

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**Relações entre solo, relevo e material de origem na região da Escarpa
Devoniana em Ponta Grossa/PR**

GUILHERME SVIECH

Monografia apresentada para a disciplina
0440500 - Trabalho de Formatura (2024).

Orientador: Prof. Dr. Marcos Roberto
Pinheiro

Co-orientador: Prof. Dr. André Pires
Negrão

SÃO PAULO
2024

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que contribuíram para que a realização deste trabalho fosse possível. Agradeço ao meu orientador, Marcos Roberto Pinheiro, pela sua orientação fenomenal, sem a qual este trabalho não teria a qualidade que tem, pela sua parceria e pelo seu enorme carinho. Agradeço à Mali e à Yoshi, que nunca saíram do meu lado, sem as quais eu não teria chegado até aqui. Agradeço aos amigos que ao longo da minha graduação fizeram eu continuar – vocês sabem quem são. Agradeço à Renata e à Amanda, pelos seus cuidados. Agradeço ao Negrão, o Boggi, o Ninguém, a Adriana, a MH, o Nadal e todos os outros professores que fizeram da USP a minha segunda casa (apenas a estes; é importante fazer esta distinção). Agradeço aos meus pais pelo seu suporte fundamental, sem o qual eu não teria nem começado. Agradeço à minha vó pelas suas orações e sua crença em mim. Agradeço à 62, que foi a turma que me acolheu. Agradeço aos trabalhos de campo, que nunca falham em preencher a minha alma.

RESUMO

O solo, como produto de alteração de rochas, sedimentos e outros solos, tem suas propriedades influenciadas pelo seu material parental. O relevo é outro fator que tem influência sobre a pedogênese, ao mesmo tempo em que a cobertura pedológica também influencia na formação do relevo. Num complexo sistema, o solo, o relevo e o material de origem interagem na composição da paisagem. Na chamada Escarpa Devoniana, em Ponta Grossa, no Paraná, esta relação é especialmente presente. A região está na transição entre o Primeiro e o Segundo Planalto Paranaenses, exibindo um marcante contraste litológico e geomorfológico entre os morros graníticos e xistosos do Terreno Apiaí (Meso a Neoproterozoico) e o platô dos arenitos da Formação Furnas (Devoniano), separados pela zona escarpada. Considerando esse complexo arcabouço geológico-geomorfológico, este trabalho buscou compreender a complexa relação entre solo, relevo e litologia em um setor da área em questão, no município de Ponta Grossa/PR. Seguindo a técnica da Cartografia Morfopedológica, foram interpretados dados de altimetria e declividade, dividindo a área em diferentes compartimentos morfológicos, para os quais foi interpretada a provável cobertura pedológica a partir da geomorfologia e da litologia. Em campo, 49 pontos de observação foram analisados. Nestes, foram coletadas 23 amostras, submetidas a análises químicas e granulométricas para fins de classificação. Finalmente, em escritório foram determinados os 7 compartimentos morfopedológicos finais: Primeiro Planalto: Vales de Fundo Plano, Morros e Morrotes Dissecados, Morros e Morrotes de Topo Suave, Colinas; Frente Escarpada; Segundo Planalto: Interflúvios Suavemente Convexos e Vales de Fundo Plano. No reverso da escarpa dominam Neossolos Litólicos Húmicos e Hísticos. Cambissolos Háplicos e Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem nos interflúvios em que não há depressões fechadas e acúmulo de material orgânico. No Primeiro Planalto, dominam Argissolos Vermelho-Amarelos associados a Cambissolos Háplicos nas vertentes, enquanto que nos Vales de Fundo Plano ocorrem Gleissolos Háplicos associados a Cambissolos Háplicos. Na Frente Escarpada, em função do relevo declivoso, dominam Neossolos Litólicos, tal como no topo do Segundo Planalto, mas sobre rochas metamórficas e com baixa concentração de matéria orgânica. Os solos enriquecidos em matéria orgânica do Segundo Planalto são associados à presença de depressões fechadas e cabeceiras de drenagem, clima mesotérmico e baixa permeabilidade da rocha. Os solos dos Vales de Fundo Plano do Primeiro Planalto refletem as condições hidromórficas derivadas da má drenagem. Assim, há controle geológico e geomorfológico sobre a cobertura pedológica em todos os compartimentos. Enquanto novos estudos podem elucidar a ausência de Latossolos no Primeiro Planalto e a gênese das depressões fechadas, este trabalho apresenta-se como fonte de informações geocientíficas, subsídio para o inventário geoturístico na área.

Palavras-chave: Solos, Geomorfologia, Morfopedologia, Escarpa Devoniana.

ABSTRACT

Soil, as a product of the alteration of rocks, sediments, and other soils, has its characteristics influenced by its parent material. Relief is also a factor that influences pedogenesis, while the soil cover also influences the formation of relief. In a complex system, soil, relief, and parent material interact to compose the landscape. In the Devonian Escarpment, in Ponta Grossa, Paraná, this relationship is especially present. The region is in the transition between the First and Second Paranaense Plateaus, exhibiting a marked lithological and geomorphological contrast between the granitic and schistose hills of the Apiaí Terrane (Meso to Neoproterozoic) and the plateau of the sandstones of the Furnas Formation (Devonian), separated by the escarpment zone. Considering this complex geological-geomorphological framework, this study sought to understand the complex relationship between soil, relief, and lithology in a sector of the area in question, in the municipality of Ponta Grossa/PR. Following the technique of Morphopedological Mapping, altimetry and slope data were interpreted, aiming at the division of the area into different morphological compartments, for which the probable soil cover was interpreted from the geomorphology and lithology. Subsequently, field work was carried out in which 49 points were analyzed. twenty-three samples were collected and submitted to chemical and granulometric analysis for classification purposes. Finally, in the office, the final morphopedological compartments were determined. In total, 7 compartments were determined, namely: First Plateau: Flat-bottomed Valleys, Dissected Ridges, Ridges with Gentle Tops, and Hills; Escarpment Front; Second Plateau: Gently Convex Interfluves and Flat-bottomed Valleys. Contrary to what was supposed, in the back of the escarpment, Humic and Histosol Lithic Neosols dominate. Haplic Cambisols and Red-Yellow Latosols occur in interfluves with no closed depressions or accumulation of organic material. In the First Plateau, Red-Yellow Argisols associated with Haplic Cambisols dominate on the slopes, while in the Flat-bottomed Valleys, Haplic Gleysols associated with Haplic Cambisols occur. In the Escarpment Front, due to the presence of very steep relief, Lithic Neosols dominate, as well as at the top of the Second Plateau, but over metamorphic rocks and with a low concentration of organic matter. The high content of organic matter of the Second Plateau soils are associated with the presence of closed depressions and headwaters, the mesothermic climate, and the low permeability of the rock. The soils of the Flat-bottomed Valleys of the First Plateau reflect the hydromorphic conditions of poor drainage. Thus, there is geological and geomorphological control over the soil cover in all compartments. While future studies can elucidate the genesis of the closed depressions of the Second Plateau and the absence of Latosols in the First Plateau, this work is a source of geoscientific information that can aid in the determination of the area's geotouristical potential.

Key-words: Soils, Geomorphology, Morphopedology, Devonian Escarpment.

SUMÁRIO

RESUMO	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. METAS E OBJETIVOS	3
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	4
4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA	8
5. MATERIAIS E MÉTODOS	11
6. RESULTADOS	13
6.1. Compartimentação Morfopedológica Preliminar	13
6.1.1. <i>Primeiro Planalto (1P)</i>	14
6.1.2. <i>Frente Escarpada (FE)</i>	15
6.1.3. <i>Segundo Planalto (2P)</i>	16
6.2. Dados Morfopedológicos de Campo e Laboratório	16
6.2.1. <i>Primeiro Planalto (1P)</i>	17
6.2.2. <i>Frente Escarpada (FE)</i>	20
6.2.3. <i>Segundo Planalto (2P)</i>	21
6.3. Compartimentação Morfopedológica Final	24
7. DISCUSSÕES	27
8. CONCLUSÕES	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização, o solo é considerado como importante elemento natural, tendo sido estudado sob diversas óticas ao longo do tempo. A formalização da Pedologia como ciência, entretanto, deu-se apenas no século XIX, a partir dos trabalhos do russo Vasily Dokuchaev (1879, 1899). Desde então, o estudo do solo avançou e se desenvolveu, tornando-se cada vez mais complexo, de tal forma a desmembrar-se em diferentes óticas e abordagens, como o estudo do solo para a agricultura, a engenharia civil, a compreensão da gênese do relevo, etc. Historicamente acolhida pela Agronomia e Geografia, a Pedologia tem assumido um lugar distante da Geologia, ciência cuja ótica era usada inicialmente para estudar os solos antes mesmo de Dokuchaev (1879).

Jenny (1941), resgatando os trabalhos clássicos de Fallou (1862) e Dokuchaev (1879), estabeleceu que o clima, o relevo, o material de origem, os organismos presentes no solo e o tempo são os fatores de formação do solo. Neste contexto, destaca-se que o solo e o relevo estão intrinsecamente ligados, de forma que a gênese e evolução de um afeta a gênese e a evolução do outro, sendo difícil dissociá-los (Boulet, 1978; Queiroz Neto, 2000), questão esta que tem sido confirmada por inúmeros trabalhos mais recentes (e.g. Furian *et al.*, 1999, Villela *et al.*, 2013, Pinheiro *et al.*, 2020) realizados em várias partes do país. Além do relevo e do clima, a litologia subjacente à cobertura pedológica constitui um dos mais evidentes fatores que influenciam na sua formação. Sendo assim, conhecer a geomorfologia e a cobertura pedológica constitui uma valiosa ferramenta para inferir informações acerca das litologias e estruturas geológicas presentes em locais com poucos afloramentos rochosos.

Dentro deste contexto, contrapondo-se aos climas temperados ou frios que dominam na Europa de Dokuchaev, onde os solos geralmente são pouco espessos, no Brasil dominam taxas de intemperismo elevadas, dado seu clima predominantemente quente e úmido (Thomas, 1974). Cria-se, assim, um dos principais desafios enfrentados pelo geólogo brasileiro: a necessidade de trabalhar com material alterado superficialmente, que pode alcançar dezenas de metros de espessura. Torna-se, portanto, fundamental o conhecimento acerca dos diferentes resultados e expressões da alteração superficial das rochas que constituem o território brasileiro. Entretanto, conforme mencionado, o estudo dos solos tem se distanciado da realidade da Geologia, o que se reflete, por exemplo, na não obrigatoriedade da disciplina de Pedologia na grade curricular da maior parte dos cursos superiores de Geologia do Brasil. Surge, assim, a necessidade de unir os conhecimentos dessas duas geociências, o que tem grande potencial para enriquecer o saber científico.

Dentro deste contexto, destaca-se a técnica de cartografia morfopedológica, estruturada por Castro e Salomão (2000), como uma poderosa ferramenta para o estudo da relação entre solos, relevos e os materiais parentais (rochas, sedimentos e outros solos). Esta técnica envolve a compartimentação do relevo em relação ao solo e litologia a partir de

levantamentos aerofotogramétricos ou modelos digitais de elevação, mapeamentos geológicos pré-existent e posterior detalhamento a partir de trabalhos de campo. A técnica é amplamente utilizada no meio científico, existindo mais de 90 publicações que a utilizam como metodologia (Figueiredo & Salomão, 2023).

Nesse contexto, a região da chamada Escarpa Devoniana, situada na transição do Segundo Planalto Paranaense, esculpido nos sedimentos da Bacia Sedimentar do Paraná, para o Primeiro Planalto Paranaense, formado no embasamento cristalino Pré-Cambriano, no Estado do Paraná, parece exibir de forma didática as relações entre unidades geomorfológicas, pedológicas e geológicas. Contudo, os dados pedológicos, geomorfológicos e geológicos existentes sobre a área ainda são escassos ou integram estudos regionais, inviabilizando o uso destes para estudos de maior escala (e.g. Embrapa, 1984, Bognola *et al.*, 2003, Paraná, 2004). Sendo assim, o presente trabalho buscou compreender as relações entre relevo, solo e material parental em um setor da Escarpa Devoniana, criando a necessária ponte entre Geomorfologia, Pedologia e Geologia.

2. METAS E OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é compreender a interação entre relevo, solo e material de origem em um setor da transição entre o Segundo e Primeiro Planalto Paranaenses, de forma a compreender como ocorre a mútua influência entre essas três variáveis, contribuindo para explicar a evolução da paisagem da área.

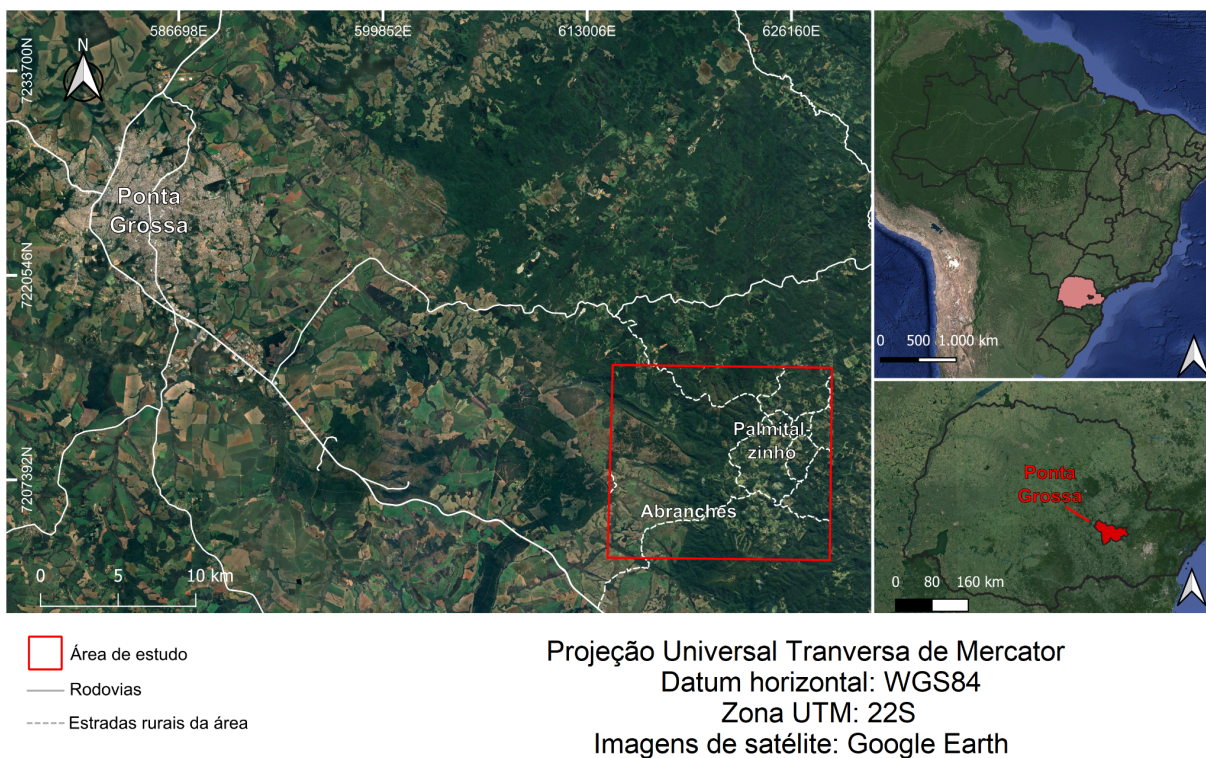
Como objetivos específicos, destacam-se os seguintes itens:

- Identificar nos solos elementos que permitam inferir o seu material de origem;
- Identificar de que modo o relevo controla a formação e evolução do solo na área;
- Elaborar o mapa morfopedológico final (1:50.000), integrando e validando as interpretações de gabinete com os dados de campo e laboratoriais.

