



LUCAS GOMES TEIXEIRA

**ANÁLISE INTEGRADA DE UMA ÁREA DE MOSAICO
DE VEGETAÇÃO NATIVA NA SERRA DO ESPINHAÇO,
MUNICÍPIO DE CAETITÉ - BA**

**LAVRAS-MG
2019**

LUCAS GOMES TEIXEIRA

**ANÁLISE INTEGRADA DE UMA ÁREA DE MOSAICO DE VEGETAÇÃO
NATIVA NA SERRA DO ESPINHAÇO, MUNICÍPIO DE CAETITÉ - BA**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Nilton Curi
Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

LUCAS GOMES TEIXEIRA

**ANÁLISE INTEGRADA DE UMA ÁREA DE MOSAICO DE VEGETAÇÃO NATIVA
NA SERRA DO ESPINHAÇO, MUNICÍPIO DE CAETITÉ – BA**

**INTEGRATED ANALYSIS OF A MOSAIC AREA OF NATIVE VEGETATION IN
THE SERRA DO ESPINHAÇO RANGE, MUNICIPALITY OF CAETITÉ - BA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado a Universidade Federal de
Lavras (UFLA) como um dos pré-
requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Engenharia Ambiental e
Sanitária.

Aprovado em: 28/06/2019

Prof. Dr. Nilton Curi (DCS/UFLA)

Prof. Dr. Sérgio Henrique Godinho Silva (DCS/UFLA)

Prof. Dr. Guilherme Lopes (DCS/UFLA)

Prof. Dr. Nilton Curi
Orientador

**LAVRAS-MG
2019**

Aos meus pais Amélia e Valdemiro, meu irmão Tota e minha namorada Ana por estarem comigo em todas as etapas e por serem o meu maior apoio nessa caminhada. As minhas tias Anália e Ana pelo incentivo e meus amigos pela parceria.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A DEUS, que me deu força e coragem para vencer os obstáculos e dificuldades enfrentadas durante o curso, que me socorreu espiritualmente, dando-me serenidade e forças para continuar.

Ao professor Nilton Curi, meu orientador, e aos professores Sérgio Henrique e Guilherme Lopes, por ter acreditado na possibilidade da realização deste trabalho, pela disponibilidade e sugestões que foram preciosas para a concretização desta monografia.

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade.

À Universidade Federal de Lavras pelo programa de bolsas institucional e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela contribuição de insumos ao DSC.

A minha orientadora de iniciação científica Geila Santos e minha coorientadora Marcelle Cannata, por estarem comigo nesses anos de universidade, dando conselhos pra vida profissional e pessoal. Pelo abraço de causa e acolhimento em um dos momentos que mais precisei.

Á Bioconsultoria Ambiental por proporcionar o estágio e insumos para este estudo. Onde cheguei e fui acolhido por todos. Cada colaborador tem me ajudado, nas técnicas profissionais e pessoais.

Ao Biólogo Dr. Lander de Jesus Alves pela disposição, empenho, paciência, empatia, orientação e apoio ao estudo. Pelos dias em que não mediu esforços para a causa, pelos momentos em que deixou de realizar seus trabalhos pessoais para qualificar essa causa. Pelos sábados e domingos de trabalho. Pela disposição em abrir perfis de solo e ajudar na descrição.

A Bióloga Dr. Denise pelas dicas de flora, pela compreensão, pela disposição, organização e empenho. Por não medir esforços e compromisso com a causa desse projeto.

Ao Técnico Agrícola Ronaldo por contribuir com todo seu conhecimento de campo. Por motivar e se dispor ao projeto, por sua paciência em explicar cada procedimento e cada indivíduo florestal.

Ao meu orientador de estágio Luiz Antônio (Totonho) pela confiança, apoio e motivação para o estágio e para esse estudo. Por acreditar em meu trabalho desde os tempos de estudante e professor. Pela efetividade exemplar e motivante.

Ao Geógrafo Dr. Fabio Nunes por acreditar desde o início no projeto, pelas dicas de descrição de solos e relevâncias ambientais. Pelo empenho em cada atividade e em cada conhecimento passado.

Flásio, por toda paciência e empenho na ajudar com programas de geoprocessamento e auxílio nos mapas desse projeto.

Preserva Jr por passar conhecimentos de empresa, dos trâmites legais, da organização de tempo e atividades, de incentivar a liderança e como conviver com demandas e prazos e tudo isso em um ambiente de compromisso. Proporcionando aprendizado na prática. Ainda mais pelas amizades que ali construir, e que são de grande importância para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos meus amigos: Wilder Daniel, Wilian Tadeu, Carson Neves, Eduardo (pão de sal), Luan, Antônio Neto, Matheus de Sá, Victor Lima (Vitão), Nelson Rossi, Estevão Orlando (Deita), Hugo Braga, Guilherme, Thales Torres, Igor Souza, Marcelo Couto, José Américo, Lucas Motta. Amigos do alojamento estudantil(brejão) e amigos do futebol. Ao meu professor e amigo Silvano Silva.

Aos professores do IF Baiano campus Guanambi, que desde minha chegada no campus em 2010, proporcionaram insumos fundamentais na minha motivação pessoal, para busca de conhecimento. Destaco ali o professor Alexandre Sampaio que me ajudou com dicas e conselhos nos primeiros dias em Lavras-Mg.

MUITO OBRIGADO!

RESUMO

A ampliação do conhecimento da estrutura, função e dinâmica do ambiente, envolvendo seus processos e interações com os elementos naturais e antrópicos, atualmente se destaca como estratégia fundamental para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento da paisagem. Essa ampliação pode permitir que processos ecológicos possam ser estudados em diferentes escalas temporais e espaciais, em prol de uma utilização dos recursos naturais mais equilibrada e sustentável. Neste contexto, o presente trabalho objetivou realizar análise integrada em uma área de mosaico de vegetação nativa localizada na Serra do Espinhaço, no município de Caetitê, no estado da Bahia. Esta avaliação buscou relacionar as características do meio físico como geologia, pedologia e relevo, com características biológicas da cobertura vegetal nativa na área estudada. Foi realizada a abertura de 12 perfis de solo, realizando-se a sua classificação através da descrição das características morfológicas dos horizontes, textura, estrutura, pegajosidade, plasticidade e cor. Em cada perfil de solo foram coletadas amostras superficiais (0-20 cm) e enviadas para os Laboratórios de Fertilidade e Física de Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, para determinação de pH, K, P, Ca, Mg, Al, acidez potencial (H+Al), fósforo remanescente (P-Rem), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca Catiônica a pH 7,0 (T), saturação de bases (V), saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO), textura e teores de argila, silte, areia fina e areia grossa. Também foi realizado o levantamento florístico e fitossociológico da vegetação nativa através do método quadrante centrado e realizada a classificação da cobertura vegetal e uso do solo com o auxílio de ferramentas do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Para a classificação da vegetação, foi realizada a análise de imagens de satélite Sentinel 2 (composição das bandas 8, 4 e 3) com o auxílio do programa Semi-Automatic Classification Plugin (Release 6.2.0.1) e calculado o índice NDVI (bandas 4 e 8), no ambiente do software QGIS versão 3.4.3-Madeira. Também foi utilizada a imagem Shuttle Radar Topography Mission SRTM para processamento de modelos digitais de elevação (MDE), extração de curvas de nível, e elaboração de mapa hipsométrico. Os resultados indicaram solos com baixos valores de pH e matéria orgânica, baixa profundidade efetiva e altos índices de saturação por alumínio. O relevo predominante na área foi o suave ondulado a ondulado e as fitofisionomias encontradas apresentaram uma vegetação com baixa cobertura do solo. Foram encontrados solos bastante susceptíveis a erosão, como os Cambissolos Háplicos e Neossolos Regolíticos. Estes solos foram predominantes nos topo da paisagem e em áreas com declividades acentuadas. Tais características apontam para condição de fragilidade ambiental e propensão a erosão, apontando para a importância da manutenção da cobertura vegetal e tomada de medidas preventivas na implantação de novos empreendimentos na área que venham a remover a cobertura vegetal.

Palavras-chave: Análise integrada; fragilidade ambiental; fitossociologia, geoprocessamento.

ABSTRACT

The expansion of the knowledge of the structure, function and dynamics of the environment, involving its processes and interactions with the natural and anthropic elements, is currently a fundamental strategy for landscape development, management, conservation and planning. This approach can allow ecological processes to be studied at different temporal and spatial scales, in favor of a more balanced and sustainable use of natural resources. In this context, the present work aimed to perform a pedoecological analysis integrated in a mosaic area of native vegetation located in the Serra do Espinhaço Range, in the municipality of Caetité, Bahia State. This evaluation sought to relate the characteristics of the physical environment such as geology, pedology and topography, with biological characteristics of the native vegetation cover in the studied area. It was carried out the opening of 12 soil profiles, being carried out its classification through the description of the morphological characteristics of the horizons, texture, structure, stickiness, plasticity and color. In each soil profile, soil samples (0-20 cm) were collected and sent to the Soil Laboratory of Fertility and Physics of the Department of Soil Science of UFLA, for determination of pH, K, P, Ca, Mg, Al, acidity (H + Al), Phosphorus Remnant (P-Rem), sum of exchangeable bases (SB), effective cation exchange capacity (t), Cation Exchange Capability at pH 7.0 (T), base saturation index (V), Aluminum Saturation Index (m), organic matter (OM), texture and clay content, silt, fine sand and coarse sand. Floristic and phytosociological surveys of native vegetation were also conducted through the centered quadrant method and the classification of vegetation cover and soil use was carried out with the help of GIS tools. For the classification of the vegetation, the analysis of Sentinel 2 satellite images (composition of bands 8, 4 and 3) was performed with the Semi-Automatic Classification Plugin program (Release 6.2.0.1) and NDVI index (bands 4 and 8) in the QGIS software version 3.4.3-Madeira environment. The Shuttle Radar Topography Mission SRTM image was also used for processing of digital elevation models (MDE), extraction of contour lines, and hypsometric mapping. The results indicated soils with low values of pH and organic matter, low effective depth and high aluminum saturation indexes. The predominant relief in the area was the smooth wavy to the wavy and the found phytophysiognomies presented a low cover of the ground. Soils very susceptible to erosion were found, such as Inceptisols and Regolitic Neosols. These soils were predominant at the top of the landscape and in areas with sharp slopes. These characteristics point to a condition of environmental fragility and susceptibility to erosion, pointing to the importance of maintaining the vegetation cover and taking preventive actions in the implementation of new industry in the area that will remove the vegetation cover.

Keywords; Integrated analysis, environmental fragility; phytosociology, geoprocessing.

SUMÁRIO

1. Introdução	21
1. Objetivo	24
2.1 Objetivo Geral	24
2.2 Objetivos Específicos	24
2. Referencial Teórico	25
3.1 Solo	25
3.1.1 Algumas características morfológicas do solo	25
3.1.2 Fertilidade do Solo	31
3.1.3 Profundidade Efetiva do Solo	32
3.2 Geologia da região de Caetité	32
3.3 Recursos Hídricos	32
3.4 Solos da área de estudo	32
3.5 Flora	33
3. Materiais e Métodos	34
4.1 Área de Estudo	34
4.2 Caracterização da Fertilidade dos Solos	37
4.3 Análises Pedológicas	39
4.4 Geologia Local	42
4.5 Caracterização da Flora	42
4.6 Geoprocessamento: Análise do Uso do Solo, Cobertura Vegetal e Fragilidades Ambientais	45
4. Resultados e Discussão	46
5.1 Fertilidade	47
5.2. Flora	51
5.3 Geologia	58
5.4 Interação: Fitofisionomias, Classificação de Solo e Propriedades dos Solos.	61
5.4.1 Áreas de Transição em Cerrado	61
5.4.2 Caatinga Arbustiva	63
5.4.3 Floresta Estacional Decidual	64
5.4.4 Cerrado <i>Stricto Sensu</i>	66
5.4.5 Florestal Estacional Semidecidual	66
5.4.6 Campo Limpo	67
5.5 Relações entre as Fitofisionomias e os Contextos Geológico-Geomorfológicos e pedológicos .	68
5. Conclusão	70

1. Introdução

O Brasil apresenta grande extensão. Seus 8,5 milhões de km² ocupam quase a metade do continente americano. Apresenta clima úmido no Norte, semiárido no Nordeste e áreas temperadas no Sul. Essas diferenças climáticas levam a grandes modificações ecológicas, formando zonas biogeográficas distintas, biomas e fitofisionomias variadas e intercaladas (MMA, 2019). Isso também oferece grande variação de fatores, como: solo, clima, relevo e geologia. Esses fatores se interagem e, assim, condicionam características diversas, e muitas vezes, endêmicas.

Assim como no nosso país, também é observável no município de Caetité grande diversidade da paisagem, a qual reflete a variação de flora, caracterizada por cenários de caatinga, florestas estacionais e cerrado; assim como a grande diversidade de solos e de habitats, o que reforça a importância da realização de estudos para entendimento da estrutura da paisagem regional.

A paisagem regional pode ser estudada pela ecologia de paisagem que visa a conhecer a estrutura, função e dinâmica de áreas heterogêneas compostas por ecossistemas interativos (FORMAN; GODRON, 1986), sendo na atualidade, uma ciência básica para o desenvolvimento, manejo, conservação e planejamento da paisagem. Ela possibilita que a paisagem seja avaliada sob diversos pontos de vista, permitindo que seus processos ecológicos possam ser estudados em diferentes escalas temporais e espaciais (TURNER, 1987).

Farina (1998) coloca que a estrutura da paisagem é considerada primariamente como uma série de fragmentos, circundados por uma matriz com composição diferente. Quanto à matriz, representa o tipo de elemento com maior conectividade, o qual ocupa a maior extensão na paisagem e que, por esse motivo, tem maior influência no funcionamento dos outros ecossistemas (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Por exemplo, em uma paisagem dominada por pastagem, com fragmentos de diferentes tipos (vegetação florestal, cultura anual etc.), o elemento matriz será a pastagem.

O aumento de estudos em ecologia de paisagem dá-se em função de sua habilidade em quantificar a estrutura da paisagem, que é um pré-requisito para a compreensão das funções e das mudanças de uma paisagem. Para a aplicação prática dos conceitos de ecologia da paisagem, são necessárias em muitos casos, a caracterização e a interação de seus atributos

físicos (relevo, solos, geologia etc). As técnicas de geoprocessamento, em especial o sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas, vêm assumindo papel estratégico nesse ramo da ciência (VALENTE, 2001, FARINA 1998). Farina (1998) ainda menciona que os SIG's são indispensáveis para a maioria das investigações da paisagem.

Segundo Malczewski (1999), apesar dos SIGs e dos métodos de decisão multicritério serem duas áreas distintas de pesquisa, os problemas de planejamento e de gerenciamento do mundo real podem se beneficiar da combinação de suas técnicas e procedimentos (CARVER, 1991; JANKOWSKI, 1995; GOMES; LINS, 1999).

Com tudo isso, torna-se necessária uma técnica capaz de reunir as informações e de propor conclusões acerca da área de estudo. Assim, pretende-se realizar uma análise de forma integrada, tendo como ponto de partida a descrição dos solos, a identificação de suas tipologias, estrutura, constituição mineral e ocorrência no ambiente, de modo a entrelaçar esse conhecimento com as observações da paisagem e da cobertura vegetal.

Nos dias atuais, o entendimento da estrutura da paisagem torna-se necessário, pois a intensificação de atividades antrópicas sobre o ambiente cresce a cada dia, devida muito ao crescimento populacional e suas respectivas demandas. Assim, observa-se um intenso processo de substituição das paisagens naturais por outros usos do solo. Essas interferências na paisagem convertem extensas e contínuas áreas com cobertura florestal em fragmentos florestais, causando problemas ao meio ambiente e, em muitos casos, afetando a disponibilidade e a qualidade de recursos naturais importantes à população de uma região.

Nos últimos anos, a redução de áreas naturais tem influenciado a fragmentação da paisagem, em que a vegetação natural é interrompida por barreiras antrópicas capazes de diminuir significativamente o fluxo de animais, pólen ou sementes entre áreas próximas, comprometendo as funções ecológicas básicas dos ecossistemas. Duas medidas possíveis para atenuar esse problema são a intensificação de projetos para recuperação de áreas degradadas e o aumento de medidas preventivas para uso de áreas.

Cemin, Périco e Rempel (2005) consideram a vegetação um importante indicador das condições ambientais de uma região, pois protege o solo, reduz o transporte de sedimentos e o assoreamento dos recursos hídricos, além de servir de hábitat para animais silvestres, contribuindo para a manutenção da diversidade biológica.

