como os Córregos Angico, Picado, Quilombo, dentre outras. Estas bacias hidrográficas são importantes mananciais para o município de Morro do Pilar e situam-se sobre dois domínios hidrogeológicos, dos Metassedimentos-Metavulcânicos e a do Cristalino.

De modo geral, os solos encontrados em Volta da Tropa são mais profundos (Latosolos) nas áreas mais baixas e com presença de Capão Florestal, e mais rasos nas áreas mais altas da Fazenda, com presença de Campos Rupestres (Neossolo Litólico) (Figura 12).

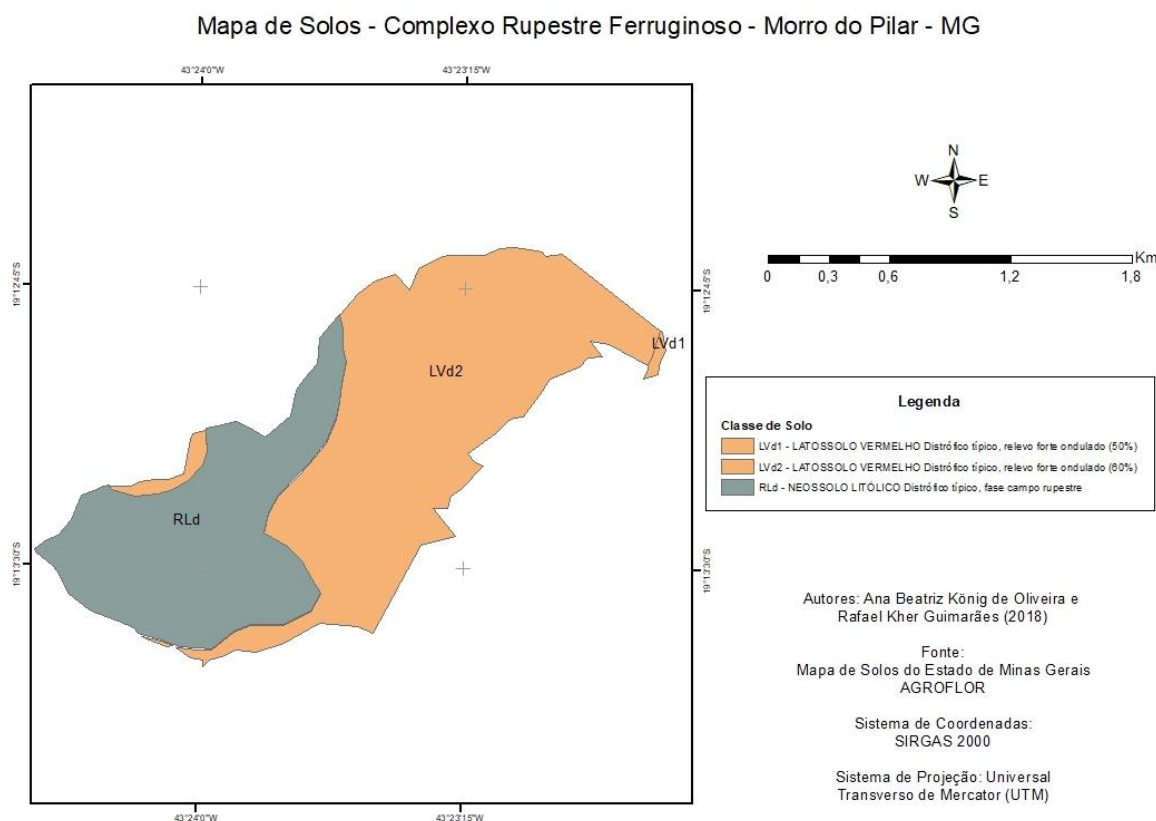


Figura 12 - Mapa de Solos da Fazenda Volta da Tropa, Morro do Pilar, MG.

RLd - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, A moderado, textura média, fase campo rupestre, relevo montanhoso (50%); LVd1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura média, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (50%); LVd2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (60%).

Segundo Schaefer (2018), o relevo da região de Morro do Pilar é caracterizado por mares de morros nas partes mais baixas, gradativamente substituídos por alinhamentos de serras e cristas na direção do Espinhaço, com limites nos arredores da cidade. Há, portanto, dois contrastes: (1) a Leste, os morros e colinas com solos profundos sobre rochas gnáissicas profundamente alteradas (com saprolitos de mais de 60 metros); e a Oeste (2) o domínio de solos rasos em relevos montanhosos e serranos, adaptado à estrutura geológica. Assim, o município de Morro do Pilar apresenta dois setores geomorfológicos distintos: Na porção Oeste do município apresenta maiores altitudes, e corresponde à borda Leste do Espinhaço Meridional, que é a mais significativa feição morfológica da região, apresentando direção N-S e altitudes superiores a 1400 m (GROSSI-SAD et al., 1997). As maiores altitudes do município se encontram na sua porção SW, atingindo 1544 m. A porção Leste do município, apresentando menores altitudes, corresponde ao Vale do Rio Santo Antônio, composto por terrenos dissecados, apresentando, dentro do município, a altitude mínima de 522 m. O extremo leste do município corresponde a uma serra de direção aproximada NW-SE.

As rochas mais antigas da região de Morro do Pilar (Figura 13) são os ortognaisses e gnaisses migmatíticos do Complexo Dona Rita, de idade Arqueana que formam a base geral da região. Estas rochas muito antigas e alteradas em grande profundidade ocorrem principalmente nos terrenos mais baixos e morrados, nas colinas do Vale do Rio Santo Antônio, a leste da sede municipal.

A transição das terras baixas colinosas para as terras altas e serranas, à norte da sede municipal, é composta pelas rochas da Sequência metamórfica de origem vulcanossedimentar chamada Rio Mata Cavalo, composta por rochas meta-ultramáficas com intercalações de formação ferrífera, quartzitos e filitos, de idade Arqueana a Paleoproterozóica. A parte mais baixa do núcleo urbano da sede municipal se situa sobre estas rochas variadas, todas muito alteradas.

Em direção a rochas progressivamente mais recentes, chegamos às rochas do Grupo Serra da Serpentina, distribuídas em uma faixa de direção NW-SE, adjacente à sede municipal. A parte mais alta do núcleo urbano se situa sobre estas rochas, e toda a Fazenda Volta da Tropa, situada no extremo Leste do município, também é composta por rochas do Grupo Serra da Serpentina. Estas rochas ferríferas apresentam importância econômica para Morro do Pilar, desde os tempos da colonização da região. Foram o palco das primeiras explorações de minério de ferro nos tempos de Brasil Colônia e Império.

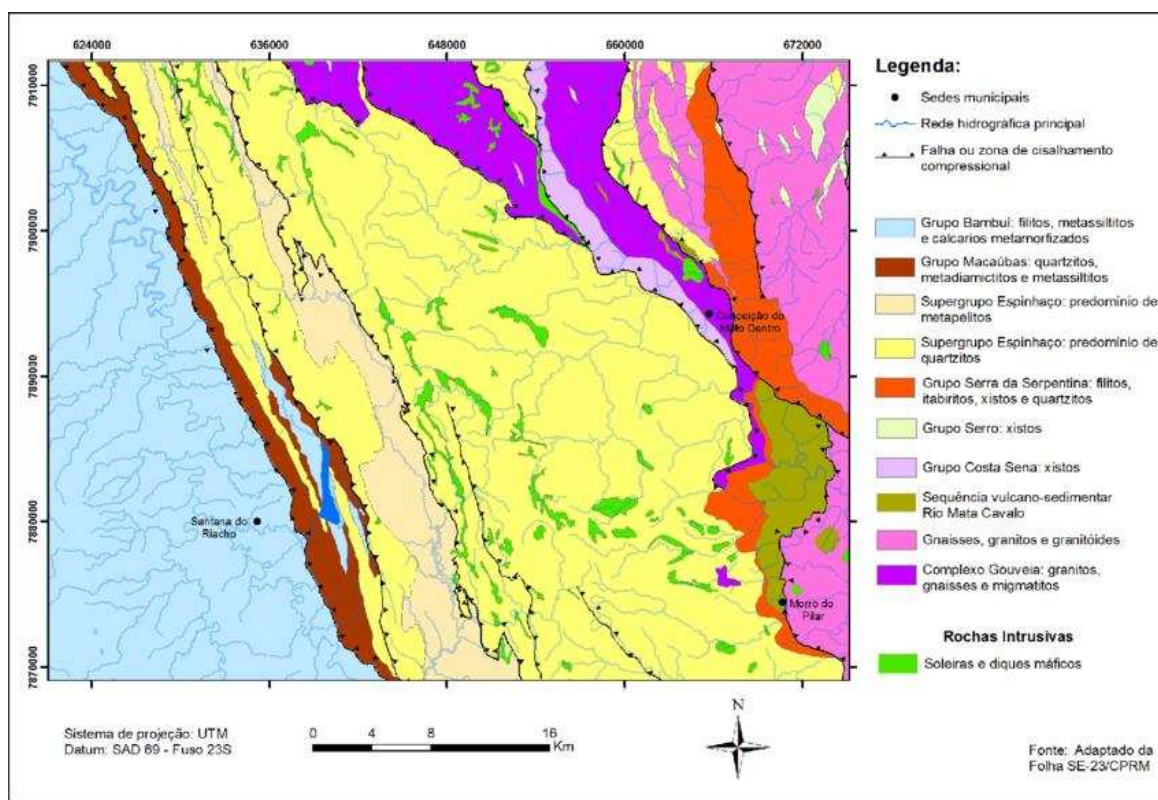


Figura 13 - Mapa Geológico simplificado da área de estudo (Rezende; Salgado, 2011).

O Grupo Serra da Serpentina é composto por uma sequência quartzítica-xistosa basal a filito-quartzítica superior, de provável idade Proterozóico-Inferior. É possível distinguir três unidades: Filítica, Itabirítica e Xistosa. A unidade itabirítica se associam coberturas de canga.

Em direção a Oeste, com terrenos progressivamente mais elevados, encontramos rochas pré-Cambrianas um pouco mais recentes, pertencentes ao Supergrupo Espinhaço. No município de Morro do Pilar, estas rochas são representadas pela Formação Sopa-Brumadinho. Estas rochas apresentam composição variando dentro do espectro conglomerados – quartzitos – xistos, ocorrendo níveis de quartzitos ferruginosos.

A Fazenda Volta da Tropa se situa, em menor proporção, sobre rochas da Sequência Vulcano-Sedimentar Rio Mata Cavalo, e na maior parte sobre a unidade itabirítica do Grupo Serra da Serpentina. Ocorrem ainda pequenas áreas embasadas pela Unidade Itambé do Mato Dentro, da Formação Sopa Brumadinho, Grupo Guinda do Supergupo Espinhaço.

O extremo leste da fazenda coincide com o extremo sul da ocorrência de rochas da sequência Vulcano Sedimentar Rio Mata Cavalo. As litologias dominantes são Xistos ultramáficos com talco e clorita, que se encontram intensamente decompostos. Dentro dos limites da fazenda Volta da Tropa, as rochas da sequência vulcano sedimentar se limitam com a unidade itabirítica por falha de empurrão. As rochas itabiríticas do Grupo Serra da Serpentina se distribuem em uma faixa N-S na porção central da fazenda, e são dominadas por itabiritos compostos por camadas rítmicas de quartzo e hematita-magnetita. Frequentemente estas rochas estão associadas ao desenvolvimento de canga com fragmentos de Itabirito cimentados por óxidos de ferro. Em direção leste, as rochas itabiríticas se limitam com rochas do Supergrupo Espinhaço por falha de empurrão. As rochas do Supergrupo Espinhaço, representadas na Fazenda Volta da Tropa pela Formação Sopa Brumadinho, Unidade Itambé do Mato Dentro, coincidem com o extremo leste da fazenda, ocupando as áreas de maiores altitudes. Estas rochas são dominadas por quartzitos finos, puros ou ferruginosos de tonalidade branca. Ocorre laminação dada por filmes sericíticos e ferruginosos. Também ocorrem filitos hematíticos.

No Espinhaço Meridional a estruturação tectônica se dá em função de falhas de empurrão de baixo a médio ângulo vergentes para oeste, responsáveis pelo empilhamento das unidades e inversões estratigráficas. A estruturação tectônica da serra do Espinhaço gerou uma foliação de direção predominante N-S identificável em quase todas as rochas. Parte das falhas de empurrão responsáveis pela estruturação da Serra do Espinhaço são geralmente relacionadas ao Ciclo Brasileiro (600 a 700 milhões de anos), embora alguns autores atribuam uma estruturação mais antiga, com retomada no Brasileiro. Na área da Fazenda Volta da Tropa, os

arranjos da foliação indicam que um arranjo em dobramento para a sequência serra da serpentina é impossível, sendo a estrutura atribuída a falhamento por empurrão.

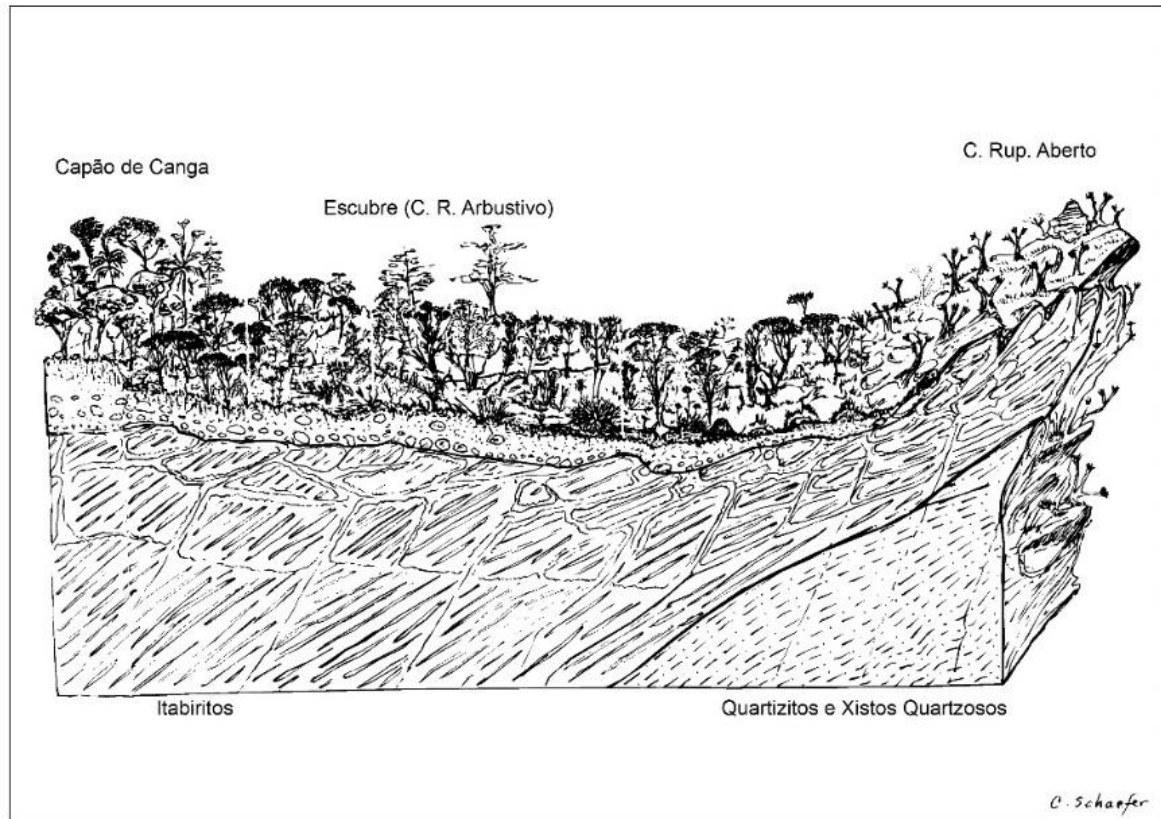


Figura 14 - Bloco diagrama esquemático dos geoambientes (solo, relevo, geologia e vegetação) representando a Fazenda Volta da Tropa (SCHAEFER, 2017).