Este trabalho visa, ainda, fortalecer a ponte entre a Pedologia e outras geociências, que, juntas, aumentam o potencial científico para a compreensão do funcionamento e história do planeta Terra, fornecendo aos geólogos importantes informações e *insights* que podem enriquecer seus trabalhos. Além disso, este trabalho poderá servir de base para diversas possíveis pesquisas e intervenções futuras na região, beneficiando a população local e contribuindo para a preservação do meio ambiente. Destaca-se, ainda, que, considerando que grande parte da área encontra-se na APA da Escarpa Devoniana, as informações levantadas acerca da geomorfologia e dos solos poderão basear futuros estudos acerca de padrões erosivos do local, preservando as paisagens cênicas e os ecossistemas locais. As informações obtidas neste trabalho poderão também ser utilizadas para o reconhecimento do potencial geoturístico da área, possivelmente movimentando a economia local e criando novas possibilidades de lazer e educação em geociências para a população em geral.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo abrange a região de Abranches e Palmitalzinho, duas localidades que se encontram no município de Ponta Grossa, no Paraná, a 30 km a sudeste da zona urbana da cidade (Figura 1). Estas localidades destacam-se por estar no limite entre o Primeiro Planalto e o Segundo Planalto Paranaense, a chamada Escarpa Devoniana (Maack, 1968).



A Escarpa Devoniana é fruto do recuo erosivo da Formação Furnas, de idade devoniana e pertencente à Bacia Sedimentar do Paraná, sobre o embasamento cristalino (Maack, 1968). Na região escolhida, este recuo erosivo expressa-se de forma especialmente didática num relevo dissimétrico, composto de um reverso (Segundo Planalto - altitude aproximada de 1.050 m) sustentado pela Formação Furnas, enquanto que a zona deprimida (Primeiro Planalto - altitude aproximada de 600 m) é esculpida sobre o embasamento Pré-Cambriano. Entre as duas unidades, forma-se um relevo muito dissecado pelo sistema fluvial, integrando a zona escarpada. A origem desta forma de relevo é atribuída aos processos de circundesnudação marginal da Bacia do Paraná (Ab'Sáber, 1965). Embora morfologicamente seja um relevo semelhante às chamadas cuestas, o termo mais adequado para se referir a ele é *glint*, que, de acordo com Peulvast e Varney (2001), consiste num escarpamento acinal que se forma no contato discordante entre litologias sedimentares e o embasamento cristalino.

A área de estudo está situada não apenas entre duas grandes unidades geomorfológicas, como também entre duas morfoestruturas: o Cinturão Orogênico do Atlântico e a Bacia Sedimentar do Paraná (Santos et al. 2006). A Bacia do Paraná é uma das principais unidades geotectônicas da América do Sul, tendo sido formada entre o Ordoviciano e o Cretáceo Superior (Milani, 2004). Segundo este autor, esta bacia corresponde a uma sinéclise intracratônica e passou por seis supersequências: Rio Ivaí, Paraná, Gondwana I, Gondwana II, Gondwana III e Bauru. A Formação Furnas, que sustenta o relevo da Escarpa (Figura 2), foi formada na Supersequência Paraná e é constituída por arenitos médios de ambiente fluvial. Esta Formação apresenta, ainda, uma camada basal de conglomerados e, nos topos de ciclos deposicionais, camadas pelíticas (De Ros, 1998). Segundo o mesmo autor, o Furnas tem elevado grau de cimentação por sílica e caulinita.

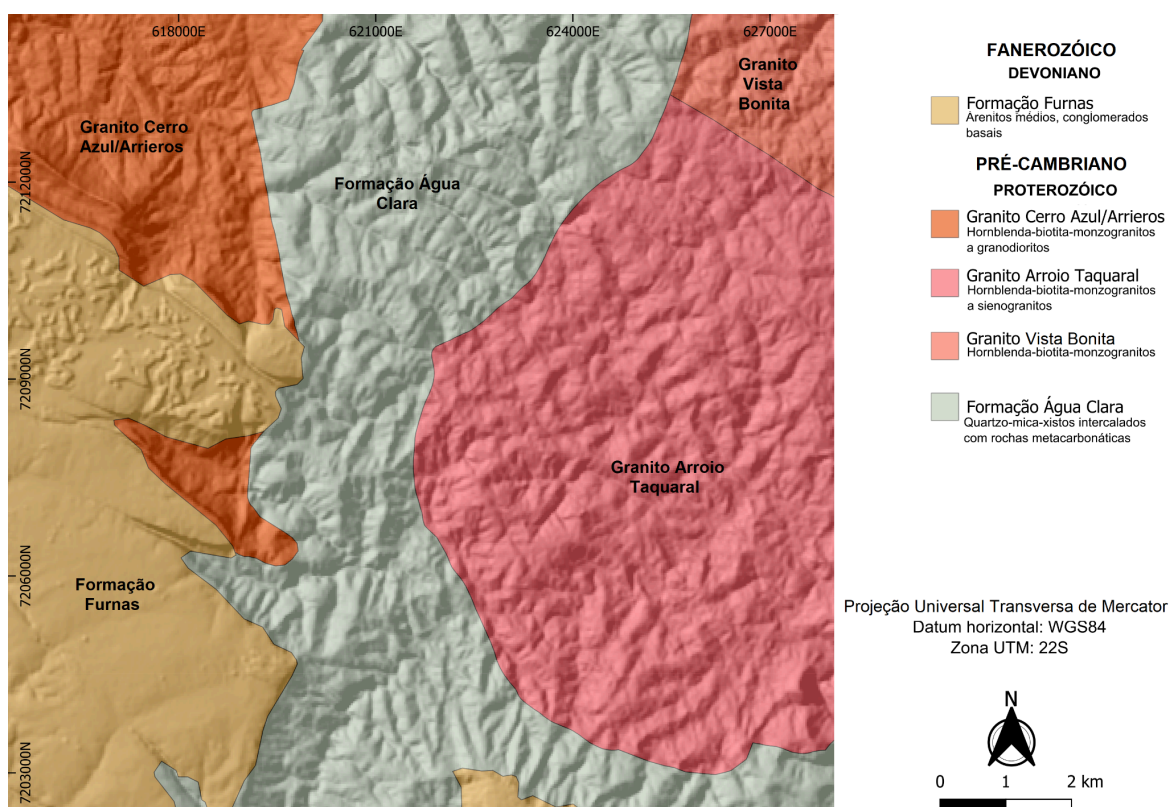


Figura 2 – Mapa geológico da região estudada. Adaptado de (Besser et al, 2021).

O Cinturão Orogênico do Atlântico integra o embasamento cristalino da região, que compõe o relevo mais dissecado e corresponde ao Primeiro Planalto Paranaense. Na região de estudo, esta morfoestrutura expressa-se como o Cinturão Ribeira, resultado da Orogenia Brasileira, de idade neoproterozóica (Besser et al, 2021). O Cinturão Ribeira é uma complexa unidade geotectônica, parte da Província Mantiqueira, e contém diferentes terrenos. Dentre eles, destaca-se o Terreno Apiaí, que sustenta o cristalino da região estudada.

Segundo Hasui *et al.*, (1975), o Terreno Apiaí é constituído pelo Supergrupo Açungui, o Grupo São Roque, o Grupo Serra do Itaberaba e batólitos e stocks graníticos. No Supergrupo Açungui, destaca-se a Formação Água Clara, aflorante na área de estudo. Dois importantes batólitos graníticos são o BTC (Batólito Três Córregos) e o BCP (Batólito Cunhaporanga). O BTC compõe o restante do terreno da área de estudo, onde afloram as subunidades Arrieros/Cerro Azul e Conceição. A Unidade Conceição é subdividida entre as fácies Arroio Taquaral e Vista Bonita, ambas aflorantes no leste da área de estudo (Figura 2).

De idade mesoproterozóica, segundo (Weber *et al.*, 2002), a Formação Água Clara possui grau de metamorfismo médio, entre as fácies xisto-verde e anfibolito. Para esses autores, a deposição original é interpretada como ambiente de plataforma profunda. Esta Formação apresenta uma grande variedade litológica e é subdividida entre dois membros: o Membro Inferior e o Membro Superior. O Membro Inferior, aflorante na região central e centro-norte da área de estudos, é composto predominantemente por quartzo-mica-xistos com clorita, biotita e muscovita, apresentando ainda intercalações com metabasitos, quartzitos, metamargas, metacherts e mármore. O Membro Superior possui litologia predominantemente carbonática, sendo constituído de mármore e calcoxistos em intercalações com quartzitos e quartzo-mica-xistos.

Ainda segundo (Weber *et al.*, 2002), a Formação Água Clara possui duas foliações metamórficas, S_1 e S_2 , ambas subparalelas ao acamamento sedimentar original S_0 . S_1 é a primeira foliação de metamorfismo, enquanto S_2 corresponde a uma clivagem de crenulação desenvolvida a partir de S_1 . A crenulação é desenvolvida a ponto de ocasionar a transposição de S_1 . A Formação apresenta vergência para SE. Ainda, há milonitização em certas regiões.

A Unidade Granítica Arrieros/Cerro Azul, aflorante na região NW da área, corresponde a hornblenda-biotita-monzogranitos a granodioritos porfíricos predominantemente acinzentados (Prazeres Filho, 2003). São rochas graníticas do tipo I. Possuem alto teor de potássio e apresentam-se como calcalcalinas e metaluminosas. Segundo este autor, a Unidade Conceição também é calcalina, metaluminosa e de tipologia I. A fácies Arroio Taquaral corresponde a hornblenda-biotita-monzogranitos a sienogranitos avermelhados e de textura média. A fácies Vista Bonita corresponde a hornblenda-biotita-monzogranitos rosados. Esta unidade também possui alto teor de K.

As duas unidades graníticas são interpretadas como formadas em ambiente de arco magmático, de tectônica compressiva em margem continental ativa. São sin a tardi-colisionais e vêm de fontes mistas, com contribuição de material mantélico e material crustal (Prazeres Filho, 2003).

Sobre essas litologias, formam-se solos de tipos variados. Segundo Paraná (2004), na área ocorrem Cambissolos Háplicos, Latossolos Brunos, Nitossolos Háplicos, Argissolos

Vermelho-Amarelos e Neossolos Litólicos, além de afloramentos rochosos (Figura 3). Por conta da escala (1:250.000) pequena desse mapeamento e das técnicas de levantamento pedológico utilizadas, o desenho das unidades de solos não expressa associações claras com as características do relevo e do substrato geológico. Contudo, de acordo com esse trabalho, é possível inferir, de forma geral, que Neossolos Litólicos ocorrem no reverso da escarpa, de relevo suave, associados com Cambissolos Háplicos. Estes Cambissolos ocorrem também nas litologias graníticas e xistosas do Primeiro Planalto. Os Latossolos Brunos, Argissolos Vermelho-Amarelos e Nitossolos Háplicos também ocorrem sobre todas as litologias do Primeiro Planalto.

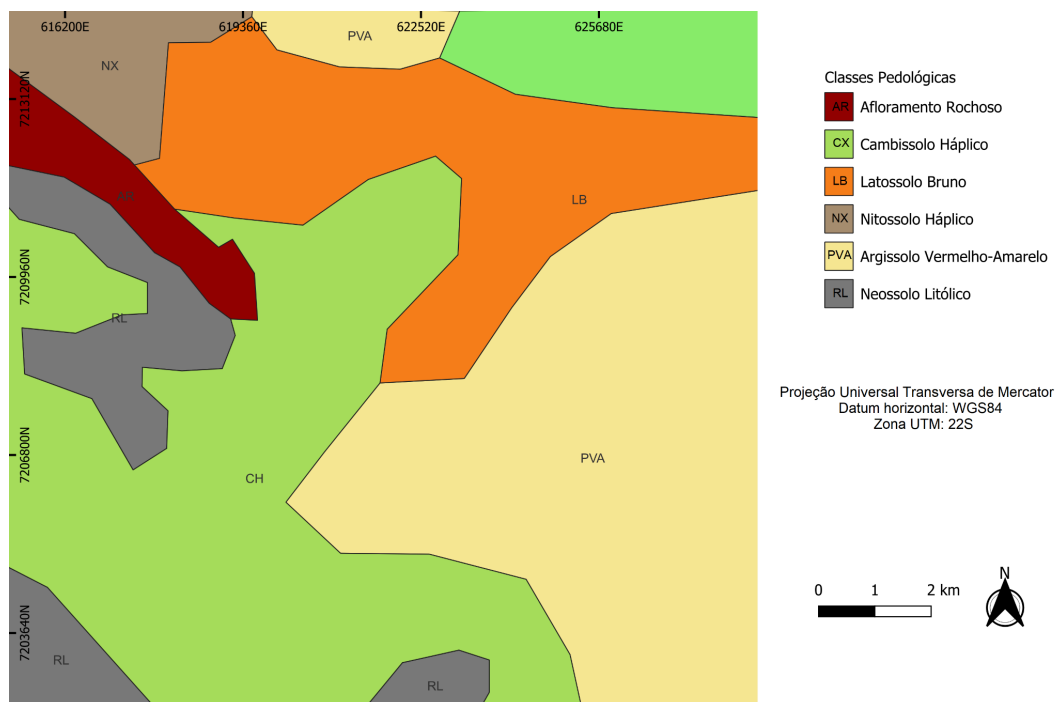


Figura 3 – Mapa de solos exploratório da área de estudo. Adaptado de (Paraná, 2004).

Finalmente, destaca-se que o clima da região, na classificação de Köppen, é do tipo Cfb (Cruz, 2007): mesotérmico (verão ameno e temperatura média do mês mais quente abaixo de 22°C) sem estação seca definida. Para Moraes e Galvani (2012), a precipitação média do município de Ponta Grossa (Janeiro de 1954 a Dezembro de 2001) é de 1.553,2 mm de chuva, enquanto que a temperatura média do ar é de 18 °C. Ainda segundo estes autores, a evapotranspiração (ETP) alcança 821,6 mm, sendo o excedente hídrico (EXC) de 733,4 mm. Nenhum déficit hídrico foi verificado.

4. FUNDAMENTAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

A primeira menção de que o solo é produto da alteração das rochas subjacentes é atribuída a Humboldt, que, em suas investigações nos Andes em 1789, teria considerado ser possível descobrir o tipo de solo com base nos dados das plantas e rochas associadas (Wilde, 1963). Contudo, como destacado por Espindola (2014), esses conhecimentos só foram expostos de forma sistemática no trabalho clássico de Friedrich Albert Fallou, em seu trabalho publicado em 1862, quando o autor expõe, por exemplo, conteúdos sobre "solos de rocha quartzosas, solos de rochas argilosas, solos de rochas micáceas", etc. Essas relações entre solos e seu material de origem são reafirmadas nos trabalhos de Dokuchaev (1879, 1899), que também considerou o relevo, o clima, os organismos e o tempo como os fatores de formação dos solos, questão esta que foi posteriormente sistematizada por Jenny (1941).