Segundo Taylor e Zappi (2004), através de um sistema de atribuição de pontos a espécies ameaçadas, a região da Serra do Espinhaço apresenta-se como área prioritária para

realização de estudos e para implantação de ações de conservação no leste do Brasil. A área de estudo é desprovida de unidades de conservação federais, estaduais ou municipais e, encontra-se sujeita a pressões extrativistas, expansão agrícola e intensa exploração mineral. Assim, é notório que a região norte de Minas Gerais e central da Serra do Espinhaço apresenta prioridade em termos de estudos e conservação.

Neste contexto, o presente trabalho visa a realizar análise integrada de uma catena na porção sul do município de Caetité – BA, no contexto da Serra do Espinhaço, buscando relacionar as características do meio físico, em especial do solo, com as características fitofisionômicas, ecológicas e paisagísticas na área, de modo a verificar possíveis correlações que possam contribuir para identificação de possíveis fragilidades ambientais, impacto da gota de chuva, potencial erosivo e alimentação de lençol.

1. Objetivo

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a estrutura da paisagem e as fragilidades ambientais de uma área caracterizada por grandes variações de solo, flora, relevo e outros fatores por meio de análise integrada e, assim, proporcionar maior conhecimento técnico-científico sobre a área e suas particularidades.

2.2 Objetivos Específicos

- Correlacionar fatores ambientais a fim de entender a estrutura da paisagem.
- Estudar a investigação proposta partindo de dados de sensores multiespectrais, análise de solo e características da vegetação.
- Abordar e discutir sobre possíveis fragilidades ambientais existentes na área.

2. Referencial Teórico

3.1 Solo

Segundo o IBGE (2007) solo é a coletividade de indivíduos naturais, na superfície da terra, eventualmente modificado ou mesmo construído pelo homem, contendo matéria orgânica viva e servindo ou sendo capaz de servir à sustentação de plantas ao ar livre.

Assim, ele pode ser entendido como um sistema complexo composto principalmente de minerais, de matéria orgânica e de organismos vivos, oriundo de um lento processo de degradação de rochas e de decomposição de diversos animais e plantas. De forma resumida, é fundamental para obtenção de alimentos para todos animais, aporte de vida vegetal, construção civil, mineração e outras atividades.

O seu entendimento passa por avaliações integradas de fatores físicos, químicos e biológicos. A classificação do solo requer obtenção de algumas análises como: morfológicas, granulométricas e químicas (SANTOS et al, 2018).

3.1.1 Algumas características morfológicas do solo

As características morfológicas são facilmente identificadas com o tato e com a visão, em cada um dos horizontes e/ou camadas de solo, pois as mesmas variam ao longo do perfil, devido à atuação diferenciada dos processos pedogenéticos. Elas são fundamentais para a identificação do solo, que deverá ser completada com as análises de laboratório (LEPSCH, 2002).

Para a observação dessas características é necessário a avaliação de um perfil de solo. Um perfil de solo é definido como um corte vertical na superfície da terra. (SANTOS et al, 2018). Algumas características morfológicas são: cor, textura, estrutura do solo e consistência.

3.1.1.1 Cor

Os principais componentes responsáveis pela coloração do solo são a matéria orgânica e os óxidos e hidróxidos de ferro, além de outros fatores, tais como a umidade e a distribuição do tamanho de partículas (FERNANDEZ & SCHULZE, 1992).

A determinação da cor é feita usando materiais de solos seco e úmido através de escalas de padrões comparativos, sendo a mais empregada à escala Munsell de cores. A escala de Munsell é constituída de três variáveis: o matiz, o valor e o croma ou intensidade da cor (IBGE, 2007).

O matiz está relacionado com as cores vermelho, amarelo e a mistura entre ambas. Segundo Embrapa (2006), essa pigmentação está relacionada principalmente aos teores de hematita e goetita do solo. O valor está relacionado com a luminosidade do solo, cujo valor mínimo é a ausência de luminosidade (preto) e o valor máximo é a maior luminosidade (branco). O croma representa a intensidade ou pureza da cor em relação ao cinza (MUNSELL, 1905).

3.1.1.2 Textura do solo

A textura do solo é definida pela proporção relativa das classes de tamanho de partículas argila, silte e areia de um solo. O termo textura do solo está ligado diretamente a frações menores que 2mm de diâmetro (IBGE, 2007). Ela expressa a participação em g.kg^{-1} das suas várias partículas constituintes, separadas por tamanho. O IBGE (2007) informa que a separação de partículas por tamanho pode ser entendida pela escala de Atterberg modificada, apresentada a seguir.

Fração e faixa de diâmetro (mm):

Argila: $< 0,002$;

Silte: $0,002 < 0,05$;

Areia fina: $0,05 < 0,2$;

Areia grossa: $0,2 < 2$.

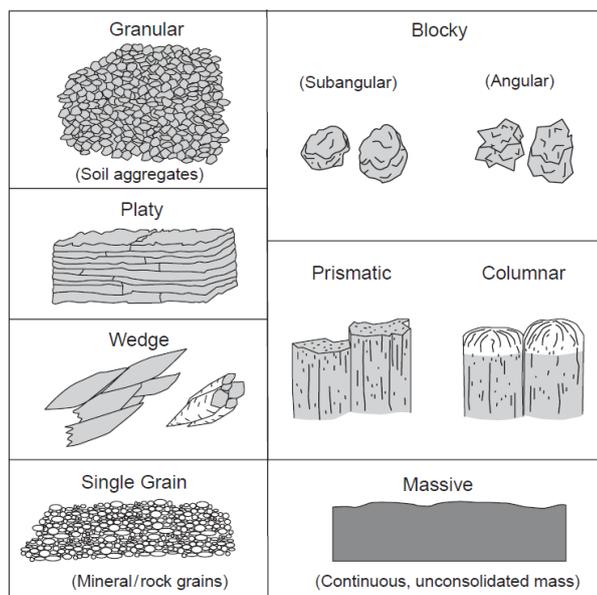
A textura pode ser avaliada em campo pelo tato, colocando uma porção de solo úmido entre os dedos e esfregando: areia provoca sensação de aspereza, o silte de sedosidade e a argila de pegajosidade.

3.1.1.3 Estrutura do Solo

A estrutura do solo, segundo Lemos e Santos (1996), é a agregação das partículas primárias do solo em unidades estruturais compostas, as quais são separadas entre si pelas superfícies de fraqueza.

A estrutura do solo pode ser dividida em macro e microestrutura. A primeira é rotineiramente empregada para caracterização e diagnose de solos na área de Pedologia. Já a segunda, é mais específica e é discernível apenas com o auxílio de instrumentos e técnicas especiais (IBGE, 2007). Segundo IBGE (2007) e Lemos e Santos (1996), a estrutura é avaliada quanto ao tipo: laminar, prismática, blocos angulares, blocos subangulares e granular (Figura 1).

Figura 1 – Exemplo dos tipos de estrutura do solo.



Fonte: Adaptado de Schoeneberger et al. (2002).

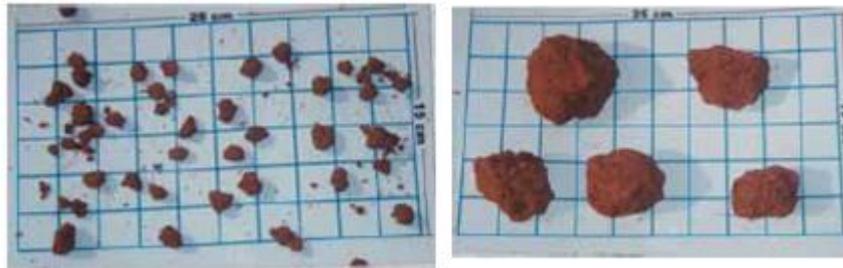
A estrutura laminar é constituída por partículas do solo arranjadas em agregados, formando um aspecto de lâminas sobrepostas e sempre apresentando comprimento horizontal maior que o vertical. Este tipo de estrutura geralmente ocorre em regiões secas e frias. Também pode ser produzida por compactação (pisoteio, mecanização, implementos agrícolas diversos), comumente nos horizontes A e E e, em alguns casos, pode ser herdada da rocha matriz, neste caso, é mais comum nos horizontes C (IBGE, 2007).

Na estrutura prismática, as partículas se arranjam em forma de prisma (com faces e arestas), sendo as dimensões verticais maiores que as horizontais (LEMOS; SANTOS, 1996). Para tal estrutura, há dois subtipos, a prismática e a colunar, os quais se diferem pelo formato da extremidade superior, que é anguloso ou “arestado” no caso do subtipo prismática, e mais arredondado ou “abaulado” no caso do subtipo colunar (IBGE, 2007).

Na estrutura em blocos ou poliédrica, as partículas estão arranjadas na forma de polígonos aproximadamente regulares. São reconhecidos dois subtipos: angulares e

subangulares (Figura 2). Os blocos angulares possuem faces planas, como arestas e ângulos agudos, enquanto os blocos subangulares possuem uma mistura de faces planas e arredondadas, com algumas arestas e ângulos mais suaves.

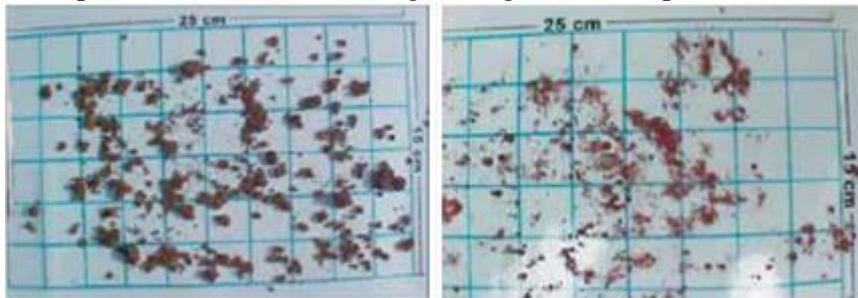
Figura 2 – Exemplos de estrutura média em blocos subangulares e angulares (esquerda) e exemplos de estrutura muito grande em blocos subangulares (direita).



Fonte: Adaptado de IBGE (2007).

Na estrutura granular, as partículas estão arranjadas em torno de um ponto, apresentando unidades estruturais arredondadas e sem faces de contato (Figura 3). Podem ser do tipo granular ou em grumos, sendo os grumos os mais porosos (LEMOS; SANTOS, 1996).

Figura 3 – Exemplos de estrutura muito pequena, pequena e média granular (direita) e exemplos de estrutura média e grande granular (esquerda).



Fonte: Adaptado de IBGE (2007).

Na cuneiforme, as estruturas possuem superfícies curvas (elipsoidais), interligadas por ângulos agudos, lembrando cunhas. Na paralelepipedica, as superfícies são planas, lembrando paralelepípedos (IBGE, 2007; SCHOENEGER et al, 2002).

3.1.1.4 Consistência

Consistência é o termo usado para indicar as manifestações das forças físicas de coesão e adesão entre as partículas do solo de acordo a variação do grau da umidade (IBGE,

2007; LEMOS; SANTOS, 1996). A consistência é determinada com o solo seco (dureza), úmido (friabilidade) e molhada (plasticidade e pegajosidade).

Para avaliar-se a dureza do solo, deve-se selecionar um torrão seco e comprimi-lo entre o polegar e o indicador. Segundo o IBGE (2007), a consistência quando o solo está seco pode ser:

- solta – não coerente entre o polegar e o indicador;
- macia – fracamente coerente e frágil, quebrando-se em material pulverizado ou em grãos individuais sob pressão muito leve;
- ligeiramente dura – fracamente resistente à pressão, sendo facilmente quebrável entre o polegar e o indicador;
- dura – moderadamente resistente à pressão, podendo ser quebrado nas mãos, sem dificuldade, mas dificilmente quebrável entre o indicador e o polegar;
- muito dura – muito resistente à pressão, somente com dificuldade pode ser quebrado nas mãos e não é quebrável entre o indicador e o polegar;
- extremamente dura – extremamente resistente à pressão e não pode ser quebrado com as mãos.

Já a friabilidade é determinada num estado de umidade aproximadamente intermediário entre seco ao ar e a capacidade de campo. A resistência da amostra de solo diminui com o aumento do conteúdo de água e a precisão das descrições de campo dessa forma de consistência é limitada pela precisão da estimativa do conteúdo de água na amostra (IBGE, 2007; LEMOS; SANTOS, 1996).

O IBGE (2007) ressalta que, para a avaliação da consistência, deve-se selecionar uma amostra (torrão) ligeiramente úmida e tentar esboroá-la entre o polegar e o indicador. Assim a consistência pode ser enquadrada em:

- Solta – não coerente.
- Muito friável – o material do solo esboroa-se com pressão muito leve, mas agrega-se por compressão posterior.
- Friável – o material do solo esboroa-se facilmente sob pressão fraca e moderada entre o polegar e o indicador e agrega-se por compressão posterior.
- Firme – o material do solo esboroa-se sob pressão moderada entre o indicador e o polegar, mas apresenta resistência distintamente perceptível.

- Muito firme – o material do solo esboroa-se sob forte pressão. Dificilmente esmagável entre o indicador e o polegar.
- Extremamente firme – o material do solo somente se esboroa sob pressão muito forte. Não pode ser esmagado entre o indicador e o polegar e deve ser fragmentado pedaço por pedaço.

Quando o solo está molhado, a consistência pode ser avaliada em termos de plasticidade e de pegajosidade. A plasticidade é a propriedade que pode apresentar o material do solo de mudar continuamente de forma, pela ação de uma força aplicada, e de manter a forma imprimida, quando cessa a ação da força (LEMOS; SANTOS, 1996).

Para determinar a plasticidade no campo, pode-se pegar uma porção de solo em uma das mãos, acrescentar água, amassar e modelar entre o indicador e o polegar um fio ou cilindro fino de solo, com cerca de 4 cm de comprimento IBGE (2007). O instituto ainda ressalta que o grau de resistência à deformação pode ser expresso da seguinte forma:

- Não plástica – nenhum fio ou cilindro fino se forma;
- Ligeiramente plástica – forma-se um fio de 6mm de diâmetro e não se forma um fio ou cilindro de 4mm;
- Plástica – forma-se um fio de 4mm de diâmetro e não se forma um fio ou cilindro de 2mm e;
- Muito plástica – forma-se um fio de 2mm de diâmetro, que suporta seu próprio peso.

O IBGE (2007) define a pegajosidade como a propriedade da massa do solo de aderir a outros objetos. Ainda informa que, para avaliação da pegajosidade no campo, deve-se observar que a massa de solo é molhada e homogeneizada e, posteriormente, deve-se verificar o seu grau de aderência entre os dedos, classificando-os em:

- Não pegajosa – após cessar a pressão não se verifica, praticamente, nenhuma aderência da massa ao polegar e/ou indicador;
- Ligeiramente pegajosa – após cessar a pressão, o material adere a ambos os dedos, mas desprende-se de um deles perfeitamente. Não há apreciável esticamento ou alongamento quando os dedos são afastados;
- Pegajosa – após cessar a compressão, o material adere a ambos os dedos e, quando estes são afastados, tende a alongar-se um pouco e romper-se, ao invés de desprender-se de qualquer um dos dedos;

- Muito pegajosa – após a compressão, o material adere fortemente a ambos os dedos e alonga-se perceptivelmente quando eles são afastados.

3.1.2 Fertilidade do Solo

A fertilidade tem sido conceituada como “a capacidade do solo de ceder elementos essenciais às plantas” (RAIJ, 1981; BRAGA, 1983). Alguns autores, como Malavolta (1976) e Raij (1981), acrescentam que essa capacidade, para não apresentar limitações, deve ser mantida durante todo o crescimento e desenvolvimento da planta, mesmo que esta deixe de absorver ou utilizar os elementos numa determinada fase de seu ciclo.

Muitas vezes, entende-se que um solo fértil apresenta os melhores resultados de produtividade agrícola, no entanto, essa condição não assegura a produtividade. O solo fértil, quimicamente, pode ter limitações físicas, por exemplo, e não condiciona a produtividade, a menos que técnicas de manejo eficazes sejam estudadas e aplicadas.

A fertilidade natural corresponde à fertilidade do solo quando ainda não sofreu nenhum manejo, ou seja, não foi trabalhado e, portanto, não sofreu recente interferência antrópica (MENDES, 2007).

