

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”**

**CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA PARA FINS DE  
CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS NO PLANALTO OCIDENTAL  
PAULISTA**

**Isadora Ribeiro Uruga**

Engenheira Agrônoma

**2024**

**D  
I  
S  
S  
/  
U  
R  
U  
G  
A**

**I.  
R.**

**2  
0  
2  
4**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO MESQUITA FILHO”**

**CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA PARA FINS DE  
CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS NO PLANALTO OCIDENTAL  
PAULISTA**

**Isadora Ribeiro Uruga**

**Orientadora Profa. Dra. Adriana Aparecida Ribon**

**Coorientadora Dra. Kathleen Fernandes Braz**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção de título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

**2024**

U82c

Uruga, Isadora Ribeiro

Caracterização pedológica para fins de classificação dos solos no planalto ocidental paulista / Isadora Ribeiro Uruga. -- Jaboticabal, 2024

76 p. : il., tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Adriana Aparecida Ribon

Coorientadora: Kathleen Fernandes Braz

1. Classificação dos solos. 2. Caracterização de solos. 3. Gênese do solo. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA PARA FINS DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS NO PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA

**AUTORA: ISADORA RIBEIRO URUGA**



**ORIENTADORA: ADRIANA APARECIDA RIBON**

**COORIENTADORA: KATHLEEN FERNANDES BRAZ**


Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Ciência do Solo), pela Comissão Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 **ADRIANA APARECIDA RIBON OGERA**  
Data: 10/07/2024 13:53:56-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. ADRIANA APARECIDA RIBON (Participação Virtual)  
Departamento de Ciências dos Solos / Universidade Estadual de Goiás (UEG) - Palmeiras de Goiás/GO

Profa.Dra. JULLY GABRIELA RETZLAF DE OLIVEIRA (Participação Virtual)  **JULLY GABRIELA RETZLAF DE OLIVEIRA**  
Departamento de Geografia / Universidade Estadual do Norte do Paraná (UE)  **JULLY GABRIELA RETZLAF DE OLIVEIRA**  
Data: 10/07/2024 16:23:37-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Pós-doutoranda MARA REGINA MOITINHO (Participação Virtual)  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente  
 **MARA REGINA MOITINHO**  
Data: 10/07/2024 14:01:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Jaboticabal, 10 de julho de 2024

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

Isadora Ribeiro Uruga, Engenheira Agrônoma, nascida no dia 19 de março de 1997, na cidade de Adamantina, interior do estado de São Paulo. Formou-se no curso de Agronomia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no ano de 2022, realizou estágio no departamento de Solos da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, posteriormente ingressou como estagiária na fazendinha agroecológica da EMBRAPA, em Seropédica-RJ. Em agosto de 2022 ingressou no Programa de Pós-graduação em Agronomia (Ciência do Solo) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal-SP, trabalhando com gênese, morfologia e caracterização de solos.

“Que todas as minhas novas escolhas me levem  
para mais perto daquilo que somente eu e o meu  
coração sabemos.”

Alexandro Braga

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Liliana e Kleber, por terem me dado a oportunidade de poder me dedicar exclusivamente aos estudos, e poder chegar até aqui, e aos seus respectivos companheiros, Tânia e Roberto, por sempre estarem presentes, me dando apoio, e me ajudando no que fosse necessário. Agradeço a Professora Adriana Ribon, por ter embarcado nessa comigo, e sua fiel escudeira Kathleen, por ter me guiado e me ajudado por todo o mestrado. Agradeço a todo o grupo CSME, por terem me acolhido ao longo desse tempo, e me tratado como se eu fosse um deles, principalmente a Denise, pelo seu tempo e dedicação em me ensinar e estar sempre disponível para ajudar, a Mara e ao Professor Marques Junior, minha eterna gratidão. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1.	Planalto Ocidental Paulista.....	2
2.2.	Gênese do Solo.....	5
2.3.	Sistema Brasileiro de Classificação De Solos (SiBCS).....	9
2.3.1.	Principais solos de ocorrência no estado de São Paulo.....	10
2.4.	Importância da relação solo paisagem para a caracterização de solos .....	12
2.5.	Importância da mineralogia no estudo dos solos .....	13
<b>3.</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>16</b>
3.1.	Localização da área de estudo.....	16
3.2.	Descrição geral dos perfis estudados .....	18
3.3.	Análises morfológicas.....	27
3.4.	Análises em laboratório .....	27
3.4.1.	Granulometria.....	28
3.4.2.	Ferro amorfo e cristalino .....	28
3.4.3.	Análises químicas.....	28
3.4.4.	Difratometria de raio X.....	28
3.5.	Classificação de solo.....	29
3.6.	Processamento e análise de dados.....	29
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>30</b>
4.1.	Atributos físicos .....	30
4.2.	Atributos químicos .....	32
4.3.	Atributos mineralógicos .....	34
4.3.1.	Ferro cristalino e não cristalino .....	34
4.3.2.	Caulinita (Ct), Gibbsita (Gb), Hematita (Hm) e Goethita (Gt) .....	38
4.4.	Relação de interdependência entre os atributos do solo e os perfis .....	41
<b>5.</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>43</b>
5.1.	Perfil 1 – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico.....	43
5.2.	Perfil 2 – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico.....	44
5.3.	Perfil 3 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico .....	44
5.4.	Perfil 4 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico .....	45
5.5.	Perfil 5 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico .....	46

5.6.	Perfil 6 – NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico.....	46
5.7.	Perfil 7 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico.....	47
5.8.	Perfil 8 – LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico .....	47
<b>6.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>48</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>48</b>

## CARACTERIZAÇÃO PEDOLÓGICA PARA FINS DE CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS NO PLANALTO OCIDENTAL PAULISTA

**RESUMO** - A caracterização pedológica aliada à classificação de solos possibilita um conhecimento amplo dos solos, seus processos de formação e a determinação das melhores práticas de manejo. Nesse contexto, com o presente estudo objetivou-se caracterizar e classificar oito perfis de solo sob diferentes localidades, posições na paisagem e composição geológica, para que se tornem um guia didático para alunos da graduação e pós-graduação, instruindo-os de forma atualizada sobre os tipos de solos encontrados no Planalto Ocidental Paulista, região suposta de grande diversidade de classificações devido à existência de vários grupos geológicos presentes. Os perfis foram estrategicamente selecionados, para que proporcionasse uma maior variabilidade de características físicas, químicas, mineralógicas e estruturais, para assim garantir uma demonstração da riqueza pedológica que existe nessa região. As coletas de amostras foram realizadas seguindo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. As análises laboratoriais incluíram granulometria, ferro amorfo e cristalino, análises químicas, e difratometria de raio X. Os solos foram classificados até o quarto nível categórico do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. A caracterização dos perfis foi realizada através da análise de seus aspectos físicos, químicos, morfológicos e geológicos. Os perfis 1, 2 e 8 foram classificados como Latossolos, entretanto o perfil 1 difere dos demais por apresentar altas quantidades de areia, baixa quantidade de matéria orgânica (MOS) e pouco  $Fe_2O_3$ ; o perfil 3, foi classificado como Nitossolo, com textura muito argilosa em profundidade, presença de argila de atividade alta e maiores concentrações de MOS,  $Fe_o$ ,  $Fe_d$  e  $Fe_2O_3$ ; os perfis 4 e 7 foram classificados como Argissolos, com características muito semelhantes entre si, como altos valores de  $K_i$  e  $K_r$ ,  $SiO_2$  e  $Al_2O_3$ ; e os perfis 5 e 6 são Neossolos, com altas quantidade MOS, textura arenosa e baixas quantidade de  $Fe_2O_3$ . Cada solo apresentou suas particularidades, sendo o perfil 8 o mais rico em  $Fe_2O_3$ , determinando-o como férrico. A mineralogia desses solos, evidenciou predomínio de Hematita (Hm) e Caulinita (Ct) nos perfis 1 e 3, o perfil 2, apresentou predomínio de Hm e Ct apenas nos horizontes superficiais, em profundidade evidenciou-se o predomínio de Goethita (Gt) e Gibbinita (Gb). No perfil 4, devido as altas concentrações de matéria orgânica no solo, não foi possível fazer a leitura adequada de Ct e Gb, porém foi possível observar que há um predomínio de Hm em todos os horizontes. Os perfis 7 e 8, apresentaram predomínio de Hm e Gb. Apenas os perfis 1, 2 e 8 possuem baixa fertilidade natural. Pode-se dizer que a região é caracterizada pelo predomínio de solos profundos, bem drenados e com avançado estágio de intemperismo, isso se justifica devido a geomorfologia da região não apresentar grandes instabilidades. Dessa forma, pode-se concluir que todos os solos foram devidamente analisados e classificados, proporcionando um material didático amplo e com informações valiosas sobre os solos encontrados no Planalto Ocidental Paulista.

**Palavras-chave:** pedogênese, morfologia, mineralogia do solo, solos tropicais.

## PEDOLOGICAL CHARACTERIZATION FOR SOIL CLASSIFICATION PURPOSES IN THE WESTERN PLATEAU OF SÃO PAULO

**ABSTRACT** – Soil characterization coupled with soil classification enables a comprehensive understanding of soils, their formation processes, and the determination of best management practices. In this context, the present study aimed to characterize and classify eight soil profiles from different localities, landscape positions, and geological compositions, to serve as an educational guide for undergraduate and graduate students, providing them with updated information on the types of soils found in the Western Plateau of São Paulo, a region purported to have a great diversity of classifications due to the presence of various geological groups. The profiles were strategically selected to provide a greater variability of physical, chemical, mineralogical, and structural characteristics, ensuring a demonstration of the pedological richness that exists in this region. Sample collections were carried out following the Manual for Soil Description and Collection in the Field. Laboratory analyses included granulometry, amorphous and crystalline iron, chemical analyses, and X-ray diffraction. The soils were classified up to the fourth categorical level of the Brazilian Soil Classification System. The profiles were characterized through the analysis of their physical, chemical, morphological, and geological aspects. Profiles 1, 2, and 8 were classified as Latosols; however, profile 1 differed from the others by presenting high amounts of sand, low organic matter (SOM), and little Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Profile 3 was classified as a Nitisol, with very clayey texture at depth, presence of high-activity clay, and higher concentrations of SOM, Fe<sub>o</sub>, Fe<sub>d</sub>, and Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Profiles 4 and 7 were classified as Argisols, with very similar characteristics, such as high values of K<sub>i</sub> and K<sub>r</sub>, SiO<sub>2</sub>, and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Profiles 5 and 6 are Neosols, with high SOM, sandy texture, and low Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Each soil exhibited its particularities, with profile 8 being the richest in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, classifying it as ferric. The mineralogy of these soils showed a predominance of Hematite (Hm) and Kaolinite (Ct) in profiles 1 and 3. Profile 2 showed a predominance of Hm and Ct only in the surface horizons, with Goethite (Gt) and Gibbsite (Gb) predominating at depth. In profile 4, due to high concentrations of organic matter in the soil, it was not possible to adequately read Ct and Gb; however, Hm predominated in all horizons. Profiles 7 and 8 showed a predominance of Hm and Gb. Only profiles 1, 2, and 8 have low natural fertility. It can be said that the region is characterized by the predominance of deep, well-drained soils with an advanced stage of weathering, justified by the region's geomorphology, which does not present major instabilities. Thus, it can be concluded that all soils were properly analyzed and classified, providing extensive didactic material with valuable information about the soils found in the Western Plateau of São Paulo.