A teoria geomorfológica tem suas origens em duas fontes, no século XIX (Abreu, 1983): Davis, na América do Norte, e Penck, na Europa. Nesse contexto, as relações entre o solo e o material de origem se colocam bem definidas desde a edificação da Pedologia enquanto ciência, no final do século XIX. Contudo, no que tange à relação do solo com o relevo, mencionadas tanto por Fallou como Dokuchaev, as interações demoraram para serem mais bem estruturadas ou compreendidas, uma vez que o processo de formação do solo (pedogênese) e a esculturação do relevo (morfogênese) são vistos como antagônicos até hoje por grande parte da comunidade geocientífica. O trabalho de Tricart (1977), sobre a teoria da Ecodinâmica, é um dos exemplos mais claros da visão de contraposição entre pedogênese e morfogênese: nos locais de intensa morfogênese, os solos tenderão a ser mais rasos, enquanto que nos setores em que a pedogênese é mais acelerada, os solos serão mais espessos e a morfogênese menos intensa.

A contraposição entre a formação dos solos e do relevo passou a ser mais duramente questionada com a edificação da chamada Análise Estrutural da Cobertura Pedológica, metodologia de estudo do solo proposta por Boulet (1978). Nesta proposta, a morfogênese e a pedogênese são processos que ocorrem de forma simultânea e são indissociáveis, influenciando-se mutuamente, como destacado por Queiroz Neto (2000). A influência desses princípios nos estudos brasileiros da relação solo-relevo é grande, tendo como exemplos mais importantes os trabalhos de Dias Ferreira (1997), Oliveira (1997) e Furquim (2002), os quais demonstraram que, na região dos pedimentos situados à frente da Serra de São Pedro (SP), não é apenas a forma das vertentes que controla a evolução do solo, mas é também o solo quem controla a evolução das vertentes.

No contexto dessas discussões e o aumento das preocupações com as questões ambientais, Tricart e Kilian (1979) propuseram a chamada Ecogeografia, base para o planejamento do meio natural. Seguindo os princípios dessa teoria, Castro e Salomão (2000) lançaram a proposta da Compartimentação Morfopedológica, na qual a paisagem é dividida em "unidades têmporo-espaciais homogêneas e intrínsecas do meio físico,

reconhecíveis em médias e grandes escalas” (p. 27). Nessa proposta, cada unidade homogênea apresenta características próprias no que se refere às interações entre o solo, as formas de relevo e o substrato geológico. Além disso, de acordo com os autores, as relações entre essas variáveis e o uso da terra devem ser explicadas por meio de estudos dos sistemas pedológicos que recobrem as vertentes, bem como do comportamento hidrodinâmico, que influencia fortemente nos processos erosivos.

Essa proposta tem sido largamente utilizada no território brasileiro, particularmente na investigação da erosão acelerada das áreas originalmente cobertas pelo Cerrado na região Centro-Oeste (e.g. Castro et al., 2004; Barbalho & Castro, 2014), e na proposição de medidas de controle da erosão e preservação do solo. Figueiredo & Salomão (2023) revelam, em um estudo de bibliometria, a existência de mais de 90 publicações com o tema da Morfopedologia, principalmente nos estados do Mato Grosso e Goiás.

A proposta da compartimentação morfopedológica é bastante robusta e completa, mas a exequibilidade de algumas etapas, como o levantamento dos sistemas pedológicos e do comportamento hidrodinâmico das vertentes, nem sempre é fundamental, dependendo dos objetivos das pesquisas. Por isso, algumas pesquisas (e.g. Pinheiro, 2009; Cardona, 2012; Pinheiro et al., 2020) têm realizado a delimitação das unidades morfopedológicas conforme a proposta original, mas tem conduzido o estudo de campo dos solos e litologias não na forma de topossequências que se estendem dos topos dos interflúvios aos fundos de vale, mas por meio de transectos ou da descrição de perfis verticais de solo e afloramentos isolados.

Assim, a proposta original da compartimentação morfopedológica, bem como as suas adaptações, abriram perspectivas promissoras para estudos ambientais, por conta da exequibilidade da proposta e de seu potencial como elemento integrador das variáveis do meio físico com o uso da terra e o planejamento territorial. Contudo, como demonstrado neste tópico, há um enorme potencial a ser explorado também para estudos científicos de base, que buscam compreender a interação solo-relevo-material de origem e a gênese das paisagens, tal como o presente trabalho.

Finalmente, destaca-se que algumas das dificuldades para a aplicação da cartografia morfopedológica são fruto da própria complexidade de se mapear o relevo, em decorrência da grande diversidade de legendas de mapeamento, bem como das influências dos diferentes modelos geomorfológicos. A fim de minimizar esses problemas no âmbito da Geomorfologia brasileira contemporânea, destaca-se o Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE, cuja primeira edição foi publicada em 1995, como um grande trabalho que sistematiza os métodos e conceitos da descrição geomorfológica, a fim de permitir a padronização entre diferentes trabalhos. Nesse contexto, uma das problemáticas da Geomorfologia é a divergência de bases conceituais entre diferentes autores e trabalhos. Este manual técnico foi aprimorado e atualizado com sua segunda edição em 2009, mas

ainda persistem problemas com diferenças conceituais entre diferentes trabalhos. Neste âmbito, surge, em 2019, a proposta para a criação de um Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo - SBCR. No primeiro Workshop de Cartografia Geomorfológica, cientistas se reuniram pela primeira vez para debater a criação de um sistema unificado de classificação do relevo brasileiro, de forma a eliminar, finalmente, qualquer divergência teórico-metodológica e garantir a paridade entre autores e publicações (Villela, 2022). Neste sistema, já foram definidos dois táxons oficiais do relevo: o primeiro corresponde às macro unidades de relevo expressas em todo o território nacional (montanhas, planaltos, planícies, superfícies rebaixadas e tabuleiros), enquanto o segundo corresponde a grandes unidades morfoestruturais (crátons, sistemas orogênicos, bacias sedimentares, coberturas sedimentares pouco litificadas, coberturas sedimentares não consolidadas e coberturas residuais endurecidas) (Comitê Executivo do SBCR, Villela, 2022), invertendo o primeiro e o segundo táxons da proposta de taxonomia do relevo de Ross (1992).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem metodológica deste trabalho segue os princípios da cartografia morfopedológica, estruturada por Castro e Salomão (2000), com base no trabalho clássico de Tricart e Kilian (1979), posteriormente aprimorada por Pinheiro (2009). Nesse contexto, primeiramente, foi obtido um modelo digital de elevação da área de estudo por meio do software QGis, a partir dos dados topográficos Copernicus, cuja resolução espacial é de 30 m (3 arcos por segundo). Com base neste MDE, foram gerados dados de hipsometria, declividade e perfis topográficos, necessários para o reconhecimento dos padrões de relevo da área. A partir da interpretação visual desses produtos, a área de estudo foi dividida em unidades homogêneas com relação aos padrões de formas de relevo, tendo como critérios a declividade das vertentes, o grau de dissecação do relevo, a distância interfluvial e os padrões de formas (morros, colinas, etc). Esse mapa expõe a compartimentação morfopedológica preliminar da região. No que tange às bases teóricas geomorfológicas, este trabalho adota as classificações e definições da segunda edição do Manual Técnico de Geomorfologia do IBGE (2009), que preconiza, por exemplo, que morros e morrotes possuem amplitude altimétrica de mais de 100 metros, enquanto colinas apresentam menos de 100 metros. Mesmo que existam propostas de um Sistema Brasileiro de Classificação do Relevo, sua edificação ainda está em construção, de modo que sua utilização ainda não se mostra totalmente adequada.

Em seguida, foi elaborada uma tabela em que foram descritas, de forma sintética, as principais características geomorfológicas (hipsometria, declividade e morfologia) e geológicas (litologia - extraída de (Besser et al, 2021)) da área, cuja análise integrada permitiu inferir os prováveis solos dominantes em cada uma das unidades morfopedológicas. As inferências seguem os princípios clássicos aplicados nos levantamentos de solos, os quais, de forma geral, consideram que, em áreas de relevo suave, dominam solos espessos, não necessariamente mais desenvolvidos, enquanto que nas zonas de relevo mais declivoso os solos tendem a ser mais delgados (e.g. França, 1968; Rossi, 1999; Pinheiro *et al.*, 2020). Considerando estas interpretações preliminares, foram realizados os levantamentos de campo a fim de validar essas inferências e gerar novos dados.

Em campo, foram descritos perfis de solo, de acordo com Santos et al. (2015), em todas as unidades morfopedológicas preliminares. Também foram conferidas as informações referentes à litologia local e as características geomorfológicas gerais (declividade e morfologia de vertentes) de cada unidade, permitindo a determinação das relações solo-relevo-litologia de forma mais segura.

Além disso, foram coletadas 23 amostras de solos para serem submetidas a análise laboratorial, privilegiando perfis considerados como chave para a compreensão da gênese dos solos e das suas relações com as formas e o material parental. Tais amostras foram

enviadas ao Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ-USP), no qual foram realizadas análises químicas (pH H₂O, pH KCl 1 mol L⁻¹, conteúdo de carbono orgânico, conteúdo dos elementos P, K, Ca, Mg e Al, H+Al, cálculos de saturação por bases, capacidade de troca catiônica, V% e m%) e granulométricas para fins de classificação. Essas análises são essenciais para a classificação dos solos, que foi feita segundo o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos (Santos *et al.*, 2018).

Essas informações, bem como os dados geomorfológicos e geológicos de campo, foram confrontadas com as informações morfopedológicas preliminares, permitindo, assim, (1) estabelecer os limites finais das unidades morfopedológicas, (2) corrigir a tabela síntese preliminar com as informações detalhadas de cada unidade mapeada e (3) compreender como se dão as relações entre relevo, litologia e cobertura pedológica na região estudada, alcançando, assim, o objetivo do presente trabalho.

6. RESULTADOS

6.1. Compartimentação Morfopedológica Preliminar

A primeira etapa da compartimentação se deu pela individualização dos 3 grandes compartimentos de primeira ordem (Primeiro Planalto, Frente Escarpada e Segundo Planalto), feições estas reconhecidas mesmo em mapas geomorfológicos de escala pequena (1:250.000), como no mapa do Estado do Paraná (Santos et al., 2006). Esses grandes compartimentos foram subdivididos em 7 unidades geomorfológicas de segunda ordem (Figura 5): **Primeiro Planalto**: Vales de Fundo Plano, Morros e Morrotes Dissecados, Morros e Morrotes de Topo Suave, e Colinas; **Frente Escarpada**; **Segundo Planalto**: Interflúvios Suavemente Convexos e Vales de Fundo Plano. As características geomorfológicas de cada unidade (hipsometria, declividade e morfologia das vertentes) foram confrontadas com o mapa geológico, o que permitiu inferir os prováveis solos dominantes em cada mancha, agora chamadas de morfopedológicas. As características destas unidades serão expostas a seguir.

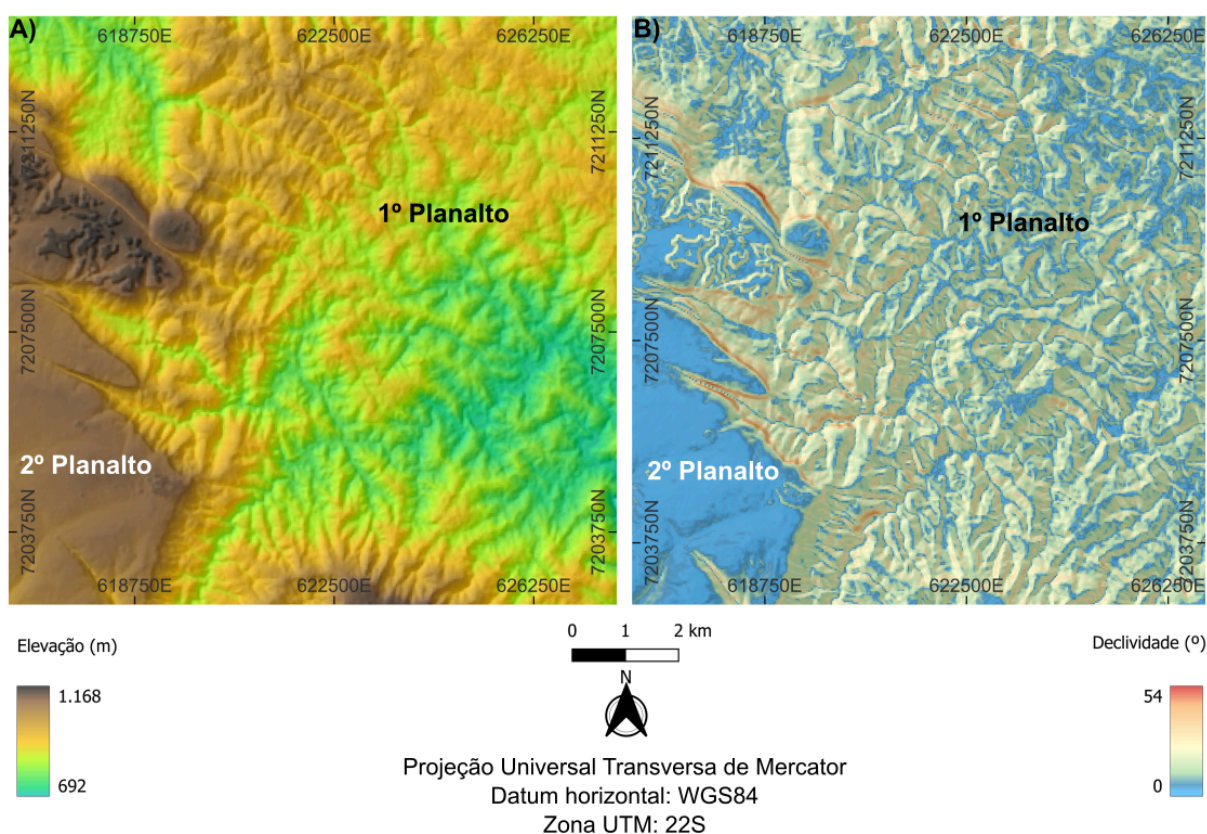


Figura 4 – A) Mapa hipsométrico da área de estudo, mostrando a considerável amplitude altimétrica. B) Mapa de declividade da área.