A fertilidade do solo é bem ampla e apresenta alguns indicadores, como: potencial hidrogeniônico (pH), a matéria orgânica (MO), a capacidade de troca de cátions efetiva (t) ou (CTC efetiva) e a saturação por alumínio (m).

O pH é utilizado universalmente para diagnosticar o estado de acidez de determinado solo (Kaminski, 1989). Já a MO do solo pode ser compreendida como todo material orgânico (vegetal ou animal), como, por exemplo, a biomassa microbiana que está ligada aos argilominerálias do solo (STEVENSON, 1994). A Saturação por alumínio indica a proporção de alumínio solúvel, em relação aos teores de bases trocáveis e alumínio na CTC do solo (CAMPOS et al, 2017).

Por fim, um bom indicador da fertilidade do solo é a Capacidade de Troca de Cátions (CTC), ou seja, a quantidade de cátions que o solo pode reter, dependendo da quantidade de cargas negativas presentes. Quanto maior a quantidade de cargas negativas num solo, maior será a sua capacidade de troca de cátions. Segundo Raij (1969), a CTC é uma característica físico-química fundamental dos solos. Ela pode ser caracterizada por ligações com o H^+ , o que prejudica a ligação com elementos essenciais. Assim, a CTC pode ser expressa sem considerar o íon H^+ , sendo denominada de “CTC efetiva” (RONQUIM, 2010).

3.1.3 Profundidade Efetiva do Solo

A profundidade efetiva de um solo refere-se à profundidade máxima que as raízes penetram livremente no corpo do solo, em razoável número e sem impedimentos (físicos ou químicos), proporcionando às plantas suporte físico e condições para absorção de água e nutriente (LEPSCH et al., 1991, 2015a; MARQUES, 1971).

O crescimento e o desenvolvimento das plantas são dependentes de vários fatores químicos, físicos e/ou biológicos. Fatores físicos e químicos que impedem o desenvolvimento radicular e restringem a absorção de nutrientes podem limitar a produção (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

3.2 Geologia da região de Caetité

O levantamento de dados sobre a geologia teve como referência dados do Projeto RADAM BRASIL (BRASIL, 1982).

3.3 Recursos Hídricos

A presença de recursos hídricos, como rios, lagoas, nascentes e outros, tem grande influência na formação do solo e na vegetação de uma região. Esses recursos podem conferir a área maior umidade, microclima, arraste de material, deposição de sedimentos. Com isso, são apresentados dados climatológicos da região, os quais podem servir de base para entendimento da estrutura da região.

3.4 Solos da área de estudo

Em relação à presença de variados solos na área de estudo, o Projeto RADAM BRASIL (BRASIL, 1982) e levantamentos de solos da Margem Direita do Rio São Francisco (JACOMINE et al., 1976), indicam a ocorrência de solos pertencentes às ordens dos Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Planossolos e Neossolos, em primeiro nível categórico. Considerando um segundo nível categórico, esses estudos apresentam solos das subordens Latossolo Vermelho, Latossolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho, Argissolo Vermelho-Amarelo, Cambissolo Háplico, Planossolo Nátrico, Neossolo Quartzarênico e Neossolo Litólico.

3.5 Flora

Atualmente, admite-se que os fatores clima, biota e solo contribuem de alguma forma para o aspecto geral da vegetação. Por exemplo, em relação ao clima, as chuvas ao longo do tempo geológico intemperizaram os solos, deixando-os pobres em nutrientes e com alta disponibilidade de alumínio. Em função disso, a vegetação pode ser definida como o resultado indireto do clima, induzindo-a para um clímax edáfico (EITEN, 1994).

A vegetação da Caatinga pode ser reconhecida pelo estrato arbóreo de porte baixo (3 – 7m de altura. Geralmente, não forma um dossel contínuo. As árvores e os arbustos, na maioria dos casos, possuem troncos finos e perfilhos ao nível do solo, com folhas pequenas ou compostas, decíduas na estação seca e, muitas vezes, armadas com espinhos ou acúleos. É comum a presença de cactáceas colunares e bromélias terrestres; estrato herbáceo efêmero, presente apenas na estação chuvosa (QUEIROZ, 2009).

O Cerrado é encontrado nas unidades planas de relevo e apresenta estrutura savânica. Essa fitofisionomia é composta tanto por espécies florestais quanto por campestres, apresentando, assim, dois estratos: o arborescente, mais ou menos contínuo e aberto, caracterizado por árvores que alcançam entre 2 – 6 m de altura, com troncos baixos, inclinados, tortuosos e cascas grossas, fendidas ou sulcadas; e o estrato baixo, formado por gramíneas, subarbustos e ervas (COUTINHO, 1978).

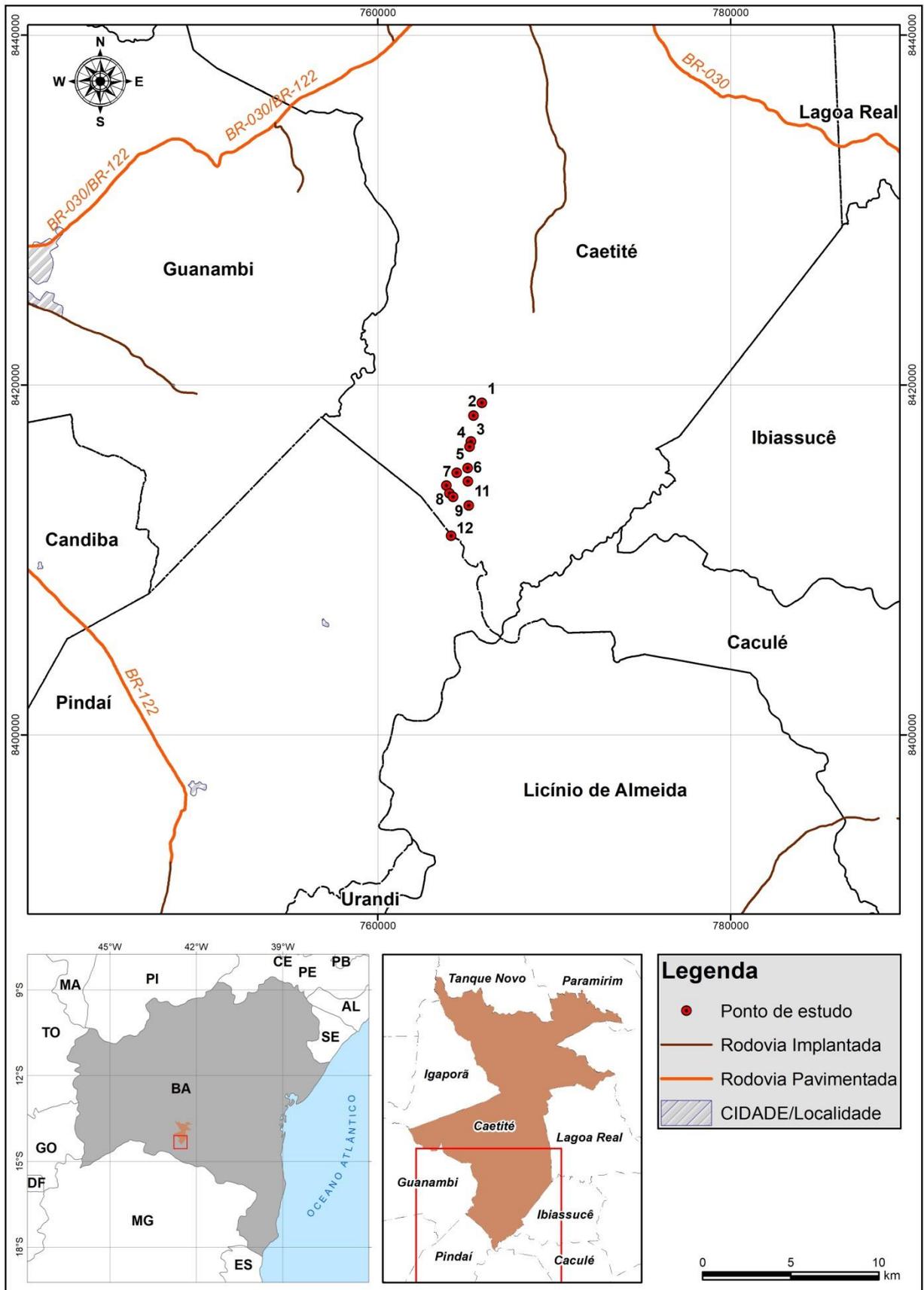
Segundo o Manual Técnico da Vegetação (IBGE, 2009), na área ainda são encontradas regiões de floresta estacional, com estrato superior formado de árvores com altura variando de 15 a 20 metros, predominantemente caducifólios, com mais de 50% dos indivíduos despidos de folhagem no período desfavorável.

3. Materiais e Métodos

4.1 Área de Estudo

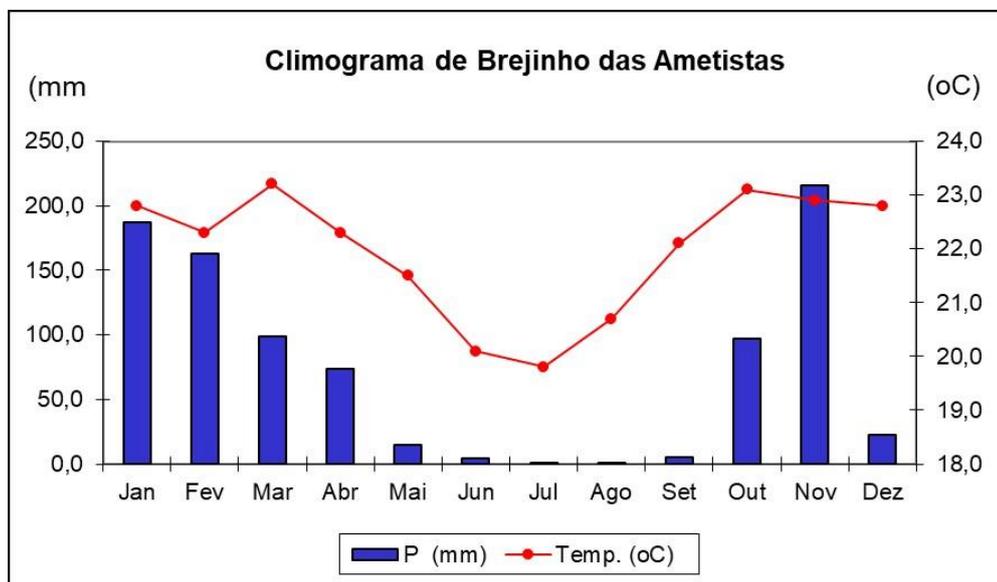
A área de estudo está localizada no município de Caetité, na região sudoeste do Estado da Bahia, a cerca de 650 km da capital, Salvador. O município está situado na serra geral da Bahia, nas coordenadas geográficas 14°04' S e 42°29'W. Mais especificamente, a área localiza-se na porção sul de Caetité, a cerca de 30 km do seu centro urbano, nas proximidades do distrito Brejinho das Ametistas (Figura 4).

Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo.



O território do município de Caetité está localizado no Bioma Caatinga, na região de maior estiagem do país, conhecida como “Polígono das Secas”, a qual apresenta acentuado déficit hídrico, baixa média de precipitação anual, elevada variabilidade na distribuição espacial e temporal das chuvas. Por outro lado, a área de estudo localiza-se no topo do trecho médio da Serra do Espinhaço e está sob condições de clima subúmido a seco, com estação chuvosa de primavera-verão e temperaturas médias em torno de 22°C (BRASIL, 1983), conforme apresentado na Figura 5 e Tabela 1.

Figura 5 – Normais Climatológicas da Estação Meteorológica de Brejinho das Ametistas, Município de Caetité. Altitude: 800m. Latitude: 14°16'S. Longitude: 42°31'W. CAC: 125mm Período: 1964-1983. 'Tipologia Climática: Koppen - Aw'; Thornthwaite e Mather - C1dB' 4a' (subúmido a seco).



Fonte: Adaptado de INMET (1991).

Tabela 1 – Balanço Hídrico da Estação Meteorológica de Brejinho das Ametistas, Município de Caetité. Altitude: 800m. Latitude: 14°16'S. Longitude: 42°31'W. CAC: 125mm Período: 1964-1983.

Mês	Temp. (oC)	EP (mm)	P (mm)	P-EP (mm)	Neg. Acum.	ARM (mm)	ER (mm)	DEF. (mm)	EXC. (mm)	Índice de Aridez	Índice de Umidade	Índice Hídrico
Jan	22,8	101,7	187,5	85,8	0,0	125,0	101,7	0,0	26,0	0,0	25,6	25,6
Fev	22,3	85,5	162,9	77,4	0,0	125,0	85,5	0,0	77,4	0,0	90,5	90,5
Mar	23,2	100,7	98,4	-2,3	2,3	122,8	100,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Abr	22,3	85,9	73,6	-12,3	14,6	111,2	85,1	0,8	0,0	0,9	0,0	-0,6
Mai	21,5	78,0	14,8	-63,2	77,8	67,1	59,0	19,1	0,0	24,5	0,0	-14,7
Jun	20,1	64,9	4,0	-60,9	138,7	41,2	29,9	35,0	0,0	53,9	0,0	-32,4
Jul	19,8	61,3	1,1	-60,2	198,9	25,5	16,9	44,4	0,0	72,4	0,0	-43,5
Ago	20,7	72,4	1,1	-71,3	270,2	14,4	12,2	60,3	0,0	83,3	0,0	-50,0
Set	22,1	84,8	5,3	-79,5	349,8	7,6	12,1	72,8	0,0	85,8	0,0	-51,5
Out	23,1	101,3	97,3	-4,0	353,8	7,4	97,5	3,8	0,0	3,8	0,0	-2,3
Nov	22,9	98,7	215,8	117,1	0,6	124,4	98,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dez	22,8	103,1	22,2	-80,9	81,4	65,2	81,5	21,6	0,0	21,0	0,0	-12,6
Anual	22,0	1038,4	884,0				780,6	257,7	103,4	24,8	10,0	-4,9

Fonte: Adaptado de INMET (1991).

A área estudada apresenta altitudes aproximadas entre 850 e 1100 m, com presença de grande diversidade biológica e de fatores abióticos. Segundo Taylor e Zappi (2004), a região da Serra do Espinhaço apresenta-se como área prioritária para realização de estudos e implementação de ações de conservação, sobretudo devido a sua grande diversidade de solos, habitats e formações vegetais, como caatinga, florestas estacionais, cerrados e áreas de transição.

Desprovida de unidades de conservação federais, estaduais ou municipais, a área em questão encontra-se sujeita a diferentes pressões antrópicas, como expansão agrícola, produção de energia e exploração mineral, potencializado a necessidade de estudos para garantir a exploração de maneira mais sustentável possível. Na área estudada, se observam diferentes empreendimentos de extração mineral, produção de energia e implantação de sistemas de transporte, tais como: exploração de minério de ferro, extração de ametista, produção de energia eólica, produção de energia solar e implantação de rede ferroviária (Ferrovia de Integração Oeste-Leste - FIOL).

4.2 Caracterização da Fertilidade dos Solos

Para caracterização da fertilidade dos solos da área estudada, foram realizadas coletas de amostras em camada superficial (0-20 cm de profundidade) em 11 pontos (Tabela 2) dos 12 pontos de estudo. O ponto 10 não apresentava material passível de análise, uma vez que

havia apenas cascalho nessa camada. Em cada ponto, foram coletadas cinco amostras simples. Para isso, foi escolhida uma área próxima ao perfil que atendesse as características para amostragem – como não estar situada em trilhas de gado ou próximo à estrada. De modo aleatório, com cerca de 3 metros de espaçamento entre si, as amostras simples foram coletadas e homogeneizadas em um saco plástico. Posteriormente, foi retirada uma amostra composta, de aproximadamente 1,0 kg, acondicionada em saco plástico não utilizado anteriormente, identificada e armazenada até o envio para análise em laboratório.

Tabela 2 – Coordenadas métricas dos pontos selecionados para coleta das amostras de solo.