**Keywords:** pedogenesis, soil morphology, soil mineralogy, tropical soils, Northwestern São Paulo.

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Principais processos pedogenéticos específicos, sub processo ou reação, descrição resumida do processo e exemplo da presença em classes de solos ou propriedades diagnósticas. (Extraído de: KAMPF; CURI, 2012a).....	8
<b>Tabela 2.</b> Composição granulométrica para os perfis estudados.....	31
<b>Tabela 3.</b> Atributos químicos dos perfis estudados.....	33
<b>Tabela 4.</b> Análise de ferros cristalino, não cristalino e FRX dos solos estudados.....	36
<b>Tabela 5.</b> Correlação entre os atributos do solo e os perfis.....	42

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Paleogeografia do Cretáceo Inferior na América do Sul (Aubouin et al., 1981) .....	4
<b>Figura 2.</b> Oliveira et al. (1999) Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. Campinas 1999. ....	11
<b>Figura 3.</b> Localizações geográficas dos perfis. A: Jaboticabal, perfil 1 (azul), perfil 2 (laranja); B: Pradópolis, perfil 3; C: Monte Alto, perfil 4 (amarelo), perfil 5 (azul), perfil 6 (roxo), perfil 7 (rosa); D: Luís Antônio, perfil 8. ....	17
<b>Figura 4.</b> Perfil altimétrico da vertente em estudo. ....	17
<b>Figura 5.</b> Perfil 1 - (21°15'36.9" S, 48°17'11.4" W) – Localizado na área de relevo mais elevado da fazenda da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV) (Anexo1). ....	19
<b>Figura 6.</b> Perfil 2 - (21°14'59.3" S, 48°16'39.5" W) – Localizado próximo a reserva legal da Faculdade de Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, em uma porção mais baixa da paisagem, seu relevo foi considerado suavemente ondulado (Anexo 1). ...	20
<b>Figura 7.</b> Perfil 3 - (21°18'49.2" S, 48°09'43.6" W) – Localizado na cidade de Pradópolis, próximo a produção de cana-de-açúcar, relevo ondulado, sob vegetação rasteira. Apresentou cores avermelhadas, e características visuais homogêneas (Anexo 1). ....	21
<b>Figura 8.</b> Perfil 4 - (21°15'03.7" S, 48°33'13.0" W) – Localizado em Monte Alto, o relevo do local é ondulado, próximo a cultivo de café. Apresentou alta atividade biológica e carvão em profundidade (Anexo 1). ....	22
<b>Figura 9.</b> Perfil 5 - (21°16'21.5" S, 48°32'08.7" W) – Localizado em Monte Alto, relevo ondulado, esse solo aparenta possui grande quantidade de matéria orgânica em superfície, devido a sua coloração escura no horizonte superficial (Anexo 1). ....	23
<b>Figura 10.</b> Perfil 6 - (21°16'20.0" S, 48°32'07.2" W) – Localizado um pouco acima do perfil 5, esse solo também aparentou ter uma quantidade de matéria orgânica elevada em superfície, devido a sua coloração. Diferiu do perfil anterior por apresentar rocha em uma profundidade menor (Anexo 1). ....	24
<b>Figura 11.</b> Perfil 7 - (21°16'17.6" S, 48°32'04.7" W) – Localizado na mesma toposequência dos perfis 5 e 6, em uma posição mais alta da paisagem, esse solo	

apresenta alta atividade biológica em profundidade, e características semelhantes ao perfil 4, como cor e profundidade (Anexo 1).....	25
<b>Figura 12.</b> Perfil 8 - (21°27'40.8" S, 47°50'53.4" W) – Coletado na cidade de Luís Antônio, local plano. Solo próximo a produção de cana de açúcar, é um solo com características visuais homogêneas, com cor avermelhada (Anexo 1).....	26
<b>Figura 13.</b> Análise morfológica (A) e descrição de cor em campo, utilizando a carta de Munsell (B). .....	27
<b>Figura 14.</b> Difração de raio x para fração de argila desferrificada. ....	39
<b>Figura 15.</b> Difração de raio x para fração de argila com tratamento para concentração de óxidos.....	41
<b>Figura 16.</b> Gráfico biplot apresentando a relação de interdependência entre os atributos físicos, químicos e mineralógicos do solo e os perfis (1, 2, 3, 4 e 7).....	42

## 1. INTRODUÇÃO

O solo é a interface de todas as esferas ecológicas, sustentando uma série de atividades humanas e naturais, desempenhando um papel crucial na agricultura, ecologia e planejamento urbano. Fornece nutrientes para as plantas, fibras e energia, além de regular as emissões de gases do efeito estufa, sendo importante para seu gerenciamento de forma sustentável (McBratney et al., 2014; Amundson et al., 2015; Arrouays et al., 2017). O planejamento e gerenciamento do uso do solo se tornou essencial, para que sua ocupação seja feita de forma sustentável, para isso é necessário gerar informações detalhadas sobre suas características, exercendo assim, uma melhor gestão de recursos.

A disponibilidade de informações acerca dos atributos dos solos, está diretamente relacionada com o melhor uso e manejo desse recurso. No Planalto Ocidental Paulista, a diversidade de solos oferece um cenário diversificado para a compreensão de como as diferentes características influenciam diretamente a produtividade agrícola, a biodiversidade e a gestão de território. Acredita-se que a caracterização e uma classificação adequada dos solos nesta região são essenciais para melhor compreensão de suas propriedades e, conseqüentemente, para promover práticas de manejo mais eficientes e sustentáveis.

O Planalto Ocidental Paulista ocupa aproximadamente metade do estado de São Paulo, com 700 m de altitude a Leste para 300 m a Oeste e topografia regular. É uma das principais áreas de cultivo de citros do país, responsável por aproximadamente 80% da produção nacional, além de grande parte da produção de álcool e açúcar do país. A formação geológica mais expressiva é o Arenito do Grupo Bauru, com diferentes relevos, intensidade e duração dos processos pedológicos. As características do material de origem determinam o tipo de distribuição do solo nas paisagens, seguindo uma lógica relacionada aos processos geomorfogenéticos e pedogenéticos (Costa, 2017).

Assim, este estudo baseia-se na hipótese que a caracterização e classificação de solos, nesta região, se faz necessária para fornecer informações relevantes para a academia, bem como produtores agrícolas. Através da interpretação de análises químicas, físicas, morfológicas e mineralógicas, dos diferentes tipos de solos

coletados e analisados, e da transmissão desses resultados, de uma forma precisa e acessível, relatando como as características encontradas afetam a produtividade das culturas e influi na qualidade dos solos e do ambiente, buscando-se capacitar os leitores e implementarem as melhores práticas de manejo do solo.

Portanto, o objetivo desse estudo é classificar e caracterizar solos do Planalto Ocidental Paulista, e dessa forma fornecer um material didático abrangente que sirva como guia para a compreensão e aplicação dos conceitos de caracterização e classificação dos solos estudados. Capacitando os leitores, para que obtenham conhecimento sólidos e atualizados, sobre os solos locais e suas propriedades, espera-se promover uma gestão mais eficiente e sustentável da terra, contribuindo no desenvolvimento ambiental da região.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Planalto Ocidental Paulista**

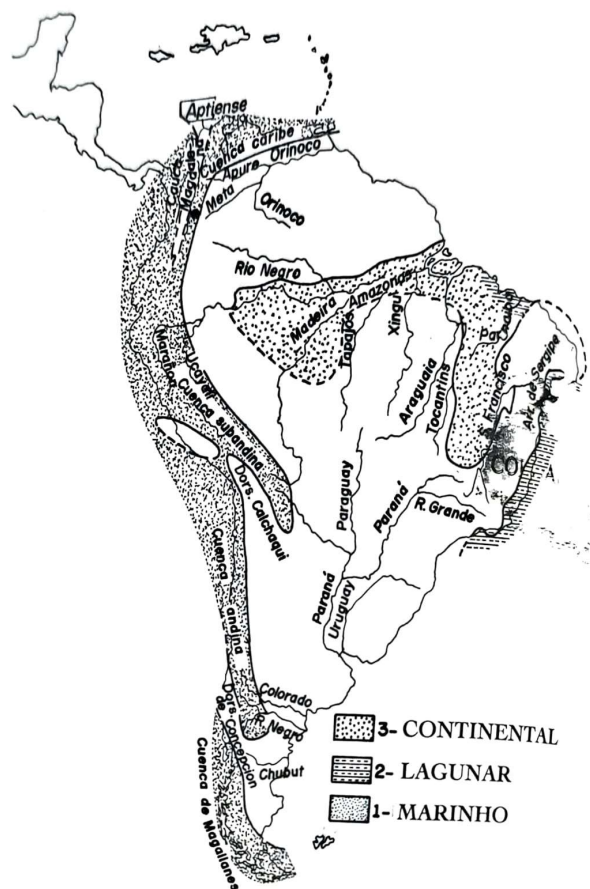
O estado de São Paulo abrange uma área de 248.209,4 km<sup>2</sup>, distribuída entre cinco províncias geomorfológicas distintas: Planalto Atlântico, Província Costeira, Depressão Periférica, Cuestas Basálticas e Planalto Ocidental (Almeida, 1981). O Planalto Ocidental Paulista, compreende aproximadamente 13 milhões de hectares, que correspondem a cerca de 48% da área total do estado, é uma região de grande importância agrícola, compondo cerca de 80% da produção de citrus do país, e grande parte da produção de álcool de açúcar.

Dentre as unidades geológicas presentes no Planalto Ocidental Paulista, destaca-se a Bacia Bauru, localizada predominantemente a oeste do estado de São Paulo (Fernandes; Coimbra, 1996). Estendendo-se por aproximadamente 370.000 km<sup>2</sup>, esta bacia é caracterizada por uma sequência sedimentar predominantemente arenítica. Sua formação iniciou-se no período do Cretáceo Inferior (14-65,5 Ma), o estágio mais recente da Era Mesozoica, marcado por intensos movimentos tectônicos que resultaram na fragmentação do supercontinente Pangeia. Durante o Cretáceo, último período da Era Mesozoica, foram registradas mudanças significativas no clima e na biodiversidade, impulsionadas pela deriva continental. Na América do Sul, as rochas do Cretáceo são mais comuns do que as do período precedente (Resende et

al., 2019). O fim da Era Mesozoica foi marcado pelo impacto de um meteorito na península de Yucatán, desencadeando mudanças climáticas globais.