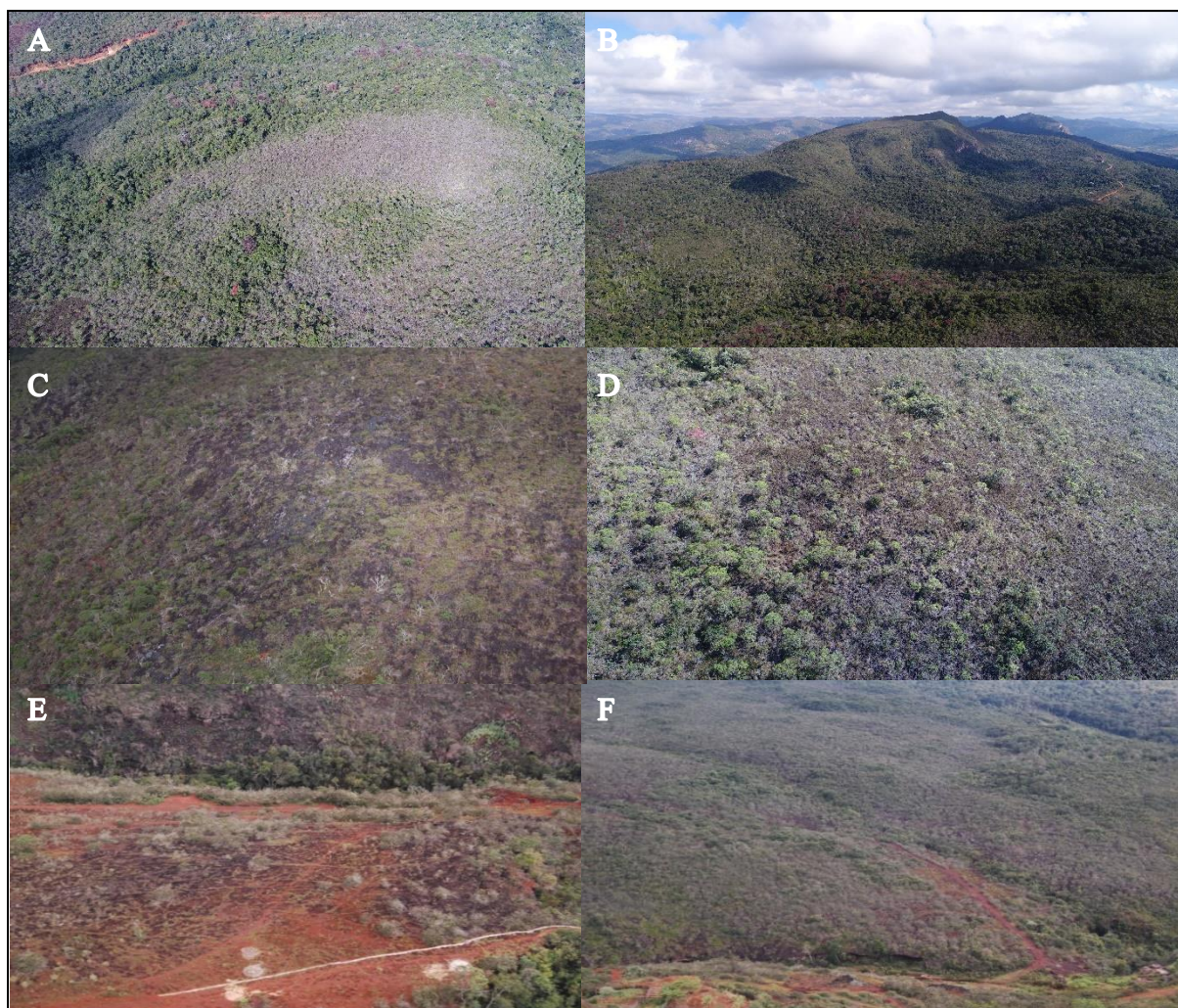


Figura 15 - Vistas aéreas da Fazenda Volta da Tropa. A – Parte superior da Fazenda Volta da Tropa com Capões Florestais de canga; B – Na porção oeste do município de Morro do Pilar, as cristas e serras na direção do Espinhaço; C – Lajeiro de canga couraçada com espécies rupestres adaptadas a crescer em substrato praticamente estéril, rico em endemismos. Aqui, Saint-Hilaire descreveu, em 1816, a primeira *Vellozia* sobre canga, hoje redescoberta como *Vellozia hilariana*, espécie endêmica dessa parte da Serra do Espinhaço. D – Parte superior da Fazenda Volta da Tropa ilustrando os Campos Rupestres Ferruginosos sobre a canga couraçada; E – Área degradada ainda não recuperada onde passa a antiga Estrada Real que ligava Morro do Pilar ao Serro; F – Parte baixa da Fazenda Volta da Tropa.

Fonte: AGROFLOR

3.5. Estratificação das unidades Geoambientais:

Para estratificação das unidades geoambientais que compõem a paisagem de Parauninha e Volta da Tropa, foi utilizado um método avalia as características pedológicas, geomorfológicas e as fisionomias vegetais de cada unidade geoambiental, identificando as características ecogeográficas (rocha-mãe, solos, relevo, vegetação) possibilitando a estratificação de cada uma dessas unidades individualmente (adaptado de Tricart e Kiewitdejonge, 1992; Schaefer, 1997).

Para este fim, foram utilizadas imagens de alta resolução das áreas de estudo, fotos áreas tiradas através de helicóptero, em escala aproximada de 1:10.000 ou mais detalhada, extensas visitas de campo, percorrendo as áreas onde o acesso é possível, e mapas do IBGE. Assim, foram agrupadas, em uma mesma denominação, áreas com características similares em relação aos atributos avaliados, sendo identificadas e descritas as características ecogeográficas observadas nas áreas de intervenção e compensação. Na digitalização e edição dos mapas foi utilizado o programa ArcMap 10.5(ESRI, 2016).

A partir de um mapa preliminar, foram selecionadas áreas em cada geoambiente de ocorrência, onde foram abertos perfis de solo até o contato lítico ou litoplântico. Foram abertos 11 perfis de solos representativos dos geoambientes da área de acordo com as feições pedogeomorfológicas e, para caracterização e classificação dos solos, procedeu-se à coleta de todos os horizontes do perfil. O local onde foram coletados os perfis de solos foi marcado com o uso do GPS (*Global Positioning System*).

As principais espécies presentes foram identificadas em campo com apoio de um engenheiro agrônomo especialista em vegetação de Complexos Rupestres, abrangendo o geoambiente, cobrindo um raio de aproximadamente 100 metros, com base em lista previamente conhecida e gentilmente cedida pelo engenheiro agrônomo Otávio Ribeiro – AGROFLOR (Anexo 2).

A análise Geoambiental segue as recomendações e critérios utilizados em ecossistemas de cangas no Quadrilátero Ferrífero e Carajás, onde os aspectos fisiográficos (solo, relevo e geologia) são interpretados em conjunto com a vegetação, permitindo uma análise integrada do meio físico e biótico, voltados à conservação ambiental e avaliação ecológica (Schaefer et al., 2015).

3.6. Amostragem e análises de solo:

3.6.1. Descrição de perfis e coleta e preparação de amostras de solo:

As amostragens de solos foram realizadas em maio e setembro de 2017. Os procedimentos de coleta dos solos seguiram a metodologia proposta por Santos e Lemos (2005). Foram amostrados oito perfis de solo na área de Parauninha (Figura 12) e três perfis nas áreas de Volta da Tropa (Figura 13), em áreas representativas das unidades geoambientais. Os perfis de solo foram classificados até o 4º nível categórico, de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013).

Para a caracterização química e física dos solos, foram coletadas, em cada parcela dos geoambientes, três amostras simples, homogêneas da serrapilheira para verificar a ciclagem de

nutrientes na área estudada. Também foram coletados os horizontes de cada perfil até o contato litoplântico. As coletas obedeceram a necessidade de representar a área completa da parcela.

Após a coleta as amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos etiquetados. Em seguida foram levadas ao Departamento de Solos da UFV, onde foram destorro foram secas ao ar, destorroadas e passadas na peneira 2 mm para obtenção da Tera Fina Seca ao Ar (TFSA). A fração inferior a 2 mm foi submetida às análises químicas e físicas de rotina.

Área de Estudo - Complexo Rupestre Quartzítico - Conceição do Mato Dentro - MG

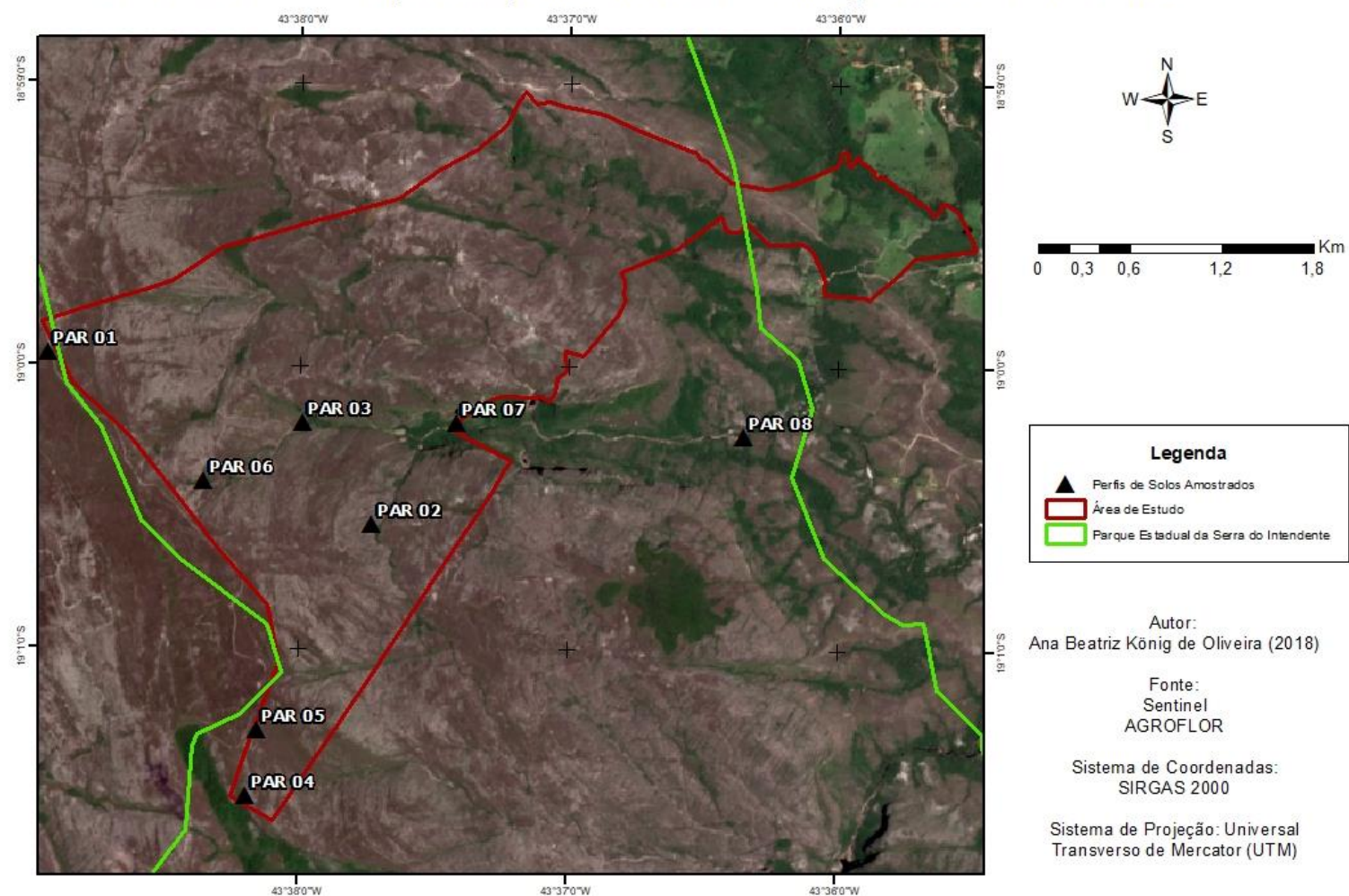


Figura 16 - Perfis de Solos amostrados no Complexo Rupestre de Parauninha - Conceição do Mato Dentro, MG.

Área de Estudo - Complexo Rupestre Ferruginoso - Morro do Pilar - MG

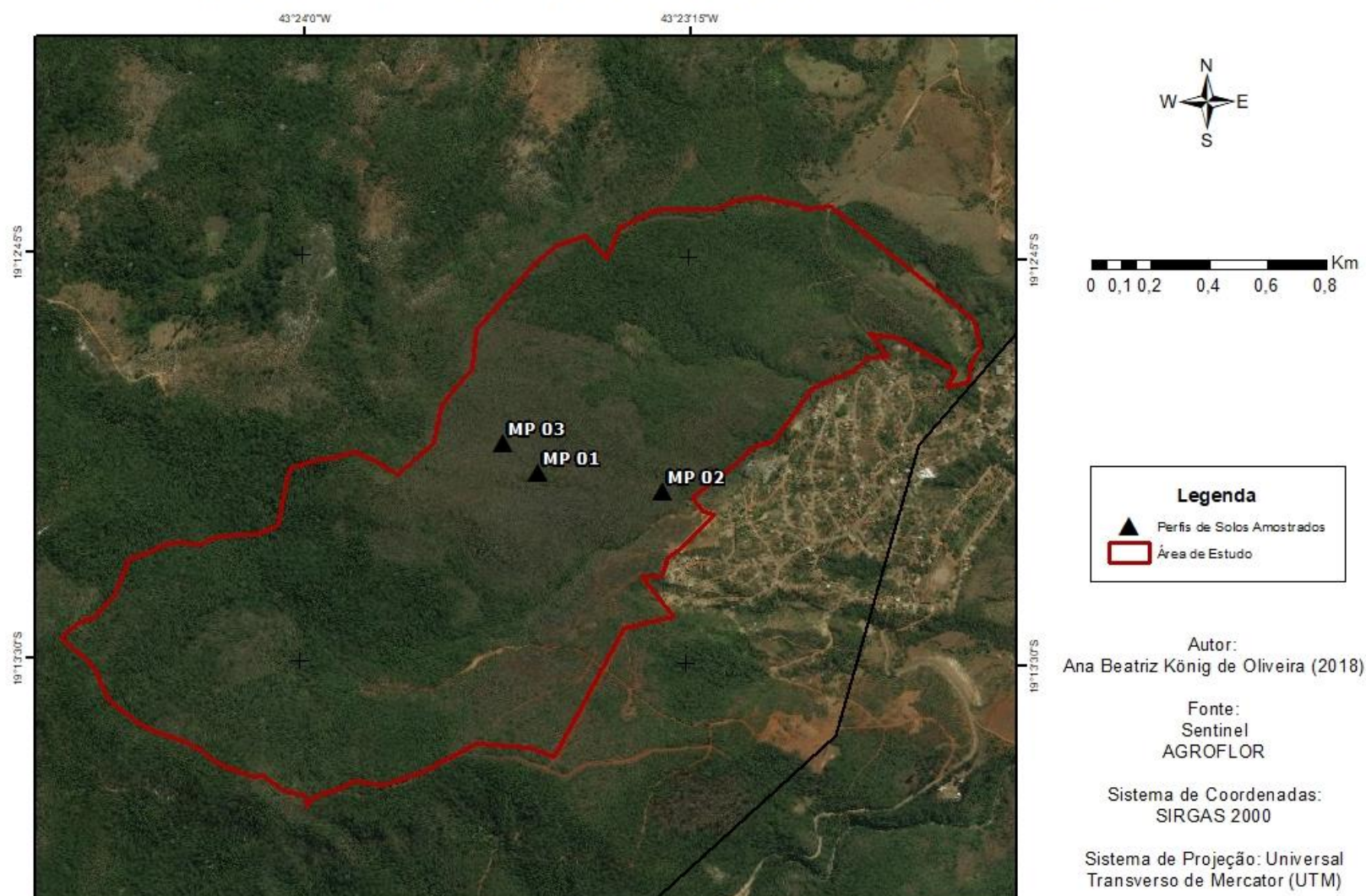


Figura 17 - Perfis de Solos amostrados no Complexo Rupestre de Volta da Tropa - Morro do Pilar, MG.

3.6.2. Análises químicas:

As análises químicas e granulométricas das amostras de solo foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo, Tecido Vegetal e Fertilizantes do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Para a caracterização dos atributos do solo, foram analisados o pH em água, as concentrações disponíveis de P, K⁺, Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, Matéria Orgânica, P-Rem, Cu²⁺, Mn²⁺, Fe e Zn²⁺ e a composição granulométrica das frações areia grossa, areia fina, silte e argila. A cor do solo foi determinada em amostras úmidas, utilizando-se a caderneta de Munsell (Munsell, 1994).

O pH em água e KCl 1 mol/L foram determinados na suspensão solo:solução 1:2,5. As concentrações de cálcio, magnésio, alumínio trocáveis foram extraídas com KCl 1 mol/L e determinadas por espectrometria de absorção atômica. O potássio e o sódio trocáveis foram extraídos com solução de Mehlich-1, e determinados por fotometria de chama. O fósforo trocável foi extraído com solução de Mehlich-1, mas determinado por colorimetria. O ferro, o zinco, o manganês e o cobre também foram extraídos com solução de Mehlich-1, e determinados por espectrometria de absorção atômica. Para determinação da acidez potencial utilizou-se o extrator de acetato de cálcio 0,5 mol/L a Ph 7,0. O teor da matéria orgânica (MO) foi determinado pelo método titulação após oxidação via úmida (Walkley-Black) e carbono orgânico foi obtido através da relação $MO = COT \times 1,724$. Também foram determinados a Capacidade de Troca Catiônica (CTC) – efetiva (t) e total (T) –, Soma de Bases Trocáveis (SB), Índice de Saturação de Bases (V), Índice de Saturação por Alumínio (m), Índice de Saturação de Sódio (ISNa) e Fósforo Remanescente (P-rem).

3.6.3. Análises granulométricas:

A granulometria foi determinada a partir da dispersão de 10 g de TFSA com NaOH 0,1 mol/L. Em seguida, as frações areia grossas e fina foram separadas por tamização. A fração argila foi determinada pelo método da pipeta, e a fração silte calculada por diferença (RUIZ, 2005).

3.7. Caracterização e Amostragem da Vegetação:

Neste estudo foram selecionados padrões de Complexo Rupestre sobre substrato Ferruginoso e Quartzítico. No Complexo Rupestre Ferruginoso, foram identificados três padrões de fitofisionomias associados: Campo Rupestre Ferruginoso Aberto, Capão Florestal alto e Capão Florestal baixo. No Complexo Rupestre Quartzítico, foram identificados seis padrões de fitofisionomias associados: Campo Rupestre Aberto, Campo Rupestre Arbustivo, Campo Rupestre Brejoso, Capão Florestal e Capão Baixo.

Para amostragem da vegetação, foi utilizado o método dos geoambientes, onde os padrões da vegetação correspondentes aos referidos geoambientes foram selecionados e descritos através de observações de campo. Para tanto foi efetuado caminhar livre nas áreas e realizado um levantamento das principais espécies da flora em cada geoambiente e do número de indivíduos de cada uma destas espécies. A identificação das espécies foi realizada por um botânico especializado em flora rupestre.

4. RESULTADOS:

A Fazenda Parauninha no Parque Estadual da Serra do Intendente apresenta um mosaico de formações de Campos Rupestres Quartzíticos da Cadeia do Espinhaço. Há um complexo de geoambientes como: Cânion do rio do Peixe Tolo, córregos perenes e temporários, matas de galeria, campos arbustivos e graminosos de altitude, além de afloramentos rochosos.