Ponto	Coordenadas métricas (UTM)			Altitude	Vegetação
	Fuso	X	Y		
1	23L	765905	8418965	885	Carrasco
2	23L	765428	8418248	912	Caatinga
3	23L	765280	8416772	972	Floresta Estacional Decidual
4	23L	765205	8416472	988	Caatinga
5	23L	765089	8415238	1048	Cerrado
6	23L	765101	8414475	1034	Carrasco
7	23L	763882	8414240	986	Cerrado
8	23L	764053	8413806	960	Floresta Estacional Decidual
9	23L	764266	8413592	941	Floresta Estacional Semidecidual
10	23L	764474	8414980	1028	Cerrado
11	23L	765157	8413103	1045	Campo limpo
12	23L	764151	8411370	1027	Campo cerrado

As análises de solo realizadas foram: pH, K, P, Ca, Mg, Al, acidez potencial (H+Al), fósforo remanescente (P-Rem), soma de bases trocáveis (SB), capacidade de troca catiônica efetiva (t), capacidade de troca catiônica a pH 7,0 (T), índice de saturação de bases (V), índice de saturação por alumínio (m) e matéria orgânica (MO).

As amostras de material de solo foram analisadas no Laboratório de Análises de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA, conforme metodologia descrita a seguir: pH em água em relação 1:2,5 (solo: água), de acordo com o método proposto por McLean (1982); o alumínio trocável foi extraído com KCl 1 M e analisado Mehlich I (HCl 0,05 N + H₂ SO₄ 0,025 N); as bases trocáveis (Ca, Mg e K) foram extraídas com de KCl 1,0 mol/ e obtidas por espectrofotômetro de absorção atômica; o potássio disponível foi obtido com solução extratora Mehlich I (HCl 0,05 N + H₂ SO₄ 0,025 N) e analisado por fotometria de chama; e o fósforo disponível foi obtido com solução extratora

Mehlich I (HCl 0,05 N + H₂ SO₄ 0,025 N) e a leitura no espectrofotômetro de absorção molecular. O enxofre foi determinado por turbidimetria (BLANCHARD et al., 1965).

4.3 Análises Pedológicas

Os estudos pedológicos foram realizados por meio de levantamentos em campo, usando bases teóricas como: o Levantamento Exploratório de Reconhecimento de Solos da Margem Direita do Rio São Francisco do Estado da Bahia (JACOMINE et al., 1976), o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo (LEMOS; SANTOS, 2002), o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2018), o Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA, 1997) e Manual Técnico de Pedologia do IBGE (2007).

Ao longo de uma catena na área de estudo, foram confeccionados perfis de solos, sempre que possível com dimensões 150 cm de largura por 200 cm de comprimento e 200 cm de profundidade (Figura 6). Também foram utilizados barrancos e cortes de estrada, quando estes estavam disponíveis.

Após o confeccionamento do perfil de cada ponto, algumas características foram observadas na descrição morfológica, dentre elas, a cor, a textura, a estrutura, a consistência, a transição entre horizontes.

Figura 6 – A e B confecção de perfis em terreno plano e barranco. C e D respectivos perfis finalizados mostrando divisão de horizontes.



Ao todo, foram avaliados 12 perfis de solo (Anexo 3), a qual segue as localizações na (Figura 7). Os perfis de solos foram submetidos à descrição morfológica e à identificação dos seus horizontes, conforme os critérios da Sociedade Brasileira de Ciência dos Solos (LEMOS; SANTOS, 2002). Foi realizada a análise da cor por meio da comparação com a carta de Munsell (Munsell soil color charts) (1905), bem como a avaliação da textura, verificação de estrutura e agregação, verificação de consistência, pegajosidade e plasticidade (Figura 8).

Amostras de camadas superficiais (0 a 20 cm) também foram coletadas e enviadas para o Laboratório de Física de Solo do Departamento de Ciência do Solo da UFLA para identificação de sua textura e teores de argila, silte, areia fina e areia grossa. As análises de textura foram feitas segundo o método de Bouyoucos modificado, com a adição do processo de peneiramento da areia, para determinar o percentual de areia fina e grossa.

Figura 7 – Localização de pontos.

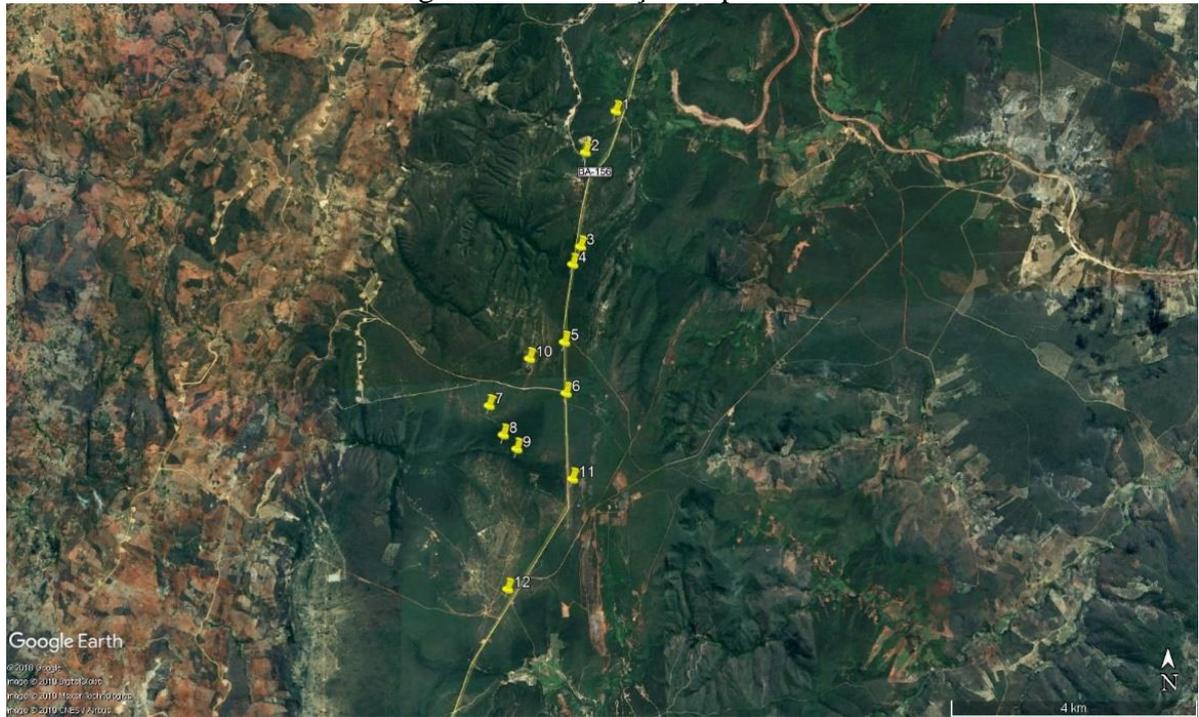


Figura 8 – Exemplos de etapas da descrição morfológica de perfis. A: verificação da estrutura e agregação. B: Análise de cor em carta de Munsell. C: determinação de horizontes. D: avaliação da plasticidade.



4.4 Geologia Local

Para a busca de informações sobre a geologia local, foram estudados o mapa geológico do estado da Bahia e seu texto explicativo (BARBOSA et al., 1996) e o Mapa Geológico da Bahia (CPRM, 2019), disponível em formato *shapefile* (*.shp).

4.5 Caracterização da Flora

A caracterização das formações vegetacionais foi realizada por meio de revisão de literatura sobre a área de estudo, bem como vistorias em campo, tomada de coordenadas e marcação de trajetos com o auxílio de aparelhos de GPS. A classificação das formações vegetais tomou como base os contextos ecológicos e os aspectos fisionômicos e florístico, conforme sugerido por (FERNANDES, 2000).

Para identificação das espécies vegetais, foram realizadas coletas de material botânico por meio de caminhamentos por estradas e trilhas. As espécies que se encontraram férteis foram coletadas com tesoura de poda ou tesoura de alta-poda (Figura 9(A)). Os espécimes coletados foram acondicionados em sacos plásticos e conduzidos ao laboratório, onde foram prensados (Figura 9(B)) e desidratados em estufas. Posteriormente, o material foi identificado por Botânico especializado. O sistema de classificação para as espécies vegetais foi baseado no APG-III (Angiosperm Phylogeny Grupo III), de 2009.

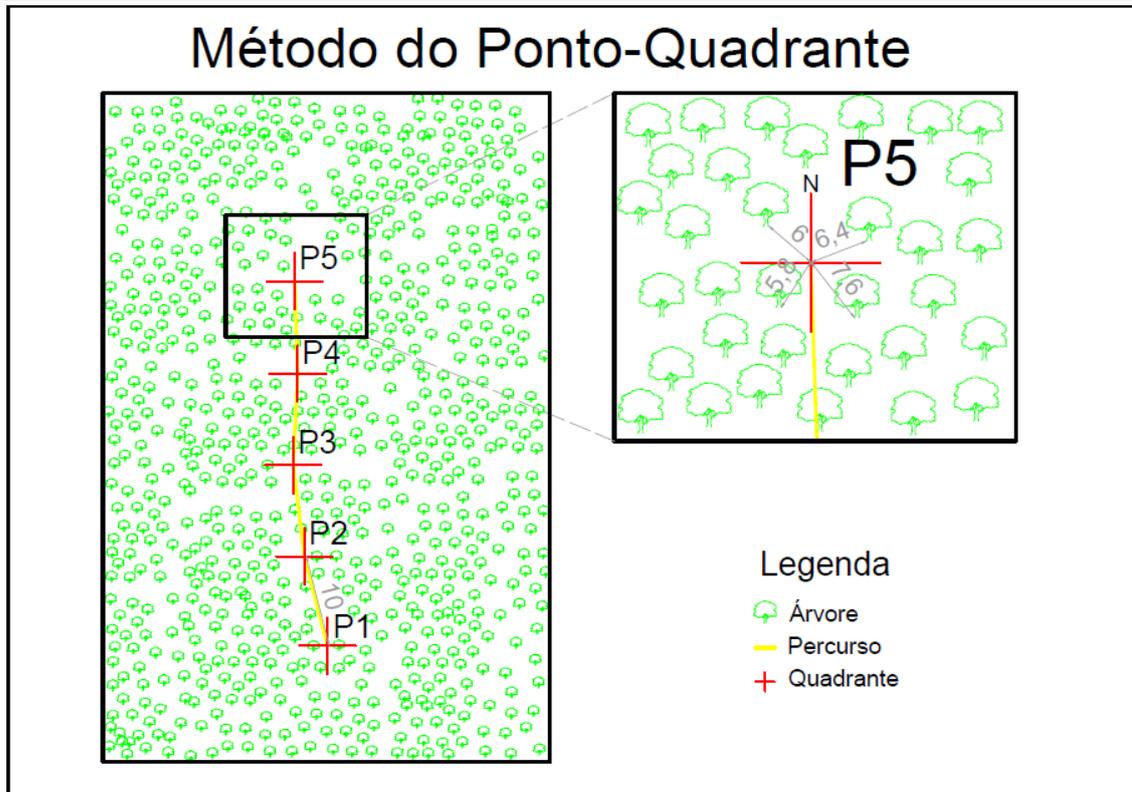
Figura 9 – Coleta de plantas para análise florística (A) e prensagem das respectivas (B).



Para um melhor entendimento da estrutura da flora local, foi realizado estudo fitossociológico pelo método de quadrantes (Figura 10), também chamado de pontos-quadrante (COTTAM; CURTIS, 1956). Essa é uma técnica bastante utilizada em estudos fitossociológicos no Brasil (MARTINS, 1991; FERRAZ et al.,1998) e consiste em marcar um

ponto central na vegetação e, a partir dele, estabelecer quatro quadrantes igualmente espaçados (FELFILI et al., 2011).

Figura 10 – Imagem ilustrativa de amostragem ponto-quadrante.



O estudo por ponto quadrante foi realizado nos 12 pontos de coleta de solo apresentado anteriormente, seguindo aproximadamente a mesma localização (Figura 7). Em cada ponto de amostragem foram abertas picadas e lançados transectos de 50 m, com cinco pontos quadrantes distantes 10 m um do outro. Em cada quadrante avaliado, foi identificado o indivíduo mais próximo do ponto central que atendesse aos critérios de inclusão da amostragem (circunferência a altura do peito (CAP) maior ou igual a 10 cm e altura maior ou igual 1,30 m) e, em seguida, foram anotadas a distância deste em relação ao ponto central do quadrante, a altura e a circunferência da planta, como mostra a Figura 11.

Figura 11 – Fitossociologia: Utilização de chave de roda para definição de quadrantes (A).
Medição de circunferência de árvore (B).



O estudo fitossociológico buscou avaliar os índices frequência, densidade, dominância, Índice de Valor de Importância e Área Basal, conforme quadro descritivo de equações abaixo.

Parâmetro	Fórmula	Termo
Densidade Absoluta (DA)	$DA = ni / A$	ni = número total de indivíduos amostrados da espécie i; A = área total amostrada, em hectare.
Densidade Relativa (DR)	$DR = DA / DT . 100$	DA = densidade absoluta da espécie i, em número de indivíduos por hectare; DT = densidade total, em número de indivíduos por área (hectare).
Densidade Total (DT)	$DT = N / A$	N = número total de indivíduos amostrados; A = área total amostrada, em hectare.
Frequência Absoluta (FA)	$FA = (ui / ut) . 100$	ui = número de unidades amostrais em que a espécie i ocorre; ut = número total de unidades amostrais Unidades amostrais = parcelas.
Frequência Relativa (FR)	$FRi = (FAi / \sum FAi) . 100$ $i=1$	FR = frequência relativa da espécie i na comunidade vegetal; FA = frequência absoluta da espécie i;
Dominância Absoluta (DoA)	$DoA = ABi / A$	ABi = área basal da espécie i (em m ²) na área amostrada; A = área total amostrada (em hectares).
Dominância Relativa (DoR)	$DoR = (DoA / DoT) . 100$	DoA = dominância absoluta (m ² /ha); DoT = dominância total (m ² /ha); ha = hectare (unidade de área).
Dominância Total (DoT)	$DoT = ABT / A$	ABT = área basal total; A = área amostrada, em hectare (ha).
Índice de valor de Importância (VI)	$IVI = (DR + FR + DoR)$	IVI = Índice de Valor de Importância; DR = densidade relativa; FR = frequência relativa; DoR = dominância relativa.

Parâmetro	Fórmula	Termo
Área Basal (AB)	$AB = \sum_{i=1}^s ABi$	ABi = área basal total da espécie i.
Média Aritmética (Y)	$Y = \sum_{i=1}^n Yi / n$	Yi = Volume da i-ésima parcela; n = intensidade amostral.

As análises fitossociológicas foram realizadas com o auxílio do programa Mata Nativa 4, desenvolvido pelo Grupo Cientec.

4.6 Geoprocessamento: Análise do Uso do Solo, Cobertura Vegetal e Fragilidades Ambientais

Para a classificação da cobertura vegetal e uso do solo, foi realizada a preparação da base cartográfica para o mapeamento, bem como a definição da escala cartográfica a ser adotada. Esta segunda foi definida em 1:15.000, pois melhor atendia a área de estudo, englobando os pontos e demonstrando a distribuição espacial de todos pontos. Foi utilizado o sistema de coordenadas planas Universal Transversa de Mercator (UTM) e DATUM SIRGAS 2000. Para os trajetos oriundos de caminhada e identificação de feições em campo, utilizou-se GPS de navegação, procedeu-se à conversão dos dados e, quando necessário, dos formatos *.gtm (TrackMaker) e *.dwg (CAD) para *.shp (QGIS) e *.kmz (GoogleEarth).

A análise do uso do solo e da cobertura vegetal foi realizada por meio de classificação supervisionada, utilizando-se o algoritmo Semi-Automatic Classification Plugin (Release 6.2.0.1) (CONGEDO, 2019), no ambiente do software QGIS versão 3.4.3-Madeira. Quando necessário, também foi realizada a vetorização manual de feições e a delimitação de estradas e acessos, utilizando mapeamento em campo com GPS de navegação. Utilizou-se imagem multiespectral Sentinel 2, com data de aquisição de 24 de outubro de 2018.

Para a identificação das áreas de fragilidade ambiental, utilizou-se imagens Shuttle Radar Topography Mission - SRTM (FARR et al., 2007), com resolução de 1 arco-segundo (30 metros).. Assim, foi elaborado um mapa hipsométrico e realizado o processamento de modelos digitais de elevação (MDE) com 30metros de resolução. Foram utilizados os algoritmos r.stream.extract, r.slope.aspect e r.recode do GRASS GIS (JASIEWICZ; METZ, 2011; GRASS DEVELOPMENT TEAM, 2012). Também foi calculado o índice NDVI a partir das bandas do vermelho (B4) e infravermelho próximo (B8) (VIGANÓ et al. 2011; LANG; BLASCHKE, 2009).

4. Resultados e Discussão

Tabela 3 – Resultado de análise química de fertilidade (rotina), Matéria Orgânica (M.O) e análise textural com separação de areia grossa e fina.