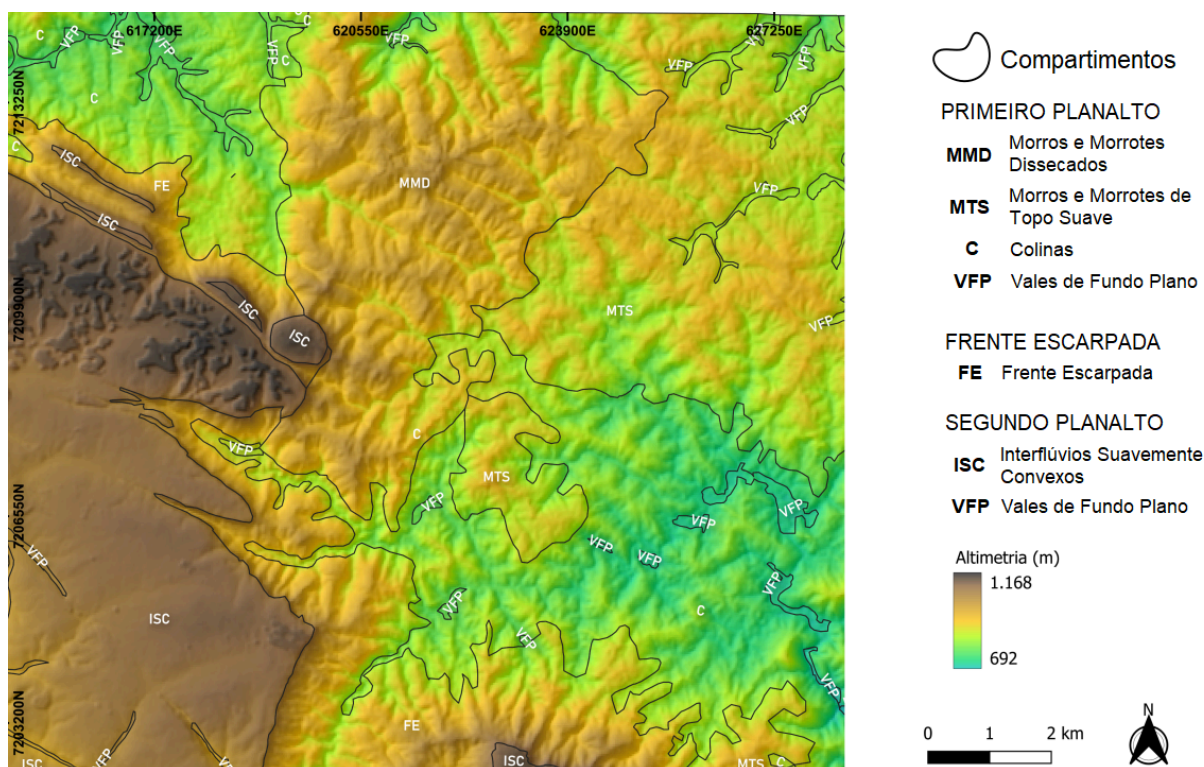


Figura 5 – Mapa de compartimentos morfedológicos preliminares da área de estudo.

6.1.1. Primeiro Planalto (1P)

O Primeiro Planalto consiste de toda a área abaixo da escarpa, pertencente ao Primeiro Planalto Paranaense. Sua geomorfologia é diversa, de forma que este compartimento foi dividido em quatro subcompartimentos: Colinas (C), Morros e Morrotes Dissecados (MMD), Morros e Morrotes de Topo Suave (MTS) e Vales de Fundo Plano (VFP).

As colinas correspondem a regiões de topografia suavemente convexa, com declividades predominantes de 10 a 20°, podendo chegar a 30° em cornijas. Por conta da topografia suave, este compartimento tem uma baixa densidade de drenagem, que apresenta-se com padrão dendrítico. Hipsometricamente, este compartimento varia de 700 a 900 m de altitude. Considerando essas características geomorfológicas, que indicam um relevo ondulado a suave ondulado, inferiu-se que os solos dominantes no local seriam principalmente Latossolos e Argissolos, ambos de textura média a argilosa, por conta das características da rocha mãe, constituída de cristais centimétricos de quartzo e feldspato, além das lâminas de mica.

Os Morros e Morrotes Dissecados possuem mais de 100 m de amplitude altimétrica, podendo apresentar vertentes bastante íngremes, com mais de 45° de declividade. A altimetria varia de 850 a 1.080 m de altitude, valor compatível com o do Segundo Planalto, sendo a unidade de maior elevação altimétrica dentro do Primeiro Planalto. Têm alta densidade de drenagem, predominantemente dendrítica, embora o padrão seja ocasionalmente subparalelo. Essas características geomorfológicas compreendem um

relevo ondulado a forte ondulado, sustentado principalmente por xistos da Formação Água Clara, o que indicaria a dominância de solos menos desenvolvidos que na unidade anterior: Cambissolos, Argissolos e Neossolos Litólicos, todos de textura argilosa a argilo-siltosa, dado que são desenvolvidos de um xisto.

Os Morros de Topo Suave, assim como os MMD, têm vertentes com mais de 100 m de amplitude. Contudo, sua altimetria é ligeiramente mais baixa, variando de 790 a 960 m. Os topos e vertentes são suavemente convexos, enquanto que a rede de drenagem, cuja densidade é média, se organiza num padrão dendrítico. Essa paisagem, esculpida sobre monzogranitos e sienogranitos, parece corresponder a um nível intermediário entre o relevo mais dissecado da unidade MMD e o modelado mais suavizado do compartimento Colinas, o que suscitou a hipótese de que os solos deste local fossem principalmente Cambissolos Latossólicos, especialmente nos topos de morros, e Cambissolos (mais rasos ou menos desenvolvidos) e Argissolos nas vertentes, todos de textura argilo-arenosa a argilosa.

Os Vales de Fundo Plano ocorrem de 690 a 810 m de altitude, e incluem também as planícies e terraços fluviais, especialmente os dos principais canais de drenagem que cortam a área, os rios do Rincão, das Pedras e Tarumã. Os outros compartimentos morfológicos possuem vales em V ou em berço, mas estes não são individualizáveis cartograficamente na escala adotada neste trabalho, de modo que apenas os vales de fundo plano são suficientemente grandes para constituir um compartimento morfopedológico próprio.

Esses vales amplos são zonas com declividades muito baixas, geralmente de 0 a 3°, não excedendo 12° nas zonas mais íngremes. Por terem fundo plano e estarem sujeitos à dinâmica dos rios, são considerados como ambientes mal drenados e provavelmente constituídos de material aluvial, ainda que os mapas geológicos que cobrem a área, geralmente de pequena escala, não tenham mapeado esses depósitos. Nesse contexto, foi inferido que nesses vales dominariam Gleissolos argilosos a areno-argilosos tanto nas zonas mais próximas ao canal fluvial como nas zonas mais distantes, inclusive nos possíveis terraços fluviais. A ocorrência de Neossolos Flúvicos arenosos também foi inferida, supondo a sua dominância sobre os depósitos fluviais mais recentes e que ainda estariam sujeitos à dinâmica de inundações do canal atual.

6.1.2. Frente Escarpada (FE)

A Frente Escarpada corresponde à transição entre o Primeiro e o Segundo Planaltos, marcando o limite entre a Bacia Sedimentar do Paraná e o embasamento cristalino. Ela corresponde ao setor de relevo mais declivoso da área de estudada, com vertentes cujas inclinações variam de 12 a mais de 45°. Embora seja considerada uma escarpa, a morfologia atual desta feição já é bastante atenuada ou suavizada em virtude do avançado trabalho erosivo do sistema fluvial sobre a borda da bacia. As vertentes que exibem

paredões de rochas estão restritas aos afloramentos do Furnas e aos grandes anfiteatros que acentuam o festonamento da escarpa.

A Frente Escarpada é sustentada pelo Arenito Furnas e, em certas porções, pelos xistos da Formação Água Clara. O elevado grau de declividade desta frente leva à hipótese de que nela existam apenas solos muito incipientes, como os Neossolos Litólicos.

6.1.3. Segundo Planalto (2P)

Os Interflúvios Suavemente Convexos (ISC) são feições esculpidas integralmente na Formação Furnas e têm menos de 100 m de amplitude altimétrica, variando de 1.060 a 1.130 m de altitude, exibindo extrema suavidade nos topos e vertentes, cujos limites são difíceis de serem assinalados. Não raro, o relevo deste compartimento apresenta-se como plano e sua rede de drenagem tem densidade muito baixa. Em certos casos, os interflúvios sustentam depressões fechadas (formas pseudocársticas). Assim, considerando que essas formas de relevo são sustentadas apenas por arenitos, que possuem muito quartzo e poucos minerais alteráveis quando comparadas a rochas como os granitos do Primeiro Planalto, inferiu-se que, no Segundo Planalto, seriam encontrados especialmente Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média.

Entre esses amplos interflúvios suaves encontram-se Vales de Fundo Plano (VFP) do Segundo Planalto, com altimetrias que variam de 940 a 1.060 m de altitude e declividade inferior a 12°. Também sustentados pelos arenitos da Formação Furnas, inferiu-se que nestes fundos de vale seriam encontrados Neossolos Flúvicos e Gleissolos, dada a presença de água e potencial para condições hidromórficas.

6.2. Dados Morfopedológicos de Campo e Laboratório

Ao longo dos trabalhos de campo, foram feitas observações geológicas, geomorfológicas e pedológicas em 49 pontos, os quais se distribuem por todas as unidades morfopedológicas expostas na Figura 5. A Figura 6 demonstra aspectos geomorfológicos da área.

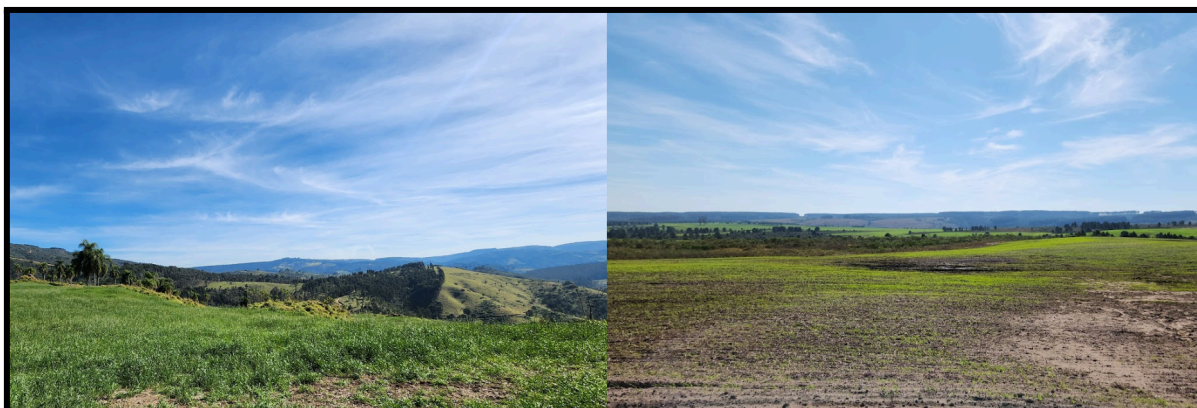


Figura 6 – Geomorfologia da área de estudo. Esquerda: Morros e Morrotes de Topo Suave em primeiro plano,

com Morros e Morrotes dissecados em médio plano e Frente Escarpada ao fundo. Direita: Interflúvios Suavemente convexos em primeiro plano, com destaque para depressão fechada na porção central da fotografia, e Frente Escarpada ao fundo.

6.2.1. Primeiro Planalto (1P)

No Primeiro Planalto, verificou-se a predominância de Argissolos e Cambissolos, geralmente bastante ácidos, com pH de 4,89 (ponto 31) a 5,26 (ponto 20), lixiviados (média de saturação por bases <20%) e derivados da alteração de xistos e granitos (Tabela 1). Os Argissolos estão especialmente presentes nos topos dos MTS e MMD. São solos com nítido incremento de argila do horizonte A para o Bt, onde se observa presença de cerosidade, evidenciando iluviação de argila. Nenhum dos perfis apresenta horizonte E. Alguns perfis apresentam horizonte com características análogas às de um horizonte Bw (solo friável, estrutura em blocos fraca que se desfaz em granular e poucos minerais alteráveis visíveis) subjacente ao Bt. Considerando essas características, bem como a cor (5YR 5/6; 7.5YR 4/3) e a baixa saturação em bases trocáveis (Tabela 1), esses Argissolos foram classificados como Vermelho-Amarelos com caráter distrófico. Destaca-se a frequente presença de bolsões de saprólito de granito dentro destes perfis, especialmente no horizonte C ou BC, bem como a presença de areia grossa enriquecida em quartzo e feldspato em todos os horizontes.

Tabela 1 – Dados físico-químicos dos solos do 1º Planalto.

Parâmetros Físico-Químicos do Solo															
Unidades			-	-	g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mmolc.kg ⁻¹							%	
Ponto	Solo	Horizonte	pH H ₂ O	pH KCl	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+A I	SB	CTC	V	m
20	CXd	Ap	5,26	4,13	42	<1,2	1,61	25,6	2,9	9,2	82	30,1	112,1	27	33
		BA	5,25	4,23	23,5	<1,2	0,69	12	1,5	11	56,6	14,2	70,8	20	44
		Bi	5,23	4,15	16,6	<1,2	0,51	7,1	1,1	14,5	42,6	8,7	51,3	17	62
		C1	5,1	4,11	12,4	<1,2	0,41	3,1	0,1	17,9	25,4	3,6	29	12	83
		C2	4,93	4,08	10,4	<1,2	0,56	0,8	<0,1	22,4	35,3	1,4	36,7	4	94
26	RLd	A	4,99	4,13	13	1,4	0,61	<0,5	<0,1	13	21,7	0,8	22,5	4	94
31	NX	A	4,89	3,88	22,2	3	1,15	6,6	4,9	26,8	58,5	12,7	71,2	18	68
		Bni	4,85	3,91	16,1	4,2	0,74	4,6	4,1	27,2	72,8	9,4	82,2	11	74
41	CXd	Ap	5	4,15	39	1,4	1,13	8,8	3,1	8,4	76,5	13	89,5	15	39
		Bi1	4,9	4,37	26,4	<1,2	0,59	4,9	0,5	3,7	44,9	6	50,9	12	38
		Bi2	4,9	4,57	17	<1,2	0,49	2,3	<0,1	2	39,3	2,8	42,1	7	42
		CB	5,05	4,83	10,6	1,7	0,43	3	<0,1	0,4	31,3	3,4	34,7	10	10

Os Cambissolos encontrados em C, MTS e MMD podem ser espessos, com horizonte C chegando a mais de 2 m de espessura. Contudo, os horizontes A e Bi são delgados e incipientes (Figura 7), o que é reforçado pela presença de fragmentos de rocha, grande quantidade de silte e de minerais primários alteráveis (micas e feldspatos, além do

quartzo), sugerindo baixo grau de desenvolvimento. Os horizontes C ou CR dos solos apresentam coloração rosada (7.5YR 4/3), enquanto os horizontes B apresentam cores mais brunadas e vermelho-amarelas (7.5YR 4/6), como pode ser observado na Figura 8A.

Todos os Cambissolos descritos são háplicos e distróficos (menos de 20% de saturação por bases), mas apresentam uma diferença substancial em função do material de origem: os solos formados a partir do granito Cerro Azul geralmente são mais incipientes que os do granito Arroio Taquaral. No Cerro Azul, cujos granitos apresentam fenocristais de feldspato, há uma elevada concentração desse mineral pouco alterado até o horizonte Bi (Figura 7), formando cascalhos angulosos. Sob a fácies Arroio Taquaral, de composição monzogranítica a sienogranítica e textura média, os solos são ligeiramente mais espessos e apresentam mais quartzo na fração grossa. Em contrapartida, os Cambissolos e Argissolos (Figura 7B) derivados dos xistos da Formação Água Clara são de textura mais fina, predominando silte e argila sobre a areia, e apresentando nítida ocorrência de muscovitas desde o horizonte R até o Bi.



Figura 7 – Cambissolo com fenocristais de feldspatos pouco alterados até a superfície do perfil. Ponto 33.