As formações naturais se caracterizam por paisagens com imensas fissuras nas rochas quartzíticas onde, geralmente, há a presença de cursos d'água perenes e quedas d'água. Tais formações proporcionam ambientes propícios para a formação florestal e abundância de epífitas e microendemismos. Dentre estas, podem-se destacar a *Alcantarea turgida* e *Encholirium subsecundum* devido ao grande porte e facilidade de identificação.

Nos Campos Rupestres Arbustivos, predomina a vegetação arbustiva e os solos pedregosos, normalmente próximos a encostas. Destaca-se a candeia (*Eremanthus incanus*) como arbórea dominante e espécies típicas de formação arbustiva, como *Syagrus glaucescens*, *Dasyphyllum sprengelianum*, *Coccoloba acrostichoides* e *Cordia concolor*.

Nos Campos Rupestres Abertos, a fitofisionomia se caracteriza por ocorrência de vegetação rasteira com raros arbustos ou árvores sobre a rocha cristalina, com o predomínio de herbáceas de famílias diversas, como: Xyridaceae, Eriocaulaceae, Poaceae, Cyperaceae, Melastomataceae e Asteraceae típicas destas formações.

Nos Campos Rupestres Brejosos, adjacente aos altiplanos ou campos turfosos, onde a declividade aumenta a água infiltrada neste ambiente, ela escorre lentamente em determinadas áreas fazendo com que o solo se torne hidromórfico, permanecendo constantemente encharcado. Com isso, há formações vegetacionais adaptadas à esta condição. Os solos hidromórficos propiciam a ocorrência de plantas insetívoras ou popularmente conhecidas como “plantas carnívoras”.

Nos altiplanos, por se tratar de uma camada rasa de turfa sobre um leito rochoso, em determinados pontos formam-se pequenos lagos rasos, que podem desaparecer nas épocas secas ou serem perenes, de acordo com suas dimensões.

Os afloramentos rochosos são microambientes típicos dos Campos Rupestres que concentra espécies rupícolas de famílias de maior ocorrência nesta formação como: Velloziaceae, Bromeliaceae e Orchidaceae. Nos afloramentos rochosos da Fazenda Parauninhas, foram encontradas espécies com características vegetativas diferenciadas dos grupos taxonômicos que se inserem, abrindo a possibilidade para estudos taxonômicos.

Encontrou-se uma *Dyckia sp.* com rosetas múltiplas e aglomeradas, característica incomum para as demais espécies da Cadeia do Espinhaço.

As matas de galeria que acompanham os rios de pequeno porte e os córregos localizam-se nos fundos dos vales ou nas cabeceiras de drenagem. Na Serra do Intendente, ocorrem drenagens naturais por onde a água das chuvas escorre alimentando os cursos d'água. Nestes ambientes ocorrem pequenas formações florestais que propiciam a ocorrência de várias espécies dependentes de microclima e sombreamento.

Os Capões Florestais consistem em formações florestais de crescimento circular extremamente lento, o que propicia a ocorrência de várias espécies arbóreas e epífitas.

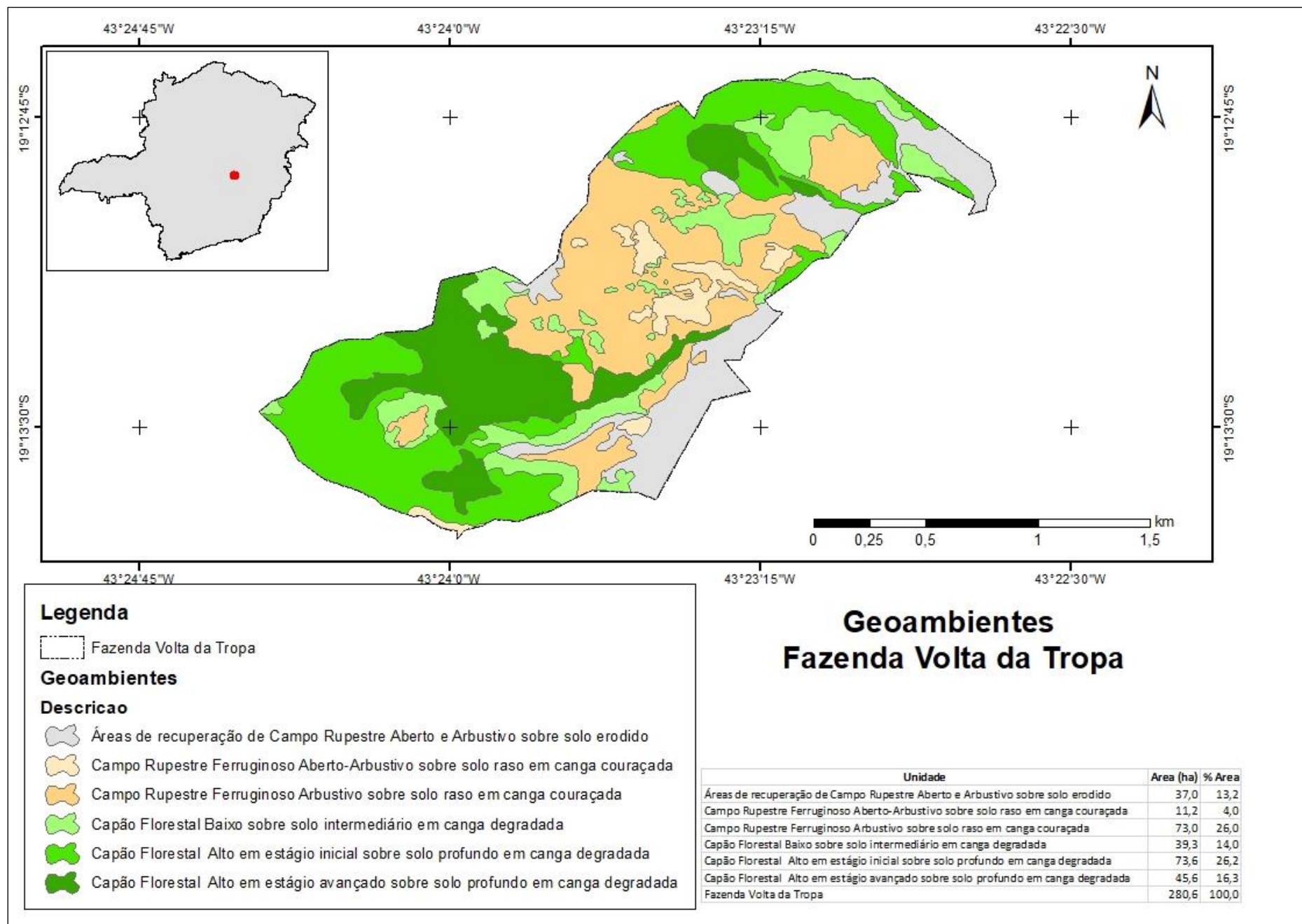
A área proposta para o cumprimento da compensação mantém a conectividade com remanescentes de vegetação nativa, propiciando a garantia da manutenção dessas áreas protegidas, e, desta forma, a manutenção e/ou melhorias dos processos biológicos naqueles ambientes. Os Campos Rupestres Quartzíticos se encontram em estágio médio a avançado de regeneração, tendo sido constatado presença incipiente de espécies exóticas ou rudeais. Cobertura de solo ocupada entre 60% e 80% com espécies nativas típicas da fitofisionomia. Assim, a fitofisionomia e seu estágio sucessional fica caracterizado tendo em vista os parâmetros introduzidos pela resolução CONAMA nº 423/10.

Por se encontrar inserida na Serra do Espinhaço Meridional, as características da Fazenda Volta da Tropa são bem representativas do contexto ecológico do Espinhaço, com muitas variações combinadas de vegetação, solos e relevo típicas, definindo geoambientes locais, em função de suas especificidades.

Neste sentido, de acordo com os estudos realizados por Schaefer (2018), a Volta da Tropa, representa um relevo estruturalmente controlado pelo corpo itabirítico, que se destaca em meio às cristas e morros convexo-côncavos sobre filitos profundamente alterados. Possui uma crosta de canga bastante espessa, e mostra todas as feições de Campo Rupestre Ferruginoso do Complexo, com peculiaridades ditadas por seu isolamento em meio à Mata Atlântica do entorno, sobre filitos e xistos. Apesar de ter sido considerado muito impactado, verificou-se que não existem evidências de degradação avançada, pois todas as manchas de solos mais profundos revelaram Capões de Canga, consistente com uma evolução de muito longo prazo.

Sobre o estado de conservação do Campo Rupestre Ferruginoso, é mais notável apenas na vizinhança (borda) da cidade de Morro do Pilar, e a maior parte do fragmento se encontra em excelente condição, demonstrada pelo porte da *Vellozia sp.* Nas encostas, bem como na riqueza de arbustivas no terço superior, muitas delas com padrão superior a Campo Rupestre Ferruginoso conhecidas.

Considera-se ainda a Fazenda Volta da Tropa como uma área altamente relevante, devendo inclusive ser potencializada como Unidade de Conservação destinada à visitação pública e Educação Ambiental, pelo fato de ter sido uma das pioneiras áreas de exploração de minério de ferro no Brasil, para a fundação de Morro do Pilar à época do Intendente Câmara, além de local exato da coleta da espécie *Vellozia* por Auguste de Saint-Hilaire, uma das primeiras descritas no Brasil, e identificadas recentemente como provável espécie nova (*Vellozia hillariana*).



A principal unidade geoambiental para fins de compensação da atividade minerária e preservação das funções ecossistêmicas é o Campo Rupestre Ferruginoso Aberto e Arbustivo (CRF), associado a Campo Rupestre de fisionomia arbustiva, rico em Candeia (*Eremanthus incanus* e *E. polycephalus*). Nos Campos Rupestres Ferruginosos Abertos de *Vellozia*, há notável equivalência às áreas de intervenção da Serra da Serpentina e Mina do Sapo.

O fragmento de Canga em Morro do Pilar está totalmente imerso na Floresta Estacional Semidecídua em bom estado de conservação, e os extensos Capões de Canga no CRF em dois graus distintos de regeneração refletem a prolongada pressão antrópica pela proximidade de Morro do Pilar.

No topo estrutural de Canga em relevo suavemente ondulado, ocorrem manchas de tapetes herbáceos formados de *Barbacenia delicatula*, espécie considerada ameaçada de extinção, além de *Eremanthus polycephalus* nas encostas. Os campos de *Barbacenia delicatula* ocorreram sobre solos ricos em cascalhos de couraça e mostram bom estado de conservação.

Os elementos rupestres em mescla com a Candeia revelam um padrão de Campo Rupestre Ferruginoso bem típico das áreas da borda do Espinhaço, não sendo apropriada sua classificação como Candéal, por tratar-se de fitofisionomia arbustiva típica do Campo Rupestre Ferruginoso em toda a região. O mesmo vale para os Capões de Canga de porte baixo, ricos em Candeias, mas que se desenvolveram de Plintossolos Pétricos mais profundos, mas igualmente desenvolvidos de Canga e com horizonte A diretamente sobre a camada f ou horizonte concrecionário.

As áreas de recuperação nos geoambientes de Canga correspondem às áreas mais antropizadas e próximas do núcleo urbano, tendo sido intensamente exploradas pela mineração de ferro nos tempos em que havia a Fundição no Morro do Pilar. Devem servir para estudos de sucessão e regeneração natural dos ecossistemas de canga, servindo para mostrar como é difícil e lenta a recuperação natural da vegetação de canga quando os substratos são removidos, e o solo exposto. Não há sucessão visível nessas áreas.

4.1. Classificação de solo:

Tabela 1 - Perfis de solos e coordenadas geográficas (UTM Zona 23) amostrados em Parauninha (PAR), Minas Gerais, Brasil.

Perfil	Solo	Coordenadas (UTM)	
		E	S
1	Neossolo Quartzarênico órtico húmic	642205	7898704
2	Neossolo Litólico húmico espodossólico	644315	7897579
3	Espodossolo Humilúvico órtico arênico	643865	7898247
4	Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico	643489	7895811
5	Neossolo Litólico	643564	7896242
6	Espodossolo Humilúvico órtico típico	643220	7897860
7	Neossolo Quartzarênico órtico espodossólico	644868	7898231
8	Espodossolo Ferrilúvico órtico típico	646735	7898142

Tabela 2 - Tabela 1 - Perfis de solos e coordenadas geográficas (UTM Zona 23) amostrados em Morro do Pilar (MP), Minas Gerais, Brasil.

Perfil	Solo	Coordenadas (UTM)	
		E	S
9	Cambissolo Húmico distroférico latossólico	669001	7874141
10	Neossolo Litólico húmico típico	669425	7874076
11	Plintossolo Pétrico concrecionário cambissólico	668882	7874243

4.2. Caracterização química e física do solo:

Para cada fitofisionomia estudada, um perfil de solo representativo indicou atributos morfológicos característicos dos ambientes como cor, profundidade e estrutura relacionados com o comportamento do solo na paisagem.

As características pedogeomorfológicas e fitofisionômicas, distinguidas por imagens de satélites e visitas de campo, foram os principais diferenciadores dos geoambientes de Parauninha e Volta da Tropa. No Parque Estadual da Serra do Intendente (PESI) – Parauninha, foram identificados oito geoambientes com singularidades de relevo, solo e vegetação, conforme segue: 1) Campo Rupestre Brejoso sobre Neossolo Quartzarênico, 2) Campo Rupestre Aberto de encosta quartzítica sobre Neossolo Litólico, 3) Campo Rupestre Arbustivo da cabeceira do cânion sobre Espodossolo, 4) Capão Florestal sobre Cambissolo Háplico, 5) Campo Rupestre Aberto de *Vellozia* sobre Neossolo Regolítico, 6) Campo Rupestre Brejoso

graminoso sobre Espodossolo Humilúvico 7) Capão baixo sobre Neossolo Quartzarêncio e 8) Campo Rupestre Arbustivo sobre Espodossolo com Candeia e *Vellozia* e, na Fazenda Volta da Tropa, foram identificados três geoambientes, conforme segue: 1) Campo Rupestre Arbustivo sobre Cambissolo, 2) Campo Rupestre Aberto sobre canga degradada e 3) Capão Florestal baixo sobre Plintossolo Pétrico concrecionário. As descrições pormenorizadas das unidades geoambientais são apresentadas a seguir e encontram-se resumidas nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Principais características dos geoambientes de Parauninha – Complexo Rupestre Quartzítico, Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais, Brasil.

Unidade Geoambiental	Solo	Relevo	Vegetação
Campo Rupestre Brejoso de <i>Euriocaulacea</i> sobre Neossolo Quartzarênico órtico húmico	Neossolo Quartzarênico órtico húmico	Suave ondulado	Campo brejoso de <i>Euriocaulacea/Xyridaceae</i>
Campo Rupestre Aberto de encosta quartzítica sobre Neossolo Litólico	Neossolo Litólico húmico espodossólico	Forte ondulado a montanhoso	Campo Rupestre aberto
Campo Rupestre Arbustivo da cabeceira do cânion sobre Espodossolo	Espodossolo Humilúvico órtico arênico	Forte ondulado a montanhoso	Campo Rupestre Arbustivo com <i>Mirtaceae/Vellozia</i>
Capão Florestal sobre Cambissolo	Cambissolo Háptico Tb distrófico latossólico	Ondulado	Floresta Nebular
Campo Rupestre Aberto de <i>Vellozia</i>	Neossolo Regolítico distrófico típico	Ondulado a forte ondulado	Campo Rupestre de <i>Vellozia</i>
Campo Rupestre Brejoso graminoso sobre Espodossolo	Espodossolo Humilúvico órtico típico	Suave ondulado	Campo brejoso de <i>Lagenocarpus</i>
Capão baixo sobre Neossolo Quartzarênico	Neossolo Quartzarênico órtico espodossólico	Forte ondulado a Montanhoso	Floresta tálus
Campo Rupestre Arbustivo sobre Espodossolo com candeia e <i>Vellozia</i>	Espodossolo Ferrilúvico órtico típico	Suave ondulado	Campo Rupestre Arbustivo com candeia

Tabela 4 - Principais características dos geoambientes de Volta da Tropa – Complexo Rupestre Ferruginoso, Morro do Pilar, Minas Gerais, Brasil.

Unidade Geoambiental	Solo	Relevo	Vegetação
Capão Florestal alto de canga sobre Cambissolo Húmico	Cambissolo Húmico distroférico latossólico	Forte ondulado	Capão Florestal
Campo Rupestre Aberto sobre canga degradada	Neossolo Litólico húmico típico	Ondulado	Campo Rupestre Aberto de <i>Vellozia</i>
Capão Florestal baixo/arbustal sobre Plintossolo Pétrico	Plintossolo Pétrico concrecionário cambissólico	Ondulado	Campo Arbustivo com <i>Coccoloba</i>

4.3. Parauninha – Complexo Rupestre Quartzítico:

4.3.1. Campo Rupestre Brejoso de *Euriocaulacea* sobre Neossolo Quartzarênico órtico húmico

Este geoambiente representa depressões mal drenadas nos topos aplainados da Serra do Intendente, associado a solos rasos, com profundidade total de cerca de 40 centímetros e com drenagem imperfeita. O solo representativo deste geoambiente é o Neossolo Quartzarênico órtico húmico (Perfil PAR 01). Além de raso, este solo apresenta pequeno incremento no teor de argila com a profundidade. A textura não varia, sendo franco-siltosa em todos os horizontes. Do ponto de vista químico (Tabela 6), o solo é ácido, distrófico, álico, com teores de P disponível de 4,5 mg/dm³ no horizonte A, 10 mg/dm³ no horizonte E e 1,2 mg/dm³ no horizonte CR. O horizonte A desse perfil apresentou o maior teor de matéria orgânica entre os solos estudados, com 32,21 dag/kg, o que também denota elevado teor para horizonte A húmico. Também foram encontrados teores de 20,9 dag/kg no horizonte E e 1,78 dag/kg no horizonte CR.