Pontos	pH	K	P	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem	Argila	Silte	Areia(grossa)	Areia(Fina)	textura
		mg/dm ³		cmol _c /dm ³							%		dag/kg	mg/L	dag/kg				
1	4,5	58,41	0,01	0,22	0,5	2,09	9,1	0,87	2,96	9,97	8,72	70,61	3,58	34,04	27	14	20	39	Média
2	5	106,65	1,29	0,61	0,31	0,77	4,23	1,19	1,96	5,42	22,02	39,29	2,17	45,9	21	7	22	50	Média
3	5	127,55	1,71	2,47	1,18	0,17	4,52	3,98	4,15	8,5	46,79	4,1	4,43	46,55	21	12	29	38	Média
4	4,3	44,12	0,58	0,14	0,26	1,52	6,97	0,51	2,03	7,48	6,86	74,88	2,31	30,68	36	13	11	40	Argilosa
5	4,7	33,47	0,79	0,1	0,16	1,44	6,59	0,35	1,79	6,94	4,98	80,45	2,15	31,97	30	3	33	34	Média
6	4,2	35,01	0,9	0,18	0,17	2,31	12,01	0,44	2,75	12,45	3,53	84	3,85	16,75	53	25	7	15	Argilosa
7	4,6	12,76	0,85	0,1	0,1	1,12	5,1	0,23	1,35	5,33	4,37	82,96	1,9	39,65	17	2	43	15	Média
8	4,7	30,31	0,99	0,1	0,18	1,74	7,79	0,36	2,1	8,15	4,39	82,86	2,15	36,74	37	10	21	38	Argilosa
9	4,4	35,1	2,45	0,1	0,16	2,01	11,62	0,35	2,36	11,97	2,92	85,17	3,09	26,5	23	9	34	32	Média
11	5,1	58,6	1,11	0,12	0,29	0,49	2,8	0,56	1,05	3,36	16,67	46,67	1,79	45,77	15	14	19	34	Média
12	4,6	23,02	0,26	0,1	0,17	1,69	7,53	0,33	2,02	7,86	4,19	83,66	2,45	28,75	36	19	8	52	Argilosa
Mínimo	4,2	12,76	0,01	0,1	0,1	0,17	2,8	0,23	1,05	3,36	2,92	4,1	1,79	16,75	15	2	7	15	
Máximo	5,1	127,6	2,45	2,47	1,18	2,31	12,01	3,98	4,15	12,5	46,8	85,17	4,43	46,55	53	25	43	52	
Média	4,65	51,36	0,99	0,39	0,32	1,40	7,11	0,83	2,23	7,95	11,40	66,79	2,72	34,85	28,73	11,64	22,45	35,18	

5.1 Fertilidade

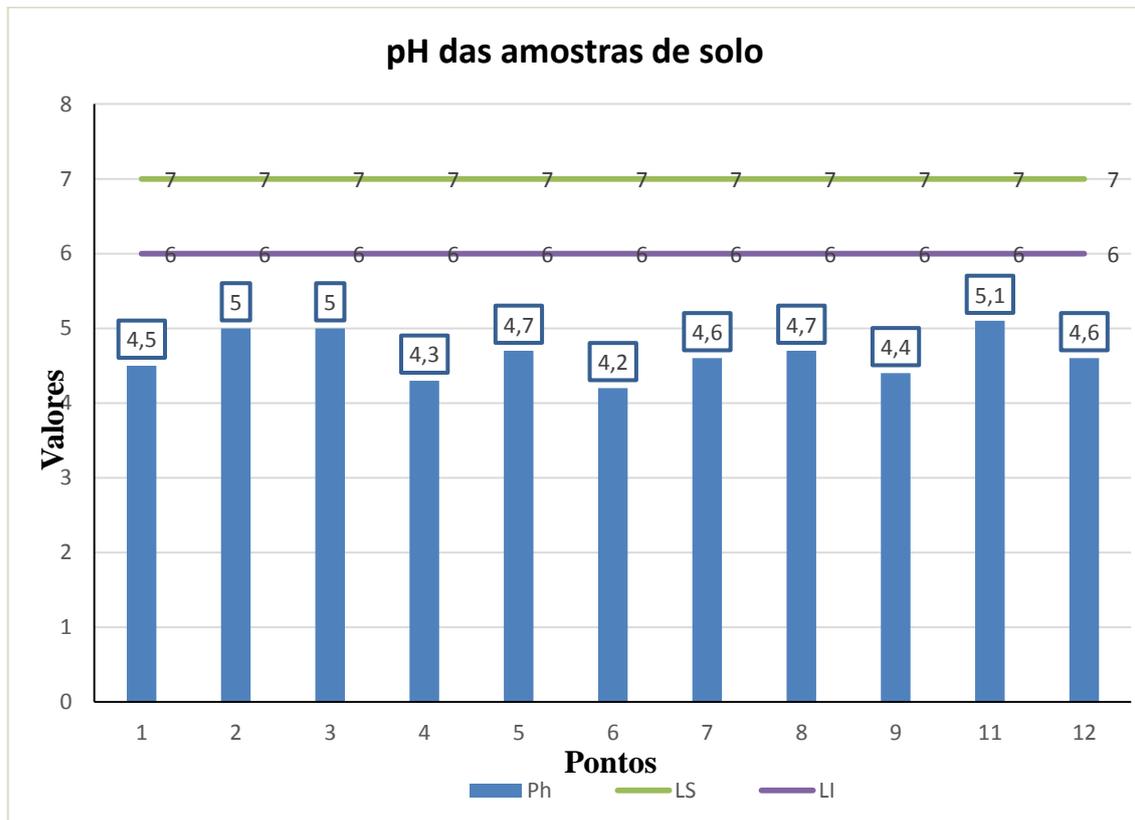
A fertilidade foi apresentada para resultados de potencial hidrogeniônico (pH), matéria orgânica (MO), capacidade de troca de cátions efetiva (t) ou (CTC efetiva) e a saturação por alumínio (m) (Tabela 3).

Os valores de pH do solo variaram de 4,2 a 5,1 e resultaram em média de 4,65 (Tabela 3). Geralmente, o pH é parâmetro do solo que mais afeta a disponibilidade de nutrientes às plantas. Imaginando um manejo desses solos no futuro, o pH é considerado muito baixo, uma vez que a maior disponibilidade dos nutrientes para as cultivares ocorre de pH 6,0 até 7,0 (FURTINI NETO et al., 2001). Os autores ainda salientam que o manejo da fertilidade do solo inicia-se com a conservação do mesmo. O pH dos pontos de estudo, são apresentados na Figura 12.

A fertilidade aqui estudada trata-se da natural e apresenta resultados baixos no geral. Tal fato pode indicar um ambiente de difícil colonização e recolonização de plantas, reforçando a necessidade de estudo prévio para preservação ou conservação da área.

Segundo Jacomine et al., (1976) por meio do Levantamento Exploratório da Margem direita do São Francisco, o qual fez levantamento em ponto próximo a área de estudo (ponto 113), e ali descreve uma rocha xisto biotítico com opaco e solo litólico distrófico. Segundo Santos et al., (2018) esses solos são caracterizados por serem rasos, geralmente em relevo mais declivoso e de baixa fertilidade natural. Assim, os resultados encontrados nesse trabalho de conclusão de curso, corroboram com o estudo de Jacomine et al., em 1976.

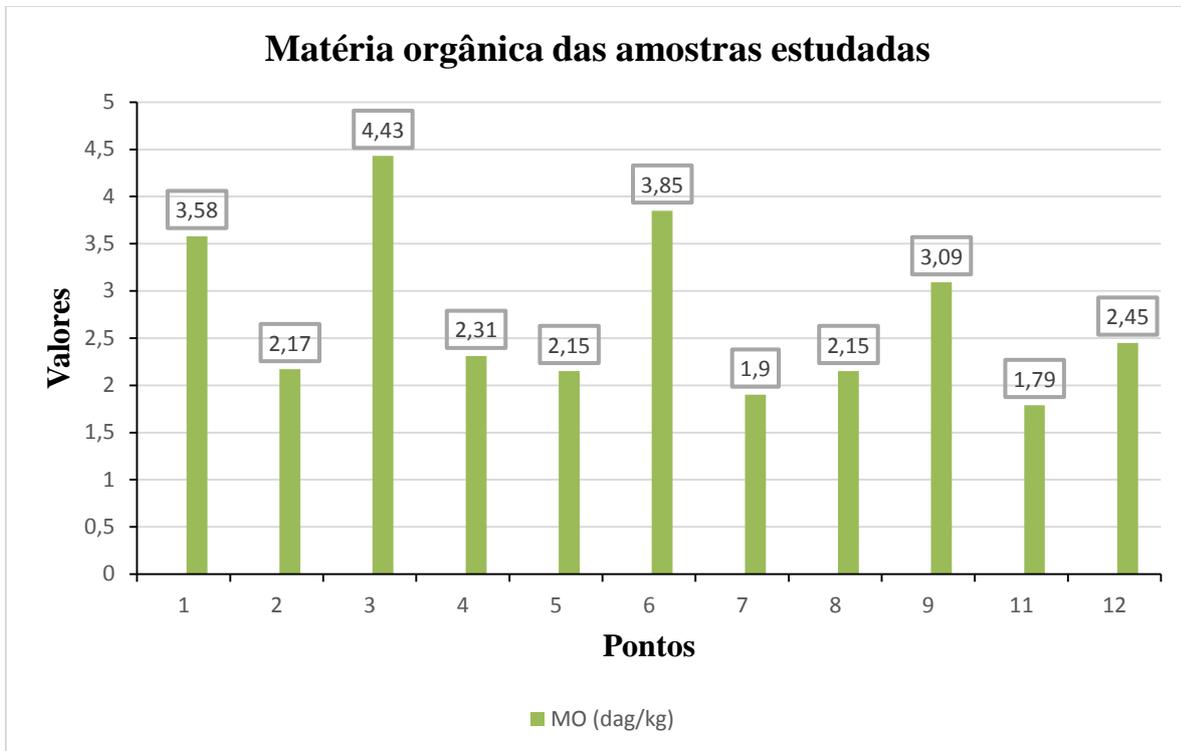
Figura 12 – pH dos pontos amostrados e o limite inferior (LI) e Limite Superior (LS) recomendados para cultivo. Fonte: Do autor (2019).



A matéria orgânica (MO) é outro importante indicativo da fertilidade do solo. Nos pontos estudados, o valor mínimo encontrado foi de 1,79 dag/kg e o máximo de 4,43 dag/kg, apresentando média de 2,72 dag/kg.

A matéria orgânica determina o comportamento químico e a fertilidade de um solo (COLEMAN et al., 1989), pois, com o seu acúmulo, há incremento na formação de ácidos orgânicos, maior disponibilidade de macro e micronutrientes na superfície do solo, aumento da CTC, diminuição dos efeitos tóxicos do alumínio e manganês, elevação da capacidade de reciclagem de nutrientes (CALEGARI, 2006; BAYER et al., 2006) e diminuição do potencial do solo de reter fósforo em formas indisponíveis (BAYER et al., 2006). Cabe ressaltar que os dados de MO apresentados servem de base para o entendimento da relativa presença de MO entre os pontos de estudo (Figura 13).

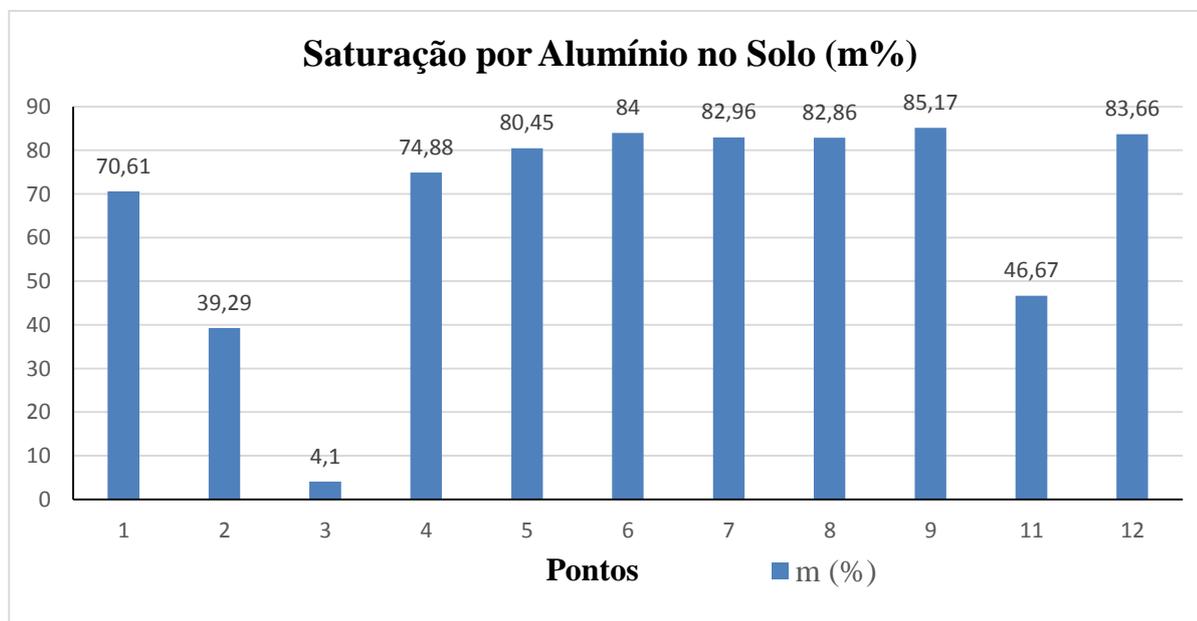
Figura 13 – Matéria orgânica de pontos estudados. Fonte: do autor.



Já para a saturação por alumínio (m), foram encontrados valores de mínimo e máximo de 4,1% e 85,17% respectivamente, e média de 66,79%.

Um fator que limita a produtividade das diversas culturas é a toxidez por alumínio (MIGUEL et al., 2010). Em análise ponto por ponto, é possível observar que o ponto 3 é o que apresentou menor limitação quanto a saturação por alumínio Figura 14, o que pode estar potencializando a presença da floresta estacional decidual presente no ponto.

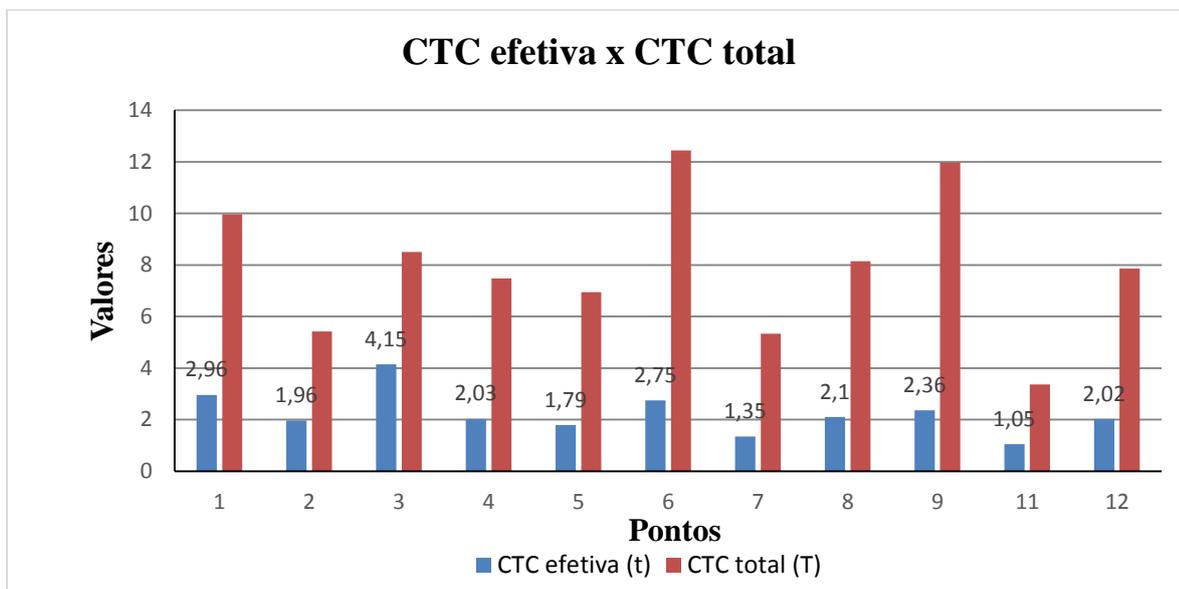
Figura 14 – Índice de Saturação por Alumínio em amostras estudadas. Fonte: do autor.