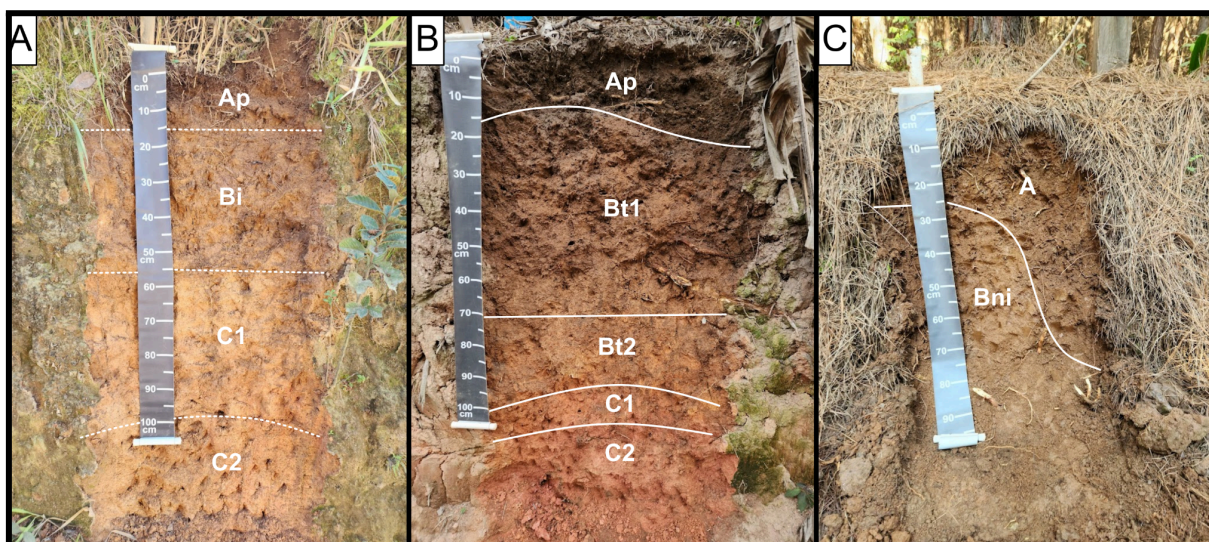


Figura 8 – Solos do Primeiro Planalto. A) Cambissolo Háplico, ponto 21. B) Argissolo Vermelho-Amarelo, ponto 42. C) Nitossolo Bruno, ponto 31. Linhas contínuas indicam transições claras entre horizontes, enquanto linhas pontilhadas indicam transições difusas. Cada divisão da escala equivale a 5 cm.

Nos VFP, a presença de Gleissolos Háplicos é notável, o que condiz com as condições de má drenagem destes locais, denunciadas por cores mosqueadas associadas às feições redoximólicas. São solos em que dominam cores neutras e acinzentadas (10Y 5/1; Glei 1 6/N) e textura variando entre franco argilo-siltosa a franco siltosa, umidade elevada e nível d'água suspenso no contato do solo com o material parental, geralmente depósitos fluviais. Cambissolos Háplicos também foram encontrados nesses vales amplos, ocasionalmente associados aos Gleissolos, mas ocupando posições ligeiramente mais elevadas, como terraços fluviais baixos e barras de acreção (Figura 9). Foi encontrado, ainda, um perfil de Nitossolo Bruno Distrófico típico (Figura 8C) na transição entre o sopé de um morro e o fundo do vale.

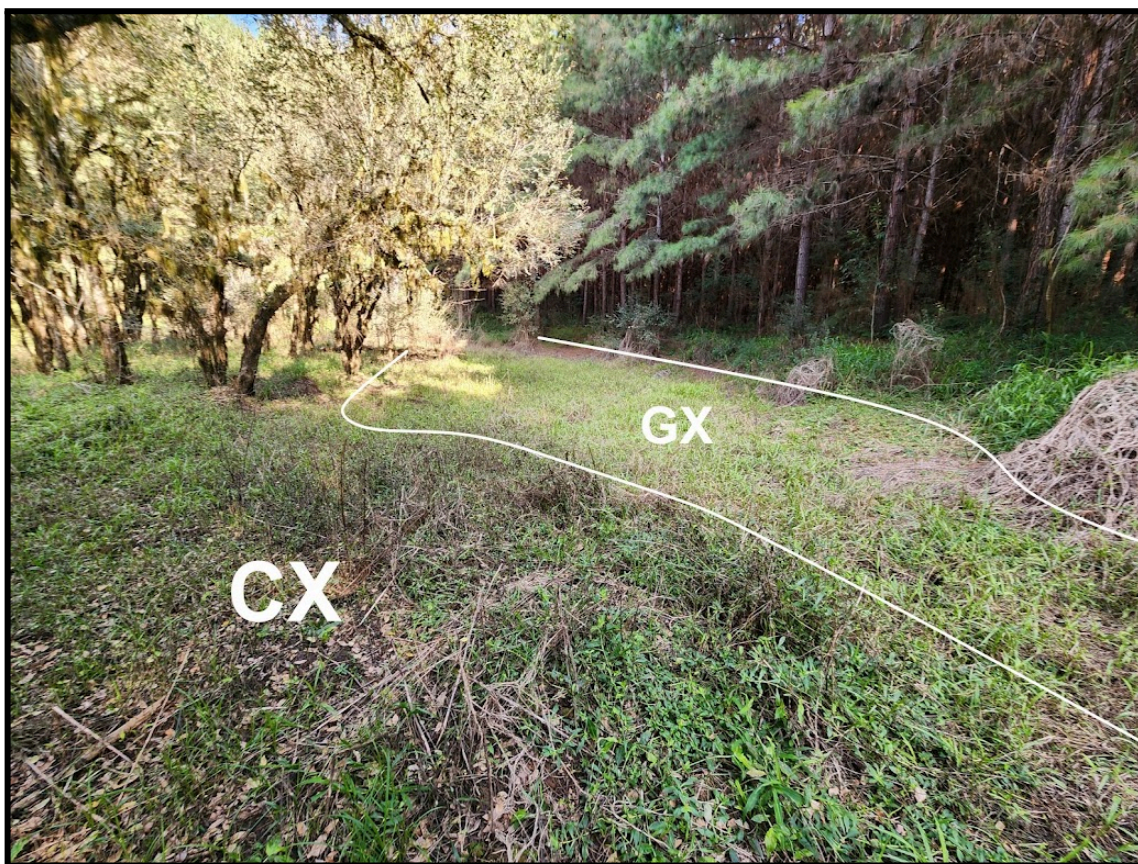


Figura 9 – Meandro abandonado com Gleissolo Háplico (GX) e barra de acreção levemente mais elevada com Cambissolo Háplico (CX). Ponto 49.

6.2.2. Frente Escarpada (FE)

Os solos da Frente Escarpada são mais incipientes que os do Primeiro Planalto. Nessa unidade morfopedológica, cujas declividades dominantes são superiores a 12°, atingindo até mais de 50° nas vertentes escarpadas, os solos são geralmente ácidos e lixiviados, dominando Neossolos Litólicos, siltosos e rosados (5YR 4/4), sendo provenientes de xistos (Figura 10).

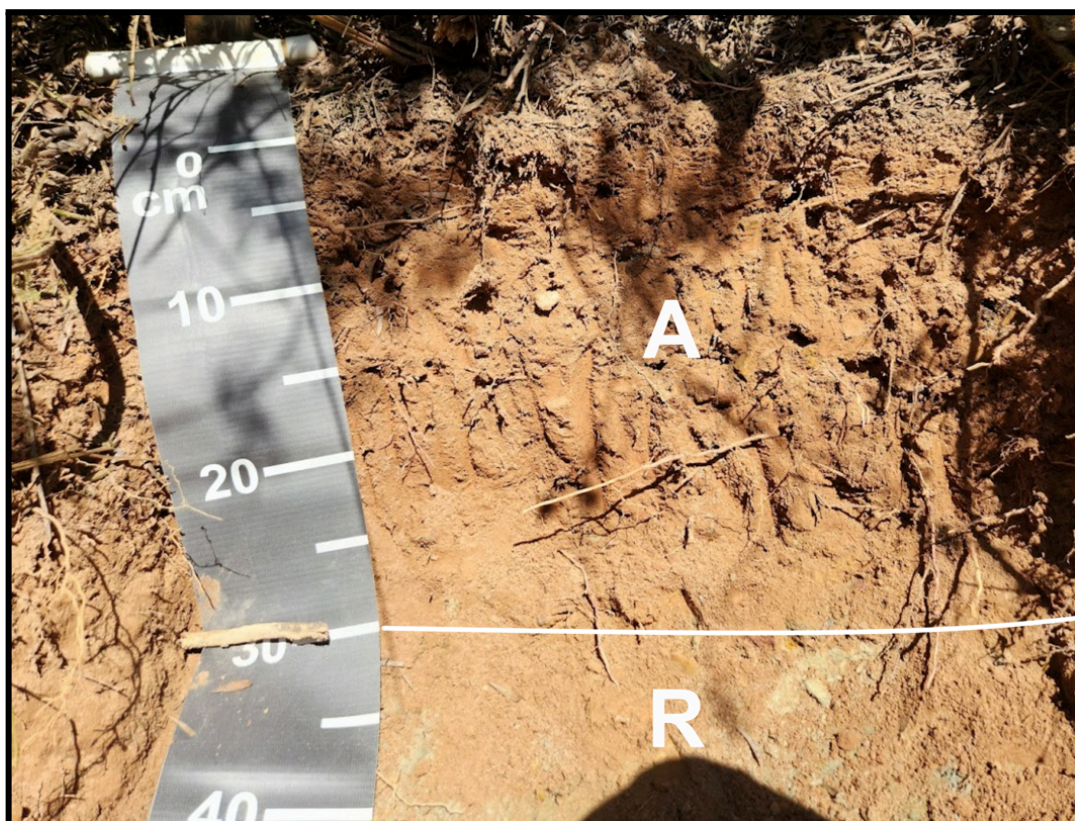


Figura 10 – Neossolo Litólico da Frente Escarpada. Horizonte A em contato lítico com horizonte R (xisto). Ponto 26.

6.2.3. Segundo Planalto (2P)

No Segundo Planalto, verificou-se a presença de solos apenas nos Interflúvios Suavemente Convexos, enquanto que os Vales de Fundo Plano apresentam-se como leitos rochosos de rios. Os solos do ISC são predominantemente Neossolos Litólicos de textura franco-arenosa em associação a Cambissolos de textura argilosa a argilo-arenosa (Tabela 2). Estes solos apresentam um espesso horizonte A muito escuro (5YR 5/1), com até $154,7 \text{ g.kg}^{-1}$ de M.O (Figura 11A - Tabela 3). Neste sentido, os Cambissolos encontrados caracterizam-se como Cambissolos Húmicos (Figura 11B - Ponto 03), enquanto os Neossolos Litólicos apresentam-se numa associação entre Neossolos Litólicos Hísticos (Figura 11A - Ponto 02) e Neossolos Litólicos Húmicos. Assim como no Primeiro Planalto, estes solos são distróficos e bastante ácidos, com pH variando de 4,71 a 5,87 (Tabela 3), e elevada concentração de alumínio no complexo de troca (Tabela 3), geralmente superior a 70%.

Ainda que os solos mencionados sejam os dominantes, foi descrito, ainda, um perfil de Espodossolo Humilúvico Órtico típico (Figura 11C), no terço médio de uma vertente suave (Ponto 06). O horizonte Bh, de acúmulo de matéria orgânica, tem coloração 10YR 3/4, textura franco-arenosa e estrutura maciça. O horizonte BA apresenta coloração mais clara (7.5YR 4/6) e possui fissuras verticais com preenchimento de matéria orgânica (Figura 12). Enquanto o substrato dos outros perfis descritos nos ISC é um arenito, neste ponto o

substrato é uma rocha pelítica.

Além do Espodossolo, foi encontrado também, de forma pontual, um Latossolo Vermelho-Amarelo (Figura 11D) de textura argilo-arenosa nos horizontes Bw1 e Bw2 (Tabela 2) no topo de uma vertente muito suave. Este solo apresenta também uma linha de petroplintita/laterita no horizonte C, marcando a transição do material alterado para o arenito. A cobertura pedológica se torna progressivamente mais delgada no sentido de jusante desta vertente, dando origem a um Neossolo Litólico (Figura 11E) na cornija que marca a transição para o fundo do vale, onde aflora o arenito Furnas.

Tabela 2 – Dados granulométricos dos solos do 2º Planalto.

Ponto	Solo	Horizonte	Areia (%)						Silte (%)	Argila (%)
			AMG	AG	AM	AF	AMF	AT		
2	RLi	Ap	1	3.4	17	39.6	3.2	64.2	25.5	10.3
		H	0.7	5.5	24.9	33.8	8.3	73.2	16.4	10.4
		CR	5.8	14.5	12.4	11.6	35.5	79.8	10.3	9.9
3	CHd	Ap	3.5	14.8	21.1	14.7	3	51.1	13.1	35.8
		A2	2.9	8.9	17	23.4	1.3	50.9	2.7	46.4
		BC	1.1	2.1	3.9	11.6	25.7	44.4	5	50.6
		C	2.5	9.7	24.8	29.6	26.5	40.1	2.1	57.9

Tabela 3 – Dados físico-químicos dos solos do 2º Planalto.

Parâmetros Físico-Químicos do Solo															
Unidades			-	-	g.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹	mmolc.kg ⁻¹							%	
Ponto	Solo	Horizonte	pH H ₂ O	pH KCl	M.O.	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC	V	m
2	RLi	Ap	5,87	3,91	53,6	5,3	5,63	10,9	8,7	54,1	282,7	25,2	307,9	8	68
		H	5,53	4,27	154,7	<1,2	1,3	<0,5	0,1	30,3	164,7	1,5	166,2	1	95
		CR	5,67	4,52	20	5	0,28	<0,5	0,1	6,8	53,3	0,4	53,7	1	95
3	CHd	Ap	5,12	4,04	68,8	1,6	2,28	6,6	4,9	33,3	167,3	13,8	181,1	8	71
		A2	5,18	4,25	53,1	<1,2	0,54	1,5	0,6	28,2	156,3	2,6	158,9	2	91
		BC	4,86	4,37	18,4	<1,2	0,33	<0,5	<0,1	6,3	40,1	0,4	40,5	1	94
		C	4,8	4,48	13,6	<1,2	0,26	<0,5	0,1	3	32	0,4	32,4	1	89
10	LVA d	Ap	4,71	4,31	16,9	<1,2	0,36	1,2	<0,1	4,9	38,2	1,6	39,8	4	76
		Bw	4,84	4,07	24,8	<1,2	0,82	0,9	<0,1	11,2	49,3	1,7	51	3	87
		BC	5,12	4,8	12,8	<1,2	0,2	<0,5	<0,1	0,4	51,8	0,5	52,3	1	44
		C	-												



Figura 11 – Perfis de solos do Segundo Planalto e seus horizontes. A) Ponto 02, Neossolo Litólico Hístico típico. B) Ponto 03, Cambissolo Húmico Distrófico latossólico. C) Ponto 06, Espodossolo Humilúvico Órtico típico. D) Ponto 10, Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico. E) Ponto 11, Neossolo Litólico Distrófico típico. Linhas contínuas indicam transições claras entre horizontes, enquanto linhas pontilhadas indicam transições difusas. Cada divisão da escala equivale a 5 cm.



Figura 12 – Detalhe de fissura com preenchimento de matéria orgânica no horizonte BA, sobrejacente ao horizonte espódico (Bh), em Espodossolo Humilúvico. Ponto 06. A figura 10C exibe o perfil como um todo.