A fragmentação do continente resultou na formação do supercontinente Gondwana, evidenciado pela ocorrência de derrames e acumulações de lavas basálticas durante o Cretáceo Inferior. As rochas cretáceas do Grupo Bauru consistem principalmente em sedimentos siliciclásticos continentais, depositados sobre os basaltos da Formação Serra Geral (Silva et al., 2003). Estudos geológicos mais recentes da Bacia Bauru têm proposto uma subdivisão em dois grupos principais: Caiuá e Bauru (Fernandes, 1998; Fernandes; Coimbra, 1998). O Grupo Caiuá, que se estende do norte do estado do Paraná até o oeste de São Paulo e Mato Grosso do Sul, é caracterizado por depósitos eólicos associados a climas secos e planícies desérticas extensas (Batezelli, 2010).

Após o período de deposição eólica, ocorreu uma fase sem deposição significativa de sedimentos, resultando em uma superfície descontínua. Isso marcou o início da formação do Grupo Bauru, associado a ambientes influenciados por depósitos fluviais e aluviais, influenciados por climas áridos e semiáridos (Batezelli, 2010). Neste grupo, destacam-se as formações Uberaba, Vale do Rio do Peixe, Araçatuba, São José do Rio Preto, Presidente Prudente e Marília.



**Figura 1.** Paleogeografia do Cretáceo Inferior na América do Sul (Aubouin et al., 1981)

A Formação Vale do Rio do Peixe constitui o principal grupo geológico da porção ocidental do estado de São Paulo. Após o estabelecimento da Formação Serra Geral durante o Cretáceo Inferior, eventos deposicionais, predominantemente eólicos, deram origem a extensas áreas planas, caracterizadas por lençóis de areia e campos de dunas baixas. Esses processos culminaram na formação da Vale do Rio do Peixe durante o Cretáceo Superior, conforme registrado na Carta Litoestratigráfica da Bacia Bauru (Fernandes; Coimbra, 2000). Portanto, de acordo com a análise estratigráfica, a Formação Vale do Rio do Peixe repousa sobre a Formação Serra Geral.

A composição da Formação Vale do Rio do Peixe é essencialmente constituída por depósito de arenitos intercalados com siltitos ou lamitos arenosos. Variações texturais são condicionadas pelos processos de formação e evolução do grupo geológico, resultando em uma ampla gama de texturas ao longo de sua extensão. Na porção ocidental e setentrional, predominam intercalações de estratos siltsos, enquanto na região sudoeste, caracterizada por ambientes desertificados, observam-

se predominantemente granulações mais finas. Por outro lado, na borda leste da região de Matão, SP, a granulação é mais grosseira, influenciada pelo menor índice de intemperismo (Fernandes; Coimbra, 2000).

O Planalto Ocidental Paulista abriga uma diversidade de solos pertencentes ao grupo Bauru, com destaque para Argissolos Vermelho-Amarelo, Latossolos, Latossolos Férricos, Neossolos Litólicos, Nitossolos Vermelhos e Gleissolos Háplicos. Entre esses, os Latossolos e os Argissolos são os mais presentes.

## 2.2. Gênese do Solo

A formação dos solos tem seu início a partir de um material de origem em seu "tempo zero", que pode variar de recente a extremamente antigo. Esse material é sujeito às influências de diversos fatores de formação, que atuando em conjunto ao longo do tempo, promovendo fenômenos físicos e químicos, resultando na diversidade de solos encontrados ao redor do globo terrestre (Oliveira JB, 2011).

A variedade de solos existentes no planeta apresenta distintas características, como cores, espessuras, texturas, constituições químicas e mineralógicas, cada uma delas decorrente de um conjunto específico de processos. Cinco fatores de formação do solo são amplamente reconhecidos na literatura (Jenny, 1941), sendo eles: clima, relevo, seres vivos, material de origem e tempo, cujas interações são frequentemente investigadas separadamente para melhor compreensão. O relevo pode ser considerado o fator de maior expressão, uma vez que é responsável pelo controle de toda a dinâmica dos fluxos hídricos na paisagem, lixiviação de solutos, atuação nos processos erosivos e na condição de drenagem (Anjos et al., 1998).

Em sua formação, o fator material de origem influencia em diversos atributos e podem ser divididos entre rochas e sedimentos. As rochas influenciam na composição química, mineralógica, cor e textura (Brady e Weil, 2013). São exemplos, rochas consideradas ácidas, que são aquelas que apresentam composição de mais de 65% de  $\text{SiO}_2$ , sendo ricas também em alumínio. Minerais ricos em  $\text{SiO}_2$  são chamados de minerais félsicos, que apresentam cores claras, destacando-se o quartzo e os feldspatos (Fontes, 2012), que originam solos de textura arenosa, com cores amareladas e baixa fertilidade natural. Já as rochas básicas, são aquelas que

apresentam menos de 52% de SiO<sub>2</sub>, e possuem maior quantidade de ferro e magnésio na sua composição, os chamados minerais máficos, com cores escuras, como olivina, piroxênios e biotita, que dão origem a solos com textura mais argilosa, cores avermelhadas e maior fertilidade natural.

Solos originados de sedimentos, são formados a partir da intemperização das rochas e atuação dos processos erosivos, através de transporte e depósito desse material ao longo da paisagem. Os sedimentos podem ser classificados como coluviais, produzidos pela intemperização e erosão nos pontos mais altos da paisagem e depositados ao longo da encosta, e aluviais, se são sedimento de natureza diversa, depositado em casos de transbordamento dos rios (Suguió, 2003). As características como textura, mineralogia, cor e fertilidade desses solos, será relacionada com rocha originárias desses sedimentos, e a intensidade de alteração desses. Sedimentos de constituição orgânica, com teor de carbono maior ou igual a 80 g kg<sup>-1</sup> podem levar a formação de solos denominados Organossolos.

A atuação do clima na pedogênese está associada principalmente a precipitação pluviométrica, taxas de evaporação e a temperatura (Kampf e Curi, 2012). A água proveniente das chuvas tem efeito direto na formação do solo, por ocasionar reações de hidrólise, alterações no material de origem e remoção dos solutos originados nas reações, além de atuar na translocação, adição e remoção de materiais no interior do perfil do solo. Já a temperatura tem efeito indireto, influenciando a velocidade das reações químicas e do intemperismo (Anjos et al., 2019). Ambientes de clima tropical com altas taxas de precipitação pluviométrica e altas temperaturas, proporciona um intemperismo intenso (Fontes, 2012), ocasionando a formação de solos profundos e de composição química e mineralógica muito alterada.

Os organismos na formação dos solos, possuem relação direta com o fator clima, considerando a adaptabilidade da fauna e da flora, em condições de umidade e temperatura. A matéria orgânica adicionada ao solo pelos vegetais, a decomposição feita ação da fauna como formiga, minhocas e microrganismo, influencia diretamente na agregação de partículas, no escurecimento dos horizontes superficiais, na infiltração de água, minimizando a erosão e retendo nutrientes fundamentais para o desenvolvimento das plantas (Pavinato e Resolem, 2008).

O tempo apresenta relação na cronologia, de maturidade e evolução dos solos (Kampf e Curi, 2012). Locais com baixa precipitação pluviométrica, com material de origem exposto ao longo do tempo, em climas áridos e semiáridos, a intensidade do intemperismo será baixa, formando solos jovens e pouco evoluídos, por outro lado, condições que proporcionam um intemperismo intenso, mesmo a com a exposição do material de origem sendo recente, formará solos maduros e evoluídos do ponto de vista da pedogênese.

Pode-se dizer que, dentro do solo, ocorrem uma série de reações físicas e químicas que determinam seus processos de formação. Diversos eventos podem ocorrer simultaneamente, como lixiviação, salinização, podzolização, humificação, entre outros, todos decorrentes de cinco processos gerais: adições, perdas, transformações, transporte e remanejamentos mecânicos (Oliveira, 2011).

O entendimento desses processos, ao adquirir conhecimento sobre o passado e o presente, é fundamental para o mapeamento dos solos, sua classificação e demais estudos correlatos, os quais são essenciais para a tomada de decisões relacionadas ao manejo e à conservação dos solos (Lepsch, 2011). A Tabela 1 apresenta os principais processos pedogenéticos que ocorrem nos solos.

**Tabela 1.** Principais processos pedogenéticos específicos, sub processo ou reação, descrição resumida do processo e exemplo da presença em classes de solos ou propriedades diagnósticas. (Extraído de: KAMPF; CURI, 2012a).

Processos pedogênicos específicos	Sub processo ou reação	Descrição resumida do processo	Exemplo da presença em classes de solos ou propriedades diagnósticas (EMBRAPA, 2013)
Melanização	Complexação	Escurecimento de material mineral por misturas com MOS, produzindo horizonte A espesso e/ou horizonte B escurecido	Chernossolos, caráter ebânico, horizonte A chernozêmico e A proeminente
Leucinização	Oxidação da MOS, erosão	Empalidescimento de horizonte por desaparecimento de MOS por remoção ou transformação	Horizonte A fraco e A moderado, E álbico, horizonte Ap e E
Pedalização	Expansão e contração	Formação de agregados estruturais (peds) no material de origem e no solo	Agregados estruturais
Silicificação	Solubilização e precipitação de Si	Migração e acumulação de sílica secundária produzindo cimentação de peds ou da matriz do solo	Duripã, fragipã, horizonte B coeso, caráter coeso
Dessilicificação	Liberção e lixiviação de Si	Liberção e remoção parcial ou total de sílica no solo	Todas as classes de solos minerais
Brunificação, rubeficação, ferruginização	Liberção e oxidação de Fe	Liberção de Fe <sup>2+</sup> de minerais primários, oxidação e dispersão de óxidos de ferro, conferindo colorações brunadas, bruno avermelhadas à matriz do solo	Horizonte B de Argissolos, Cambissolos, Chernossolos, Luvissoles, Latossolos e Nitossolos
Ferralitização	Dessilicificação, oxidação	Remoção de sílica do solo, formação de caulinita e concentração de óxidos de Fe e Al, com ou sem formação de petroplintita (ou laterita) e concreções	Latossolos, Nitossolos, horizonte B latossólico, horizonte B nítrico, caráter árcico
Lessivagem ou argiluviação	Eluviação, iluviação	Migração de partículas finas (argila) dos horizontes A e E (eluviais) para o B (iluvial), produzindo horizonte Bt	Argissolo, Luvissole, horizonte B textural, argilas, horizonte E álbico, horizonte B plânico, lamelas