Raij (1969) ressalta que se a maior parte da CTC está ocupada por cátions essenciais como Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+} , pode-se dizer que esse é um solo bom quanto à nutrição das plantas. Por outro lado, se grande parte da CTC está ocupada por cátions potencialmente, tóxicos como H^{+} e Al^{3+} , este será um solo pobre. Um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade para reter cátions em forma trocável. O autor descreve sobre CTC total (a pH 7,0) e efetiva. A última é expressa sem considerar o íon H^{+} . Um solo pode apresentar, por exemplo, alto valor de CTC total, mas uma parcela significativa das cargas negativas do solo adsorvendo íons H^{+} , e a CTC efetiva será, assim, bem inferior. Partindo dessa informação, a Figura 15 demonstra a diferença entre os níveis de CTC total (T) e CTC efetiva (t). A partir dessa figura, é possível afirmar que há diferença em todos os pontos de estudo, ou seja, o H^{+} está tendo interferência na capacidade de trocar cátions essenciais para os pontos de estudo.

A CTC efetiva apresentou valor mínimo de $1,05 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ e máximo de $4,15 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ além de $2,23 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$ de média. Sob mata nativa, o conteúdo de matéria orgânica do solo encontra-se estável (Bayer & Mielniczuk, 2008) justificando, assim, os menores valores de CTC efetiva encontrados.

Figura 15 – Comparação entre CTC efetiva e CTC total. Fonte: do autor.



5.2. Flora

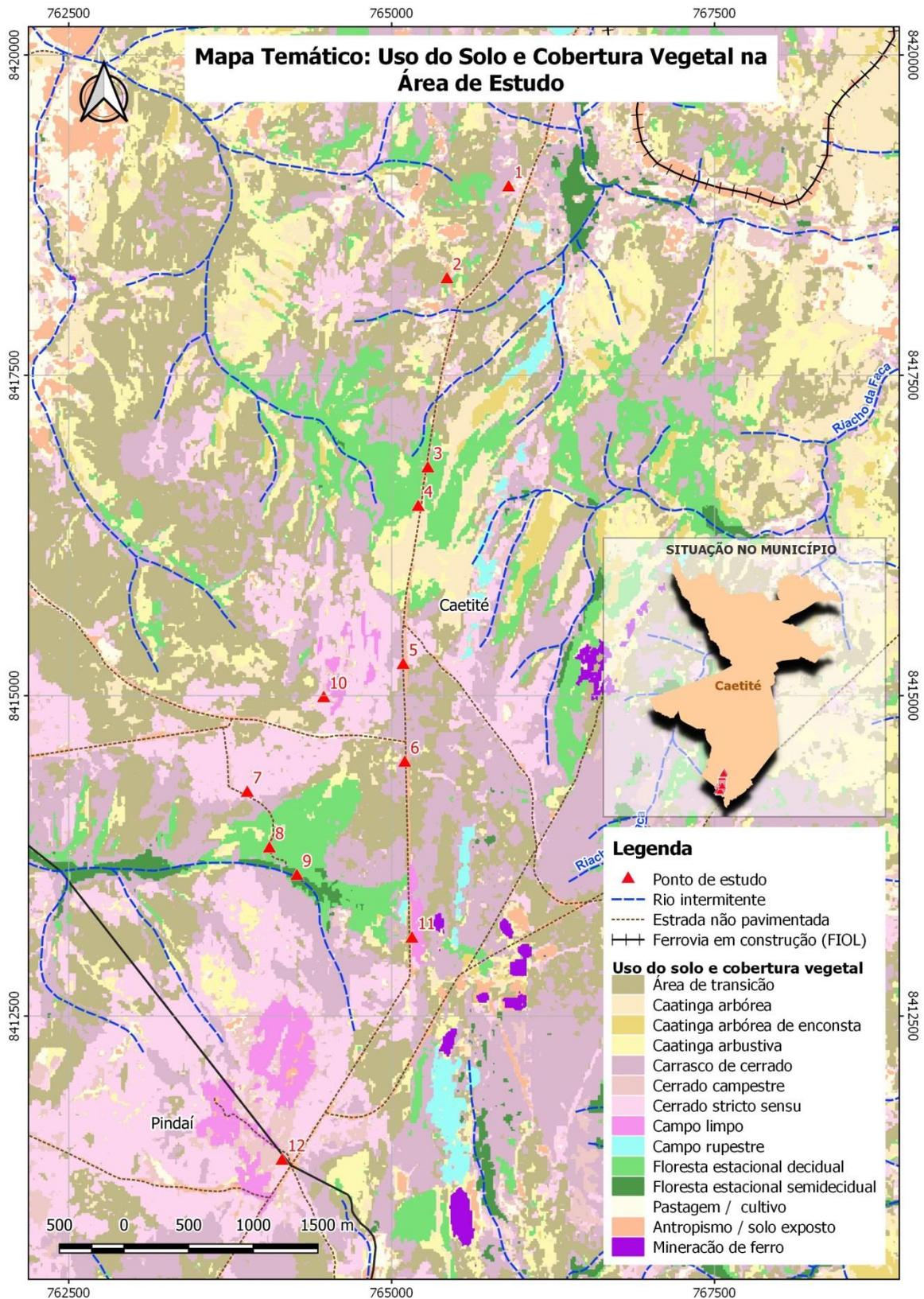
A partir da classificação de imagens da área, obteve-se a separação de quinze classes de uso do solo e cobertura vegetal, sendo elas:

- Floresta Estacional Semidecidual – Áreas de floresta úmidas de grande porte
- Floresta Estacional Decidual – Áreas de floresta de grande porte com maior susceptibilidade a perda de folhas durante o período de seco
- Cerrado *stricto sensu* – Áreas de cerrado típico
- Campo cerrado – Formações campestres de porte arbustivo com ocorrência de palmeiras anãs como *Syagrus werdermannii*, *Astrocryum campestres* e *Allagoptera campestres*.
- Campo limpo – Formações de campestres com predomínio do estrato herbáceo e indivíduos arbóreos de *Vochysia thyrsoidea* esparsos
- Campo rupestre – Formações campestres de cerrado sobre solos pedregosos de canga e quartzito
- Carrasco (transição de cerrado) – Áreas de cerrado com aspecto denso e transicional
- Caatinga Arbustiva - Áreas com vegetação típica da caatinga de porte arbustivo
- Caatinga Arbustivo-Arbórea - Áreas com vegetação típica da caatinga com porte arbóreo e sub-bosque mais preservado com grandes populações de bromélias e cactos.
- Caatinga Arbórea - Áreas com vegetação típica da caatinga com porte arbóreo

- Área de Transição – Formações de mata de transição entre a caatinga e o cerrado
- Antropismos / solo exposto - Áreas de dinâmica antrópica representadas por vias de acesso não pavimentadas, cascalheiras, jazidas minerais, áreas terraplenadas de empreendimentos de energia eólica, áreas agrícolas com solo exposto e leitos secos de rios
- Pastagem - Áreas de dinâmica antrópica representadas por pastagens, cultivos herbáceos anuais e em pequena escala ou de subsistência;
- Mineração de ferro – Áreas de mineração de ferro em atividade ou abandonadas

Esse número de unidades mostra que a área de estudo possui uma variação importante de fitofisionomias, com a presença marcante de áreas de transição entre o cerrado e a caatinga, além de formações de floresta estacional decidual e semidecidual (Figura 16). Cabe acrescentar que não há áreas significativas de agricultura na região estudada. São observadas apenas pequenas propriedades rurais com até quatro módulos fiscais, o qual é estabelecido em 65 hectares para o município de Caetité (EMBRAPA, 2019).

Figura 16 – Mapa de uso do solo e cobertura vegetal.

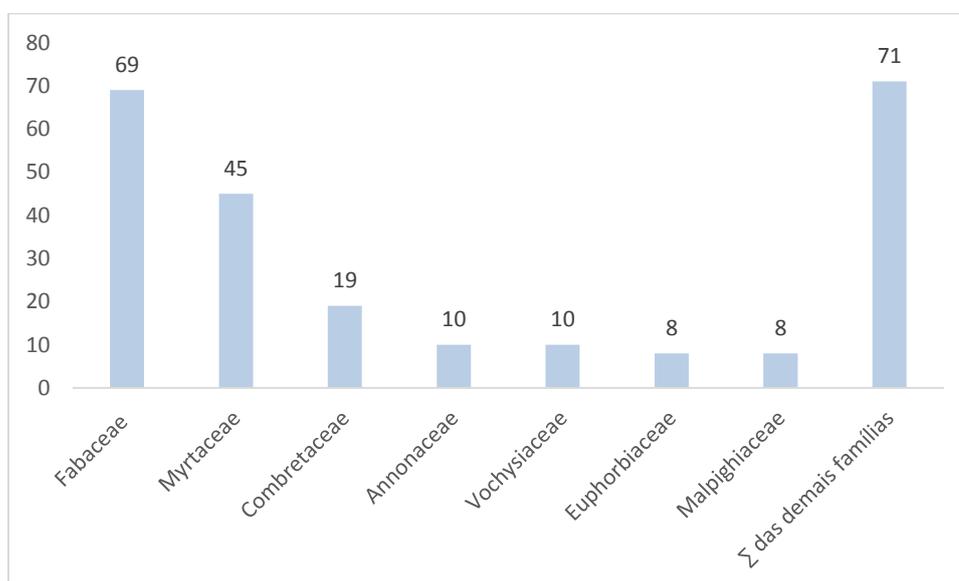


De modo geral, também foi possível observar que a área de estudo ainda apresenta maior parte de cobertura vegetal nativa. Sabe-se que a cobertura vegetal nativa tem influência positiva nos atributos hidropedológicos, como saturação hidráulica, condutividade e porosidade, protegendo o solo do impacto da gota de chuva em precipitações torrenciais (PINTO et al., 2010).

Quanto à estrutura das formações vegetais identificadas, o levantamento fitossociológico realizado pelo método de ponto-quadrante permitiu obter informações sobre a vegetação do local. No total foram amostradas 240 árvores, identificadas 79 espécies representadas por 34 famílias e 61 gêneros. A família que apresentou maior número de espécies foi a Fabaceae, com 22 espécies, seguida por Myrtaceae (12) e Annonaceae (4).

Em relação ao número de indivíduos por família, as famílias com maior número de indivíduos amostrados foram Fabaceae, com 69 indivíduos amostrados, Myrtaceae, com 45, Combretaceae, com 19, Annonaceae e Vochysiaceae, com 10, e Euphorbiaceae e Malpighiaceae com 8. Essas famílias somadas representam 70% dos indivíduos amostrados no presente estudo (Figura 17).

Figura 17 – Número de indivíduos amostrados por família.



Analisando os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal (ANEXO 1), verificou-se que as espécies com maior índice de valor de importância (VI) foram pau d'água (*Vochysia thyrsoidea*), cagaita (*Eugenia dysenterica*), mussambê (*Terminalia fagifolia*), jatobá (*Hymenaea stigonocarpa*), angelim (*Dahlstedtia araripensis*), pau pombo (*Tapirira guianensis*), massaranduba (*Pouteria ramiflora*).

De acordo com Moro e Martins (2011), o índice de valor de importância (VI) é um índice composto que agrega as variáveis de densidade relativa (DR), a frequência relativa (FR) e a dominância relativa (DoR), indicando quais espécies tem maior contribuição para a comunidade vegetal.

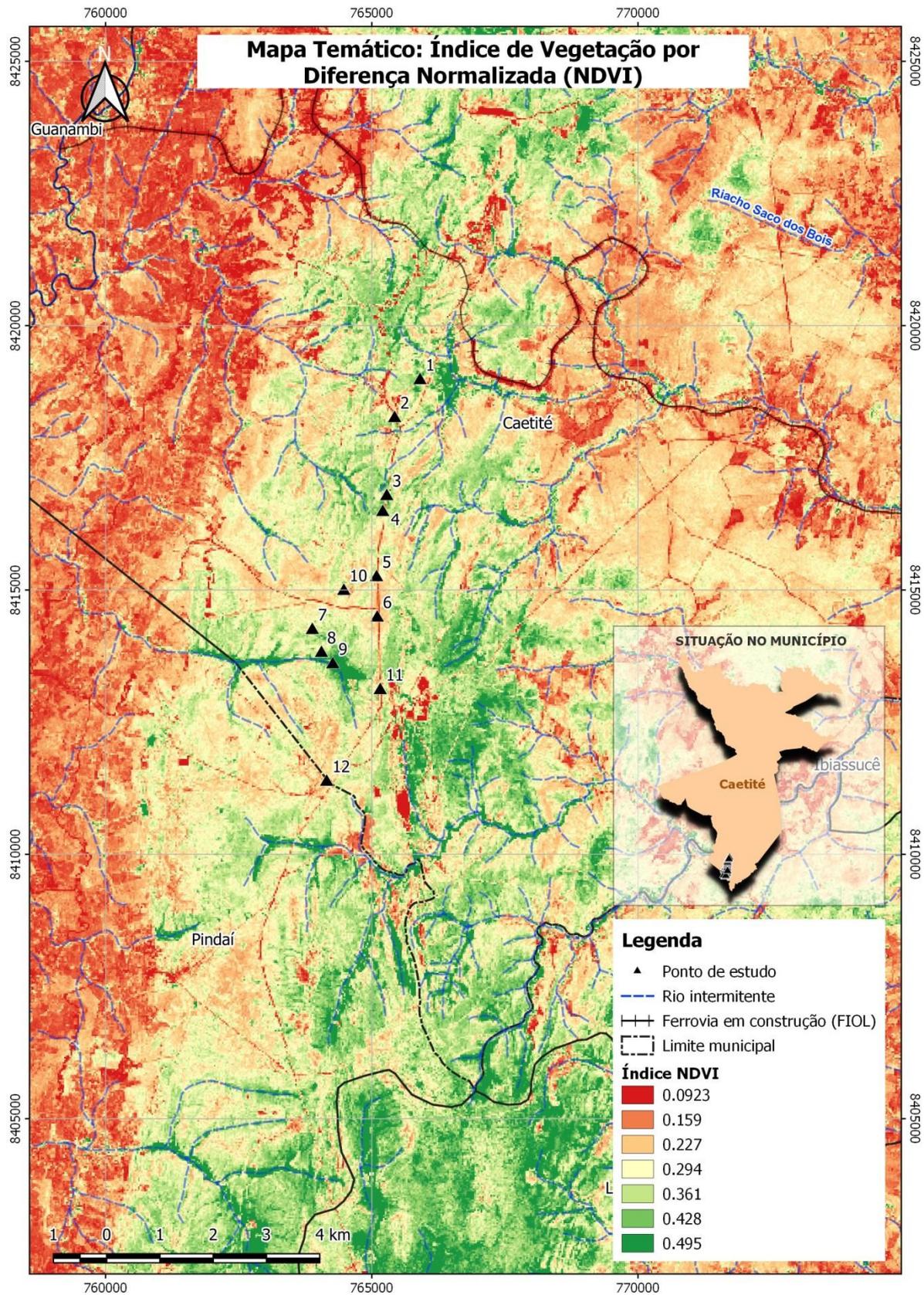
Como pode ser verificado nos resultados de estrutura horizontal e na lista geral de espécies identificadas por formação vegetal (Anexo), as espécies com alto VI apresentam variações de dominância, de frequência e de densidade e ocorrem em diferentes formações vegetais e locais na paisagem. A espécie pau d'água, por exemplo, ocorre em áreas de campo limpo, com solos bastante pedregosos e com pouca cobertura vegetal, sempre nas áreas de topo da paisagem estudada, onde foi observada a prevalência de Neossolos Regolíticos. Já as espécies cagaita, mussambê e jatobá, frequentemente ocorrem em áreas de transição entre o cerrado e a caatinga, onde foi registrada a presença de Latossolos. Estas são espécies relativamente abundantes na área estudada, porém possuem copas reduzidas e perdem folhas no período seco, não conferindo significativa proteção ao solo. Quanto às espécies angelim, pau pombo e massaranduba, embora tenham apresentado baixa frequência relativa no estudo, uma vez que ocorrem apenas nas áreas de floresta estacional decidual (angelim) e semidecidual (pau pombo e massaranduba), o seu grande porte contribuiu para um maior valor de importância dessas espécies (Figura 18).

Figura 18 – A: área de campo limpo com presença de árvores esparsas de pau d'água, onde nota se solo pouco protegido. B: Área de cerrado com ocorrência de cagaita e jatobá onde se observa a pequena cobertura foliar das espécies arbóreas. C e D: Aspecto de florestas estacionais decidual e semidecidual, respectivamente, com árvores de grande porte.