6.3. Compartimentação Morfopedológica Final

Com base nos dados preliminares e nos dados de campo e laboratório, foram elaboradas as unidades morfopedológicas finais (Figura 13). Os limites das unidades não foram modificados em relação ao exposto no mapeamento preliminar (Figura 5), uma vez que o controle de campo demonstrou que eles representam bem os agrupamentos dos principais padrões de forma que integram a área. Em contrapartida, o mapa agora conta com todos os pontos analisados em campo e uma legenda expandida (Tabela 4), que expõe todos os itens que compõem cada unidade morfopedológica.

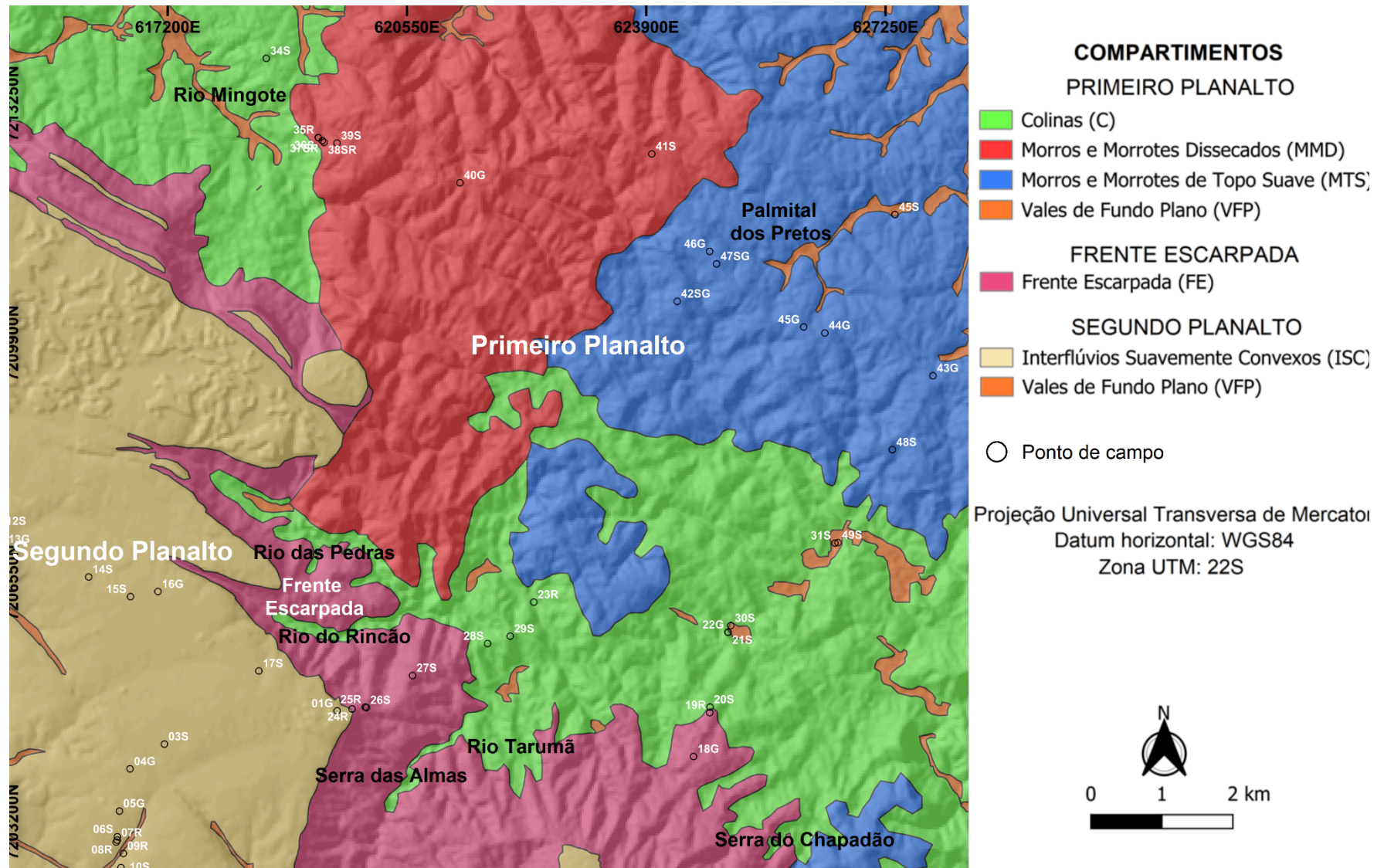


Figura 13 – Mapa morfopedológico final da área.

Tabela 4 – Legenda expandida do mapa morfopedológico.

COMPARTIMENTO GEOMORFOLÓGICO	UNIDADE	GEOLOGIA	RELEVO			COBERTURA PEDOLÓGICA	
			Hipsometria (m)	Declividade (°)	Morfologia	Tipos de Solo	Morfologia
PRIMEIRO PLANALTO	VFP	Predominante mente litologias graníticas, subordinadamente xistos	810 a 690	0 a 12	Vales de fundo plano	Gleissolos Háplicos, Cambissolos Háplicos, ocorrência de Nitossolo Bruno	Solos franco-siltosos a franco-argilosos. Feições redoximórficas, cores neutras e brunadas. Solos muito úmidos.
	C		700 a 900	0 (topos) a 30; vertentes predominantemente de 10 a 20	Colinas grandes, médias e pequenas, declividade suave	Argissolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos	Solos que podem ultrapassar 2m de profundidade. Argissolos com estrutura forte, Cambissolos com estrutura moderada.
	MTS		790 a 960	0 (topos) a 30; vertentes com declividades médias	Morros e morrotes com topos suaves e vertentes médias a íngremes	Argissolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos Háplicos	Solos que podem ultrapassar 2m de profundidade. Argissolos com estrutura forte, Cambissolos com estrutura moderada.
	MMD	Predominante mente xistos, subordinadamente litologias graníticas	850 a 1080	Topos: 0-6 Vertentes suaves: de 6 a 12 Vertentes íngremes: de 12 a 45	Morros e morrotes dissecados com topos convexos. Cornijas no terço inferior das vertentes.	Cambissolos Háplicos, eventualmente com características argissólicas ou latossólicas	Solos siltosos e rosados, com características argissólicas sem atender critério de gradiente textural para Bt ou características latossólicas sem atender critérios texturais para Bw
FRENTE ESCARPADA	FE	Arenitos da Fm. Furnas	820 a 1110	12 a 50	Vertentes íngremes a escarpadas dissecadas por drenagens associadas a grandes anfiteatros. Esporões promontórios são frequentes.	Neossolos Litólicos	Solos rasos, com horizonte A em contato lítico com o substrato
SEGUNDO PLANALTO	VFP	Arenitos da Fm. Furnas	940 a 1060	0 a 12	Vales de fundo plano	Afloramentos Rochosos	-
	ISC		1060 a 1130	0 a 12	Relevo plano com suave convexidade	Cambissolos Húmicos, Neossolos Litólicos Hísticos e Húmicos. Ocorrências pontuais de Latossolo Vermelho-Amarelo e de Espodossolo Humilúvico	Solos com apreciável quantidade de areia. Grande quantidade de matéria orgânica quando em locais com depressões fechadas. Iluviação de matéria orgânica em terços médios de vertentes.

7. DISCUSSÕES

Os solos do Primeiro Planalto diferem daquilo que havia sido inferido na etapa pré campo. Principalmente, os Latossolos estão ausentes, enquanto há uma grande área coberta por Argissolos e Cambissolos. Além das classes de solos, observa-se que alguns aspectos morfológicos verificados são diferentes do esperado, provavelmente em função das variações do relevo e do material de origem, como será discutido a seguir.

No Primeiro Planalto, a litologia subjacente influencia diretamente as características dos solos. Isto é especialmente evidente ao confrontar solos formados sobre os xistos da Formação Água Clara e os formados sobre as fácies graníticas do Batólito Três Córregos: os solos da Formação Água Clara apresentam alto teor de silte, uma vez que a litologia xistosa apresenta granulometria bastante fina. Por outro lado, os solos do Batólito Três Córregos têm granulometria mais grossa, apresentando maiores teores de areia.

Especialmente na fácies Cerro Azul/Arrieros, que consiste de um granitóide de textura porfírica, há cristais de feldspatos centimétricos no perfil de solo (Ponto 33), inclusive no horizonte Bi. Granitos são rochas que, por definição, apresentam grãos maiores (Streckeisen, 1976), o que é refletido na granulometria dos solos sobre eles desenvolvidos. Contudo, considerando a série de Goldich, que expõe a sequência de estabilidade dos minerais frente à alteração geoquímica, que mostra que os feldspatos são mais suscetíveis à alteração que o quartzo, não se esperaria encontrar fenocristais de feldspato não alterados até próximo do horizonte superficial. Contudo, a série de Goldich preconiza que feldspatos potássicos, constituintes dos grãos em questão, alteram-se mais lentamente do que outros tipos de feldspatos, o que dá indícios do porquê estes fenocristais têm sido resistentes à alteração no solo estudado. De todo modo, estudos pedogenéticos, que fogem do escopo deste trabalho, tornam-se necessários para a resolução deste problema.

A cor é outro atributo que demonstra o controle da litologia sobre a cobertura pedológica: os solos da Formação Água Clara são mais rosados (5YR 4/6, ponto 41), enquanto os solos graníticos possuem colorações vermelho-amarelas (7.5YR 4/3, ponto 42). Um mineral presente nestes xistos é a clorita (Hasui, 1975; Besser et al, 2021), que, quando intemperizada, pode conferir coloração rosada para a rocha e, consequentemente, para os solos. De todo modo, seriam necessários dados químicos e mineralógicos, fora do escopo deste trabalho, para avaliar com segurança os elementos responsáveis por essa coloração no solo. No caso dos granitos, a cor vermelho-amarela predominante deve ser decorrente da alteração dos minerais máficos, que liberam hematita e goethita, e da caulinita, proveniente da alteração dos feldspatos. A hematita confere coloração vermelha ao solo, enquanto a goethita confere coloração amarela. Assim, o solo torna-se vermelho-amarelo, com diferentes tons em função das diferenças de concentração desses óxidos.

Ao contrário do que se supunha, nos VFP do Primeiro Planalto não foram encontrados Organossolos. Isso, provavelmente, é decorrente da pouca acumulação de

material orgânico nos fundos de vales, em decorrência da alta energia dos fluxos de água que dissecam tanto a Escarpa Devoniana como os morros e colinas do Primeiro Planalto. Nos VFP, dominam solos mais acinzentados, decorrentes da ausência de ferro ou de sua presença na forma reduzida (e.g. Brady e Weil, 2013; Grigorowitschs, 2013), uma vez que estas regiões são mal drenadas, o que acarreta em condições redutoras. Assim, é possível a formação de Gleissolos (Ponto 45) próximos dos canais de drenagem principais, como os rios do Mingote, das Pedras e do Rincão, em planícies fluviais restritas (não mapeáveis na escala deste trabalho) e em áreas de meandros abandonados, nas quais a hidromorfia só é mais perceptível junto ao antigo canal (Figura 9). Estes solos hidromórficos estão associados a Cambissolos Háplicos, que estão em porções levemente mais elevadas em relação ao nível dos canais, como nos terraços fluviais. A separação dos Gleissolos e Cambissolos em unidades distintas só seria possível num mapeamento mais detalhado das formas de relevo, individualizando as planícies fluviais, o que permitiria deduzir também, de forma mais segura, a extensão dos depósitos fluviais, que nem foram mencionados nos mapeamentos geológicos que cobrem a área.

A presença de um Nitossolo Bruno, na transição da base de uma vertente para um terraço baixo do VFP, também não havia sido esperada no mapeamento inicial. Contudo, sua ocorrência, ainda que pontual, já havia sido mencionada em áreas próximas, como no trabalho de Bhering et al., (2007), e em outras áreas do Sul do Brasil (Fritzsons et al., 2014; Sequinato, 2015; Andognini et al., 2016).

A Frente Escarpada apresenta solos incipientes, principalmente Neossolos Litólicos (Ponto 26). Isto vai de acordo com o esperado para este compartimento, dada a sua alta declividade, na qual a relação morfogênese-pedogênese não é favorável para o desenvolvimento de solos mais profundos, questão esta que é clássica na Pedologia (e.g. Jenny, 1941; Tricart, 1977), mas segue sendo confirmada por trabalhos mais recentes realizados em especialidade em zona de relevo declivoso, como na Serra do Mar (Rossi & Queiroz, 2001) e nas cuestas do Estado de São Paulo (Pinheiro, 2009; Pinheiro et al., 2020).

A cobertura pedológica do Segundo Planalto difere quase que totalmente das inferências feitas antes do campo, que previam a predominância de Neossolos Quartzarênicos e eventuais Latossolos de textura média. Os solos dominantes no local são Neossolos Litólicos, com o horizonte A imediatamente acima do arenito consolidado, em contato lítico. Além disso, outra característica desses solos não prevista é a presença de horizontes A ou H espessos e muito escuros, de coloração preta, capeados ou não por um horizonte Ap. Essas características indicam grande presença de matéria orgânica, o que foi confirmado pelos dados analíticos da Tabela 3, onde se verifica 154,7 g.kg⁻¹ de M.O. no horizonte H e 53,6 g.kg⁻¹ no horizonte Ap de um Neossolo Litólico Hístico típico.

O acúmulo de matéria orgânica nessa área se dá especialmente nos topos dos interflúvios e pode ser decorrente de três aspectos: (1) a grande concentração de cabeceiras

de drenagem e depressões fechadas (não visíveis no MDE utilizado na compartimentação morfológica inicial, uma vez que elas tem desnível altimétrico muito baixo, inferior a 2 m), que, em conjunto com a baixíssima declividade da área, dificultam o escoamento da água, formando ambientes mal drenados, os quais, de acordo com Brady & Weil (2013), diminuem a velocidade da degradação da matéria orgânica por reduzirem a atividade microbiana; (2) o clima mesotérmico da área, cuja temperatura média do mês mais quente é relativamente baixa, cerca de 22°, diminui a velocidade com que as reações químicas de intemperismo ocorrem, como a degradação da matéria orgânica; (3) a atuação da Formação Furnas como um condicionante de baixa infiltração de água, fazendo com que esta se acumule no contato solo-rocha. Um argumento que fortalece esta hipótese é exposto em De Ros (1998), que aponta que a Formação Furnas apresenta um elevado grau de cimentação, diminuindo a sua permeabilidade. Ainda segundo este autor, os topos dos ciclos deposicionais desta formação apresentam-se como pelitos, que têm uma permeabilidade muito baixa. Considerando que o substrato do ponto 06 consiste de uma rocha de granulometria muito fina e a topografia é muito suave nesta área do Segundo Planalto, é possível que rochas pelíticas de baixa permeabilidade estejam presentes em grande parte da área, especialmente nos topos dos interflúvios.

Além dos Neossolos Litólicos enriquecidos em matéria orgânica, outro tipo de solo cuja presença não foi prevista, tampouco havia sido mapeada nos levantamentos de Bhering et al., (2007), são os Espodosolos. Tais solos ocorrem em terços médios de vertentes (Ponto 06), nos quais a matéria orgânica acumulada no horizonte superficial migra verticalmente e se acumula nos horizontes subsuperficiais, dando origem a um horizonte Bh. No perfil descrito (Figuras 11C e 12), verificou-se indícios dessa migração: no horizonte BA, há fissuras verticais, preenchidas por material orgânico, que conectam o horizonte A ao Bh.