Esse geoambiente apresenta uma oscilação do lençol frático ao longo do ano, formando ambientes hidromórficos sazonais brejosos.

A vegetação deste ambiente é caracterizada como um Campo Brejoso com abundantes *Xyriaceae* e *Euriocaulacea*. Trata-se de uma vegetação bem peculiar, adaptada a regime brejoso sazonal. Esses campos possuem coberturas pedológicas de natureza arenosa acumuladas como produto da erosão que se processa nos topos da serra, facilitando a formação de pequenos “vales suspensos” ou zonas de solos saturadas com água de chuva (Martins, 2015). A permanência de águas nestas depressões favorece o estabelecimento de uma vegetação hidrófila com composição florística distinta daquelas que colonizam os ambientes das depressões onde a acumulação das águas é mais temporária (Campos e Castilho, 2012).



4.3.2. Campo Rupestre Aberto de encosta quartzítica sobre Neossolo Litólico

Esse geoambiente representa as encostas quartzíticas da Serra do Intendente, com forte erosão a partir das bordas da serra, resultando frequentemente no afloramento dos substratos rochosos. Possui solo bem drenado, sem a presença de lençol freático e ocorrência de solos nos bolsões estruturais. O solo representativo desse geoambiente é o Neossolo Litólico húmico espodossólico (Perfil PAR 2), considerando uma sequência de horizontes A/AC/C/R (Tabela 5). Além de muito raso, apresenta textura franca nos horizontes A e AC e franco-arenosa em C/R. A rocha quartzítica contínua é pouco alterada, com contato lítico em aproximadamente 30 centímetros, mas com bolsões de saprolito nas fraturas (C/R). Do ponto de vista químico (Tabela 6), o solo é distrófico, alíco e ácido, com pH entre 4,0 e 4,4 em todos os horizontes. É rico em matéria orgânica, com os teores decrescente em profundidade (10,69 dag/kg no horizonte A, 7,4 dag/kg no horizonte AC e 4,52 dag/kg no horizonte C). Fe, Cu, Mn, Zn e Al^{3+} e Na decresceram em profundidade, onde a ciclagem praticamente inexistente.

O afloramento quartzítico pouco alterado dá origem a solos muito rasos, permitindo a penetração de raízes de pequenas árvores comuns nos Campos Rupestres Abertos. O relevo é fortemente movimentado, com afloramentos rochosos nas encostas e perda de solo por erosão intensa.

A vegetação deste ambiente é caracterizada como Campo Rupestre Aberto, com predominância de espécies campestre, com componentes lenhosos. As famílias encontradas nesse ambiente são: *Calophyllaceae*, *Cyperaceae*, *Droseraceae*, *Ericaceae*, *Eriocaulaceae*, *Fabaceae*, *Gentianaceae*, *Iridaceae*, *Lytraceae*, *Melastomataceae*, *Orchidaceae*, *Poaceae* e *Xyridaceae*.



4.3.3. Campo Rupestre Arbustivo da cabeceira do cânion sobre Espodossolo

Esse geoambiente representa as cabeceiras do Cânion do Rio do Peixe Tolo, com depósitos fluviais encaixados e pedogenizados, moderadamente drenados. O relevo é forte ondulado a montanhoso, com declividade entre 20 e 75%. O Espodossolo Humilúvico órtico arênico é o solo representativo desse geoambiente, com sequência de horizontes A, AE, Bh e C (Perfil PAR 03). A textura é franco-arenosa nos horizontes A, AE e C, com exceção do Bh, que é franca. O pH decresce em profundidade e volta a crescer no horizonte C (Tabela 6). Os valores de P disponível são muito baixos, com 1,3 mg/dm³ no horizonte A, aumentando para 7,3 mg/dm³ no horizonte AE, voltando a diminuir para 5,0 mg/dm³ no horizonte Bh e 3,3 mg/dm³ no horizonte C.

A vegetação característica desse geoambiente é composta por indivíduos de porte arbustivo entremeados por indivíduos de porte herbáceo, descontínuos. Seu estrato arbustivo mostra notável homogeneidade de composição florística, mas com variações importantes de abundância e dominância. Em geral, os solos se mostram mais profundos que aqueles encontrados nos Campos Rupestres Abertos, o que ocorre pela zona de acumulação de aprofundamento de raízes.

As famílias encontradas foram *Myrtaceae*, *Bromeliaceae*, *Melastomataceae* (*Lavoisiera glabrifolia*), *Lobelis*, *Euriocaulaceae* (*Paepalanthus*) e *Rubiaceae* (*Cordia*).



4.3.4. Capão Florestal sobre Cambissolo Háplico

Em contraste com os demais geoambientes de Parauninha, essa área representa uma floresta nebulosa, com solo com cerca de 80 centímetros, não pedregoso e não rochoso. Sua drenagem é acentuada e seu solo representativo é o Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico. A textura sofre variação de franco-argilo-arenosa no horizonte A, franco-argilosa nos horizontes AB e BA, e franco-argilo-arenosa no horizonte BC (Perfil PAR 04). O pH desse solo aumenta em profundidade, sendo o perfil com maior valor de pH nos solos do Campo Rupestre quartzítico (Tabela 6). Com a ciclagem floresta, este solo apresentou o maior valor de K^+ (60 mg/dm^3) no horizonte A, decrescendo a 1 mg/dm^3 em AB e nulo nos demais horizontes. Além disso, apresenta decréscimo de Al^{3+} em profundidade, mas é álico e distrófico.

A vegetação que se desenvolve nesse geoambiente é a floresta nebulosa, constituída de indivíduos de maior porte em comparação aos demais geoambientes. O que possibilita o aumento do porte da vegetação é a camada de filito com anfibolito encaixado no quartzito, que dá origem a solos mais profundos e argilosos, produto da degradação da rocha metapelítica. Corroborando Nunes (2009), a comunidade vegetal torna-se mais rica em número e porte de indivíduos nos locais de relevo mais suave, onde maior acúmulo de solo e/ou material orgânico, com espécies de porte mais desenvolvido. O Capão Florestal estudado encontra-se totalmente ilhado em meio ao Complexo Rupestre Quartzítico, ocorrendo numa pequena área elevada dentro do platô.

Os solos profundos desse geoambiente formam um mosaico com os campos rupestres, ocupando o topo aplainado da Serra do Intendente e ligeiramente mais alto que os demais campos da área de estudo, onde a percolação de água e lixiviação foram favorecidas, formando solos mais profundos que no entorno. As cotas elevadas e o clima frio condicionam o acúmulo de matéria orgânica na superfície.



4.3.5. Campo Rupestre Aberto de *Vellozia* sobre Neossolo Regolítico

Esse geoambiente representa os Campos Rupestres Abertos de *Vellozia*. O relevo é ondulado a forte ondulado, com declividade entre 8 e 45%. O solo representativo desse geoambiente é o Neossolo Regolítico, com sequência de horizontes A, AC e C (Perfil PAR 05). Em todos os horizontes, a textura é franco-siltosa. O pH decresce muito pouco em profundidade, com valores entre 3,67 e 4,55. Os valores de P disponível também decresce em profundidade (entre 6 e 1,6 mg/dm³).

A rocha quartzítica, material de difícil intemperismo, é pouco alterada, com contato lítico em aproximadamente 30 centímetros. O solo é distrófico, alíco e ácido. É rico em matéria orgânica, com os teores de carbono orgânico total (COT) decrescente. Fe, Mn²⁺, Zn²⁺ e Al³⁺ e Na decresceram em profundidade, onde a ciclagem praticamente inexistente.

A vegetação que se desenvolve nesse geoambiente é graminóide, com presença de *Vellozia*. Nessa área ocorre a influência do fogo pois a propagação é facilitada pela biomassa contínua das gramíneas, comparada as áreas de encosta com presença de afloramentos de rocha.



4.3.6. Campo Rupestre Brejoso graminoso sobre Espodossolo

Este geoambiente hidromórfico representa os depósitos arenosos colúvio-aluvionares na cabeceira de drenagem na Serra do Intendente, associado a depressões com solos profundos, com mais de 65 centímetros e com drenagem imperfeita. O solo representativo deste geoambiente é o Espodossolo Humilúvico órtico típico (Perfil PAR 06). A textura varia ao longo do perfil, sendo franco-siltosa no horizonte A, franca no horizonte Bh, franco-siltosa no horizonte Bh1, franca no horizonte 2Bh e franco-siltosa nos horizontes E e C. Em comparação aos outros solos, os valores de P são mais elevados, mas são ainda muito baixos e variáveis ao longo do perfil. O mesmo acontece com os teores de matéria orgânica, apresentando teores maiores nos horizontes A e Bh1 (18,85 e 22,28 dag/kg, respectivamente) e menores nos horizontes Bh, 2Bh, E e C (4,8, 8,22, 6,03 e 1,37, respectivamente).

Os ambientes hidromórficos da Serra do Intendente possuem o lençol freático quase aflorante (< 2m). A vegetação nesse geoambiente são campos brejosos, com pouquíssimos arbustos e dominância do estrato herbáceo. Esse geoambiente apresenta características hidromórficas durante o período de chuvas, mas se torna um ambiente mais seco e inóspito durante o período de estiagem. Isso condiciona a existência de uma comunidade vegetal com características distintas da vegetação circundante, e fortemente adaptada a este regime sazonal extremo. Onde a declividade aumenta, a água infiltrada, escorrendo lentamente e lateralmente em determinadas áreas, torna o ambiente hidromórfico drenado, permanecendo encharcado no período chuvoso. Com isso, há formações vegetacionais adaptadas à esta condição.

Segundo Araújo (2015), na fase climática atual, observa-se um certo rebaixamento do lençol freático e a incisão remontante de ravinas erosivas, expondo o horizonte espódico nas ravinas. Nesse caso, os Espodossolos são solos “fósseis” formados em condições mais frias, úmidas e encharcadas que as atuais. O presente ciclo erosivo indica uma mudança climática que promoveu dissecação e favoreceu o rebaixamento do nível de base local, com o entalhe fluvial aprofundado, e consequentemente, a drenagem parcial dos campos brejosos.



4.3.7. Capão baixo sobre Neossolo Quartzarênico

Esse geoambiente representa o profundo vale estrutural do rio do Peixe Tolo, na parte de sopé da Serra do Intendente, apresentando relevo ondulado a forte ondulado, com drenagem moderada e erosão de moderada a forte. O solo representativo desse geoambiente é o Neossolo Quartzarênico órtico típico (Perfil PAR 07). A textura é Franca em todo o perfil, tendo baixos valores de pH, que aumentam em profundidade, e valor de matéria orgânica que decresce em profundidade. Assim como os demais solos do Campo Rupestre quartzítico, esse perfil é álico e distrófico. Não apresentou teor detectável de Na^+ (Tabela 6).

A vegetação característica deste geoambiente é composta por elementos arbóreos com estrutura e fisionomia comparável ao Capão do interior do platô, mas encontra-se em conexão com as matas do entorno, com as quais se interpenetram, coalescendo. À medida que se desce para a parte baixa do PESI, a flora vai se tornando mais diversificada, com mais porte. Onde houve possibilidade de acúmulo de solo e/ou material orgânico, aparecem espécies arbóreas de porte mais desenvolvido.

Essa vegetação ocorre em vales estruturais, como a do rio do Peixe Tolo, com solos mais profundos do que os da encosta da Serra do Intendente. O capão baixo faz transição para o Campo Rupestre Arbustivo com *Vellozia* e *Candeia*, em seguida descritos, encontrados na entrada do Cânion.



4.3.8. Campo Rupestre Arbustivo sobre Espodossolo com candeia e *Vellozia*

Esse geoambiente representa os leques aluviais antigos e hoje vegetados com Campo Rupestre Arbustivo com Candeia e *Vellozia* no Cânion do Rio do Peixe Tolo. São solos profundos e arenosos, sob Campo Rupestre quartzítico. Apresentam linha de seixos originários de terraços fluviais, na profundidade de 1,20 m. O perfil representativo é o Espodossolo Ferrilúvico órtico típico (Perfil PAR 08). Sua textura é franco-arenosa nos horizontes A e Bs1, alterna para franco-siltosa no horizonte Bs2, voltando a ser franco-arenosa nos horizontes E e EBh. Quanto aos atributos químicos, esse perfil apresenta pH variável, sempre ácido (3,98 no horizonte A, 4,64 no horizonte Bs1, 4,85 no horizonte Bs2, 4,27 no horizonte E e 4,67 no horizonte EBh). Os valores de P decrescem em profundidade, aumentando novamente no horizonte EBh, acompanhando os teores de matéria orgânica. Este solo é álico e distrófico (Tabela 6).

A vegetação deste geoambiente possui fitofisionomia preponderantemente herbáceo-arbustiva, com a presença eventual de árvores e arvoretas. Seu estrato arbustivo mostra notável homogeneidade de composição florística, mas com variações importantes de abundância e dominância. (Pereira, 2010). Esse ambiente é dominado por Cadeias (*Eremanthus erythropappus*) e *Vellozia sp.* de grande porte. Segundo Araújo (2015), o padrão arbustivo é controlado pela profundidade e textura dos solos, com maior caixa de armazenamento de água, formando uma zona de transição para os capões. São mantidos pelos solos intermediários com menor acúmulo de matéria orgânica, possivelmente pela presença de fogo advindo dos Campos Rupestres vizinhos.



Tabela 5 - Características físicas dos solos de Parauninha, Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais.

Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
	(cm)	< 2 mm (dag/kg)				
PAR 01 – Neossolo Quartzarênico ótico húmico						
A	0-8	0,064	0,172	0,594	0,17	Franco-Siltosa
E	8-15	0,026	0,286	0,513	0,175	Franco-Siltosa
CR	15-40	0,017	0,284	0,64	0,059	Franco-Siltosa
PAR 02 – Neossolo Litólico húmico espodossólico						
A	0-15	0,039	0,363	0,485	0,114	Franca
AC	15-25	0,046	0,41	0,458	0,086	Franca
C	25-30	0,058	0,404	0,472	0,066	Franco-Arenosa
PAR 03 – Espodossolo Humilúvico órtico arênico						
A	0-8	0,139	0,382	0,406	0,072	Franco-Arenosa
AE	8-48	0,232	0,409	0,279	0,08	Franco-Arenosa
Bh	48-58	0,073	0,379	0,437	0,111	Franca
C	+ 60	0,344	0,338	0,265	0,053	Franco-Arenosa
PAR 04 - Cambissolo Háptico Tb distrófico latossólico						
A	0-10	0,309	0,163	0,275	0,253	Franco-Argilo-Arenosa
AB	10-48	0,266	0,17	0,252	0,311	Franco-Argilosa
BA	48-58	0,297	0,139	0,223	0,341	Franco-Argilosa
BC	58-80	0,318	0,154	0,196	0,332	Franco-Argilo-Arenosa
PAR 05 – Neossolo Regolítico distrófico típico						
A	0-15	0,013	0,273	0,637	0,077	Franco-Siltosa
AC	15-25	0,047	0,278	0,619	0,055	Franco-Siltosa
C	25-30	0,059	0,309	0,608	0,024	Franco-Siltosa
PAR 06 – Espodossolo Humilúvico órtico típico						
A	0-6	0,009	0,288	0,575	0,128	Franco-Siltosa
Bh	6-12	0,055	0,373	0,469	0,103	Franca
Bh1	12-22	0,026	0,234	0,594	0,147	Franco-Siltosa
2Bh	22-45	0,103	0,36	0,43	0,107	Franca
E	45-65	0,109	0,19	0,59	0,111	Franco-Siltosa
C	+ 65	0,086	0,472	0,397	0,045	Franco-Arenosa
PAR 07 – Neossolo Quartzarênico órtico espodossólico						
A	0-8	0,016	0,42	0,424	0,141	Franca
CA	8-30	0,015	0,499	0,372	0,114	Franca
C	30-65	0,012	0,455	0,426	0,106	Franca
PAR 08 – Espodossolo Ferrilúvico órtico típico						
A	0-3	0,036	0,4	0,498	0,066	Franco-Arenosa
Bs1	3-60	0,072	0,431	0,486	0,011	Franco-Arenosa
Bs2	60-70	0,032	0,384	0,533	0,052	Franco-Siltosa
2E	70-90	0,056	0,446	0,462	0,035	Franco-Arenosa
2EBh	90-120	0,084	0,429	0,451	0,036	Franco-Arenosa

Tabela 6 - Características químicas dos solos de Parauninha, Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais.