Processos pedogênicos específicos	Sub processo ou reação	Descrição resumida do processo	Exemplo da presença em classes de solos ou propriedades diagnósticas (EMBRAPA, 2013)
Plintitização e laterização	Redução, oxidação, acumulação e concentração de Fe	Translocação de Fe na forma reduzida e sua precipitação por oxidação produzindo plintita e acumulações macias localizadas de óxidos de ferro (cor vermelha ou brunada; a plintita está sujeita a eventual endurecimento irreversível (cimentação) através de ciclos de secamento e umedecimento (petroplintita). Camadas cimentadas extensivas são conhecidas como laterita ou ferricretes	Plintossolos, Plintossolos Pétricos, horizonte plíntico, horizonte litoplíntico, petroplintita (ferricretes, couraça, laterita)
Elutriação	Erosão seletiva	Remoção de material fino (argila, silte fino) do horizonte superficial por escoamento superficial, produzindo gradiente textural no solo	Gradiente textural, horizonte B textural
Podzolização	Complexação	Migração de Al e Fe complexados e/ou MOS produzindo horizonte eluvial (E) com concentração de quartzo e secundariamente de sílica e horizonte iluvial (Bsh) com acumulação de Fe, Al e MOS	Espodossolos, horizonte B espódico, ortstein
Gleização	Redução de Fe <sup>2+</sup> e Fe <sup>3+</sup>	Redução de Fe sob condições anaeróbicas, produzindo matriz de cores cinzas (azuladas a esverdeadas), com ou sem mosqueados ou concreções de Fe e Mn	Gleissolos, Planossolos, horizonte glei
Calcificação ou carbonatação	Evaporação por chuvas	Acumulação de CaCO <sub>3</sub> em horizontes sub superficiais, produzindo desde nódulos a horizontes petrocálcico	Luvissoles caráter carbonático, horizonte cálcico e petrocálcico, Chernossolos Rêndzicos
Ferrólise	Redução, oxidação e hidrólise	Destruição de argilominerais do horizonte superficial por oxidação do ferro, produzindo gradiente textural (Horizonte Bt)	Planossolos, Argissolos, horizonte B plânico, horizonte E álbico, caráter plânico
Salinização	Evaporação > ineficaz lixiviação de sais	Acumulação de sais solúveis (cloretos, sulfatos, bicarbonatos de Na, Ca, Mg e K) na ou próximo a superfície do solo por evaporação da água.	Gleissolos Sálcos, caráter salino e sálco

Processos pedogênicos específicos	Sub processo ou reação	Descrição resumida do processo	Exemplo da presença em classes de solos ou propriedades diagnósticas (EMBRAPA, 2013)
Sodificação ou alcalinização	Concentração de íons de Na <sup>+</sup>	de Acúmulo de íons de Na <sup>+</sup> nos sítios de troca do solo	Planossolos Nátricos, caráter sódico
Solodização ou desalcalinização	Lixiviação	Lixiviação de íons de Na <sup>+</sup> dos sítios de troca do solo, dispersão e migração de argilas originando horizonte Bt com caráter solódico	Planossolos, caráter solódico
Sulfurização ou tiomorfismo	Oxidação e acidificação	e Acidificação do solo por oxidação de sulfetos de ferro	Gleissolos Tiomórficos, horizonte sulfúrico, materiais sulfídricos
Vertização	Expansão e contração	e Formação de fendas, agregados cuneiformes, slickensides, micro relevo gilgai	Vertissolos, horizonte vértico, propriedades vérticas, slickensides
Agradação ou cumulização	Deposição de partículas	de Adição (eólica, hidrológica, coluvial, etc) de partículas minerais à superfície do solo	Neossolos Flúvicos, Neossolos Quartzarênicos, caráter flúvico
Paludização	Anaerobiose, redução	Acumulação de MOS em ambientes alagadiços anaeróbicos originando espessos depósitos (turfa, horizonte H)	Organossolos, horizonte hístico
Pedoturbação	Mistura, segregação	Homogeneização do solo por ação biológica (bioturbação) ou física; transferência de partículas finas a superfície; biomanto	Latossolos e outros
Antrossolização	Ação humana	Adição humana de materiais, movimentação de solos, fertilização, irrigação, aterramento, decapagem, etc.	Horizonte A antrópico
Erosão	Remoção de partículas	de Remoção de material do solo por ação eólica ou hídrica, com ou sem interferência humana	Todas as classes de solo

### 2.3. Sistema Brasileiro de Classificação De Solos (SiBCS)

O conceito de classificação do solo foi inicialmente estabelecido pelo cientista russo Vasily Dokuchaev, em 1880, permitindo a categorização dos solos em classes com atributos comuns e homogêneos. Este avanço possibilitou o aprofundamento do conhecimento sobre horizontes e camadas do solo, além de estabelecer critérios diagnósticos para sua identificação, baseados na experiência acumulada ao longo dos anos globalmente. O Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) começou a ser desenvolvido no final dos anos 1970 e, após inúmeras contribuições de diversas instituições, a primeira edição foi publicada em 1999.

O SiBCS, é um sistema taxonômico, ou seja, baseia-se em atributos relacionados aos processos de formação do solo, morfopedológico, portanto baseado em propriedades relevantes como expressão da gênese do solo, multicategórico, organizando os solos em seis níveis hierárquicos: ordem, subordem, grande grupo, subgrupo, família e série, sendo os quatro primeiros níveis os mais comumente utilizados (Prado, 2011), descendente, partindo das categorias mais altas para as mais baixas e de abrangência nacional. O 1º nível categórico (ordem), é composto por 13 classes de solos, separadas por critérios que são passíveis de serem identificados em campo, tendo como base atributos do solo que refletem a natureza do ambiente e

as evidências da atuação de um conjunto de processos pedogenéticos dominantes no desenvolvimento do solo (Santos et al., 2018). Dessa forma, as classes em nível de ordem, permitem uma estratificação de ambientes de acordo com propriedades do solo, possibilitando uma melhor compreensão da relação solo-paisagem.

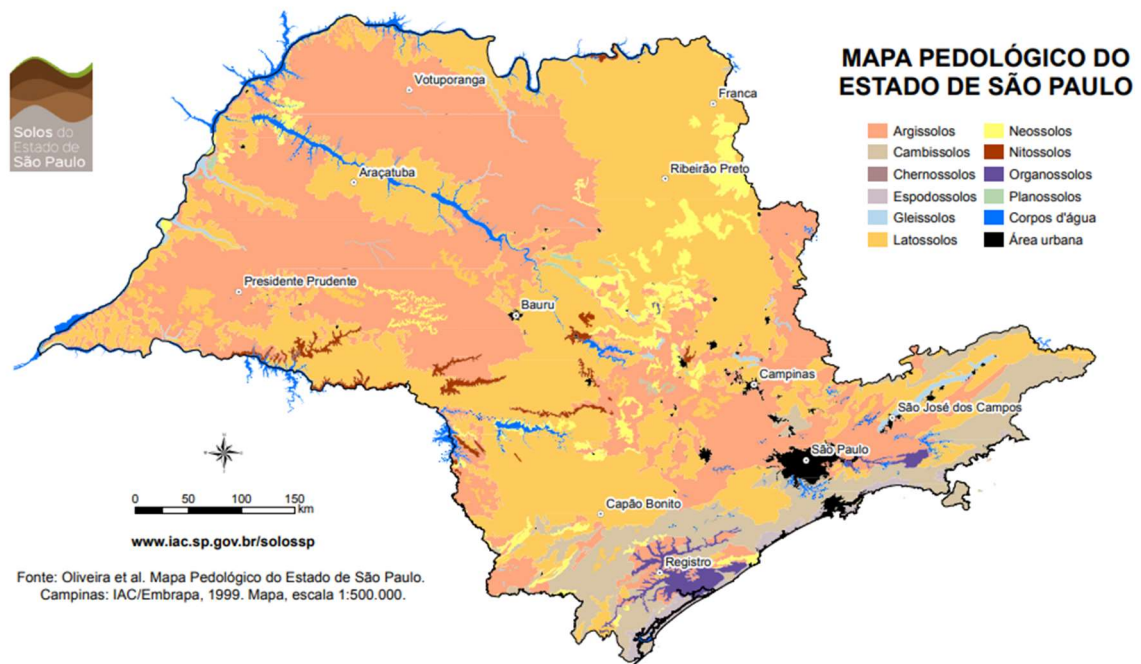
De acordo com Anjos et al. (2012), o sistema de classificação de solos foi criado para facilitar a comunicação e transferência de informações sobre solos. No entanto, apesar de suas vantagens, o sistema é uma construção que possui limitações, uma vez que a complexidade dos solos pode não ser completamente capturada. Dessa forma, trata-se de um sistema aberto, que está constantemente sujeito a modificações a título de atualização, complementação e aperfeiçoamento.

### 2.3.1. Principais solos de ocorrência no estado de São Paulo

No estado de São Paulo, a variação dos solos é influenciada pela posição na paisagem (Figura 2), uma diversidade que muitas vezes não é representada com precisão em mapas de pequena escala. Solos mais intemperizados, como Latossolos e Nitossolos, são frequentemente encontrados em relevos suavizados e em posições geomorfologicamente mais estáveis, como nas regiões de Presidente Prudente e Ribeirão Preto. Em contraste, solos com perfis de alteração mais rasos e maiores teores de minerais herdados dos materiais parentais, como Cambissolos, comuns na faixa litorânea, e Neossolos, disseminados em baixa escala por todo o território, são típicos de posições instáveis do relevo, incluindo encostas íngremes e planícies de inundação frequente (Oliveira et al., 1999).

Em planícies costeiras ou interiores, onde o lençol freático é mais elevado, encontram-se Gleissolos, Espodossolos e Organossolos, com alta incidência no Vale do Ribeira. Argissolos, presentes em todo o estado, e Planossolos, são geralmente associados a relevos mais ondulados, ocupando posições de meia encosta.

A predominância de Latossolos e Argissolos no estado de São Paulo é evidente, refletindo o relevo predominante da região. Esta característica contribui significativamente para a produtividade agrícola do estado, que é uma das principais produtoras de culturas como cana-de-açúcar, amendoim, soja e café.



**Figura 2.** Oliveira et al. (1999) Mapa Pedológico do Estado de São Paulo. Campinas 1999.

Os Latossolos são solos caracterizados por perfis homogêneos em suas propriedades físicas e químicas, resultantes de um avançado desenvolvimento pedogenético. Esses solos apresentam alteração quase completa de seus minerais primários e dos minerais menos resistentes ao intemperismo (Oliveira Neto et al., 2010). São solos minerais com baixa fertilidade natural, possuindo o horizonte diagnóstico B latossólico. Seus principais minerais incluem caulinita, óxidos de ferro e alumínio, enquanto a fração areia é dominada por minerais altamente resistentes ao intemperismo, principalmente o quartzo. A sequência típica de horizontes nestes solos é composta por A, Bw e C (Coelho et al., 2003). A baixa fertilidade dos Latossolos decorre da ausência de minerais primários, o que reduz a disponibilidade de nutrientes.

Os Argissolos, por outro lado, são solos que apresentam um horizonte B textural característico, contendo argila de alta ou baixa atividade, frequentemente associados a baixa saturação de bases ou caráter alítico (Embrapa, 2018). São solos minerais não hidromórficos e profundos, com estrutura predominante em blocos subangulares a colunar (Spera et al., 2004). Geralmente, os Argissolos possuem um

aumento substancial no teor de argila em profundidade (Coelho et al., 2003), o que os torna suscetíveis à erosão hídrica, devido à rápida infiltração no horizonte A e à infiltração lenta no horizonte B (Prado, 2011). Esses solos são considerados adequados para o cultivo de lavouras que exigem técnicas culturais e tecnológicas moderadas, apresentando limitações moderadas para culturas que demandam altos níveis tecnológicos e culturais.