Similarmente, Latossolos Vermelho-Amarelos estão presentes nos ISC, em topos suaves em que não há depressões fechadas e cabeceiras de drenagem (Ponto 10), que viabilizaram o acúmulo de matéria orgânica em outros interflúvios. Sua presença sobre o arenito é possível porque, neste ponto, ao invés de conter apenas quartzo, a Formação Furnas apresenta-se como arenitos arcóseos a subarcóseos com cimentação caulinítica (De Ros, 1998). Assim, a presença de feldspatos e caulinita, que são minerais alteráveis, permite o intemperismo de material suficiente para a formação de um horizonte Bw.

Nesse contexto, sugere-se o perfil síntese que compõe a Figura 14, que expõe, de forma esquemática, as relações solo-relevo-rocha no Segundo Planalto, setor em que essas relações se mostraram mais complexas de serem compreendidas. Como exposto, nos topos dos interflúvios que possuem depressões fechadas há um teor elevado de matéria orgânica, formando Neossolos Litólicos Hísticos ou Húmicos. A migração desse material orgânico dá origem a Espodosolos nos terços médios das vertentes. Em contrapartida, nos interflúvios em que não há depressões fechadas, o teor de matéria orgânica é menor, dando origem a

Cambissolos Háplicos em seus terços médios e a Latossolos Vermelho-Amarelos em seus topos. Aproximando-se dos leitos de rio, na base das vertentes, cornijas marcam a presença de Neossolos Litólicos e eventuais afloramentos de rocha.

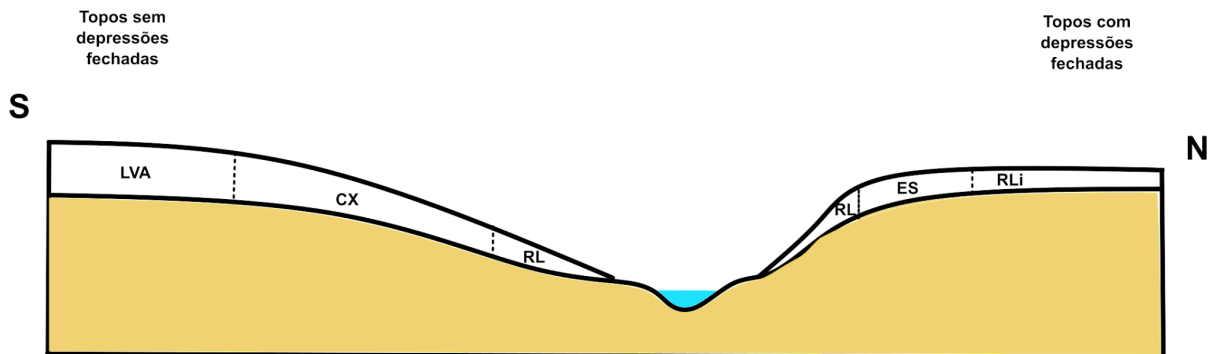


Figura 14 – Perfil esquemático dos solos do Segundo Planalto. LVA: Latossolo Vermelho-Amarelo. CX: Cambissolo Háplico. RL: Neossolo Litólico. ES: Espodossolo Humilúvico. RLi: Neossolo Litólico Hístico. Em amarelo, a Formação Furnas. Notar a presença de afloramentos rochosos adjacentes ao rio.

Nos VFP do Segundo Planalto, ao contrário do que se supunha, não foram encontrados solos hidromórficos formados em depósitos flúvio-coluviais ou morfologias típicas de planícies fluviais. O que se observou é que não há deposição nesses vales, embora eles sejam amplos. São leitos rochosos sendo dissecados pela drenagem atual, apresentando níveis encachoeirados e lajedos, não permitindo a formação de solos. Apenas nos sopés das vertentes adjacentes a esses fundos de vale são encontrados Neossolos Litólicos, geralmente formados de um horizonte A espesso e escuro em contato lítico com o arenito Furnas. Estudos da dinâmica fluvial desses rios que cortam o planalto são necessários, para avaliar, por exemplo, seus perfis longitudinais, e identificar se estes se encontram em desequilíbrio, como quando estão acima da curva teórica de equilíbrio, como preconizado por Hack (1973).

8. CONCLUSÕES

Tal como exposto ao longo deste trabalho, o controle da litologia subjacente sobre os solos é evidente, de forma que condições particulares ou locais também controlam o desenvolvimento da cobertura pedológica, influenciando em variações nos solos difíceis de serem previstas apenas com base em estudos prévios do relevo e do material parental. Desta forma, é fundamental o controle de campo para trabalhos desta natureza. Este controle litológico é proeminente no Primeiro Planalto, no qual solos siltosos e com cores de tons mais rosados são desenvolvidos sobre xistos, enquanto solos arenosos, vermelho-amarelos e com cascalhos angulosos de quartzo e feldspatos, são desenvolvidos sobre litologias graníticas. Assim, a cor e a granulometria dos solos revelam ser potentes indicadores do material parental.

Na Frente Escarpada, o controle geomorfológico sobre a cobertura pedológica, expressa através da declividade, se destaca e parece ser o fator de formação mais importante, à medida que a intensa morfogênese só possibilita o desenvolvimento de solos delgados e incipientes, como Neossolos Litólicos, independentemente do material de origem.

A litologia do Segundo Planalto confere aos solos um elevado teor de areia, conforme esperado. Contudo, apesar do relevo suave, são solos predominantemente incipientes, rasos e com condições de drenagem deficiente, viabilizada pela grande concentração de cabeceiras de drenagem e inúmeras depressões fechadas, adicionando complexidade à cobertura pedológica, cujo acúmulo de matéria orgânica, por exemplo, não havia sido previsto. Ainda, as características de cimentação da rocha modificam a circulação da água, sendo fundamentais nesse processo de acumulação do material orgânico.

Comprova-se, assim, a importância da ponte entre diferentes geociências, particularmente a Geologia, a Pedologia e a Geomorfologia. Dados pedológicos revelaram ser uma importante ferramenta para a inferência da litologia de uma área, fornecendo informações preliminares ou complementares para o geólogo de campo. Da mesma forma, dados iniciais de litologia e geomorfologia fornecem valiosas informações/inferências iniciais para o pedólogo. As informações obtidas neste trabalho poderão ainda servir como subsídio para a determinação de geossítios e levantamento do potencial geoturístico da área.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ab'Saber, A. N. 1965, Da participação das depressões periféricas e superfícies aplainadas na compartimentação do Planalto Brasileiro [Tese de Livre Docência]: FFCL, Universidade de São Paulo.
- Andognini, J.; WarmIng, M. I.; Albuquerque, J. A., 2016, Variabilidade espacial de atributos de um Nitossolo Bruno e sua relação com a composição da uva e do vinho no Planalto Catarinense: 26° SIC UDESC. 3pp.
- Barbalho, M. G., Castro, S. S., 2014, Compartimentação morfoopedológica como subsídio ao planejamento do uso da terra das bacias dos rios Claro e dos Bois, Estado de Goiás: Journal of Social, Technological and Environmental Science, 3 ed., pp. 111-131.
- Besser, M. L., Brumatti, M., Spisila, A. L., 2021, Mapa geológico e de recursos minerais do estado do Paraná: CPRM.
- Bhering, S. B., Dos Santos, H. G., Manzatto, C. V., Bognola, I. A., Fasolo, P. J., Carvalho, A. P., Curcio, G. R., 2007, Mapa de solos do estado do Paraná. Escala 1:250.000.
- Bognola, I.A., Fasolo, P.J., Carvalho, A. P. de, Potter, R.O., Bhering, S.B., 2003, Levantamento de reconhecimento de solos da Região Centro-Leste do Estado do Paraná, Rio de Janeiro: Boletim de Pesquisa Embrapa Solos.
- Boulet, R. 1978, Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta: équilibres et déséquilibres pédobioclimatiques: Mémoires Orstom, v. 85, 272p.
- Brady, N.C.; Weil, R. R., 2013, Elementos da natureza e propriedades dos solos: Bookman Editora, 2013. 716 p.
- Camargo, O.A.; Moniz, A.C.; Jorge, J.A.; Valadares, J.M.A.S. 2009, Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas: Boletim Técnico do IAC, v. 106, 77 pp.
- Cardona, O. C., 2012, Bacia do Rio Sorocá-Mirim: Compartimentação Morfoopedológica e Ocorrências de Turfas [Dissertação de Mestrado]: Departamento de Geografia da FFLCH da Universidade de São Paulo.
- Castro, S. S., Salomão, F. D. T., 2000, Compartimentação morfoopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas: Revista GEOUSP, São Paulo, v. 7, p. 27-37.
- Castro, S.S., Xavier, L., Barbalho, M., 2004, Atlas Geoambiental das Nascentes do rio Araguaia e Araguinha: SEMARH-GO, Projeto de Recomposição Ambiental das Nascentes do Araguaia.
- CEN/SBCR, C. E. N., Villela, F. N. J., 2023, Breve estado da arte do sistema brasileiro de classificação de relevo (SBCR): contribuições de e para a sociedade científica geomorfológica: Rio de Janeiro: IBGE (Nota Técnica na Revista Brasileira de Geografia).
- Cruz, G. C. F. D., 2007, Alguns aspectos do clima dos Campos Gerais: Editora UEPG, 23, 23-31.
- De Ros, L. F. (1998). Heterogeneous generation and evolution of diagenetic quartzarenites in

- the Silurian-Devonian Furnas Formation of the Paraná Basin, southern Brazil. *Sedimentary Geology*, v. 116, p. 99-128.
- Dias Ferreira, R.P, 1997, Solos e Morfogênese em São Pedro [Tese de Doutorado]: Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia Letras, Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Dokuchaev, V.V., 1879, Short description and critical analysis of the more important soil classifications: *Trav. Soc. Nat. St. Petersburg*, v. 10, p. 64-67.
- Dokuchaev, V.V, 1899, Zones des sols de l'hémisphère septentrional [manuscrito]: St. Petersburg.
- Embrapa, 1984, Levantamento de reconhecimento de solos do Estado do Paraná: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação dos Solos.
- Espindola, C. R, 2014, A institucionalização da pedologia como ciência por Friedrich Albert Fallou: o caso brasileiro: *Revista do Instituto Geológico*, v. 35, p. 61-70.
- Fallou, F.A. 1862, *Pedologie oder allgemeine und besondere Bodenkunde*: Schönfeld's Buchlandlung, Dresden, 487 p.
- Figueiredo, D. M., & de Tavares Salomão, F. X., 2023, Morfopedologia: abordagem metodológica para estudos ambientais: *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 24(00).
- França, G.V., 1968, Interpretação fotográfica de bacias e de redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba [Tese de Doutorado]: ESALQ-USP.
- Fritzsons, E.; Mantovani, L., Wrege, M., & Prates, V., 2014, Caracterização ambiental dos componentes estruturais de duas regiões do bioma Mata Atlântica no Estado do Paraná: *Documentos/Embrapa Floresta*, 269. 34 pp.
- Furian, S., Barbiéro, L.; Boulet, R., 1999, Organisation of the soil mantle in tropical southeastern Brazil (Serra do Mar) in relation to landslides processes: *Catena*, v. 38, n. 1, p. 65–83.
- Furquim, S.A.C, 2002, Interações entre modelado e solo no transecto espraído, São Pedro [Dissertação de Mestrado]: Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Grigorowitschs, H., 2013, Estudo das propriedades hidromórficas de solos e depósitos no setor inferior de vertentes e em fundos de vale na Alta Bacia Hidrográfica do Rio Cotia/Planalto de Ibiúna [Dissertação de Mestrado]: Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. 220 p.
- Hasui, Y., Carneiro, C. D. R., Coimbra, A. M., 1975, The Ribeira folded belt: *Revista Brasileira de Geociências*, v. 5, n. 4, p. 257-266.
- IBGE/Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009, Manual técnico de Geomorfologia: Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, Rio de Janeiro, 182p.
- Jenny, H. 1941, Factors of soil formation, a system of quantitative pedology:

- McGraw-Hill, New York, 281 p.
- Lages, S. C. 2015, Caráter retrátil de Nitossolos e Latossolos do Sul do Brasil [Dissertação de Mestrado]: Universidade do Estado de Santa Catarina. 128 pp.
- Maack, R., 1968, Geografia Física do Estado do Paraná: CODEPAR, Curitiba, 350p.
- Milani, E.J., 2004, Comentários sobre a origem e a evolução tectônica da Bacia do Paraná. In: Mantesso-Neto, V., Bartorelli, A., Carneiro, C.D.R., Brito Neves, B.B. (Eds.), Geologia do Continente Sul-americano, Beca, Brasil, pp. 265–280.
- Moraes, S. L., Galvani, E. 2012, Balanço hídrico climatológico no município de Ponta Grossa, PR: aportes para o planejamento agrícola e hidrológico: Revista Geonorte, 3(9), 987-999.
- Paraná, 2004, Plano de manejo da área de proteção ambiental da Escarpa Devoniana.
- Peulvast, J.P., Vanney, J.R., 2001, Géomorphologie Structurale: Relief et structure. Paris/Orléans: Gordon and Breach et BRGM, 1, 505.
- Pinheiro, M.R., 2009, Técnicas Cartográficas e Aerofotogramétricas para o Estudo da Erosão: Alta bacia do ribeirão Araquá - São Pedro e Charqueada/SP [Dissertação de Mestrado]: Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo.
- Pinheiro, M. R., Costa, J. R., Scigliano, B. F., Ferreira, R. P. D., Cianfarra, P., & Manfredini, S. 2020. Interações solo, relevo e material de origem na região do Alto Estrutural do Pau D'Alho–Sudeste do Brasil. Revista do Instituto Geológico, 41, 49-67.
- Prazeres Filho, H. J., Harara, O. M., Basei, M. A. S., Passarelli, C. R., & Siga Jr, O., 2003, Litoquímica, geocronologia U-Pb e geologia isotópica (Sr-Nd-Pb) das rochas graníticas dos batólitos Cunhaporanga e Três Córregos na porção sul do Cinturão Ribeira, Estado do Paraná: Geologia USP. Série Científica, 3, 51-70.
- Oliveira, D. Estudo Macro e Micromorfológico de uma Topossequência na Bacia do Córrego do Retiro de São Pedro-SP, 1997, [Dissertação de Mestrado]: Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. 143p.
- Queiroz Neto, J. P., 2000, Geomorfologia e pedologia: Revista Brasileira de Geomorfologia, 1, 59-67.
- Rossi, M., 1999, Fatores Formadores da Paisagem Litorânea: A bacia do Guaratuba, São Paulo-Brasi [Tese de Doutorado]: Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.
- Rossi, M., & Neto, J. P. Q., 2001, Relação solo/paisagem em regiões tropicais úmidas: o exemplo da Serra do Mar em São Paulo, Brasil: Revista do Departamento de Geografia, 14, 11-23.
- Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumbreras, J.F., Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araújo, J.C., Oliveira, J.B., Cunha, T.J.F., 2018,