Horizonte	pH H2O	pH KCl	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	COT	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
			mg/dm³			cmol./dm³								%		dag/kg		mg/L	mg/dm³			
PAR 01 – Neossolo Quartzarênico órtico húmico																						
A	3,78	2,77	4,5	15	1,8	1,28	0,23	7,94	47,1	1,56	9,5	48,66	3,2	83,6	0,02	32,21	18,7	19,7	1,32	2,2	47,1	2,51
E	3,42	2,53	10	17	5,7	0,66	0,06	4,07	28,8	0,79	4,86	29,59	2,7	83,7	0,08	20,9	12,1	47,9	1,26	1	74,6	0,86
CR	4,44	2,07	1,2	0	0	0,1	0,02	1,74	6,1	0,12	1,86	6,22	1,9	93,5	0	1,78	1,03	38,1	1,25	0,8	4,6	0,5
PAR 02 – Neossolo Litólico húmico espodossólico																						
A	4,24	2,67	4,5	25	7,7	0,09	0,07	1,84	13,1	0,26	2,1	13,36	1,9	87,6	0,25	10,69	6,21	53,2	1,58	0,9	62,5	0,78
AC	4,4	2,55	11,4	36	5,7	0,09	0,09	1,45	9,9	0,3	1,75	10,2	2,9	82,9	0,24	7,4	4,30	54,1	1,73	1,1	57,4	1,22
C	4	2,73	2,8	7	0	0,04	0,03	1,65	8,9	0,09	1,74	8,99	1	94,8	0	4,52	2,62	53,5	1,68	0,7	31,3	0,76
PAR 03 – Espodossolo Humilúvico órtico arênico																						
A	4,02	2,47	1,3	17	5,7	0,08	0,32	1,74	13,6	0,47	2,21	14,07	3,3	78,7	0,18	10,56	6,13	57	1,72	1,4	36,1	1,31
AE	3,86	2,37	7,3	11	0	0,13	0,05	2,13	12,5	0,21	2,34	12,71	1,7	91	0	5,48	3,18	60,9	1,62	1,1	27	0,66
Bh	3,65	2,31	5	9	1,8	0,07	0,04	4,65	29,9	0,14	4,79	30,04	0,5	97,1	0,03	19,19	11,1	55,4	1,71	1,4	32,8	0,66
C	3,69	1,97	3,3	15	0	0,07	0,06	2,13	12,9	0,17	2,3	13,07	1,3	92,6	0	5,21	3,02	57,2	1,56	1	41,2	0,71
PAR 04 - Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico																						
A	4,17	2,2	3,8	60	5,7	0,58	0,24	3,78	25,4	1	4,78	26,4	3,8	79,1	0,09	21,93	12,75	1,8	1,98	10,3	238	3,31
AB	4,15	3,52	2	1	0	0,03	0,01	1,26	14,7	0,04	1,3	14,74	0,3	96,9	0	11,65	6,77	-0,6	1,7	2,6	78	0,73
B	4,6	4	1,9	0	0	0,08	0,02	0,87	11,2	0,1	0,97	11,3	0,9	89,7	0	5,76	3,34	-0,5	1,95	5	84,3	0,75
BC	4,85	4,17	1,7	0	0	0,07	0,01	0,77	9,9	0,08	0,85	9,98	0,8	90,6	0	5,21	3,02	0	2,09	5,7	91,4	0,88
PAR 05 – Neossolo Regolítico distrófico típico																						
A	3,67	2,52	6	17	1,8	0,64	0,24	1,74	14,1	0,93	2,67	15,03	6,2	65,2	0,05	9,87	5,73	60	1,88	1,2	22,6	0,75
AC	3,89	2,27	1,9	1	0	0,16	0,07	1,45	8,3	0,23	1,68	8,53	2,7	86,3	0	3,7	2,15	62,3	1,99	1,2	17,7	0,48
C	4,55	2,26	1,6	0	0	0,11	0,02	0	0,2	0,13	0,13	0,33	39,4	0	0	0,14	0,08	64,6	2	1,1	5,7	0,4

Tabela 6 - Características químicas dos solos de Parauninhas, Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais (Continuação)

Horizonte	pH H2O	pH KCl	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	COT	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
			mg/dm³					cmol _c /dm³						%		dag/kg		mg/L		mg/dm³		
PAR 06 – Espodossolo Humilúvico órtico típico																						
A	3,35	2,31	11,9	29	7,7	0,64	0,09	3	22,2	0,84	3,84	23,04	3,6	78,1	0,15	18,85	10,95	55,1	1,68	1,3	74,3	0,98
Bh	3,9	2,16	2,6	0	0	0,17	0,02	4,46	20,5	0,19	4,65	20,69	0,9	95,9	0	4,8	2,79	15,5	1,66	1	3,1	0,48
Bh1	3,35	3,11	13,5	23	5,7	1,27	0,06	5,62	39,3	1,41	7,03	40,71	3,5	79,9	0,06	22,28	12,9	54,6	1,62	1,2	75,5	1,05
2Bh	3,69	1,86	2,4	0	0	0,26	0,03	6,68	29,9	0,29	6,97	30,19	1	95,8	0	8,22	4,77	32,8	1,46	1,1	5,6	0,46
E	3,95	2,42	1,8	0	0	0,41	0,05	3,68	17,9	0,46	4,14	18,36	2,5	88,9	0	6,03	3,50	31,7	1,54	1	4,7	0,48
C	3,89	2,8	1	0	0	0,21	0,01	1,16	5,1	0,22	1,38	5,32	4,1	84,1	0	1,37	0,79	57,5	2,08	1,2	15,9	0,4
PAR 07 – Neossolo Quartzarênico órtico espodossólico																						
A	3,56	2,12	6,6	56	0	0,16	0,14	3,1	15,2	0,44	3,54	15,64	2,8	87,6	0	13,02	7,56	48,9	2,1	2,9	121,5	2,87
CA	3,86	2,49	2,4	15	0	0,11	0,05	2,42	10,2	0,2	2,62	10,4	1,9	92,4	0	5,07	2,94	42,2	1,83	1,4	171,2	1,45
C	3,95	2,83	1,4	7	0	0,03	0,02	2,81	11,8	0,07	2,88	11,87	0,6	97,6	0	4,8	2,79	25,4	1,91	1,6	393,1	1,43
PAR 08 – Espodossolo Ferrilúvico órtico típico																						
A	3,98	2,51	4	21	0	0,26	0,07	1,45	9,7	0,38	1,83	10,08	3,8	79,2	0	5,48	3,18	56,2	1,76	3,1	29,3	1,05
Bs1	4,64	3,91	4,7	0	0	0,05	0	1,26	6,6	0,05	1,31	6,65	0,8	96,2	0	1,23	0,71	23,2	2,27	1,3	173,7	0,47
Bs2	4,85	4,17	1,7	0	0	0,07	0	0,48	5	0,07	0,55	5,07	1,4	87,3	0	0,82	0,47	17,5	1,97	1,1	415,4	0,44
E	4,27	3,07	1,3	0	0	0,08	0,01	0,87	2,9	0,09	0,96	2,99	3	90,6	0	0,82	0,47	57,5	1,91	1,2	25,9	0,39
EBh	4,67	3,59	2,6	8	0	0	0	1,16	3,8	0,02	1,18	3,82	0,5	98,3	0	6,59	3,83	37,4	0,78	1,9	98,5	0,59

4.4. Volta da Tropa – Complexo Rupestre Ferruginoso:

4.4.1. Capão Florestal alto de canga sobre Cambissolo Húmico

Esse geoambiente representa os domínios florestados em ilha, formando Capão Florestal sobre canga na Fazenda Volta da Tropa, sem erosão aparente, não pedregosa e ligeiramente rochosa. Possui solo bem drenado, sem a presença de lençol freático. O solo mais representativo desse geoambiente é o Cambissolo Húmico distroférico latossólico (Perfil MP 01). Profundo, formado da degradação de canga, apresenta textura franca-argilo-arenosa no horizonte A e franco-argilosa no horizonte B. Do ponto de vista químico (Tabela 8), o solo é distrófico, alíco e ácido, com pH aumentando ligeiramente em profundidade, entre 4,34 e 4,6. A matéria orgânica é a segunda mais baixa dos solos de Complexos Rupestres Ferruginosos. Os valores de P disponível é o menor entre os solos de Campo Rupestre Ferruginoso, assim como os valores de K.

Geomorfologicamente, representa um relevo estruturalmente controlado pelo corpo itabirítico, que se destaca em meio às cristas e morros convexo-côncavos sobre filitos profundamente alterados. Possui uma crosta de canga bastante espessa, e mostra todas as feições de Complexo Rupestre Ferruginoso, com peculiaridades ditadas por seu isolamento em meio à Mata Atlântica da Borda Leste do Espinhaço, sobre filitos e xistos. Apesar de ter sido considerado muito impactado, verificou-se *in loco* que não existiam evidências de degradação avançada, pois todas as manchas de solos mais profundos revelaram Capões de Canga, consistente com uma evolução lenta (Schaefer *et al.*, 2017).

As famílias encontradas nesse ambiente são *Anemiaceae*, *Asteraceae*, *Bromeliaceae*.



4.4.2. Campo Rupestre Aberto sobre canga degradada

Esse geoambiente representa o outro extremo do Complexo Rupestre Ferruginoso, com Campo Rupestre Aberto sobre canga. O solo representativo desse geoambiente é Neossolo Litólico húmico típico (Perfil MP 02). Apesar de ser um solo bem raso, apresenta textura franco-arenosa em todo perfil, e possui horizonte A húmico. Do ponto de vista químico (Tabela 8), o solo é distrófico, alíco e ácido, com pH ácido. A matéria orgânica é a mais elevada do Complexo Rupestre Ferruginoso, e os valores de P disponível também são os mais elevados.

A vegetação que se desenvolve nesse geoambiente é mais baixa e aberta que o Campo Rupestre Arbustivo, com predominância de espécies campestre, com componentes lenhosos baixos, com predomínio de *Vellozia*.

As famílias encontradas nesse ambiente são *Anemiaceae*, *Asteraceae*, *Bromeliaceae*, *Cyperaceae*, *Fabaceae*, *Lythraceae*, *Melastomataceae*, *Myrtaceae*, *Orchidaceae*, *Poaceae*, *Velloziaceae* e *Verbenaceae*.



4.4.3. Capão Florestal baixo/arbustal sobre Plintossolo Pétrico

Esse geoambiente representa o Capão Florestal baixo/arbustal sobre canga da Fazenda Volta da Tropa. O solo representativo desse geoambiente é o Plintossolo Pétrico concrecionário cambissólico (Perfis MP 03). Apresenta textura argilosa. Do ponto de vista químico (Tabela 8), o solo é distrófico, alíco e ácido, com pH diminuindo em profundidade. A matéria orgânica é a mais alta entre os Campo Rupestre Ferruginoso. Os valores de P disponível são baixos e constantes (2,5 mg/dm²). Os valores de K foram os mais altos entre os Campos Rupestres Ferruginosos.

A vegetação deste geoambiente é predominantemente bosque baixo, de padrão arbustivo, com *Coccoloba sp.*



Tabela 7 - Características físicas dos solos de Volta da Tropa, Morro do Pilar, Minas Gerais.

Horizonte	Profundidade	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
	(cm)	< 2 mm (dag/kg)				
MP 01 – Cambissolo Húmico distroférico latossólico						
A	0-20 cm	0,377	0,090	0,198	0,334	Franco-Argilo-Arenosa
BA	20-40 cm	0,322	0,098	0,226	0,354	Franco-Argilosa
MP 02 – Neossolo Litólico húmico típico						
A	0-10 cm	0,203	0,432	0,178	0,187	Franco-Arenosa
MP 03 – Plintossolo Pétrico concrecionário cambissólico						
A	0-10 cm	0,321	0,095	0,172	0,412	Argila
BA	10-25 cm	0,303	0,103	0,171	0,423	Argila

Tabela 8 - Características químicas dos solos de Volta da Tropa, Morro do Pilar, Minas Gerais.

Horizonte	pH H2O	pH KCl	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	COT	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
			mg/dm³			cmol _c /dm³					%			dag/kg			mg/L	mg/dm³				
MP 01 – Cambissolo Húmico distroférico latossólico																						
A	4,34	3,81	2,6	21	0	0,11	0,06	2,32	20,9	0,22	2,54	21,12	1	91,3	0	8,91	5,18	2,8	0,89	3,7	139, 3	0,97
BA	4,6	4	1,9	15	0	0,08	0,05	1,26	16,3	0,17	1,43	16,47	1	88,1	0	6,17	3,58	1,6	0,81	5,2	132, 5	0,86
MP 02 – Neossolo Litólico húmico típico																						
A	3,79	*	3	22	5,6	1,18	0,13	1,4	19,1	1,39	2,79	20,49	6,8	50,2	0,12	12,55	7,29	28	0,49	6,5	856, 3	1,94
MP 03 – Plintossolo Pétrico concrecionário cambissólico																						
A	3,97	*	2,5	63	0	0,65	0,14	2,6	24,8	0,95	3,55	25,75	3,7	73,2	0	30,76	17,8	19,4	0,37	5,3	679, 5	1,64
BA	3,86	*	2,5	46	0	0,02	0,11	3,1	22,6	0,25	3,35	22,85	1,1	92,5	0	16,95	9,85	15	0,33	5,1	468, 5	1,34

5. DISCUSSÕES:

Conforme exposto nos dois capítulos deste trabalho, os Campos Rupestres apresentam singularidades devido aos substratos sob a vegetação, as peculiaridades químicas, físicas, climáticas e altitudinais em que ocorrem, sendo assim, ecossistemas únicos e diferentes entre si. No Brasil, eles encontram-se inseridos em zonas de transição dos biomas Mata Atlântica e Cerrado, consideradas *hotspots* de biodiversidade com “importância biológica especial” (Drummond *et al.*, 2005). Schaefer *et al.* (2016), observa-se que os Campos Rupestres são ecossistemas únicos, de alta montanha, cuja proteção efetiva se encontra ameaçada por diversos fatores e pressões, como por exemplo, a atividade mineradora e, embora tenham sido publicados varios trabalhos sobre os Campos Rupestres, pouco ainda são os estudos quantitativos (Conceição, Pirani, 2007).

Há de se ressaltar que a mudança abrupta entre os geoambientes possibilitou a divisão simplificada dos gradientes. A profundidade do solo controlou o gradiente vegetacional, sendo maiores nos ambientes de Capão Florestal do Complexo Rupestre de Parauninha e de Capão Florestal alto de canga do Complexo Rupestre de Volta da Tropa.

Vincent (2004) comparou alguns fragmentos de Campos Rupestres Quartzíticos e Ferruginosos na porção oeste do Quadrilátero Ferrífero. Mourão e Stehmann (2007) compararam um Campo Ferruginoso a nordeste do Quadrilátero Ferrífero com alguns campos quartzíticos e ferruginosos do próprio Quadrilátero, Cadeia do Espinhaco e da Serra de Carajás. Esses autores encontraram baixa similaridade tanto entre as áreas com a mesma litologia, assim como em litologias distintas. Inúmeros trabalhos evidenciam que há baixa similaridade entre as áreas estudadas. Isso pode ser explicado pelas barreiras geográficas que existem entre os topos de serras onde os Campos Rupestres se localizam, além do material de origem, clima, queimadas, incidência solar, vegetação periférica. A elevada diversidade beta e gama nos Campos Rupestres é tal que os mesmos filtros biológicos operam sobre materiais muito distintos, levando à especiação e endemismos (Pereira, 2016).

Em geral, os solos das áreas de estudo, são ácidos, muito pobres e com baixos teores de P. Em todos os perfis do Campo Rupestre Ferruginoso, os teores de P foram considerados muito baixos. Os teores de cálcio (Ca^{2+}) foi baixo em todos os geoambientes estudados. O baixo nível de fertilidade do solo está relacionado com as perdas por lixiviação dos nutrientes, reforçado pela alta drenagem, e baixo teor de nutrientes do material de origem, especialmente os quartzitos (Benites *et al.*, 2007). De acordo com Ribeiro *et al.* (1999), nos sistemas ferruginosos, dada à mineralogia oxidica de solos sobre afloramentos ferríferos, as partículas de óxidos de

ferro tendem a apresentar balanço de cargas positivas, pois o pH do solo encontra-se abaixo do ponto de carga zero (PCZ) destes minerais. Pereira *et al.* (2010), salienta que nestes ambientes, a geração de carga negativa pela matéria orgânica é fundamental para manutenção da eletronegatividade do solo e retenção de cátions. Além disso, a redução dos teores de nutrientes em profundidade indica o papel da MOS como fonte de nutrientes através da ciclagem biogeoquímica.

É importante lembrar que o conceito de sucessão ecológica é inadequado aos Campos Rupestres, uma vez que cada fitofisionomia revela uma estreita relação de dependência com atributos do solo. Portanto, representam clímax pedológicos com mecanismos adaptativos que mostram síndromes fitofisionômicas próprias de cada situação pedogeomorfológica, sob controle de uma lenta evolução transformativa, em um quadro de estado estacionário (Schaefer 2015; 2016).

A compensação ambiental é um instrumento que está em evolução, haja vista a legislação que está em processo de adequação dos possíveis danos ambientais e conservação dos recursos naturais e, portanto, torna-se adequado estudos desta natureza como ferramenta para auxiliar as políticas públicas relacionadas à esta temática (Barros, 2013).

Visando a conservação do ecossistema regional, aconselha-se que hajam geoambientes com substratos Ferruginosos, bem como Quartzíticos, para garantir maior variedade de geoambientes e habitats para conservação e sobrevivência de espécies cujo alcance espacial e ecológico é mais limitado. Portanto, a conservação integral de uma Unidade de Conservação é de extrema importância.

Ao contrário da maioria dos Campos Rupestres Quartzíticos, que têm uma ampla área de distribuição, alguns localizados em Unidades de Conservação de dimensões consideráveis, como o Parque Nacional da Serra do Cipó, os Campos Rupestres Ferruginosos no Espinhaço estão numa situação que precisa ser rapidamente revertida. Além da distribuição restrita, concentrada no Quadrilátero Ferrífero, são pouquíssimas as Unidades de Conservação que contém essas comunidades, sendo o Parque Estadual da Serra do Rola Moça, próximo de Belo Horizonte, a mais destacada (Jacobi, Carmo, 2008). Pela peculiaridade da flora e ocorrência de endemismos, a observância legal da preservação das diversas modalidades de Campos Rupestres deve ser respeitada de modo a garantir a preservação da biodiversidade (Messias *et al.* 2012).