#### 2.4. Importância da relação solo paisagem para a caracterização de solos

A velocidade das reações de intemperismo no solo é fortemente influenciada pela forma do relevo, uma vez que este modifica o encaminhamento, a intensidade e a distribuição dos fluxos hídricos superficiais e sub-superficiais. Isso, por sua vez, influencia a distribuição espacial dos atributos físicos, químicos e mineralógicos do solo (Vidal-Torrado et al., 2005). Na maioria dos estudos existentes, a relação solo-paisagem ilustra os padrões espaciais das propriedades do solo, em resposta aos fatores geomorfológicos, em uma determinada escala temporal e espacial (Leenaars et al., 2020; Geng et al., 2021).

A geomorfologia estuda a evolução da paisagem, ou seja, as diferentes posições do relevo, interferindo na formação dos solos, determinando assim, os tipos e a distribuição do solo na paisagem. O relevo é um dos principais responsáveis pelos processos erosivos, devido ao escoamento superficial que interfere na temperatura do solo, e diretamente nos processos de intemperismo dos minerais (Wysockii et al., 2005).

Vasconcelos et al. (2013), ao estudar a evolução pedogeomorfológica da Serra da Canastra (MG), observaram que os Gleissolos situados nas partes mais baixas da paisagem apresentam maiores conteúdos de gibbsita (Gb). Esta característica também foi observada em Latossolos localizados em áreas mais elevadas. Segundo os autores, os solos em ambientes com boa drenagem estão sofrendo um processo de transformação lateral, adquirindo características semelhantes aos solos de ambientes mal drenados, o que evidencia a influência da paisagem nos processos pedogenéticos. Dessa forma, os solos nunca atingem seu ápice de intemperização. Quando a pedogênese tende a diminuir, a instabilidade geológica e os fatores

bioclimáticos aceleram os processos de erosão, resultando no rejuvenescimento dos solos (Resende et al., 2014).

Camargo et al. (2008), ao estudarem Latossolos na região noroeste do estado de São Paulo, identificaram uma alta correlação do diâmetro médio do cristal de gibbsita (Gb) em áreas côncavo-convexas, em escala detalhada. Em outro estudo, Camargo et al. (2014) observaram que a natureza dos minerais de argila em Latossolos do estado de São Paulo é diretamente influenciada pela gênese e geomorfologia do local.

Pesquisas sobre a gênese de solos coesos no leste do Maranhão, conduzidas por Dantas et al. (2014), evidenciaram que em áreas côncavas há predomínio de gibbsita devido à redução de ferro, o que afeta a nucleação e a cristalinidade da caulinita (Ct). Montanari et al. (2010) encontraram resultados semelhantes ao estudar a mineralogia de Latossolos na região de Jaboticabal (SP). Em áreas predominantemente côncavas, prevalecem ambientes redutores que favorecem reações com ferro e silício, diminuindo a presença de caulinita e aumentando a ocorrência de Gb.

Daniels e Hammer (1992) explicam que a variabilidade dos atributos do solo pode ser prevista usando modelos de paisagem. Técnicas de amostragem do solo, que incorporam padrões geomorfológicos e estratigrafia do terreno contribuem para o aumento do conhecimento sobre a variabilidade dos solos.

O estudo da geomorfologia é essencial para suprir a demanda sobre informações detalhadas a respeito de áreas de representatividade regional e estadual, promovendo assim o avanço científico e tecnológico, e compreendendo de forma mais precisa os processos que atuam na paisagem (Silva et al., 2016).

## 2.5. Importância do estudo dos atributos físicos, químicos e mineralógicos do solo

A textura do solo é uma propriedade empregada na classificação pedogenética, e tem a capacidade de influenciar outros fatores, como densidade do solo, porosidade e condutividade hidráulica saturada. Funciona como um indicador físico do solo. Que relaciona proporções de partículas primárias (areia, silte e argila) que são influentes

na resistência do solo, dinâmica da água, manejo, ciclagem de nutrientes e trocas de íons (Stefanoski et al., 2013).

O conhecimento da propriedade textural é necessário para se obter informações sobre a capacidade de resistência e determinar o manejo adequado dos solos. Solos argilosos são formado por partículas de menor tamanho, com maior quantidade de microporos, baixa capacidade de infiltração de água e maior capacidade de armazenamento de água (Brady, Weil 2013; He et al., 2014). Enquanto solos com altos teores de areia, possuem maior porcentagem de macroporos, que facilita o movimento da água, possibilitando que ocorra baixa retenção de água nos poros e maior infiltração de de água (Reichardt, Timm 2012). Esse tipo de solo sofre maior perda de cátions trocáveis para as camadas mais profundas pelo ação hídrica e por apresentarem pouca coesão entre partículas de areia, sendo mais sensíveis a erosão, e, portanto, requerendo um manejo adequado.

Apesar da textura do solo não sofrer variações com o manejo, é um importante atributo para as demais características do solo, sendo utilizado para se compreender o movimento da água nos diferentes tipos de solo, a capacidade de reter nutrientes e a resistência ao manejo. Por outro lado, os atributos químicos do solo, como pH, capacidade de troca catiônica (CTC), MOS e a disponibilidade de nutrientes, estão relacionados com a capacidade do solo em proporcionar o crescimento e o desenvolvimento das plantas a partir do fornecimento de nutrientes (Cardoso et al., 2013) Esses parâmetros são relacionados ao rendimento das culturas, permitindo analisar e determinar ações de correção no solo, por meio de adubação e calagens, para promover condições adequadas de produção.

Dentre os indicadores químicos, a avaliação para determinar a capacidade do solo em disponibilizar nutrientes são levados em conta os teores de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), no qual são facilmente mensuráveis e estão ligados e nutrição das culturas, A saturação de bases, expressa pelo V%, é a porcentagem dos elementos essenciais, como Ca, Mg e K. Quando V% é considerada baixa, significa que há maior absorção de elementos tóxicos, como  $Al^{3+}$  e  $H^{+}$  (Taiz, Zeiger, 2013).

Os solos tropicais apresentam predominantemente mineralogia oxídica e minerais 1:1. A importância de se estudar esses atributos deve-se à influência que eles exercem em diversas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (Kampf et al., 2012). O tamanho reduzido dos óxidos e minerais, sua pouca variabilidade ao longo do tempo, sua formação conforme o material de origem e as formas da paisagem tornam a mineralogia um dos atributos essenciais para o entendimento dos processos e fatores de formação do solo. Isso permite estudos detalhados sobre os potenciais de cada região (Kampf, Curi 2012).

A caulinita (Ct), pertencente ao grupo de argilas 1:1, é um dos argilominerais de maior ocorrência nos solos das regiões tropicais úmidas (Melo, Wypych 2009; Resende et al., 2011). Sua predominância se deve à facilidade de formação a partir de minerais primários após a remoção parcial de cátions básicos e sílica (Kampf et al., 2012). Embora a caulinita tenha uma estrutura simples, seu tamanho, empacotamento e as imperfeições cristalográficas variam consideravelmente, especialmente em substratos ricos em ferro, que podem substituir o alumínio na estrutura do mineral, causando diversas desorganizações estruturais (Ker, 1994).

Os diferentes arranjos da caulinita permitem que ela interfira em processos físico-químicos do solo, como na formação de agregados (Camargo et al., 2008), porosidade, retenção de água, drenagem, reações de troca, lixiviação de nutrientes, comportamento químico de solos de clima tropical, adsorção de cátions em pH baixo (Mello, Wypych 2009) e retenção de gases. Camargo et al. (2008) observaram que o diâmetro médio do cristal da caulinita apresenta correlação positiva com o diâmetro médio geométrico dos agregados do solo e agregados da classe >2mm.

A gibbsita (Gb) é um óxido de alumínio que também ocorre em abundância em solos tropicais. Ker (1994) aponta que a Gb é mais comum em Latossolos, onde a intensidade de intemperismo e lixiviação são maiores, levando até à desilicatização da caulinita, em ambientes com boas condições de drenagem e baixa atividade de sílica. Resende et al. (2011) observaram a presença considerável de Gb em Latossolos geomorfologicamente mais velhos do Planalto Central Brasileiro.

Assim como a caulinita, a Gb também possui influência significativa em diversas propriedades do solo, como na formação de microagregados fortes e estáveis, favorecendo o preparo, permeabilidade e drenagem do solo (Kampf et al.,

2012). Cortez et al. (2009), estudando Latossolos da região sul do Brasil, observaram que os agregados da classe > 4mm ocorrem com maior frequência, estando relacionados com a presença de Gb com maiores áreas de pico. Camargo et al. (2008) explicam que a correlação entre os dados cristalográficos dos minerais e a estabilidade dos agregados é essencial para explicar a distribuição dos diferentes tamanhos dos agregados na paisagem. Portanto, a caracterização desses minerais fornece informações cruciais sobre a capacidade produtiva dos solos, garantindo melhor alocação de culturas e garantindo práticas mais sustentáveis para o solo..

### **3. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização da área de estudo**

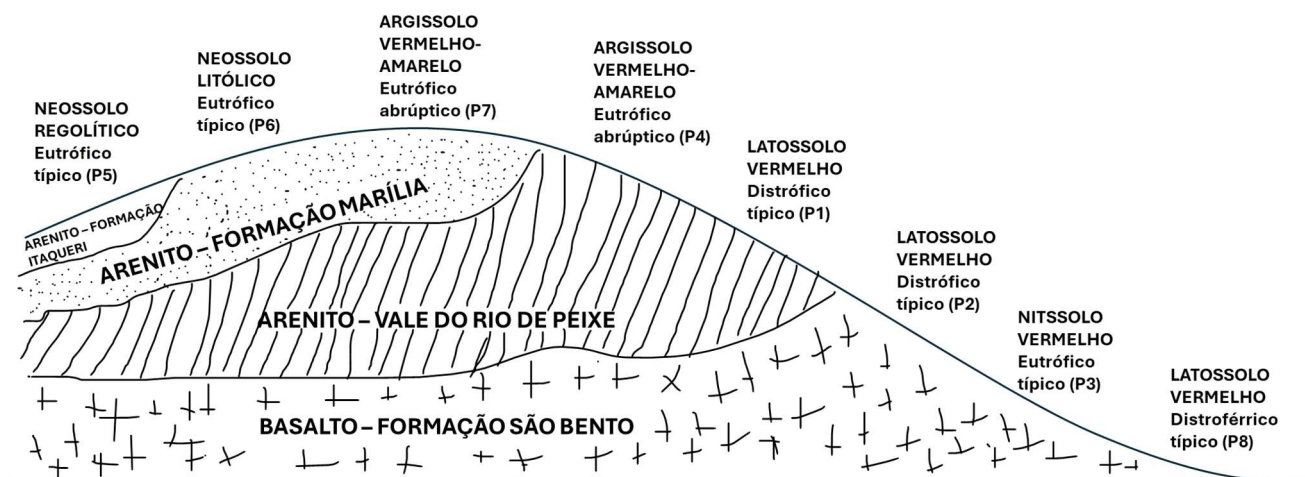
Os perfis amostrados estão localizados nos municípios de Jaboticabal, Pradópolis, Monte Alto e Luís Antônio, região noroeste do estado de São Paulo (IBGE, 1971). O bioma original é denominado Mata Atlântica, a vegetação característica da região é a floresta estacional semidecidual com trechos de cerrado, com clima Aw (Sistema de Koppen), tropical com estação seca, onde as chuvas se concentram de outubro a março, com precipitação média entre 1.100 a 1.700 mm anuais e temperatura médias de 22° C no mês mais quente e 18° C no mês mais frio (Velooso et al., 1991).