- Sistema brasileiro de classificação de solos: Embrapa, Brasília, 5ª edição revisada e ampliada., 353 p.
- Santos, L. J. C., Oka-Fiori, C., Canali, N. E., Fiori, A. P., Silveira, C. T., Silva, J. M. F., Ross, J. L. S., 2006, Mapeamento geomorfológico do Estado do Paraná: Revista Brasileira de Geomorfologia, 7.
- Santos, R. D., Santos, H. G., Ker, J.C., Anjos, L. H. C., Shimizu, S. H. 2015, Manual de descrição e coleta de solo no campo: SBCS, Viçosa, 7ª.ed. rev. e ampl., 102 p.
- Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rock its proper name: Earth-science reviews, v. 12, p. 1-33.
- Thomas, M. F. 1974, Tropical Geomorphology: a study of weathering and landform development in warm climates: Journal of Geography (Chigaku Zasshi), v. 83, p. 348-350.
- Tricart, J., 1977, Ecodinâmica: Secretaria de Planejamento da Presidência da República, Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Diretoria Técnica, Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente.
- Tricart, J., Killian, J. 1979, La Eco-Geografia y la Ordenación del medio natural: Barcelona: Editora Anagrama, 288 p.
- Villela, F.N.J., Ross, J.L.S., Manfredini, S., 2013, Relief-rock-soil relationship in the transition of Atlantic Plateau to Peripheral Depression, São Paulo, Brazil: Journal of Maps, v. 9, p. 343-352.
- Weber, W., Siga Júnior, O., Basei, M. A. S., & Sato, K., 2002, A formação Água Clara na região de Araçuaia-SP, registro de uma bacia mesoproterozóica: Geologia USP, Série Científica, 346.
- Wilde, S.A. 1963, Pioneers of soil science – A British view: Soil Science, 97: 258-359.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Descrição morfológica de Neossolo Litólico Hístico típico – Ponto 02

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
Ap	0 a 5	7.5R 2.5/1	Areia	Grumos	Pequena	Moderada	Não plástica, não pegajosa	Clara	Predomínio de raízes finas	Presença de muita matéria orgânica
H	5 a 55	Gley 1 2.5/N	Areia	Blocos subangulares	Grande	Forte	Plástica, pegajosa	Clara	Predomínio de raízes finas	Presença de muita matéria orgânica
C	55 a 80	7.5YR 2.5/2	Areia	-	-	-	Não plástica, não pegajosa	-	Raízes raras finas	-

APÊNDICE B – Descrição morfológica de Cambissolo Húmico Distrófico latossólico – Ponto 03

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
Ap	0 a 5	5YR 5/1	Areia	Granular	Pequena	Fraca	Não pegajosa Não plástica	Plana e clara	Raízes finas e médias frequentes	Presença de formigas
A2	5 a 70	10YR 2/1	Areia	Grumos e blocos subangulares	Grande	Fraca	Pegajosa e plástica	Plana e difusa	Raízes finas e médias frequentes	Presença de formigas
Bi	70 a 85	7.5YR 4/4	Franco-argilosa	Blocos angulares	Média a grande	Fraca	Pegajosa e plástica	Plana e difusa	Raízes finas raras	Presença de formigas
C	85 a 100+	5YR 5/8	Franca	Blocos angulares	Média a grande	Fraca	Pegajosa e plástica	-	Raízes finas raras	Presença de formigas. Matéria orgânica preenchendo porosidade

APÊNDICE C – Descrição morfológica de Espodossolo Humilúvico Órtico típico – Ponto 06

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
A	0 a 50	2.5YR 2.5/1	Areia	Maciça	-	-	Não pegajosa, Ligeiramente plástica	Difusa	Raras finas	-
BA	50 a 105	7.5YR 4/6	Franco-argilosa	Blocos angulares	Gande	Fraca	Pegajosa, plástica	Difusa	Raras finas	Porções pretas - evidência de transporte de matéria orgânica
Bh	105 a 130	10YR 3/4	Franco-arenosa	Maciça	-	-	Não pegajosa, não plástica	Difusa	Raras finas	Transição BC-C apresenta fragmentos de rocha
CR	130 a 185	7.5YR 5/3	Areia	-	-	-	Não pegajosa, não plástica	Clara	Raras finas	-
RC	185 -	2.5Y 8/1	Franco-siltosa	-	-	-	Ligeiramente pegajosa, Ligeiramente plástica	-	-	-

APÊNDICE D – Descrição morfológica de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico petroplíntico – Ponto 10

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
A	35	7.5YR 4/3	Franco-argilosa arenosa	Blocos subangulares	Média	Fraca	Ligeiramente pegajosa, ligeiramente plástica	Difusa	Comuns	
Bw1	35-90	5YR 5/8	Argilo-arenosa	Blocos subangulares	Média	Fraca	Pegajosa, plástica	Difusa	Esparsas	
Bw2	90-110	2.5YR 5/8	Argilo-arenosa	Blocos subangulares	Média	Fraca	Pegajosa, plástica	Plana	Raras	
C	110-165	-	Argilo-arenosa	Limonita	Limonita	Limonita	-	-	Ausentes	Stoneline de fragmentos de limonita de tamanhos variados, com quartzo e matriz férrica. Há continuidade lateral

APÊNDICE E – Descrição morfológica de Neossolo Litólico Distrófico típico – Ponto 11

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
A	0-50	5YR 3/4	Franco-argilosa arenosa	Blocos subangulares	Média	Fraca	Ligeiramente pegajosa, ligeiramente plástica	Abrupta lítica	Esparsas	
R	50-		-	-	-	-	-	-	-	Arenito branco estratificado

APÊNDICE F – Descrição morfológica de Cambissolo Háplico – Ponto 20

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
Ap	0-20	2.5YR 2.5/2	Franco-argilosa arenosa	Grumos		Moderada	Ligeiramente pegajosa, pouco plástica	Abrupta	Raízes grossas muito frequentes	Presença de grãos de quartzo
BA	20-43	5YR 4/4	Franco-argilosa arenosa	Blocos subangulares		Fraca	Pegajosa, plástica	Difusa	Raízes grossas frequentes	Presença de grãos de quartzo
Bi	43-65	7.5YR 6/8	Franco-argilosa arenosa	Blocos angulares	Grande	Moderada	Pegajosa, plástica	Difusa	Raízes finas frequentes	Presença de grãos de quartzo
C1	65-103	5YR 6/8	Franco-argilosa arenosa	Blocos angulares	Grande	Moderada	Pegajosa, plástica	Difusa		Presença de grãos de quartzo
C2	103-115	5YR 6/8	Franco-argilosa	Alterita	Alterita	Alterita	Pegajosa, plástica			Alterita; variegada com 10% de manchas brancas

APÊNDICE G – Descrição morfológica de Cambissolo Háplico – Ponto 21

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
Ap	0-25	7.5YR 5/4	Franco-argilosa arenosa	Blocos subangulares	Médias a grande	Moderada	Ligeiramente plástica, Ligeiramente pegajosa	Difusa	Frequentes	Grãos visíveis de feldspato; areia grossa
Bi	25-60	5YR 5/6	Franco-argilosa arenosa	Blocos subangulares	Grande	Moderada	Pegajosa, plástica	Difusa	Esparsas	Presença de fragmento centimétrico de rocha alterada; grãos visíveis de feldspato; areia grossa
C1	60-105	5YR 7/6	Franco-arenosa	Alterita	Alterita	Alterita	Ligeiramente pegajosa, Ligeiramente plástica	Difusa		Alterita
C2	105-130	5YR 6/8	Franco-arenosa	Alterita	Alterita	Alterita	Ligeiramente pegajosa, Ligeiramente plástica	-		Alterita

APÊNDICE H – Descrição morfológica de Neossolo Litólico Distrófico típico – Ponto 26

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
A	0-30	5YR 4/4	Franco-siltosa	Blocos subangulares	Média	Fraca		Abrupta lítica	Esparsas	Presença de pequena camada de serrapilheira; fragmentos centimétricos de rocha
R		-	-	-	-	-	-	-	-	Xisto

APÊNDICE I – Descrição morfológica de Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico – Ponto 29

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
Bt	0-55	5YR 5/6	Argilo-siltosa	Blocos subangulares	Grande	Forte	Muito plástica, muito pegajosa	Difusa		Horizonte A foi decapitado; presença de cerosidade fraca
BC	55-100	7.5YR 5/6	Argilo-siltosa	Blocos subangulares	Grande	Forte	Muito plástica, muito pegajosa	Clara		Fragmentos de rocha
CR		2.5YR 5/8	Argilo-siltosa	-	-	-	Muito pegajosa, muito plástica	-		Variegada com partes cinzentas; alterita

APÊNDICE J – Descrição morfológica de Nitossolo Bruno Distrófico típico – Ponto 31

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
A	0-25; 0-70	7.5YR 4/4	Franco-argil o-siltosa	Grumos	Média	Forte	Plástica, pegajosa	Clara	Poucas raízes grossas	
Bni	25-100; 70-100	7.5YR 4/4	Argilo-siltosa	Blocos	Grande	Forte	Muito plástica, muito pegajosa		Poucas raízes grossas	Cerosidade fraca
?	100-150									Tradagem. Solo menos arenoso e mais argiloso. Continua brunado.

APÊNDICE K – Descrição morfológica de Cambissolo Háplico – Ponto 32

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
	0-20	7.5YR 4/4	-	-	-	-	-	-		Tradagem. Antropizado.
	20-30	7.5YR 4/4	-	-	-	-	-	-		Mosqueado 7.5YR ⁵ / ₆ , mais claro do que acima. Antropizado.
	30-40	7.5YR 4/4	Franco-argilosa-arenosa	-	-	-	Plástica, pegajosa	-		Mais mosqueado. Regiões pretas - manganês?
	40-50	10YR 5/3	Franco-argilosa-arenosa	-	-	-	Plástica, pegajosa	-		Mosqueamentos acinzentados. Regiões avermelhadas em canais de raízes
	50-60	10YR 4/6	Franco-argilosa-arenosa	-	-	-	Plástica, pegajosa	-		
	60-70	10YR 4/6	Franco-argilosa-arenosa	-	-	-	Plástica, pegajosa	-		
	70-80	10YR 4/6	Franco-argilosa-arenosa	-	-	-	Plástica, pegajosa	-		
	80-90	10YR 4/6	Franco-argilosa-arenosa	-	-	-	Plástica, pegajosa	-		

90-100	10YR 4/6	Franco- siltosa	-	-	-	Ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa	-	
100-110	10YR 4/6		-	-	-		-	Variegados pequenos quase pretos
110-120	5Y 6/2	Areia franca	-	-	-		-	Mosqueados das cores acima. Material de origem fluvial.

APÊNDICE L – Descrição morfológica de Cambissolo Háplico Distrófico – Ponto 41

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
Ap	0-25	7.5YR 4/4	Franco-siltosa	Blocos que se desfazem em grumos	Média	Fraca	Ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa	Clara	Abundantes, médias	Presença de óxidos de manganês
Bi1	25-40	7.5YR 4/6	Franco-argilo-siltosa	Blocos angulares	Média	Moderada	Plástica, pegajosa	Difusa	Abundantes, médias	Presença de óxidos de manganês
Bi2	40-75	5YR 4/6	Franco-siltosa	Blocos	Média	Fraca	Ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa	Difusa	Abundantes, médias	Presença de óxidos de manganês
CB	75-100	5YR 4/6	Franco-argilo-siltosa	Blocos	Média	Fraca	Plástica, pegajosa	-	Raízes finas esparsas	Presença de óxidos de manganês

APÊNDICE M – Descrição morfológica de Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico – Ponto 42

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
Ap	0-15; 0-30	10YR 3/3	Franco-argiloso-arenosa	Blocos subangulares	Grande	Moderada	Plástica, pegajosa	Clara	Ausentes	Areia grossa, grãos de Qtz
Bt1	15-70; 30-70	7.5YR 4/3	Argilosa	Blocos subangulares	Grande	Forte	Muito plástica, muito pegajosa	Clara	Ausentes	Areia grossa, grãos de Qtz
Bolsão 1	35-55	7.5YR 4/4	Argilosa	Blocos subangulares	Média	Moderada	Muito plástica, muito pegajosa	Clara	Ausentes	Areia grossa, grãos de Qtz
Bt2	70-105	5YR 5/8	Argilo-arenosa	Blocos subangulares	Média	Moderada	-	Clara	Ausentes	Pedaços grandes de rocha
Bolsão 2	70-100	5YR 5/6	-	-	-	-	-	Clara	Ausentes	Cor mosqueada com tons brancos de minerais primários; bolsão de rocha alterada
C1	100-110	2.5YR 6/8	-	-	-	-	-	Clara	Ausentes	Alterita
C2	110-140	2.5YR 5/8	-	-	-	-	-	-	Ausentes	Alterita

APÊNDICE N – Descrição morfológica de Gleissolo Háplico – Ponto 45

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
	0-20	10YR 3/3	Franco-argilo-siltosa							Tradagem. Mosqueado 2.5Y 6/3.
	20-30	2.5Y 6/3	-							
	30-40	2.5Y 6/3	Franco-argilo-siltosa				Plástica, pegajosa			
	40-50	2.5Y 6/3	-							
	50-60	2.5Y 6/3	Franco-argilo-siltosa				Ligeiramente plástica, ligeiramente pegajosa			Mosqueados mais acinzentados
	60-70	2.5Y 6/3	-							Um pouco de muscovita
	70-80	2.5Y 6/3	Franco-argilo-siltosa							Mosqueados cinza e vermelho-amarilos.
	80-90	Glei 1 6/N	-							Feições redox.
	90-100	Glei 1 6/N	-							
	100-110	6/N	-							
	110-120	6/N	Franco-argilo-siltosa							

APÊNDICE O – Descrição morfológica de Cambissolo Háplico – Ponto 47

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamanho	Grau				
A	0-30; 0-25	10YR 3/1	Franco-argilo-arenosa	Grumos	Grande	Fraca	-	Clara	Muito grossas	Grãos de quartzo visíveis
Bi1	30-50; 30-40; 25-50	7.5YR 4/6	Franco-argilosa	Blocos subangulares	Grande	Fraca	-	Clara	Muito grossas	Grãos de Qtz visíveis. Variiegado com cores do horizonte acima.
Bi2	50-90; 40-90; 55-95	5YR 5/6	Franco-argilosa	Blocos se desfazendo em microagregados		Fraca	-	Difusa	Grossas	Qtz visível.
BC	90-115 ; 95-115	7.5YR 5/6	Franco-argilosa	Blocos	Média	Fraca	-	Clara	Grossas	Presença de bolsão decimétrico de granito alterado de textura litológica média a grossa.
CR		7.5YR 4/3	Franco-argilo-silteosa	-	-	-	-	-	-	-

Apêndice P – Descrição morfológica de Gleissolo Háptico – Ponto 49

Horizonte	Prof (cm)	Cor	Textura	Estrutura			Consistência molhada	Transição	Raízes	Observações
				Forma	Tamaho	Grau				
	0-20	7.5YR 5/2	Franco-argilo-siltosa	-	-	-	-	-	-	Feições redox.
	20-30	7.5YR 5/2	Franco-argilo-siltosa	-	-	-	-	-	-	Mais feições redox.
	30-40	10YR 6/4	Franco-argilo-siltosa	-	-	-	-	-	-	Volumes avermelhados mais frequentes.
	40-50	10YR 6/4	Argilo-siltosa	-	-	-	-	-	-	-
	50-60	10YR 6/4	Argilo-siltosa	-	-	-	-	-	-	Mais acinzentado. Nível d'água livre.
	60-70	2.5Y 5/3	Franco-argilosa	-	-	-	-	-	-	Muito úmido, pode ter material de maior profundidade. Micas. Volumes pretos.