De acordo com Costatini et al (2012), o uso da análise de NDVI pode ser uma ferramenta crucial para a detecção de áreas de fragilidade ambiental e para a consequente tomada de medidas de prevenção de possíveis alterações, visando a redução da perturbação ambiental. Para a área estudada, a análise NDVI (Figura 19) evidenciou a presença de áreas com baixa cobertura vegetal. Estas são representadas, principalmente, por áreas degradadas por desmatamento, pastagem, vias de acesso, parques eólicos, subestações e áreas de mineração. Entretanto, também se observa baixa cobertura vegetal em áreas de cerrado e em formações campestres, como as observadas nos pontos 10, 11 e 12. Nestas áreas, é observável a presença de vegetação natural, no entanto, ela é rala ou esparsa, o que contribui para uma maior susceptibilidade à erosão. Por outro lado, as áreas de floresta estacional foram as que apresentaram maior cobertura vegetal, sendo estas as de maior produtividade vegetal.

Figura 19: Mapa NDVI da área estudada.



5.3 Geologia

A geologia regional da área de estudo, segundo o mapa geológico da Bahia (CPRM/CBPM, 2003), pode ser descrita em seu tempo geológico e suas respectivas características, como:

Quaternário:

- Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas: compostas por areias com níveis de argila, cascalho e crosta laterítica.

Mesoproterozóico e Neoproterozóico:

- Formação Santo Onofre: filitos, quartzitos, filitos hematíticos ou grafitosos, níveis de quartzitos microconglomerados, brechas e metaconglomerados;
- Formação Sítio Novo : quartzitos, metaconglomerados e raros metadolomitos.

Paleoproterozóico e Mesoproterozóico:

- Formação Fazendinha: quartzitos feldspáticos e sericíticos, quartzitos microconglomerados, níveis de filitos e fraturas preenchidas por quartzo e óxidos de ferro;
- Formação Mosquito: biotitas-xistos e quartzitos biotíticos.

Neoarqueano:

- Complexo Licínio de Almeida: formações ferríferas e manganesíferas, metacherts, mármore, xistos e quartzitos.

Mesoarqueano

- Complexo Santa Isabel: ortognaisses migmatíticos, granodioríticos e trondhjemiticos, granulíticos com restos de rochas supracrustais e metaultramáficas.

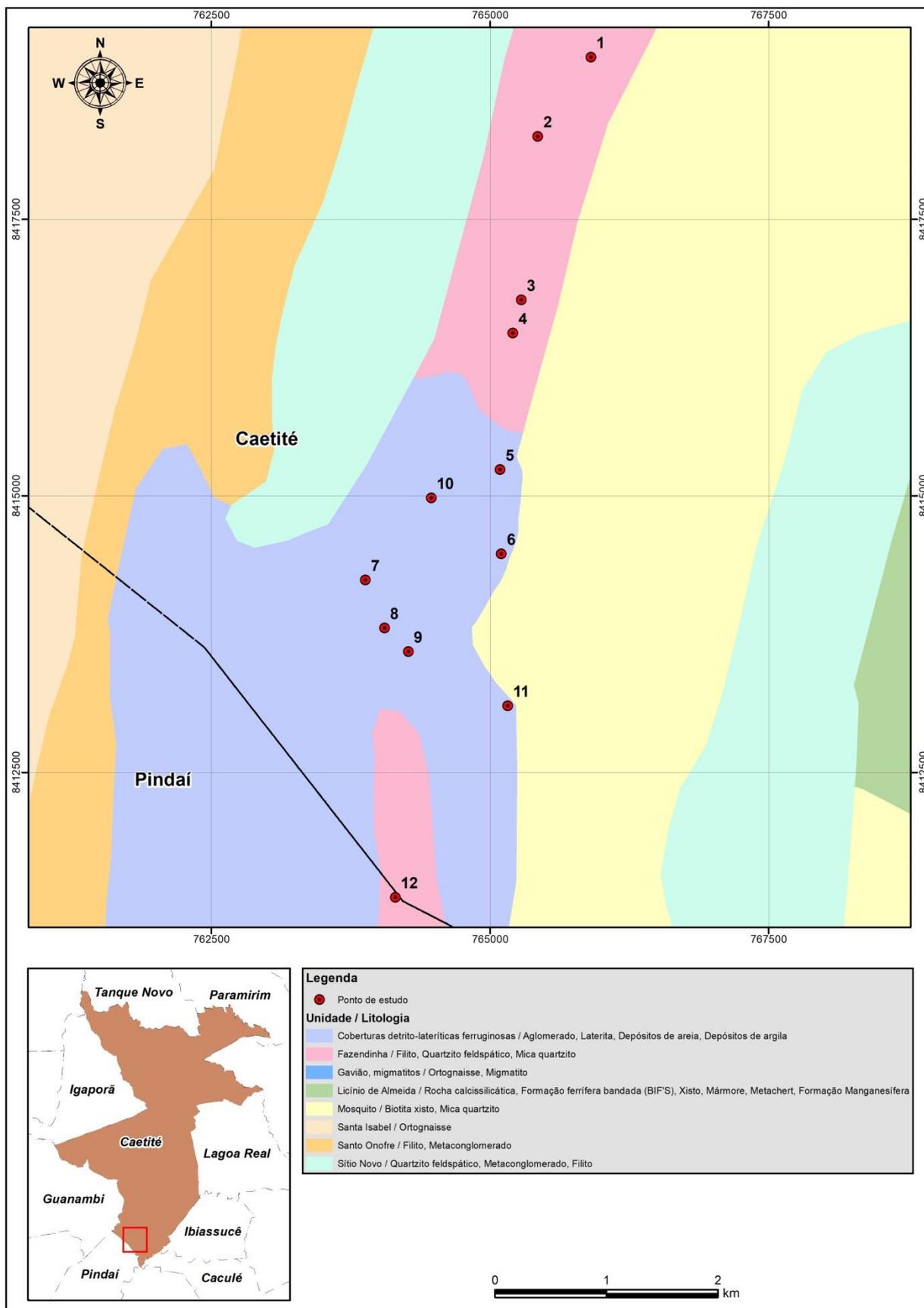
Paleoarqueano-Mesoarqueano:

- Complexo Gavião: ortognaisses migmatíticos, tonalíticos-trondhjemiticos-granodioríticos, com enclaves máficos e ultramáficos.

Como é possível observar na Figura 20, a seguir, pontos de estudo se situam sobre 3 formações geológicas: coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, formação fazendinha (quartzitos, feldspáticos e sericíticos) e formação mosquito (biotitas-xistos e quartzitos biotíticos). Como é possível observar, a geologia da região é bem variada, comportando diversos possíveis materiais de origem.

Os fatores de formação de solo são: material de origem, relevo, organismos vivos, clima e tempo. É conclusivo que os dados de geologia generalizam sobre a formação de solos em relação à presença de dada vegetação.

Figura 20. Geologia local da área de estudo.



5.4 Interação: Fitofisionomias, Classificação de Solo e Propriedades dos Solos.

5.4.1 Áreas de Transição em Cerrado

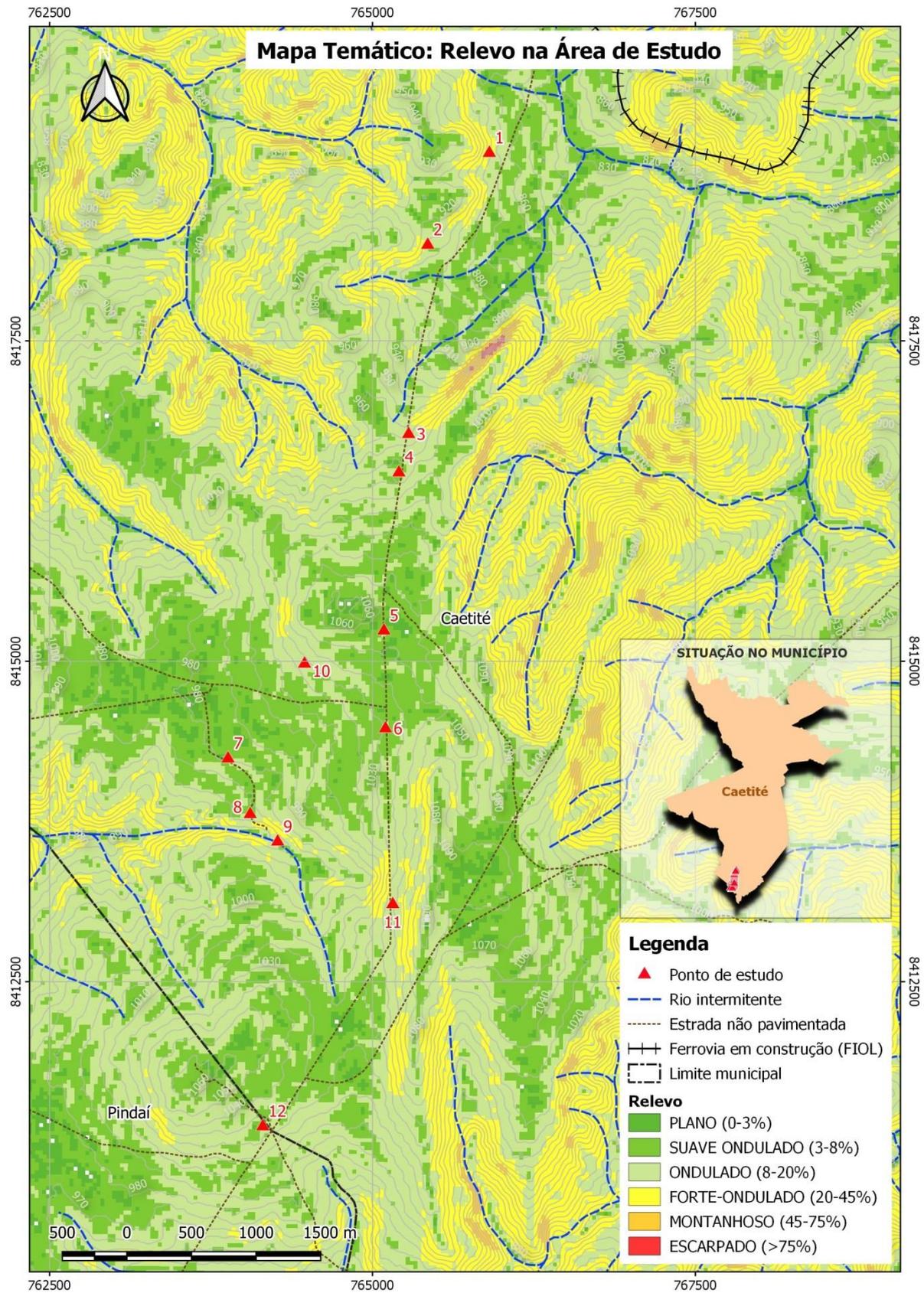
As áreas de transição em cerrado ocorrem entre 870 m e 1070 m de altitude, onde foram confeccionados 2 perfis de solos: Ponto 1 e Ponto 7, realizadas observações avulsas e coletas de amostras compostas para análises granulométricas e químicas, bem como amostragens tipo ponto-quadrante para realização de fitossociologia. Como referência, o ponto 1 é descrito.

Ponto 1

Os solos que sustentam a vegetação são Cambissolos Háplicos. Apresentam sequência de horizontes A, AB, Bi e Cr, possuem horizontes A moderado e se desenvolveram a partir de quartzitos da Formação Fazendinha, sob condições de relevo forte-ondulado (Figura 21). A estrutura nos horizontes superficiais é pequena granular, blocos subangulares e/ou em grãos simples, macia ou solta, muito friável ou solta, ligeiramente pegajosa ou não pegajosa, ligeiramente plástica ou não plástica. Nos horizontes subsuperficiais, a estrutura é fraca ou moderada, pequena a média blocos subangulares, ligeiramente dura ou dura, firme ou friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Os horizontes superficiais dos Cambissolos Háplicos possuem textura franco-argiloarenosa ou franco-arenosa, com altos de teores de areia fina, enquanto os horizontes subsuperficiais têm comumente textura franco-argiloarenosa, com elevados teores de areia fina. O solo apresenta ligeiro incremento de argila do horizonte superficial para os subsuperficiais.

Figura 21 – Mapa de relevo da área de estudo.



Os Cambissolos Háplicos possuem horizontes superficiais, com 3,58 dag/kg de matéria orgânica, baixa capacidade de troca de cátions (9,97 cmol_c/dm³), baixa saturação de bases (8,72%), elevada saturação por alumínio (76,61%) e são fortemente ácidos (pH 4,5). Os teores de potássio são de 58,42 mg/dm³, os valores de fósforo são desprezíveis (0,01 mg/dm³) e os de magnésio possuem mais que o dobro do cálcio (Tabela 3). Representam solos moderadamente susceptíveis à erosão, dado que a estrutura dos solos ainda não é bem desenvolvida, e apresentam baixa profundidade efetiva.

5.4.2 Caatinga Arbustiva

A fitofisionomia caatinga arbustiva ocorre entre 808 m e 1040 m de altitude, onde foram confeccionados dois perfis de solos: Ponto 2 e Ponto 4, realizadas observações avulsas e coletas de amostras compostas para análises granulométricas, químicas e amostragens tipo ponto-quadrante para fitossociologia. Como referência o ponto 2 é descrito.

Ponto 2

Os solos que sustentam a vegetação são Cambissolos Háplicos. Apresentam sequência de horizontes A, AB, BA, Bi e Cr, possuem horizontes A moderados, estão sob condições de relevo ondulado e suave-ondulado, desenvolvidos a partir de quartzitos médios a finos da Formação Fazendinha, que são conglomeráticos, de coloração amarelo-avermelhada, com fraturas preenchidas por veios de quartzo e óxido de ferro.

A estrutura nos horizontes superficiais desses Cambissolos é pequena granular, fraca pequena blocos subangulares e/ou em grãos simples, macia ou solta, muito friável ou solta, ligeiramente pegajosa ou não pegajosa, ligeiramente plástica ou não plástica. Nos horizontes subsuperficiais, a estrutura é fraca ou moderada, pequena a média blocos subangulares, ligeiramente dura ou dura, firme ou friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

Os horizontes superficiais desses Cambissolos Háplicos possuem textura franco-argiloarenosa ou franco-arenosa, com altos de teores de areia fina, enquanto que os horizontes subsuperficiais têm comumente textura franco-argiloarenosa, também com elevados teores de areia fina. O solo apresenta ligeiro incremento de argila dos horizontes superficiais para os subsuperficiais.

Esses solos apresentaram 2,17 dag/kg de matéria orgânica, baixa capacidade de troca de cátions (5,42 cmol_c/dm³), baixa saturação de bases (22,02%), baixa saturação por alumínio

(39,29%), são fortemente ácidos (pH 5,0), os teores de potássio são de 106,65 mg/dm³, os valores de fósforo são de 1,29 mg/dm³ e o cálcio é o dobro do magnésio. Representam solos moderadamente susceptíveis à erosão, dado que a estrutura dos solos ainda não está bem desenvolvida, e apresentam baixa profundidade efetiva.

5.4.3 Floresta Estacional Decidual

A floresta estacional decidual ocorre entre 864m e 1009m de altitude, onde foram estudados dois perfis de solos: Ponto 3 e Ponto 8, realizadas observações avulsas e coletas de amostras compostas para análises granulométricas, químicas e amostragens tipo ponto-quadrante para fitossociologia. Como referência o ponto 3 é descrito.

Ponto 3

Os solos que sustentam a vegetação são Cambissolos Háplicos. Apresentam sequência de horizontes A, B, C1 e C2. A estrutura nos horizontes superficiais é pequena granular, fraca pequena blocos subangulares e/ou grãos simples, macia e solta, muito friável e solta, ligeiramente pegajosa ou não pegajosa, ligeiramente plástica ou não plástica.