Foram selecionados 8 perfis de solo (Figura 3), dois em Jaboticabal, um em Pradópolis, quatro em Monte Alto e um em Luís Antônio.



**Figura 3.** Localizações geográficas dos perfis. A: Jaboticabal, perfil 1 (azul), perfil 2 (laranja); B: Pradópolis, perfil 3; C: Monte Alto, perfil 4 (amarelo), perfil 5 (azul), perfil 6 (roxo), perfil 7 (rosa); D: Luís Antônio, perfil 8.

Os pontos de coletas foram selecionados visando maior variabilidade geológica, para abordarmos diferentes materiais de origem, e discutirmos como esses materiais influenciam na formação de solos. A Figura 4 exemplifica de forma ilustrativa, de quais formações geológicas cada perfil foi selecionado.



**Figura 4.** Perfil altimétrico da vertente em estudo.

Estes solos são importantes marcos para as atividades de ensino, pesquisa e extensão da UNESP. São pontos visitados anualmente pelas turmas de graduação e pós-graduação, e representam uma ampla variabilidade de solos e materiais de origem. Geologicamente os basaltos da formação Serra Geral foram estruídos a superfície, e as rochas sedimentares depositas acima deste material. Solos originados de basalto, principalmente quando mais evoluídos, tendem a apresentar cores vermelhas, alto conteúdo de argila e maior profundidade.

O arenito na formação Vale do Rio do Peixe sofreu cimentação a partir de óxidos de ferro, portanto os solos originados apresentam coloração mais avermelhada. Os arenitos da formação Marília foram cimentados com carbonato de cálcio, originando solos básicos e cores mais claras.

### 3.2. Descrição geral dos perfis estudados

Optou-se por selecionar oito perfis sob diferentes sistemas de uso e posições na paisagem para classificação. A escolha do local de cada perfil se deu em função das variações superficiais apresentadas, que possibilitassem maior heterogeneidade entre os locais destacados. Os perfis podem ser observados nas Figuras 5, 6, 7 8, 9, 10, 11 e 12.



**Figura 5.** Perfil 1 - ( $21^{\circ}15'36.9''$  S,  $48^{\circ}17'11.4''$  W) – Localizado na área de relevo mais elevado da fazenda da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal (FCAV) (Anexo1).



**Figura 6.** Perfil 2 - ( $21^{\circ}14'59.3''$  S,  $48^{\circ}16'39.5''$  W) – Localizado próximo a reserva legal da Faculdade de Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, em uma porção mais baixa da paisagem, seu relevo foi considerado suavemente ondulado (Anexo 1).



**Figura 7.** Perfil 3 - ( $21^{\circ}18'49.2''$  S,  $48^{\circ}09'43.6''$  W) – Localizado na cidade de Pradópolis, próximo a produção de cana-de-açúcar, relevo ondulado, sob vegetação rasteira. Apresentou cores avermelhadas, e características visuais homogêneas (Anexo 1).



**Figura 8.** Perfil 4 - ( $21^{\circ}15'03.7''$  S,  $48^{\circ}33'13.0''$  W) – Localizado em Monte Alto, o relevo do local é ondulado, próximo a cultivo de café. Apresentou alta atividade biológica e carvão em profundidade (Anexo 1).



**Figura 9.** Perfil 5 - ( $21^{\circ}16'21.5''$  S,  $48^{\circ}32'08.7''$  W) – Localizado em Monte Alto, relevo ondulado, esse solo aparenta possuir grande quantidade de matéria orgânica em superfície, devido a sua coloração escura no horizonte superficial (Anexo 1).



**Figura 10.** Perfil 6 - ( $21^{\circ}16'20.0''$  S,  $48^{\circ}32'07.2''$  W) – Localizado um pouco acima do perfil 5, esse solo também aparentou ter uma quantidade de matéria orgânica elevada em superfície, devido a sua coloração. Diferiu do perfil anterior por apresentar rocha em uma profundidade menor (Anexo 1).



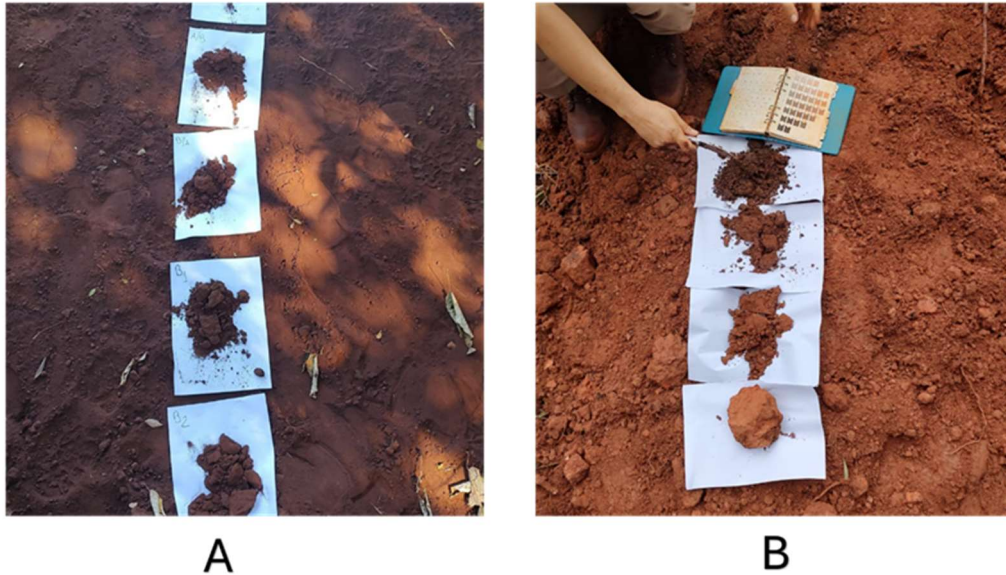
**Figura 11.** Perfil 7 - ( $21^{\circ}16'17.6''$  S,  $48^{\circ}32'04.7''$  W) – Localizado na mesma toposequência dos perfis 5 e 6, em uma posição mais alta da paisagem, e características semelhantes ao perfil 4, como cor e profundidade (Anexo 1).



**Figura 12.** Perfil 8 - ( $21^{\circ}27'40.8''$  S,  $47^{\circ}50'53.4''$  W) – Coletado na cidade de Luís Antônio, local plano. Solo próximo a produção de cana de açúcar, é um solo com características visuais homogêneas, com cor avermelhada (Anexo 1).

### 3.3. Análises morfológicas

Os perfis foram abertos e coletou-se amostras de todos os horizontes, seguindo método de caracterização morfológica e coleta de amostras descrito por Santos et al. (2013). Inicialmente, foram selecionados os locais para abertura dos perfis, seguido do preparo da trincheira. O perfil 1 foi aberto manualmente, enquanto o perfil 2 foi acessado com auxílio de um trator, devido à densa vegetação e à baixa inclinação do terreno. Os perfis 3, 4, 5, 6, 7 e 8 foram coletados em beiras de estradas, exigindo apenas limpeza prévia e coleta de amostras. Em seguida, separou-se os horizontes de cada perfil, utilizando canivete, para visualização de suas características morfológicas, incluindo transição, estrutura e consistência (Figura 13). Para a determinação de cor, utilizou-se a carta de Munsell (Munsell Soil Color Company, 1975).



**Figura 13.** Análise morfológica (A) e descrição de cor em campo, utilizando a carta de Munsell (B).

### 3.4. Análises em laboratório

#### 3.4.1. Granulometria

A análise granulométrica foi realizada pelo método da pipeta, utilizando solução NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> como dispersante químico e agitação mecânica em aparato de baixa rotação, por 16 horas (Embrapa, 2011).

#### 3.4.2. Ferro amorfo e cristalino

Para determinar os teores de ferro presentes nos óxidos de ferro pedogenéticos cristalinos, utilizou-se a metodologia de extração por ditionito-citrato-bicarbonato (Fe<sub>d</sub>), conforme descrito por Mehra e Jackson (1960). A quantificação do ferro amorfo, extraído por oxalato de amônio (Fe<sub>o</sub>), que representa os óxidos de ferro pedogenéticos de baixa cristalinidade, seguiu a técnica relatada por Camargo et al. (1986), adaptada de Schwertmann (1973).

#### 3.4.3. Análises químicas

Foram coletadas amostras deformadas de cada horizonte para realização de análises químicas, utilizando a metodologia desenvolvida pela Embrapa (2011), onde a terra fina seca ao ar (TFSA) foi empregada como base para as análises.

Seguindo a metodologia de Rajj et al. (2001), determinou-se pH em CaCl<sub>2</sub> por potenciometria, acidez potencial (H + Al), em solução tampão, MOS por espectrodotometria, fósforo (P) em resina por Espectrofotometria, enxofre (S) por Turbidimetria, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e potássio (K) por Espectrometria de Absorção Atômica e alumínio (Al) em KCl por titulometria, A partir desses resultados, determinou-se soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC), saturação por bases (V%) e saturação de alumínio (m%).

#### 3.4.4. Difratometria de raio X

A caracterização de hematita (Hm) e goethita (Gt) foi realizada após o tratamento da fração argila com solução de NaOH 5 mol L<sup>-1</sup>, para a concentração dos

óxidos (Norrish, Taylor 1961; Kampf, Schwertmann 1982). Para evitar que a leitura dos difratogramas fosse prejudicada pela presença de sodalita, as amostras foram lavadas com solução de HCl 0,5 mol L<sup>-1</sup> (100 ml de solução para cada 1 g de argila), sob agitação por 4 horas.

Para corrigir os desvios no posicionamento (d) dos reflexos estudados, foram adicionados às amostras 10% em peso de cloreto de sódio moído e peneirado em malha de 0,10 mm, antes de serem submetidas à difração de raios X.

A caracterização da caulinita (Ct) e gibbsita (Gb) foi realizada após a fração argila ser submetida à eliminação de óxidos de ferro pelo método do ditionito-bicarbonato-citrato (DBC), conforme descrito por Mehra e Jackson (1960).