Constata-se que existe, no sentido geoambiental/ecológico, uma equivalência muito satisfatória entre as áreas de compensação e a área de intervenção da Mina Sapo-Ferrugem da empresa Anglo American. Considera-se uma circunstância oportuna o fato de ter áreas de

compensação como Volta da Tropa, no município de Morro do Pilar. A área encontra-se em bom estado de conservação, mesmo se encontrando as margens da sede do município e do antigo traçado da Estrada Real. Além disso, esse local foi visitado por Auguste Saint-Hillaire e onde foi descrita pela primeira vez a *Vellozia subalata*. Os Campos Rupestres Ferruginosos tão emblemáticos e singulares para a criação de Unidades de Conservação (Schaefer *et al.*, 2017).

Os Campos Ferruginosos de Volta da Tropa se encontram em bom estado de conservação, possuem matas de galeria e um curso d'água permanente que é fonte de captação de água para o abastecimento da cidade, fator de grande importância, que justificam sua destinação para preservação. A compensação no Campo Rupestre Ferruginoso deverá ser efetuada em três fragmentos que, juntos, somam 113,48 ha (5,66 ha, 106,98 ha e 0,85 ha, respectivamente), utilizando-se de técnicas de conservação e manejo.

Volta da Tropa é altamente relevante como área de compensação, devendo inclusive ser potencializada como Unidade de Conservação destinada à visitação pública e Educação Ambiental, pelo fato de ter sido uma das pioneiras áreas de exploração de minério de ferro no Brasil, para a fundação do Morro do Pilar à época do Intendente Câmara, além de local exato da coleta da espécie *Vellozia* por Auguste de Saint-Hilaire, uma das primeiras descritas no Brasil, e identificadas recentemente como provável espécie nova (*Vellozia hillariana*) (Schaefer *et al.*, 2017).

A criação da Unidade de Conservação do Parque Estadual da Serra do Intendente foi criada através do Decreto sem número, de 29 de março de 2007 e possui área de 13.508.83 hectares. UC está localizada nas terras altas da Serra do Espinhaço, região reconhecida pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) em 2005 como Reserva da Biosfera. Junto com o Parque Nacional da Serra do Cipó e a APA Morro da Pedreira, formam um corredor contínuo de unidades de conservação nas terras altas da Serra do Espinhaço (IEF, 2015).

Segundo Schaefer *et al.* (2017), a Parauninha apresenta um fragmento de 280 ha de Complexo Rupestre Quartzítico localizado na porção leste da propriedade, alvo da proposta de compensação. Tal fragmento será alvo de conservação e manejo. Esta propriedade representa umas das áreas mais representativas e conservadas com domínio de Campos Rupestres em toda a borda leste do Espinhaço, na vertente do rio Doce, abrangendo uma diversidade geoambiental sem precedentes. Possui um sistema de cânions e vales estruturais que formam o anfiteatro do Cânion do Rio do Peixe Tolo.

Por fim, assim como Benites *et al.*, (2003) e Reis (2014), verificou-se que o enquadramento taxonômico dos solos estudados nesse trabalho foi problemático quando

seguiu-se de maneira precisa os critérios da 3ª edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Um dos princípios fundamentais que regem a classificação de solos brasileira é o caráter morfogenético, evidenciando a preocupação em desenvolver um sistema taxonômico que leve mais em conta características relacionadas a sua morfologia e gênese do que características quantitativas para distinção dos horizontes diagnósticos.

6. CONCLUSÕES:

As interações entre relevos, solos, vegetação encontradas nas áreas de estudo desse trabalho demonstram que há uma heterogeneidade entre os geoambientes deste estudo, com transições ora abruptas, ora suavizadas entre as fitofisionomias da paisagem.

Os Campos Rupestres Quartzíticos são formados sob uma espessa camada de quartzito. As cristas e a encosta da Serra do Intendente e o vale encaixado do Rio do Peixe Tolo foram formados devido à erosão eólica e a dissecação do sistema de drenagem. Entretanto, nos solos desenvolvidos sobre quartzitos, o déficit hídrico é mais severo devido a textura arenosa dos mesmos.

Os solos encontrados na Serra do Intendente são arenosos e rasos, porém contínuos, aonde raramente ocorrem afloramentos rochosos, com exceção do Campo Rupestre Aberto da encosta da Serra do Intendente, onde a encosta quartzítica dá origem a um Neossolo Litólico. Durante a estação chuvosa, ocorre o encharcamento temporário do geoambiente de Campo Rupestre Brejoso.

No platô, onde foi encontrado uma camada de filito com anfibolito encaixados no quartzito, os solos são mais profundos e argilosos e, por isso, há grande heterogeneidade da composição florística, com a presença de um Capão Florestal, com indivíduos de maior porte em relação aos demais geoambientes desse Complexo. Em uma área dominada por rochas quartzíticas, a presença da área florestada demonstra a complexidade e a diversidade dos Complexos Rupestres, demonstrando, assim, a influência do relevo na conservação desses ambientes na paisagem.

Os Campos Rupestres Ferruginosos apresentam substrato mais escasso e com canga couraçada. É um ambiente mais restritivo ao crescimento de espécies devido à escassez do substrato e altos teores de metais, além das características restritivas apresentadas ao longo desse trabalho.

A Fazenda Volta da Tropa é composta por rochas do grupo Serra da Serpentina, rica em filitos, itabiritos, xistos e quartzitos, com grande importância econômica para Morro do Pilar desde os tempos coloniais, onde ocorreram as primeiras explorações de minério de ferro do

Brasil. Além disso, na parte baixa da Fazenda, ficava a captação de água para mover as fornalhas reais para fundição do minério de ferro. Mesmo com esse impacto verificado em séculos anteriores, o fragmento encontra-se em excelente condição de conservação, demonstrada pelo porte da *Vellozia sp.*, cujo crescimento é muito lento, cerca de 4 centímetros por ano.

Os Campos Rupestres Ferruginosos e Quartzíticos estudados em Morro do Pilar e Conceição do Mato Dentro apresentam um complexo mosaico de comunidades relacionadas, influenciado pelo contato entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado, considerados como *hotspots* de biodiversidade e endemismos. Mesmo distantes a apenas 30 quilômetros entre si, ocorre um isolamento entre as unidades, propiciando a baixa similaridade. Além disso, a ocorrência de barreiras geográficas, a heterogeneidade do ambiente, litologia (combinadas ou não), variação química e física das rochas, as formas de relevo (vertentes inclinadas, platôs e depressões) também são fatores que influenciam na baixa similaridade entre as áreas, possibilitando a formação de micro-habitat biodiversos.

Portanto, a compensação de Complexos Rupestres deve contemplar toda a área. Apesar desse estudo ser restrito a uma pequena área, ela corrobora com a identificação de endemismos e da distribuição geográfica de espécies de Campos Rupestres.

A estratificação dos geoambientes nas áreas de Complexos Rupestres é complexa e diversificada. Sendo assim, devido a heterogeneidade geológica e de relevo, sugere-se que sejam feitos mapeamentos em escalas detalhadas. A importância da escala é fundamental em pesquisas de cunho geográfico, cartográfico, ou ambiental, ou qualquer outra que se realize sobre o espaço físico de atuação de um fenômeno, espacializando a sua representação de modo que as particularidades de cada área sejam apresentadas nos mapas, pois são importantes para tomada de decisões sobre a preservação das áreas, desenvolver ideias de uso sustentável pela comunidade, visando a educação ambiental.

Os Complexos Rupestres sofrem impactos em sua totalidade ambiental e por isso, devem ser tomados os devidos cuidados quanto à preservação da biodiversidade na Cadeia do Espinhaço e dos seus biomas contíguos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil** – Potencialidades Paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003
- ALMEIDA-ABREU, P.A. O Supergrupo Espinhaço da Serra do Espinhaço Meridional (Minas Gerais): o Rifte, a Bacia, o Orogeno. **Geonomos** v.3, n.1, p. 1-18. 1995
- ALVAREZ V., V.H.; DIAS, L.E.; RIBEIRO JÚNIOR, E.S.; SOUZA, R.B. & FONSECA, C.A. **Métodos de análises de enxofre em solos e plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2001. 131p.
- ARAÚJO, Raphael Wakin de. **Geoambientes e relação solo-vegetação no Parque Nacional das Sempre-Vivas, Minas Gerais, Brasil**. 2015. 107 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2015.
- BARROS, Eva Costa de. **Estudo da compensação ambiental aplicado ao Estado de Minas Gerais**. 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Engenharia Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, 2013.
- BENITES, V.M., SCHAEFER, C.E.G.R, SIMAS, F.N.B, SANTOS, H.G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 30, n. 4, p. 569-577, 2007.
- BLUM, Christopher Thomas; RODERJAN, Carlos Vellozo; GALVÃO, Franklin. O CLIMA E SUA INFLUÊNCIA NA DISTRIBUIÇÃO DA FLORESTA OMBRÓFILA Densa NA SERRA DA PRATA, MORRETES, PARANÁ. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 3, p.589-598, jul./set. 2011. Trimestral. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/24052/16083>>. Acesso em: 27 maio 2018
- CAMARGOS, V. L., A. F. SILVA, J. A. A. MEIRANETO & S. V. MARTINS. Influência de fatores edáficos sobre variações florísticas na Floresta Estacional Semidecídua no entorno da Lagoa Carioca, Parque Estadual do Rio Doce, MG, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**. v. 22, p. 75-84, 2008.
- CAMPOS, J. ; CASTILHO, A. F. Uma Visão Geográfica da Região da Flona de Carajás. In MARTINS, F.D.; CASTILHO, A.F.; CAMPOS, J.; MARTINS-HATANO, F. & ROLIM,

S.G (org.). **Fauna da Floresta Nacional de Carajás**: estudos sobre vertebrados terrestres. Nitro Imagens, São Paulo. Cap.2: 28-65. 2012.

CLEMENTE, Nicolò. **GEOAMBIENTES DA RPPN DA SERRA DO CARAÇA E FEIÇÕES DO CARSTE QUARTZÍTICO**. 2015. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2015.

CNCFlora – Centro Nacional de Conservação da Flora. **Lista Vermelha**. 2014. Disponível em: < <http://www.cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>>. Acesso em 08 de abril de 2018.

CONCEIÇÃO, A. A.; GIULIETTI, A. M. Composição florística e aspectos estruturais de Campo Rupestre em dois platôs no Morro do Pai Inácio, Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Hoehnea**, v. 29, p. 37-48, 2002.

CONCEIÇÃO, A.A., PIRANI, J.R, MEIRELLES, S.T. Floristics, structure and soil of insular vegetation in four quartzite-sandstone outcrops of Chapada Diamantina, Northeast Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**. v. 30 p.641-655, 2007.

CONCEIÇÃO, A.A., PIRANI, J.R. Diversidade em quatro areas de Campos Rupestres na Chapada Diamantina, Bahia, Brasil: especies distintas, mas riquezas similares. **Rodriguésia** v. 58, p. 193-206, 2007.

DRUMMOND, G.M., C.S. MARTINS, A.B.M MACHADO, F.A. SEBAIO & Y. ANTONINI (eds.). **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação, 2a. ed.** Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte, Brasil. 222 pp, 2005.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 353 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Org.:José Coelho de Araújo Filho. **Floresta Ombrófila Densa**. s/d. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/territorio_mata_sul_pernambucana/arvore/CONT000gt7eon7l02wx7ha087apz2qm63151.html>. Acesso em: 28 maio 2018.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **ArcGIS® Professional GIS for the desktop**, versão 10.5, 2016.

- FERRARI, Lucas Teixeira. **Geoambientes na RPPN Capivari II e Monitoramento Térmico e Hídrico em Solos de Canga Ferrífera e Quartzito, Quadrilátero Ferrífero - Minas Gerais**. 2013. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2013.
- FRANCO, André Rocha; MORAIS, Gustavo Amaral Cardoso de; ANDRADE, Miguel Ângelo; SILVEIRA, Geraldo Tadeu Rezende. PROJETO DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL PARA OS RECURSOS HÍDRICOS DO PARAUNINHA: comunidades ribeirinhas como cidadãos ambientais promotores de sustentabilidade na Região do Parque Estadual da Serra do Intendente. **Ambiente & Educação**, Rio Grande - RS, v. 18, n. 2, p.15-36, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.furg.br/ambeduc/article/view/2938/2841>>. Acesso em: 27 dez. 2018.
- GONTIJO, Bernardo Machado. Uma geografia para a Cadeia do Espinhaço. **Megadiversidade**, Belo Horizonte, v. 1-2, n. 4, p.7-15, dez. 2008.
- GROSSI-SAD, J. H.; LOBATO, L. M.; PEDROSA-SOARES, A. C.; Soares-Filho, B. S. (coordenadores e editores). In: **Projeto Espinhaço em CD-ROM** (textos, mapas e anexos). Belo Horizonte: COMIG - Companhia Mineradora de Minas Gerais. 1997.
- GUEDES, Ítalo Moraes Rocha. **Geoambientes, Estoque de Carbono e Termodegradação da Matéria Orgânica de Solos da Área de Proteção Ambiental Estadual Cachoeira das Andorinhas, Ouro Preto, Minas Gerais**. 2008. 61 f. Tese (Doutorado) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2008.
- HARLEY, R. M. Florula of Mucugê, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil: a descriptive checklist of a Campo Rupestre area. Kew, Surrey: **Royal Botanic Gardens**, p. 1-42, 1986.
- HARLEY, R.M. 1995. Introduction. In: B.L. Stannard (ed.). Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia. Kew, Surrey: **Royal Botanic Gardens**, p. 1-40, 1995.
- INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS (Minas Gerais). Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. **Parque Estadual Serra do Intendente**. 2015. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/areas-protegidas/249>>. Acesso em: 11 jul. 2017.
- JACOBI, C. M.; CARMO, F. F. The contribution of ironstone outcrops to plant diversity in the iron quadrangle, a threatened brazilian landscape. **Ambio**, Washington, DC, v. 37, p. 324-326, 2008.

- JACOBI, C.M., CARMO, F.F., VINCENT, R.C. Estudo Fitossociológico de uma comunidade vegetal sobre canga com subsídio para a reabilitação de áreas mineradas no Quadrilátero Ferrífero, MG. **Revista Árvore**, v.32, n.2, 345-353, 2008.
- JACOBI, C.M., CARMO, F.F., VINCENT, R.C., STEHMANN, J.R. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation** v. 16 p. 2185-2200, 2007.
- KNAUER, L.G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. **Geonomos**, v. 15 n.1, p. 81-90. 2007
- LARCHER, W. Physiological Plant ecology. **Berlin, Spring, Verlag** 506 p. 1995.
- LEINZ, V. E AMARAL, S.E. **Geologia Geral**. Editora Nacional, São Paulo. 1989.
- MADEIRA, João Augusto (Org.). Encarte 2: Caracterização Ambiental, Aspectos Culturais, Uso e Ocupação do Solo, Visão das Comunidades. In: BRASÍLIA. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Icmbio. Ministério do Meio Ambiente. **PLANO DE MANEJO: PARQUE NACIONAL DA SERRA DO CIPÓ E ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MORRO DA PEDREIRA**. Brasília: 2009. p. 54-152.
- MARTINS, Frederico Drumond. **O Conflito de Carajás: Cenários para a conservação da savana metalófila**. 2015. 65 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Biodiversidade em Unidades de Conservação, Instituto de Pesquisa Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.
- MEIRELLES, S. T.; PIVELLO, V. R.; JOLY, C. A. The vegetation of granite rock outcrops in Rio de Janeiro, Brazil, and the need for its protection. **Environmental Conservation**, Cambridge, v. 26, n. 1, p. 10-20, 1999.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2007. 206 p.
- MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; KOZOVITS, A. R.; TAVARES, R. Soil-vegetation relationship in quartzitic and ferruginous brazilian rocky outcrops. **Folia Geobotânica**, Czech Republic, v. 48, n. 4, p. 509-521, 2013.
- MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; KOZOVITS, A.R. Fitossociologia de Campos Rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Acta Bot. Bras.**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 230-242, 2012.

- MOURÃO, A.; STEHMANN, J. R. Levantamento da flora do Campo Rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v.58, n. 4, p.775-786, 2007.
- MUNSELL. **Soil color charts**. Munsell Color Company, Baltimore, 28p. 1994.
- NOVAIS, R.F., SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- NUNES, Jaqueline Alves. **Florística, Estrutura e Relações Solo-Vegetação em Gradiente Fitofisionômico sobre Canga, na Serra Sul, FLONA Carajás - Pará**. 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Botânica, Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2009.
- PEREIRA, Aianã Francisco Santos. **Florística, Fitossociologia e Relação Solo Vegetação no Complexo Rupestre do Quadrilátero Ferrífero, MG**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 161 f., 2016.
- PEREIRA, Anaiã Francisco Santos. **Florística, Fitossociologia e Relação Solo-Vegetação em Campo Rupestre Ferruginoso do Quadrilátero Ferrífero, MG**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Botânica, Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 97 f., 2010.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE MORRO DO PILAR – MG. **PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO (PMSB) DO MUNICÍPIO DE MORRO DO PILAR – MG**: Relatório Final e Proposição da Minuta de Lei do PMSB. Morro do Pilar: -, 2016. 356 p. Disponível em: <http://pmsbfunec.com.br/Produtos/Santo_Antonio/Morro_do_Pilar/P8.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2017.
- QUEIROZ, L.P., SENA, T.S.N., COSTA, M.J.S.L. 1996. Flora vascular da Serra da Jiboia, Santa Terezinha – Bahia. I: O Campo Rupestre, **Sitientibus** v. 15, p. 27-40, 1996.
- REDFORD, K. H. The Termitaria of *Cornitermes cumulans* (Isoptera, Termitidae) and Their Role in Determining a Potential Keystone Species. **Biotropica** v. 16, p. 112-119, 1984.