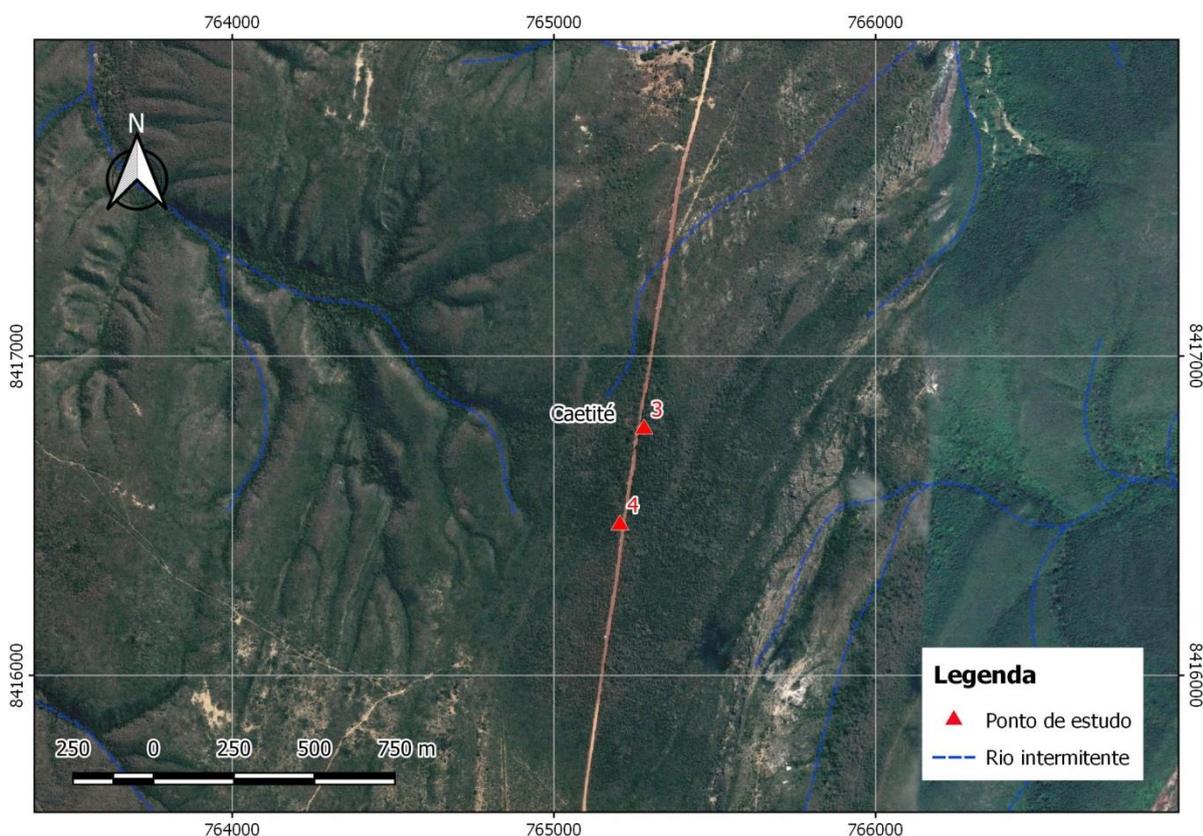
O horizonte superficial possui textura franco-argiloarenosa, com elevados teores de areia fina, teores de matéria orgânica entre os mais elevados (4,43 dag/kg), baixa capacidade de troca de cátions (8,50 cmolc/dm³), saturação de bases que se aproxima dos 50%, baixa saturação por alumínio (4,1 %), são fortemente ácidos (pH 5,0), os teores de potássio são de 127,55 mg/dm³, os valores de fósforo são de 1,71 mg/dm³ e o de cálcio é mais que o dobro do magnésio. Representam solos muito susceptíveis à erosão, porque são rasos e situados em condições declivosas.

É importante sinalizar que a floresta estacional ocorre em condições peculiares, geológico-geomorfológicas peculiares e microclimáticas peculiares, isso porque ocorre em divisor de águas formado por esforços tectônicos.

A floresta estacional decidual está associada à montante de uma drenagem subsequente (drenagem controlada pela estrutura geológica, que se aproveita de zonas de fraqueza), intermitente, de primeira ordem, com grande desnível topográfico e que flui no sentido SE-NW, aprofundando-se bastante e se alargando pouco, ao passo que recebe contributos de drenagens com diferentes direções (Figura 22).

Embora a drenagem principal e seus afluentes atualmente sejam intermitentes e os solos que sustentam a floresta estacional decidual sejam rasos, o microclima estabelecido pela elaboração dos vales encaixados e com grande desnível topográfico oportuniza a manutenção da vegetação, isso porque formam cânions de ventos e brisas de vale-montanha. As brisas de vale-montanha (upslope-downslope) representam um vento diurno e local, as quais se desenvolvem rotineiramente ao longo das encostas das serras, provocando convecção no topo do relevo (USP, 2019; REBOITA et al., 2014; ATKINSON, 1981).

Figura 22 – Situação da área onde ocorre a Floresta Estacional Decidual e o vale.



É interessante também explicar que a formação e a intensidade de uma brisa de vale-montanha dependem do contraste de temperatura entre a superfície do terreno criado pelo aquecimento durante o dia e resfriamento durante a noite, que são reforçados em dias de céu claro e solos secos, como o que ocorre nessa área de estudo, pois o Cambissolo Háplico em questão apresenta uma perda de água muito rápida, porque é raso e está situado em condições de relevo ondulado(Figura 21).

5.4.4 Cerrado *Stricto Sensu*

A fitofisionomia cerrado *stricto sensu* ocorre entre 980m e 1030m de altitude, onde foram confeccionados 1 perfil de solos: Ponto 5, realizadas observações avulsas e coletas de amostras compostas para análises granulométricas, químicas e amostragens tipo ponto-quadrante para fitossociologia.

Ponto 5

O solo que representa a vegetação é Latossolo Amarelo. Apresenta sequência de horizontes A, AB, BA1, BA2, Bw1 e Bw2, possui horizontes A moderado, está sob condições de relevo plano e suave-ondulado, desenvolvido sobre coberturas detrito-lateríticas ferruginosas.

A estrutura nos horizontes superficiais dos Latossolos Amarelo é forte pequena granular, fraca pequena blocos subangulares e grãos simples, macia e solta, friável e solta, ligeiramente pegajosa e não plástica. Nos horizontes subsuperficiais a estrutura é fraca pequena a média blocos subangulares, macia ou ligeiramente dura, friável, ligeiramente pegajosa e ligeiramente plástica.

Esse solo possui horizonte superficial com 2,15 dag/kg de matéria orgânica, baixa capacidade de troca de cátions ($6,94 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$), baixa saturação de bases (4,98%), elevada saturação por alumínio (80,45%), são fortemente ácidos (pH 4,7), os teores de potássio são de $33,47 \text{ mg}/\text{dm}^3$, os valores de fósforo são de $0,79 \text{ mg}/\text{dm}^3$ e os teores de magnésio são similares ao de cálcio. Representam solos pouco susceptíveis à erosão.

5.4.5 Florestal Estacional Semidecidual

A floresta estacional semidecidual ocorreu entre 893 m e 980 m de altitude, onde foi confeccionado 1 perfil de solo: Ponto 9, realizadas observações avulsas e coletas de amostras compostas para análises granulométricas, químicas e amostragens tipo ponto-quadrante para fitossociologia.

Ponto 9

O solo que sustenta a vegetação é um Cambissolo Flúvico. Apresenta sequência de horizontes A1-A2-A3-Bi-C1-C2-RC. Possui horizonte A moderado e se desenvolveu a partir

de filitos¹, sob condições de relevo ondulado Figura 21.. A estrutura nos horizontes superficiais é forte pequena granular, moderada a forte pequena blocos subangulares, macia, muito friável, ligeiramente pegajosa ou pegajosa e plástica. No horizonte Bi a estrutura é maciça e fraca média blocos subangulares, muito dura, firme e friável, pegajosa e não plástica, enquanto que nos horizontes C a estrutura é maciça, extremamente dura, pegajosa e plástica.

O horizonte superficial possui textura franco-argiloarenosa, teores de matéria orgânica de 3,09 dag/kg, baixa capacidade de troca de cátions (11,97 cmol_c/dm³), baixa saturação por bases (V), elevada saturação por alumínio (m%), são fortemente ácidos (pH 4,4), os teores de potássio são de 35,10 mg/dm³, os valores de fósforo são de 2,45 mg/dm³ e o magnésio é bem superior ao cálcio.

A florestal estacional semidecidual ocorre em condições geológico-geomorfológicas similares às observadas para a fitofisionomia florestal estacional decidual, contudo, os solos são bem diferentes, pois são mais profundos, mais argilosos e, por conseguinte, possuem maior reserva hídrica.

5.4.6 Campo Limpo

A fitofisionomia campo limpo ocorre entre 1000 m e 1066 m de altitude, onde foi confeccionado 1 perfis de solo: Ponto 11, realizadas observações avulsas e coletas de amostras compostas para análises granulométricas, químicas e amostragens tipo ponto-quadrante para fitossociologia.

Ponto 11

O solo que sustenta a vegetação são Cambissolos Háplicos. Apresentam sequência de horizontes Ap, Bi, C1 e C2, caracterizados por cor avermelhada, com fraturas preenchidas por veios de quartzo e óxido de ferro.

A estrutura nos horizontes superficiais dos Cambissolos em questão é pequena granular, fraca pequena blocos subangulares e/ou em grãos simples, macia ou solta, muito friável ou solta, ligeiramente pegajosa ou não pegajosa, ligeiramente plástica ou não plástica. Nos horizontes subsuperficiais a estrutura é fraca ou moderada, pequena a média blocos subangulares, ligeiramente dura ou dura, firme ou friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa.

¹ Informação fornecida pelo Dr. em geologia Fábio Nunes, em acompanhamento ao estudo.

O Cambissolo Háplico possui horizonte superficial com 1,79 dag/kg de matéria orgânica, baixa capacidade de troca de cátions (7,86 cmol_c/dm³), saturação por alumínio de (46,67%), é ácido (pH 5,1), os teores de potássio são de 58,6 mg/dm³, os valores de fósforo são de 1,11 mg/dm³. Representa um solo moderadamente susceptível à erosão, dado que a estrutura do solo ainda não está bem desenvolvida, e apresentam baixa profundidade efetiva.

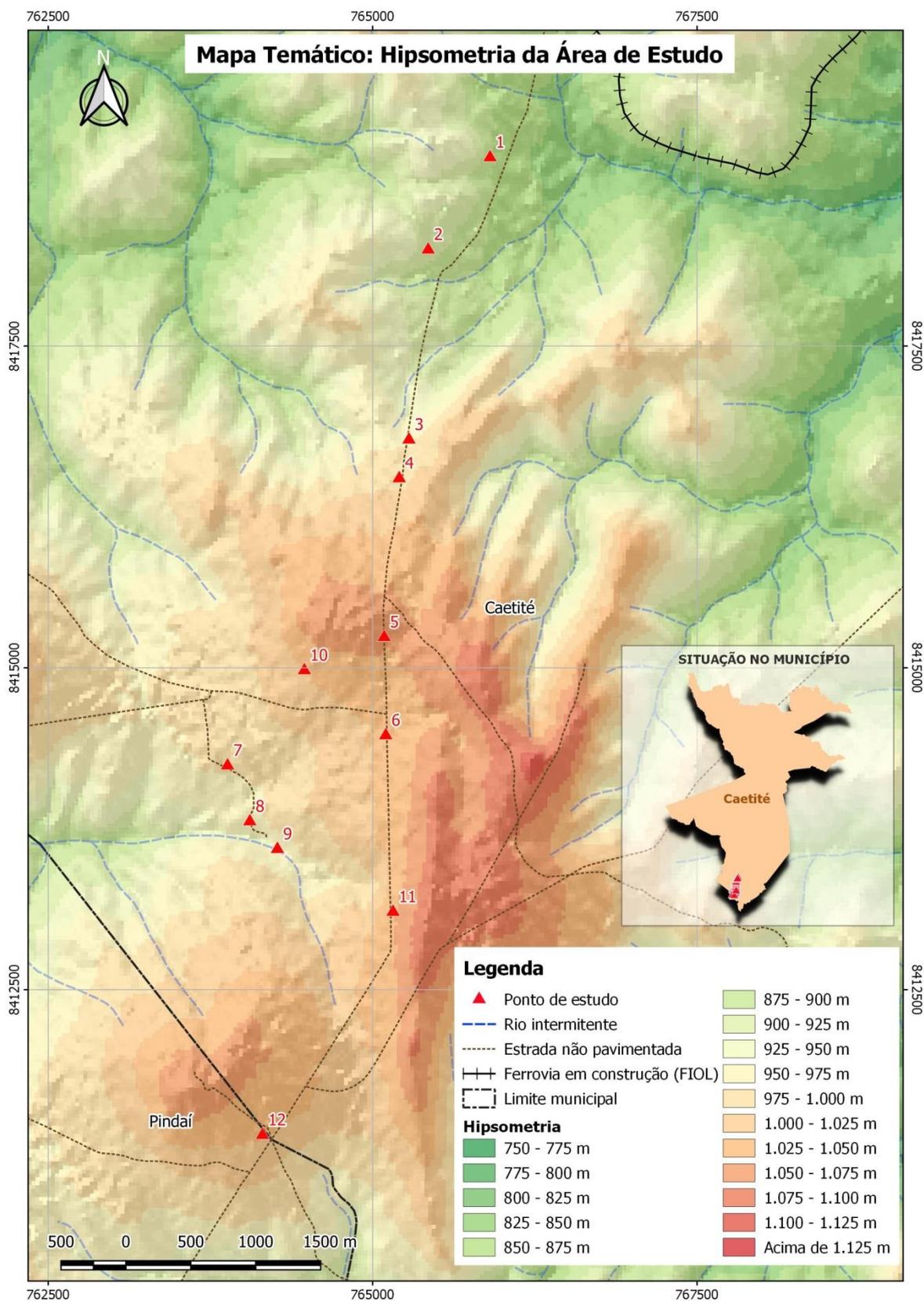
5.5 Relações entre as Fitofisionomias e os Contextos Geológico-Geomorfológicos e pedológicos

As fitofisionomias estão sustentadas por solos pouco férteis, devido aos materiais de origem pobres em nutrientes, como quartzitos, filitos e sedimentos detrítico-lateríticos. Entretanto, diferenças de materiais de origem associadas a outros condicionantes ambientais favoreceram a instalação e o desenvolvimento de fitofisionomias em diferentes setores da paisagem, a saber:

- a) As florestas estacionais estão relacionadas às drenagens subsequentes, que formaram vales encaixados com desníveis abruptos, o que contribuiu para a formação de cânions de ventos e de brisas de montanha, as quais fluem em direção a montante e se condensam;
- b) No caso da floresta estacional decidual, os solos rasos que compõem o ambiente favorecem o mecanismo de brisa de montanha, pois perdem água mais rapidamente, ressacam e, localmente, fortalecem o sistema de baixa pressão;
- c) No caso da floresta estacional semidecidual, os solos mais argilosos, formados a partir de filitos e aportes aluviais, retêm mais água, contribuem para a exuberância do dossel e minimizam a necessidade da perda total da folhagem;
- d) Os cerrados *sensu stricto* e variações só foram identificados em altimetrias mais elevadas, entre as cotas 980m e 1030 m, bem como sobre solos profundos (Latosolos e Neossolos Quartzarênicos), desenvolvidos a partir de sedimentos detrítico-lateríticos;
- e) Os campos limpos só foram observados em cotas altimétricas entre 1000 m e 1066 m, desenvolvidos sobre solos rasos e são pobres em nutrientes.

A localização dos pontos e suas respectivas altimetrias são observadas na Figura 23.

Figura 23: Mapa hipsométrico da área de estudo



5. Conclusão

- Os resultados indicaram solos com baixos valores de pH e matéria orgânica, baixa profundidade efetiva e altos índices de saturação por alumínio. Essas características são esperadas em solos nativos, mas podem ser prejudiciais para o reestabelecimento de plantas, seja em regeneração natural, seja em processo de recuperação de áreas degradadas.
- A ocorrência de relevos suave ondulados a ondulados, em áreas que apresentaram baixa cobertura do solo, pode favorecer maior susceptibilidade a erosão. Por sua vez, a predominância na área estudada de Cambissolos Háplicos e Neossolos Litólicos, solos estes que se caracterizam por estruturas em formação e baixa profundidade efetiva, pode potencializar a ocorrência de erosão nessas áreas.
- Considerando a expansão de empreendimentos de energia e mineração, ressalta-se a importância da manutenção da cobertura vegetal e a tomada de medidas preventivas na implantação de novos empreendimentos na área que venham a remover a cobertura vegetal.
- Para um melhor entendimento das potenciais fragilidades ambientais da área estudada, recomenda-se ampliação do número de amostragens de solo, de modo a se obter melhor estratificação de amostras, incluindo a análise de amostras em diferentes profundidades de solo.