Para a análise de difração de raios X, foi utilizado o difratômetro Mini-Flex II da Rigaku, equipado com cátodo de cobre, filtro de níquel e radiação K $\alpha$  (20 mA, 30 kV). A velocidade de varredura aplicada foi de 1° 2 $\theta$  por minuto. A amplitude de varredura foi ajustada para 23 a 49° 2 $\theta$  para a caracterização de hematita (Hm) e goethita (Gt), e de 11 a 19° 2 $\theta$  para a caracterização de caulinita (Ct) e gibbsita (Gb).

Foram utilizados os reflexos Ct (001) e Gb (002) para a avaliação da caulinita e gibbsita, respectivamente, e os reflexos Hm (012 e 110) e Gt (110 e 111) para a Hm e Gt.

### 3.5. Classificação de solo

A classificação dos perfis foi realizada seguindo metodologia da Embrapa (2018) até o quarto nível categórico afim de realizar sua caracterização quanto aos seus aspectos morfológicos, atributos químicos e físicos, para comparação entre perfis.

### 3.6. Processamento e análise de dados

Após as análises físicas, químicas e mineralógicas serem feitas e interpretadas, os dados foram submetidos à análise exploratória multivariada de componentes principais. A análise de componentes principais é uma técnica que condensa a informação contida num conjunto de variáveis originais em um conjunto de menor

dimensão, composto de novas variáveis latentes, preservando quantidade relevante da informação original. As novas variáveis são os autovetores (componentes principais) gerados por combinações lineares das variáveis originais, construídos com os autovalores da matriz de covariância (Hair et al., 2005). Foram considerados os componentes principais cujos autovalores foram superiores à unidade, conforme o critério estabelecido por Kaiser (1958). Os coeficientes das funções lineares, que definem os componentes principais, foram utilizados na interpretação de seu significado, usando o sinal e o tamanho relativo dos coeficientes como uma indicação do peso a ser atribuído para cada variável. Somente coeficientes com altos valores foram considerados para a interpretação, usualmente aqueles maiores ou iguais a 0,40 em valor absoluto. Todos os procedimentos estatísticos realizados foram conduzidos no software R (R Core Team, 2022).

## **4. RESULTADOS**

### **4.1. Atributos físicos**

Na Tabela 2 são apresentados os atributos físicos dos diferentes perfis de solos estudados, destacando a composição granulométrica, que inclui a porcentagem de argila, silte, areia grossa e areia fina. Cada perfil de solo foi classificado conforme o tipo de solo e suas camadas ou horizontes, com profundidades específicas.

Em todo o perfil 1 foram observados teores de argila de 28 a 30% classificando os horizontes A, Bw<sub>1</sub> e Bw<sub>2</sub> e caracterizando os solos com textura média (Tabela 2). O perfil não apresentou gradiente textural, e apresentou relação silte/argila de 0,34 (média do horizonte Bw), característico de horizontes B latossólicos. Neste solo, os horizontes diagnósticos apresentaram relação silte/argila menor que 0,7, enquadrando os horizontes B nas especificações para B Latossólico (Embrapa, 2018).

O perfil 2 possui textura média no horizonte A<sub>1</sub>, e textura argilosa nos horizontes A<sub>2</sub>, Bw<sub>1</sub> e Bw<sub>2</sub> (Tabela 2), sem incremento de argila para caracterização de horizonte B textural ou horizonte eluvial (Embrapa, 2013). A relação s/a variou entre 0,34 e 0,10, enquadrando-se nas especificações do horizonte B Latossólico.

O NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico, apresentou textura argilosa a muito argilosa ao longo dos horizontes, com relação textural B/A igual a 1,2, característico de horizontes B nítico, com argila nos horizontes subsuperficiais e a relação s/a variou entre 0,82 e 0,29, nesse solo (Tabela 2).

**Tabela 2.** Composição granulométrica para os perfis estudados.

PERFIS Hor.	Prof. (m)	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA				
		Argila	Silte	Areia total	Areia grossa	Areia fina
%						
<b>Perfil 1- LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico</b>						
<b>A</b>	0-0,15	28	6	66	26	40
<b>Bw<sub>1</sub></b>	0,15-0,85	29	10	60	22	37
<b>Bw<sub>2</sub></b>	>0,85	30	11	59	23	36
<b>Perfil 2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico</b>						
<b>A<sub>1</sub></b>	0-0,15	30	11	59	41	18
<b>A<sub>2</sub></b>	0,15-0,25	40	4	56	37	19
<b>AB</b>	0,25-0,35	42	7	51	32	19
<b>BA</b>	0,35-0,52	45	5	50	35	15
<b>Bw<sub>1</sub></b>	0,52-0,90	40	7	53	32	21
<b>Bw<sub>2</sub></b>	>0,90	40	5	55	33	22
<b>Perfil 3 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico</b>						
<b>A</b>	0-0,10	51	32	18	7	11
<b>AB</b>	0,10-0,20	48	35	17	5	12
<b>BA</b>	0,20-0,30	53	32	15	5	10
<b>Bt<sub>1</sub></b>	0,30-0,55	45	37	18	7	12
<b>Bt<sub>2</sub></b>	0,55-0,75	63	26	11	3	8
<b>Bt<sub>3</sub></b>	>0,75	71	21	8	2	6
<b>Perfil 4 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupticos</b>						
<b>A</b>	0-0,20	13	11	76	21	55
<b>Bt<sub>1</sub></b>	0,20-0,40	23	9	68	22	46
<b>Bt<sub>2</sub></b>	0,40-0,65	30	9	61	19	42
<b>Bt<sub>3</sub></b>	0,65-0,80	28	12	60	19	42
<b>Perfil 5 - NEOSSOLOS REGOLÍTICO Eutrófico típico</b>						
<b>A</b>	0-0,20	15	11	74	28	46
<b>C<sub>1</sub></b>	0,20-0,50	10	7	83	47	37
<b>C<sub>2</sub></b>	0,50-0,80	8	5	88	60	28
<b>Perfil 6 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>						
<b>A</b>	0-0,25	15	17	68	14	54
<b>C</b>	0,25-0,40	8	12	80	26	54
<b>Perfil 7 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico</b>						
<b>A<sub>1</sub></b>	0-0,35	15	12	72	33	39
<b>A<sub>2</sub></b>	0,35-0,80	13	6	81	39	42
<b>Bt</b>	>0,80	39	4	57	28	28
<b>Perfil 8 - LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típicos</b>						
<b>A</b>	0-,40	62	22	15	6	9
<b>A/B</b>	0,40-0,55	60	29	11	4	7
<b>B/A</b>	0,55-0,75	57	27	15	6	9
<b>Bw</b>	>0,75	60	27	13	5	8

O perfil 4 apresentou maior quantidade de areia no horizonte A, com 13% de argila e 76% de areia, diminuindo em profundidade e alcançando textura média no horizonte Bt<sub>2</sub>, com 30% de argila e 61% de areia, caracterizando mudança textural abrupta, com relação textural B/A de 2,3 (Tabela 2). Os teores de silte não ultrapassaram 12% ao longo do perfil e a relação s/a variou entre 0,84 e 0,3.

A textura foi considerada arenosa no perfil 5, e não há indícios de haver horizonte diagnóstico após o horizonte A. A quantidade de argila nesse solo é de 15%, e de areia 74%, a relação s/a chegou a 0,73 no horizonte A.

O perfil 6, possui textura arenosa (Tabela 2) e não há indícios de haver um horizonte diagnóstico após o horizonte A, neste solo foram observados o maior valor de relação de silte argila (s/a), chegando a 1,13 no horizonte A.

O perfil 7 apresentou maior quantidade de areia nos horizontes A<sub>1</sub> e A<sub>2</sub>, que diminuiu em profundidade e caracterizou textura argilosa no horizonte Bt (Tabela 2), com relação textural B/A de 2,6, evidenciando uma mudança textural abrupta, a relação s/a nesse solo ficou entre 0,46 e 0,8.

A textura foi classificada como argilosa ao longo do perfil 8, com relação s/a entre 0,48 e 0,35. Por essa relação ser menor que 0,7, o horizonte diagnóstico B, se enquadra em um B Latossólico (Tabela 2).

#### 4.2. Atributos químicos

Na Tabela 3 são apresentados os atributos químicos dos 8 perfis de solos estudados, destacando as propriedades químicas relevantes para a avaliação da fertilidade do solo. As análises incluem medições de pH, matéria orgânica (M.O.), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H + Al), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por base (V%).

O perfil 1 apresentou alta acidez em todos os horizontes, com pH variando de 4,2 a 4,8. Observou-se maior concentração de alumínio (Al) no horizonte Bw<sub>1</sub>, atingindo 6 mmol<sub>c</sub> dm<sup>3</sup> e saturação de alumínio (m%) de 61%. A matéria orgânica do solo (MOS) foi baixa, variando de 6 a 14 g dm<sup>-3</sup>, com menor quantidade no horizonte Bw<sub>2</sub>. Este perfil apresentou baixa disponibilidade de Ca, Mg, e K, resultando em uma

capacidade de troca catiônica (CTC) e soma de bases (SB) também baixas, e valores de saturação por bases (V%) baixos, caracterizando o solo como distrófico (Tabela 3).