- REIS, João Santiago. **CARACTERIZAÇÃO DE SOLOS FERRUGINOSOS ALTOMONTANOS DA SERRA DO GANDARELA**. 2014. 85 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG, 2014.
- RESENDE, M., CURI, N., REZENDE, S.B., CORRÊA, G.F. **Pedologia**: base para distinção de ambientes 4 ed. Viçosa: NEPUT. 2002.
- REZENDE, E. A.; SALGADO, A. A. R. Mapeamento de unidades de relevo na média Serra do Espinhaço Meridional - MG. **GEOUSP**, v. 30, p. 45-60, 2011.
- RIBEIRO, A C, GUIMARÃES, P T & ALVAREZ V H & ALVAREZ V H (Eds.) Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5a. Aproximação. Viçosa, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. 1999. 359 p.
- RIZZINI, C.T. **Tratado de Fitogeografia do Brasil**. Aspectos Sociológicos e Florísticos. HUCITEC/EDUSP, São Paulo, 1979. 374p.
- RUIZ, H. A. Incremento da exatidão da análise granulométrica do solo por meio da coleta da suspensão (silte + argila). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 29, p. 297-300. 2005.
- SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.
- SANTOS, R. D.; LEMOS, R. C.; SANTOS, H. G.; KER, J. C.; ANJOS, L. H. C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ªEd. (Revista e ampliada). Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SARCINELLI, T.S.; SCHAEFFER, C.E.G.R.; LYNCH, L.S.; ARATO, H.D.; VIANA, J.H.M.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. & GONÇALVES, T.T. Chemical, physical and micromorphological properties of termite mounds and adjacent soils along a toposequence in Zona da Mata, Minas Gerais State, Brazil. **Catena**, v. 76, p. 107-113, 2009.
- SCHAEFER C.E.G.R., CÂNDIDO H.G., CORRÊA G.R., PEREIRA A., NUNES J.A., SOUZA O., MARINS A., FERNANDES-FILHO E., KER J.C. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Brasil: uma revisão crítica e papel ecológico de termiteiros. In: Carmo F.F., Kamino L.H.Y. (eds) **Geossistemas Ferruginosos do Brasil**: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. 3i, Belo Horizonte, p. 77–102, 2015

- SCHAEFER, C.E.G.R. *et al.* **Geodiversidade dos Ambientes de Canga na Região de Carajás – Pará**. Relatório Técnico Vale do Rio Doce, 75 p. 2008
- SCHAEFER, Carlos E.G.R. *et al.* The Physical Environment of Rupestrian Grasslands (Campos Rupestres) in Brazil: Geological, Geomorphological and Pedological Characteristics, and Interplays. In: Geraldo Wilson Fernandes. (Org.). **Ecology and Conservation of Mountaintop grasslands in Brazil**. 1ed.: Springer International Publishing, 2016, v., p. 15-53.
- SENAC (Minas Gerais). **Parque Estadual da Serra do Intendente**. s/d. Disponível em: <http://www.descubraminas.com.br/Turismo/ParqueApresentacao.aspx?cod_destino=832>. Acesso em: 22 mar. 2018.
- SILVA, Wesley Alves. **Gradiente Vegetacional e Pedológico em Complexo Rupestre de Quartzito no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brasil**. 2013. 79 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Botânica, Biologia Vegetal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2013.
- UFV - CETEC - UFLA - FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. 49p. Disponível em: Acesso em: <<http://www.feam.br/noticias/1/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. 20 de out. de 2016.
- VELOSO, H.P., RANGEL FILHO, A.L.R. & LIMA, J.C.A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Rio de Janeiro. 1991
- VIANA, P.L.; LOMBARDI, J.A. Florística e caracterização dos Campos Rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia** v. 58, p. 159-177, 2007.
- VINCENT, R.C. **Florística, fitossociologia e relações entre a vegetação e o solo em área de campos ferruginosos em Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo 145 p. 2004.
- VINCENT, R.C., JABOCI C.M., ANTONINI, Y. 2002. Diversidade na adversidade. **Ciência Hoje**. v. 31 p. 64-67, 2002.
- ZAR, J.H. **Biostatistical Analysis**. New Jersey, Prentice Hall, 622 p. 1996.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os solos estudados apresentam características fortemente relacionadas ao seu material de origem e/ou condição pedogeomorfológica. Os Campos Rupestres geram paisagens muito específicas que muitas vezes não recebem a devida atenção por sua pequena distribuição geográfica, dificuldade de acesso, pressão antrópica, incêndio, atividades agropecuárias e mineração, que causam o declínio continuado da qualidade do habitat.

Os dados obtidos até aqui poderão ser úteis para elaboração de programas de manejo e conservação de áreas de Complexos Rupestres, bem como poderão auxiliar a nortear uma nova legislação ambiental, lembrando que os Complexos Rupestres não são, e nem poderiam ser um ecossistema associado exclusivamente à Mata Atlântica, pois também ocorre no Cerrado, no Pantanal, na Caatinga e na Amazônia. Logo, é possível justificar e embasar uma discussão sobre uma possível lei para Campos Rupestres.

O mapeamento em escalas com menor detalhamento é necessário em áreas de Campos Rupestres, considerando a importância de se documentar inúmeros outros pequenos fragmentos do Complexo Rupestres, suas transições vegetacionais, os afloramentos de rocha, bem como considerar as sutilezas e fragilidades dos mesmos.

ANEXOS

Anexo 1 – Características químicas dos termitérios dos Complexos Rupestres.

Tabela 9 - Características químicas dos termitérios de Parauninhas, Conceição do Mato Dentro, Minas Gerais.

Horizonte	pH H2O	pH KCl	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
			mg/dm³			cmol _c /dm³							%		dag/kg	mg/L	mg/dm³				
PAR 01 – Neossolo Quartzarênico órtico lítico																					
Cupim 1	4,77	3,45	12,6	15 5	11,7	2,62	2,25	1,26	41,2	5,32	6,58	46,52	11,4	19,1	0,11	29,13	55,4	1,33	38	38,4	3,95
Cupim 2	4,33	3	8,5	78	5,7	1,91	1,75	1,45	33,7	3,88	5,33	37,58	10,3	27,2	0,07	28,79	56,7	1,4	38	50,6	4,45
Cupim 3	4,57	2,71	11,8	72	1,8	2,32	1,24	1,55	36	3,75	5,3	39,75	9,4	29,2	0,02	27,42	54,1	1,46	21, 1	69	5,7
Cupim 4	3,85	2,78	15,7	12 5	3,8	2,94	1,7	3	43	4,98	7,98	47,98	10,4	37,6	0,03	28,44	52,4	1,42	21, 7	46,9	4,41
PAR 02 – Neossolo Litólico húmico espodizado																					
Cupim 1	4,85	2,56	18,1	70	3,8	3,11	1,08	0,97	26	4,39	5,36	30,39	14,4	18,1	0,05	28,44	60	1,75	25, 4	109, 3	8,21
Cupim 2	4,69	3,23	20	62	3,8	2,86	1,38	1,26	32,6	4,42	5,68	37,02	11,9	22,2	0,04	28,44	59,2	1,84	39, 7	121, 1	10,1
Cupim 3	4,47	3,05	7,8	50	3,8	2,56	0,71	1,36	57,2	3,41	4,77	60,61	5,6	28,5	0,03	23,3	52,2	1,89	15, 2	66,8	6,55
PAR 03 – Espodossolo Humilúvico órtico arênico																					
Cupim 1	3,62	2,24	5,1	33	1,8	1,28	0,44	2,42	21,7	1,81	4,23	23,51	7,7	57,2	0,03	19,88	53,9	2,06	10, 4	49,4	3,38
Cupim 2	3,97	2,37	5,4	36	0	1,42	0,51	1,55	19,2	2,02	3,57	21,22	9,5	43,4	0	21,59	57,3	2,13	10, 6	53,2	4,27
Cupim 3	3,63	2,61	6,2	54	5,7	2,58	0,88	2,13	31	3,62	5,75	34,62	10,5	37	0,07	30,84	55,9	1,96	19, 5	46,4	6,1
PAR 04 - Cambissolo Háplico Tb distrófico latossólico																					
Cupim 1	4,08	4,19	4,5	60	1,8	0,57	0,15	2,23	15,2	0,88	3,11	16,08	5,5	71,7	0,05	8,22	12,9	1,94	7,4	115, 9	3,33
Cupim 2	3,82	3,52	4,5	62	11,7	0,35	0,19	3,2	21,4	0,75	3,95	22,15	3,4	81	0,23	14,74	14,1	2,19	4,2	166, 2	3,36
Cupim 3	4	3,25	3,7	54	3,8	0,42	0,17	2,42	18,7	0,74	3,16	19,44	3,8	76,6	0,08	11,99	11,9	2,07	5,3	251	3,58

PAR 05 – Neossolo Litólico																					
Cupim 1	4,02	3,25	19,5	13 7	7,7	2, 49	1,94	2,71	51	4, 81	7,52	55,8 1	8,6	36	0,06	30,5	61,2	2,06	26 ,6	49,4	4,99
Cupim 2	4,25	2,25	12,8	12 7	5,7	2, 69	2,16	1,94	45,9	5, 2	7,14	51,1	10,2	27,2	0,05	28,44	60,4	1,94	29 ,4	43,6	4,18
Cupim 3	4,29	2,41	19,6	15 7	13,7	3, 14	2,55	2,32	47,1	6, 15	8,47	53,2 5	11,5	27,4	0,11	30,5	66,1	2,04	29 ,6	34,8	4,15
PAR 06 – Espodossolo Humilúvico órtico típico																					
Cupim 1	4,19	2,5	21,6	14 1	5,7	1, 8	1,47	1,94	31,8	3, 66	5,6	35,4 6	10,3	34,6	0,07	23,99	61,8	1,76	19 ,6	49,7	4,36
Cupim 2	4,75	2,56	50,5	20 2	23,5	3, 1	2,04	1,26	34,2	5, 76	7,02	39,9 6	14,4	17,9	0,26	31,87	71	1,97	30 ,7	34,8	5,89
Cupim 3	4,54	2,96	14,5	19 2	9,7	2, 75	1,8	1,45	41,7	5, 08	6,53	46,7 8	10,9	22,2	0,09	31,53	66,7	1,75	29 ,9	39,2	4,71
PAR 07 – Neossolo Quartzarênico órtico espodossólico																					
Cupim 1	4,85	3,07	41	18 1	3,8	2, 21	0,53	1,74	33,4	3, 22	4,96	36,6 2	8,8	35,1	0,05	29,81	41,4	2,34	36 ,4	150, 3	8,02
Cupim 2	3,28	2,6	12,4	10 4	0	11 ,1	2,76	5,23	50	14 ,1 3	19,36	64,1 3	22	27	0	61	60,5	2,4	63 ,1	22,6	7,63
Cupim 3	4,39	2,95	33,6	17 5	1,8	4, 14	0,63	2,13	35,5	5, 23	7,36	40,7 3	12,8	28,9	0,02	30,16	58,5	2,34	47 ,2	96,2	8,91
PAR 08 – Espodossolo Ferrilúvico órtico típico																					
Cupim 1	4,77	2,76	25,6	16 6	0	1, 2	0,55	2,03	32,3	2, 18	4,21	34,4 8	6,3	48,2	0	13,83	44,7	1,16	18 ,8	140, 9	3,4
Cupim 2	4,47	2,62	4,9	32	0	1, 23	0,34	1,65	19,3	1, 65	3,3	20,9 5	7,9	50	0	24,37	51,5	0,78	18 ,5	62,4	2,6
Cupim 3	4,81	3,27	23,8	15 1	0	1, 84	1,04	1,07	20,8	3, 27	4,34	24,0 7	13,6	24,7	0	5,79	54,4	1,06	38 ,8	67,6	5,35

Tabela 10 - Características químicas dos termiteiros de Volta da Tropa, Morro do Pilar, Minas Gerais.

Horizonte	pH H2O	pH KCl	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem	Cu	Mn	Fe	Zn
			mg/dm³			cmol/dm³							%			dag/kg	mg/L	mg/dm³			
MP 01 – Latossolo Vermelho concrecionário húmico																					
Cupim 1	5,37	3,22	3,1	13 9	5,7	1,93	0,46	0,97	27,3	2,77	3,74	30,07	9,2	25,9	0,08	23,99	35,5	1,12	24, 9	389, 7	3,43
Cupim 2	5,41	3,47	9,1	11 0	0	1,14	0,22	1,45	31	1,64	3,09	32,64	5	46,9	0	31,87	22,8	1,49	11, 9	343, 5	3,56
Cupim 3	4,9	3,08	9	96	0	0,83	0,13	2,71	31,6	1,21	3,92	32,81	3,7	69,1	0	31,87	26	1,71	8,8	693, 3	3,52
MP 02 – Neossolo Litólico húmico típico																					
Cupim 1	5,57		4,1	68	3,6	1,53	0,36	1	18,5	2,08	3,08	20,59	10,1	32,5	0,08	15,07	34,7	0,35	13, 3	514, 2	2,14
MP 04 – Plintossolo Pétrico concrecionário cambissólico																					
Cupim 1	4,27		4,1	85	0	1,92	0,22	2,3	21,1	2,36	4,66	23,46	10,1	49,4	0	33,27	21,3	0,56	15, 1	101 1,5	3,23

Os termiteiros possuem um papel crucial na ciclagem de nutrientes em solos muito pobres, ácidos dos trópicos na conservação e disponibilidade de nutrientes nos ambientes de Campos Rupestres Quartzíticos e Ferruginosos (Sarcinelli *et al.*, 2009). São ambientes fechados, onde os microclimas são mantidos e são diferentes dos encontrados no ambiente. Em alguns casos, a temperatura interna pode exceder em até 10°C a temperatura externa ao ninho. A razão do microclima do termiteiro ser mais estável pode ser explicada em grande parte pela arquitetura do ninho, pelo material utilizado para construção e principalmente pela interação e dinâmica destes fatores (Redford 1984).

Anexo 2 – Listas de espécies florísticas:

Para a execução dos trabalhos de campo, o engenheiro agrônomo Otávio Ribeiro, especialista em vegetações rupestres, cedeu a lista de espécies florísticas das áreas de estudo, onde foram registradas 182 espécies em toda área de Parauninha, distribuídas em 20 famílias botânicas (Tabela 11). Em Volta da Tropa, foram registradas 60 espécies, distribuídas em 29 famílias botânicas (Tabela 12).

Em Parauninha, a família com maior riqueza florística foi *Asteraceae*, com 21 espécies, representando 12% do total de espécies amostradas. *Velloziaceae* teve 18 espécies amostradas, enquanto *Bromeliaceae* e *Melastomataceae* obtiveram 15 espécies cada uma, o que representou 8% das espécies amostradas cada uma.

As famílias *Annonaceae*, *Apiaceae*, *Calophyllaceae*, *Campanulaceae*, *Celastraceae*, *Convolvulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Gentianaceae*, *Humiriaceae*, *Lauraceae*, *Menyanthaceae*, *Myrtaceae*, *Ochinaceae*, *Piperaceae*, *Podocarpaceae*, *Portulacaceae* e *Proteaceae* apresentaram apenas uma espécie cada, representando, cada uma, 1% das espécies amostradas em todas as famílias.

Tabela 11 - Espécies da Flora Avaliadas Como Ameaçadas de Extinção em Minas Gerais, segundo os critérios IUCN (2001) e CNCFlora (2014) - Parauninha

Legenda: LC – não ameaçada; DD – deficiente de dados; EN – em perigo; VU – vulnerável; CR – criticamente em perigo; NT – quase ameaçadas.

Parauninha - Conceição do Mato Dentro		
Família	Espécie	Categoria
<i>Annonaceae</i>	<i>Guatteria villosissima</i> A. St.-Hil.	LC
<i>Araceae</i>	<i>Anthurium minarum</i> Sakuragui & Mayo	DD
	<i>Anthurium scandens</i> (Aubl.) Engl.	DD
<i>Areaceae</i>	<i>Euterpe edulis</i> Mart.	VU
	<i>Syagrus glaucescens</i> Glaz. Ex Becc.	DD
	<i>Geonoma brevspatha</i> Barb. Rodr.	DD
<i>Asteraceae</i>	<i>Achyrocline satureioides</i> (Lam.) DC.	DD
	<i>Eremanthus incanus</i> Less.	LC
	<i>Eremanthus polycephalus</i> (DC.) MacLeish	LC
	<i>Dasyphyllum sprengelianum</i> (Gardner) Cabrera	LC
	<i>Proteopsis argentea</i> Mart. & Zucc. ex Sch.Bip.	VU
<i>Asteraceae</i>	<i>Pseudobrickellia brasiliensis</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	LC
	<i>Richterago radiata</i> (Vell.) Roque.	LC
	<i>Senecio clausenii</i> Decne.	EN
	<i>Mikania sessilifolia</i> DC.	LC
	<i>Chrysolaena cognata</i> (Less.) Dematt.	DD
	<i>Cyrtocymura scorpioides</i> (Lam.) H.Rob.	DD

Asteraceae	<i>Richterago arenaria</i> (Baker) Roque	VU
	<i>Richterago lanata</i> Roque	CR
	<i>Lychnophora phylicifolia</i> DC.	DD
	<i>Lychnophora syncephala</i> (Sch.Bip.) Sch.Bip.	VU
	<i>Lychnophora staavioides</i> Mart.	DD
	<i>Lychnophora sellowii</i> Sch.Bip.	VU
	<i>Minasia pereirae</i> H.Rob.	CR
	<i>Baccharis retusa</i> DC.	DD
	<i>Piptolepis buxoides</i> (Less.) Sch.Bip.	VU
	<i>Trichogonia hirtiflora</i> (DC.) Sch.Bip. ex Baker	LC
Apiaceae	<i>Klotzschia rhizophylla</i> Urb.	DD
Bromeliaceae	<i>Encholirium subsecundum</i> (Baker) Mez	DD
	<i>Aechmea bromeliifolia</i> (Rudge) Baker	LC
	<i>Aechmea lamarchei</i> Mez	DD
	<i>Vriesea procera</i> (Martius ex Schultes filius) Wittmack	LC
	<i>Tillandsia geminiflora</i> Brogn. (Bromeliaceae)	LC
	<i>Tillandsia gardneri</i> Lindl.	LC
	<i>Alcantarea turgida</i> Versieux & Wand.	DD
	<i>Vriesea friburgensis</i> var. <i>tucumanensis</i> (Mez) L.B.Smith	LC
	<i>Vriesea hoehniana</i> L. B. Smith	VU
	<i>Vriesea stricta</i> L.B. Smith	VU
	<i>Vriesea atropurpurea</i> Silveira	VU
	<i>Vriesea bituminosa</i> Wawra	LC
	<i>Dyckia</i> sp nov.	DD
	<i>Eduandrea selloana</i> (Baker) Leme et al.	EN
	<i>Billbergia vittata</i> Brong.	DD
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	DD
Cactaceae	<i>Arthrocereus</i> sp nov.	DD
	<i>Epiphyllum phyllanthus</i> (L.) Haw. subsp. <i>phyllanthus</i>	LC
	<i>Rhipsalis russellii</i> Britton & Rose	VU
	<i>Cipocereus minensis</i> (Werderm.) F.Ritter	EN
Campanulaceae	<i>Siphocampylus westinianus</i> (Thunb.) Pohl.	DD
Celastraceae	<i>Maytenus rupestris</i> Pirani & R.M. Carvalho-Okano	VU
Calophyllaceae	<i>Kielmeyera petiolaris</i> Mart. & Zucc.	LC
	<i>Kielmeyera regalis</i> Saddi	LC
	<i>Kielmeyera appariciona</i> Saddi	DD
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia prostrata</i> Choisy	DD
Cyperaceae	<i>Cryptangium humile</i> (Nees) Boeckeler	VU
	<i>Rynchospora speciosa</i> (Kunth.) Böeckel	DD
	<i>Lagenocarpus bracteosus</i> C.B.Clarke	VU

	<i>Lagenocarpus rigidus</i> (Kunth) Ness.	DD
Cyperaceae	<i>Lagenocarpus tenuifolius</i> (Boeckeler) C.B. Clarke.	DD
	<i>Trilepis lhotzkiana</i> Nees	DD
Droseraceae	<i>Drosera chrysolepis</i> Taub.	DD
	<i>Drosera montana</i> A. St Hil.	DD
Ericaceae	<i>Agarista angustissima</i> Taub.	DD
	<i>Gaylussacia reticulata</i> Mart. ex Meisn.	DD
	<i>Gaylussacia retusa</i> Mart. ex Meisn.	NT
Eriocaulaceae	<i>Comanthera elegans</i> (Bong.) L.R. Parra & Giul.	EN
	<i>Actinocephalus polyanthus</i> (Bong.) Sano	DD
	<i>Actinocephalus ramosus</i> (Wikstr.) Sano	DD
	<i>Paepalanthus erectifolius</i> Silveira	DD
	<i>Paepalanthus bromelioides</i> Silveira	VU
	<i>Paepalanthus brunnescens</i> Ruhland	DD
	<i>Paepalanthus comans</i> Silveira	DD
	<i>Paepalanthus rupestris</i> Gardner	EN
	<i>Paepalanthus nigrescens</i> Silveira	DD
	<i>Paepalanthus uncinatus</i> Gardner	CR
Euphorbiaceae	<i>Microstachys hispida</i> (Mart.) Govaerts	DD
Fabaceae	<i>Calliandra fasciculata</i> Benth.	DD
	<i>Chamaecrista andromedeia</i> (Mart. ex Benth.) H.S. Irwin & Barneby	DD
	<i>Chamaecrista cathartica</i> (Mart.) H. S. Irwin & Barneby	DD
	<i>Chamaecrista mucronata</i> (Spreng.) H.S. Irwin & Barneby	VU
	<i>Chamaecrista papillata</i> H.S. Irwin & Barneby	DD
	<i>Dalbergia miscolobium</i> Benth.	DD
	<i>Mimosa barretoi</i> Hoehne	CR
Gentianaceae	<i>Calolisianthus pedunculatus</i> (Cham. & Schltdl.) Gilg	DD
Gesneriaceae	<i>Nematanthus sericeus</i> (Hanst.) Chautems	LC
	<i>Paliavana sericiflora</i> Benth.	VU
Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A. J. St. Hil.	DD
Iridaceae	<i>Trimezia juncifolia</i> (Klatt) Benth. & Hook.	LC
	<i>Trimezia fistulosa</i> var. <i>longifolia</i> Chukr	CR
	<i>Trimezia truncata</i> Ravenna	DD
Lauraceae	<i>Cinnamomum quadrangulum</i> Kosterm.	EN
Lentibularidaceae	<i>Genlisea violacea</i> A. St.-Hil.	LC
	<i>Utricularia amethystina</i> Salzm. ex A. St. Hil & Girard	DD
	<i>Utricularia nana</i> A. St.-Hil. & Girard	DD
	<i>Utricularia nephrophylla</i> Benj.	DD
	<i>Utricularia subulata</i> L.	DD
Lythraceae	<i>Cuphea ericoides</i> Cham. & Schlech.	DD

	<i>Diplusodon ciliiflorus</i> Koehne.	DD
Malpighiaceae	<i>Byrsonima macrophylla</i> (Pers.) W.R.Anderson	NT
	<i>Byrsonima variabilis</i> A. Juss.	LC
Malvaceae	<i>Pavonia viscosa</i> A.St.-Hil.	DD
	<i>Sida glaziovii</i> K.Schum.	DD
Melastomataceae	<i>Trembleya laniflora</i> Cogn.	DD
	<i>Clidemia urceolata</i> DC.	DD
	<i>Cambessedesia hilariana</i> (Kunth) DC.	LC
	<i>Comolia sertularia</i> (DC.) Triana	DD
	<i>Tibouchina heteromalla</i> (D.Dom)Cogn.	DD
	<i>Trembleya parviflora</i> Cogn.	DD
	<i>Marcetia taxifolia</i> (A. St.-Hil.) DC.	DD
	<i>Microlicia graveolens</i> DC.	DD
	<i>Lavoisiera imbricata</i> (Thunb.) DC.	LC
	<i>Lavoisiera glandulifera</i> Naudin	DD
	<i>Lavoisiera pulcherrima</i> Mart. & Schrank ex DC.	DD
	<i>Lavoisiera sampaioana</i> Barreto	VU
	<i>Microlicia confertiflora</i> Naudin	DD
	<i>Microlicia scoparia</i> DC.	NT
	<i>Siphanthera arenaria</i> (DC.) Cogn.	DD
Menyanthaceae	<i>Nymphoides humboldtiana</i> (Kunth) Kuntze	DD
Myrtaceae	<i>Myrcia eriocalyx</i> DC.	DD
Ochinaceae	<i>Sauvagesia glandulosa</i> (A.St.-Hil.) Sastre	DD
Orchidaceae	<i>Acianthera teres</i> (Lindl.) Borba	LC
	<i>Bifrenaria aureofulva</i> Lindl.	LC
	<i>Bifrenaria thyriantina</i> (Lodd) Rchb	DD
	<i>Isabelia violacea</i> (Lindl.) van den Berg & M.W.Chase	NT
	<i>Isochilus linearis</i> (Jacq.) R.Br.	DD
	<i>Cattleya concepcionensis</i> (V.P.Castro & Campacci) Van den Berg	DD
	<i>Gomesa hydrophila</i> (Barb.Rodr.) M.W.Chase & N.H.Williams	LC
	<i>Epidendrum secundum</i> Jacq.	LC
	<i>Grobya amherstiae</i> Lindl	DD
Orchidaceae	<i>Habenaria josephensis</i> Barb.Rodr	DD
	<i>Habenaria mystacina</i> Lindl.	DD
	<i>Pelexia orobanchoides</i> (Kraenzl.) Schltr.	DD
	<i>Prosthechea pachysepalas</i> (Klotzsch) Chiron & V.P.Castro	DD
	<i>Octomeria grandiflora</i> Lindl	DD
Orobanchaceae	<i>Agalinis angustifolia</i> (Mart.) D Arcy	VU
	<i>Physocalyx aurantiacus</i> Pohl	VU
Piperaceae	<i>Peperomia crinicaulis</i> C. DC.	DD
Poaceae	<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase	DD
	<i>Andropogon virgatus</i> Desv	DD

	<i>Apocllhoa euprepes</i> (Renvoize) Zuloaga & Morrone	DD
	<i>Ichnanthus bambusiflorus</i> (Trin.) Doell.	LC
	<i>Trichantheium wettsteinii</i> (Hack.) Zuloaga & Morrone	DD
Poaceae	<i>Sorghastrum setosum</i> (Griseb.) Hitchc.	DD
Podocarpaceae	<i>Podocarpus sellowii</i> (Klotz.)	LC
Polygalaceae	<i>Polygala glochidiata</i> Kunth.	DD
	<i>Coccoloba acrostichoides</i> Cham.	LC
Portulacaceae	<i>Portulaca hirsutissima</i> Cambess.	DD
Proteaceae	<i>Roupala montana</i> Aubl.	DD
Rubiaceae	<i>Augusta longifolia</i> (Spreng.) Rehder	DD
	<i>Remijia ferruginea</i> (A.St. Hil.) D.C.	DD
	<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	DD
	<i>Posoqueria latifolia</i> (Rudge) Schult.	LC
	<i>Psyllocarpus laricoides</i> Mart. & Zucc.	DD
Velloziaceae	<i>Vellozia albiflora</i> Pohl.	NT
	<i>Barbacenia flava</i> Mart. ex Schult. f.	DD
	<i>Barbacenia gentianoides</i> Taub. ex Goethart & Henrard	DD
	<i>Barbacenia graminifolia</i> L.B. Sm.	DD
	<i>Barbacenia rubrovirens</i> Mart.	DD
	<i>Vellozia aloifolia</i> Mart.	DD
	<i>Vellozia glandulifera</i> Goethart & Henrard	DD
	<i>Vellozia glabra</i> J.C.Mikan	VU
	<i>Vellozia epidendroides</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	EN
	<i>Vellozia patens</i> L.B.Sm. & Ayensu	VU
	<i>Vellozia caruncularis</i> L. B. Sm.	DD
	<i>Vellozia caput-ardeae</i> L.B.Sm. & Ayensu	DD
	<i>Vellozia minima</i> Pohl	DD
	<i>Vellozia nivea</i> L. B. Smith & Ayensu	DD
	<i>Vellozia resinosa</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	DD
	<i>Vellozia taxifolia</i> (Mart. ex Schult. & Schult.f.) Mart. ex Seub.	DD
Velloziaceae	<i>Vellozia variabilis</i> Martius ex Schultes f.	LC
	<i>Vellozia wasshausenii</i> L.B.Sm. & Ayensu.	DD
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	DD
	<i>Lippia hermannioides</i> Cham	DD
	<i>Lippia origanoides</i> Kunth.	DD
	<i>Lippia rotundifolia</i> Cham.	VU
	<i>Lippia pseudothea</i> (A.St.-Hil.) Schauer	VU
Vochysiaceae	<i>Qualea cordata</i> Spreng.	DD
	<i>Vochysia rotundifolia</i> Mart.	EN
Xyridaceae	<i>Xyris consanguinea</i> Kunth	EN
	<i>Xyris pirapamae</i> Wand. & J.Guedes	DD
	<i>Xyris bialata</i> Malme	VU

	<i>Xyris blepharophylla</i> Mart.	VU
--	-----------------------------------	----

Em Volta da Tropa, as famílias com maior riqueza florística foram *Asteraceae*, *Fabaceae* e *Melastomataceae* com 6 espécies cada uma, representando juntas 36% do total de espécies amostradas. *Malpighiaceae* e *Rubiaceae* tiveram 3 espécies amostradas cada, o que representou 6% das espécies amostradas cada uma.

As famílias *Anemiaceae*, *Arecaceae*, *Calophyllaceae*, *Convolvulaceae*, *Cyatheaceae*, *Humiriaceae*, *Hypericaceae*, *Lauraceae*, *Lythraceae*, *Myrtaceae*, *Polygonaceae*, *Polypodiaceae*, *Rutaceae* e *Trigoniaceae* apresentaram apenas uma espécie cada, representando, cada uma, 1% das espécies amostradas em todas as famílias.

Tabela 12 - Espécies da Flora Avaliadas Como Ameaçadas de Extinção em Minas Gerais, segundo os critérios IUCN (2001) e CNCFlora (2014) – Volta da Tropa.

Legenda: LC – não ameaçada; DD – deficiente de dados; EN – em perigo; VU – vulnerável; CR – criticamente em perigo; NT – quase ameaçadas.

Família	Espécie	Categoria
<i>Anemiaceae</i>	<i>Anemia raddiana</i> Link	DD
<i>Annonaceae</i>	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	LC
	<i>Guatteria australis</i> A.St.-Hil.	LC
<i>Arecaceae</i>	<i>Syagrus glaucescens</i> Glaz. Ex Becc.	DD
<i>Asteraceae</i>	<i>Eremanthus incanus</i> Less.	LC
	<i>Pseudobrickelia brasiliensis</i> (Spreng.) R.M. King & H. Rob.	LC
	<i>Trixis vauthieri</i> DC.	DD
	<i>Lepidaploa rufogrisea</i> (A. St.-Hil.) H. Rob.	DD
	<i>Eremanthus crotonoides</i> (DC.) Sch.Bip.	LC
	<i>Dasyphyllum sprengelianum</i> (Gardner) Cabrera	LC
<i>Bromeliaceae</i>	<i>Cryptanthus ferrarius</i> Leme & Paula	CR
	<i>Dyckia concepcionensis</i> O.B.C. Ribeiro & Leme	DD
<i>Calophyllaceae</i>	<i>Kielmeyera regalis</i> Saddi	LC
<i>Convolvulaceae</i>	<i>Evolvulus scoparioides</i> Mart.	DD
<i>Cyatheaceae</i>	<i>Cyathea delgadii</i> Sternb.	DD
<i>Cyperaceae</i>	<i>Bulbostylis lagoensis</i> (Boeckeler) Prata & M.G.López	DD
	<i>Rhynchospora setigera</i> (Kunth) Boeckeler	DD
<i>Euphorbiaceae</i>	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.	DD
	<i>Microstachys hispida</i> (Mart.) Govaerts	DD
<i>Fabaceae</i>	<i>Senna reniformis</i> (G.Don) H.S.Irwin & Barneby	DD
	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	DD
	<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	DD
	<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth var. <i>brasilianum</i> Comm.	DD
	<i>Calliandra fasciculata</i> Benth.	DD
	<i>Plathymentia reticulata</i> Benth.	LC

Humiriaceae	<i>Humiria balsamifera</i> (Aubl.) A. J. St.Hil.	DD
Hypericaceae	<i>Vismia parviflora</i> Cham. & Schltldl.	DD
Lauraceae	<i>Licaria bahiana</i> Kurz	DD
Lythraceae	<i>Cuphea ericoides</i> Cham. & Schlech.	DD
Malpighiaceae	<i>Heteropterys byrsonimifolia</i> A.Juss.	DD
	<i>Banisteriopsis campestris</i> (A.Juss.) Little	DD
	<i>Peixotoa tomentosa</i> A.Juss.	DD
Melastomataceae	<i>Miconia albicans</i> (Sw.) Triana.	DD
	<i>Clidemia urceolata</i> DC.	DD
	<i>Trembleya parviflora</i> Cogn.	DD
	<i>Cambessedesia hilariana</i> (Kunth) DC.	LC
	<i>Marcetia taxifolia</i> (A. St.-Hil.) DC.	DD
	<i>Tibouchina heteromalla</i> (D.Dom) Cogn.	DD
Myrtaceae	<i>Eugenia puniceifolia</i> (Kunth) DC.	DD
	<i>Cattleya concepcionensis</i> (V.P.Castro & Campacci) Van den Berg	DD
Orchidaceae	<i>Acianthera teres</i> (Lindl.) Borba	LC
Poaceae	<i>Axonopus laxiflorus</i> (Trin.) Chase	DD
	<i>Apocloha euprepes</i> (Renvoize) Zuloaga & Morrone	DD
Polygonaceae	<i>Coccoloba acrostichoides</i> Cham.	LC
Polypodiaceae	<i>Pleopeltis minarum</i> (Weath.) Salino	DD
Pteridaceae	<i>Cheilanthes goyazensis</i> (Taub.) Domin, Biblioth.	NT
	<i>Doryopteris collina</i> (Raddi) J.Sm.	DD
Rubiaceae	<i>Cordia concolor</i> (Cham.) Kuntze	DD
	<i>Remijia ferruginea</i> (A.St. Hil.) D.C.	DD
	<i>Psyllocarpus laricoides</i> Mart. & Zucc.	DD
Rutaceae	<i>Dictyoloma vandellianum</i> A. Juss.	DD
Sapindaceae	<i>Serjania acutidentata</i> Radlk.	DD
	<i>Matayba elaeagnoides</i> Radlk.	DD
Trigoniaceae	<i>Trigonia nivea</i> Cambess.	DD
Velloziaceae	<i>Vellozia sp. nov.1</i>	DD
	<i>Barbacenia delicatula</i> L.B.Sm. & Ayensu	EN
	<i>Barbacenia flava</i> Mart. ex Schult. f.	DD
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham.	DD
	<i>Lippia origanoides</i> Kunth.	DD
	<i>Lippia pseudothea</i> (A.St.-Hil.) Schauer	VU

Neste trabalho foram identificadas três espécies novas: em Morro do Pilar, foi identificada uma *Vellozia sp. nov.1* da família das *Velloziaceae*, e em Parauninha, foram identificadas, na família das *Cactaceae*, uma espécie *Arthrocereus sp. nov.* e, na família das *Bromeliaceae*, uma espécie *Dyckia sp. nov.*