**Tabela 3.** Atributos químicos dos perfis estudados.

Hor.	Prof (m)	pH CaCl <sub>2</sub>	M.O. g dm <sup>-3</sup>	P mg dm <sup>-3</sup>	S	Ca	Mg	K	Al	H + Al mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	S.B.	CTC	V %	m
<b>PERFIL 1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico</b>														
<b>A</b>	0-0.15	4.6	14.0	8.0	10.0	6.0	4.0	1.1	4.0	34.0	11.4	45.3	25.0	24.0
<b>Bw<sub>1</sub></b>	0.15-0.85	4.2	8.0	6.0	17.0	1.0	1.0	1.7	6.0	33.0	4.0	37.3	10.0	61.0
<b>Bw<sub>2</sub></b>	>0.85	4.8	6.0	6.0	7.0	7.0	4.0	1.4	1.0	21.0	11.6	32.7	35.0	6.0
<b>PERFIL 2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico</b>														
<b>A<sub>1</sub></b>	0-0.15	5.9	23.0	23.0	7.0	32.0	15.0	1.7	0.0	27.0	48.3	75.2	64.0	0.0
<b>A<sub>2</sub></b>	0.15-0.25	5.2	22.0	16.0	5.0	25.0	10.0	2.9	0.0	36.0	38.4	74.9	51.0	0.0
<b>AB</b>	0.25-0.35	4.7	17.0	12.0	14.0	16.0	5.0	2.1	2.0	45.0	23.3	67.8	34.0	8.0
<b>BA</b>	0.35-0.52	4.5	13.0	11.0	26.0	11.0	4.0	1.1	3.0	44.0	15.2	58.9	26.0	18.0
<b>Bw<sub>1</sub></b>	0.52-0.90	4.7	14.0	12.0	7.0	11.0	5.0	0.4	2.0	39.0	16.7	55.5	30.0	10.0
<b>Bw<sub>2</sub></b>	>0.90	5.1	14.0	16.0	5.0	19.0	6.0	0.7	0.0	32.0	25.5	57.7	44.0	0.0
<b>PERFIL 3 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico</b>														
<b>A</b>	0-0.10	5.3	30.0	21.0	5.0	62.0	29.0	7.1	0.0	40.0	98.2	138.3	71.0	0.0
<b>AB</b>	0.10-0.20	5.2	32.0	13.0	6.0	70.0	33.0	5.9	1.0	47.0	109.0	156.0	70.0	1.0
<b>BA</b>	0.20-0.30	5.1	25.0	10.0	32.0	69.0	32.0	5.1	1.0	47.0	106.3	153.7	69.0	1.0
<b>Bt<sub>1</sub></b>	0.30-0.55	5.0	20.0	8.0	18.0	73.0	31.0	2.6	0.0	49.0	107.1	156.1	69.0	0.0
<b>Bt<sub>2</sub></b>	0.55-0.75	5.2	16.0	8.0	7.0	70.0	28.0	4.8	0.0	38.0	102.8	140.9	73.0	0.0
<b>Bt<sub>3</sub></b>	>0.75	5.3	11.0	11.0	28.0	67.0	33.0	3.4	0.0	31.0	103.0	133.9	77.0	0.0
<b>PERFIL 4 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico</b>														
<b>A</b>	0-0.20	5.3	15.0	7.0	7.0	55.0	18.0	2.2	0.0	26.0	75.8	101.6	75.0	0.0
<b>Bt<sub>1</sub></b>	0.20-0.40	5.0	13.0	6.0	7.0	67.0	17.0	1.5	1.0	30.0	85.5	115.3	74.0	1.0
<b>Bt<sub>2</sub></b>	0.40-0.65	4.8	12.0	6.0	6.0	75.0	18.0	1.0	3.0	34.0	93.2	127.1	73.0	3.0
<b>Bt<sub>3</sub></b>	0.65-0.80	4.9	10.0	6.0	7.0	81.0	21.0	1.5	2.0	30.0	103.0	133.2	77.0	2.0
<b>PERFIL 5 - NEOSSOLO REGOLITICO Eutrófico típico</b>														
<b>A</b>	0-0.20	5.6	42.0	9.0	12.0	84.0	27.0	5.6	0.0	26.0	116.5	142.6	82.0	0.0
<b>C<sub>1</sub></b>	0.20-0.50	4.5	10.0	6.0	6.0	88.0	36.0	3.2	18.0	57.0	127.4	184.8	69.0	12.0
<b>C<sub>2</sub></b>	0.50-0.80	4.3	7.0	5.0	5.0	81.0	36.0	1.9	46.0	128.0	119.5	247.3	48.0	28.0
<b>PERFIL 6 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>														
<b>A</b>	0-0.25	5.0	26.0	7.0	8.0	80.0	32.0	1.7	2.0	31.0	113.9	145.3	78.0	1.0
<b>C</b>	0.25-0.40	5.0	8.0	6.0	5.0	116.0	37.0	1.8	2.0	21.0	154.3	175.0	88.0	1.0
<b>PERFIL 7 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico</b>														
<b>A<sub>1</sub></b>	0-0.35	4.9	23.0	8.0	6.0	40.0	17.0	2.5	1.0	36.0	59.5	95.2	62.0	2.0
<b>A<sub>2</sub></b>	0.35-0.80	4.7	15.0	6.0	6.0	31.0	11.0	2.2	1.0	36.0	44.4	80.5	55.0	3.0
<b>Bt</b>	>0.80	4.5	9.0	6.0	6.0	34.0	20.0	2.4	4.0	30.0	55.9	86.2	65.0	7.0
<b>PERFIL 8 - LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico</b>														
<b>A</b>	0-0.40	4.5	22.0	4.0	6.0	3.0	3.0	1.7	3.0	35.0	7.0	42.4	17.0	27.0
<b>AB</b>	0.40-0.55	4.7	14.0	3.0	6.0	2.0	1.0	0.2	0.0	24.0	3.1	27.0	11.0	0.0
<b>BA</b>	0.55-0.75	4.8	16.0	3.0	3.0	2.0	2.0	1.0	0.0	28.0	4.4	32.7	13.0	0.0
<b>Bw</b>	>0.75	4.8	15.0	3.0	3.0	2.0	1.0	0.6	0.0	25.0	3.5	28.4	12.0	0.0

O pH do perfil 2 variou de 4,5 a 5,9, indicando acidez baixa a alta. A concentração de  $Al^{3+}$  foi mínima na maioria dos horizontes, com acidez potencial variando de 27 a 45  $mmol_c dm^{-3}$  (Tabela 3). Este perfil possui níveis de MOS de 14 a 23  $g dm^{-3}$ . A SB variou de 15,2 a 48,3  $mmol_c dm^{-3}$  e a CTC de 55,5 a 75,2  $mmol_c dm^{-3}$ , com V% de 26 a 64%, caracterizando um solo distrófico. Os níveis de fósforo (P) variaram de 11 a 23  $mg dm^{-3}$ , sendo adequados a médios.

O perfil 3 apresentou acidez média a alta (pH 5,0-5,3). A MOS foi alta, chegando a 32  $g dm^{-3}$  no horizonte AB. A SB e a CTC foram elevadas, resultando em altos valores de V% (Tabela 3). Os níveis de P foram adequados em todos os horizontes, com a maior quantidade no horizonte A (21  $mg dm^{-3}$ ).

O perfil 4 apresentou pH variando de 4,8 a 5,3, acidez média a alta. A acidez potencial variou de 26 a 34  $mmol_c dm^{-3}$ . O V% chegou a 77% no horizonte Bt<sub>3</sub>, com aumento da CTC e SB em profundidade. Os níveis de P foram baixos, chegando a 7  $mg dm^{-3}$  no horizonte A (Tabela 3).

O perfil 5 apresentou acidez de moderada a muito alta (pH 4,3-5,6), com o horizonte A mostrando o maior nível de MOS (42  $g dm^{-3}$ ) de todos os 8 perfis. A V% foi de 82%, CTC de 142,6  $mmol_c dm^{-3}$  e SB de 116,5  $mmol_c dm^{-3}$ . Os níveis de P foram baixos (Tabela 3).

Com alta acidez, o perfil 6, também apresentou alta concentração de MOS no horizonte A (26  $g dm^{-3}$ ), V% de 78%, CTC de 145,3  $mmol_c dm^{-3}$  e SB de 113,9  $mmol_c dm^{-3}$  (Tabela 3). Os níveis de P foram considerados baixos.

O perfil 7 apresentou alta acidez de acordo com o manual da Embrapa (2018). A V% aumentou com a profundidade, enquanto a CTC e SB diminuíram (Tabela 3). Os teores de P foram médios no horizonte Bt.

Por fim o perfil 8 apresentou alta acidez (pH 4,5-4,8), com aumento em profundidade. Não houve quantidade considerável de  $Al^{3+}$ . Este perfil teve os menores índices de V%, CTC e SB. O nível de P foi baixo, chegando a 4  $mg dm^{-3}$  no horizonte A (Tabela 3).

#### 4.3. Atributos mineralógicos

##### 4.3.1. Ferro cristalino e não cristalino

Os atributos mineralógicos dos perfis de solo foram analisados e os resultados são apresentados na Tabela 4. A seguir, estão descritas as principais características mineralógicas de cada perfil, baseando-se nos dados de ferro cristalino ( $Fe_d$ ), ferro não cristalino ( $Fe_o$ ), relação  $Fe_o/Fe_d$ , sílica ( $SiO_2$ ), alumina ( $Al_2O_3$ ), óxido de ferro ( $Fe_2O_3$ ), e índices  $K_i$  e  $K_r$ .

**Tabela 4.** Análise de ferros cristalino, não cristalino e FRX dos solos estudados.

Horizonte	Prof	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>o</sub> /Fe <sub>d</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ki	Kr	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> / Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
	m	g kg <sup>-1</sup>								
<b>PERFIL 1 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico</b>										
<b>A</b>	0-0.15	29,86	19,3	0,346	65,75	60,27	44,91	1,85	1,25	1,34
<b>Bw<sub>1</sub></b>	0.15- 0.85	39,82	4,5	0,113	59,79	61,8	50,3	1,64	1,08	1,22
<b>Bw<sub>2</sub></b>	>0.85	42,4	4,2	0,099	61,98	64,77	53,7	1,62	1,06	1,21
<b>PERFIL 2 - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico</b>										
<b>A<sub>1</sub></b>	0-0.15	53,51	7,5	0,14	49,06	55,1	73,96	1,51	0,81	0,74
<b>A<sub>2</sub></b>	0.15- 0.25	57,97	9,2	0,158	43,4	55,91	87	1,31	0,66	0,64
<b>AB</b>	0.25- 0.35	61,05	7,9	0,129	41,97	54,49	84,27	1,3	0,65	0,64
<b>BA</b>	0.35- 0.52	60,17	7,4	0,1229	38,83	51,97	81,11	1,27	0,63	0,63
<b>Bw<sub>1</sub></b>	0.52- 0.9	61,49	9,2	0,149	41,96	53,81	79,66	1,32	0,68	0,67
<b>Bw<sub>2</sub></b>	>0.9	59,51	10,1	0,169	44,34	57,21	79,86	1,31	0,69	0,71
<b>PERFIL 3 - NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico</b>										
<b>A</b>	0-0.10	40,56	14,6	0,359	37,63	52,19	165,65	1,22	0,4	0,31
<b>AB</b>	0.10- 0.20	43,16	16,3	0,377	38,37	51,03	165,59	1,27	0,41	0,3
<b>BA</b>	0.20- 0.30	37,42	16,7	0,446	38,29	52,32	166,48	1,24	0,41	0,31
<b>Bt<sub>1</sub></b>	0.30- 0.55	41,15	17,4	0,422	37,74	52,48	165,37	1,22	0,4	0,31
<b>Bt<sub>2</sub></b>	0.55- 0.75	42,52	19	0,446	38,29	53,78	162,4	1,21	0,41	0,33
<b>Bt<sub>3</sub></b>	>0.75	42,86	16,9	0,394	38,63	54,37	151,86	1,2	0,43	0,35
<b>PERFIL 4 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto</b>										
<b>A</b>	0-0.20	6,57	2,3	0,35	85,64	65,22	20,45	2,23	1,86	3,19
<b>Bt<sub>1</sub></b>	0.20- 0.40	7,06	2,5	0,354	85,13	67,24	26,99	2,15	1,71	2,49
<b>Bt<sub>2</sub></b>	0.40- 0.65	10,49	2,7	0,257	90,93	65,07	38,77	2,37	1,72	1,67
<b>Bt<sub>3</sub></b>	>0.65	10,3	2,5	0,242	91,59	63,62	37,17	2,44	1,78	1,71
<b>PERFIL 5 - NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico</b>										
<b>A</b>	0-0.20	4,82	1,8	0,373	155,47	71,54	17,6	3,69	3,19	4,06
<b>PERFIL 6 - NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico</b>										
<b>A</b>	0-0.25	3,8	4,5	1,18	170,27	74,63	14,1	3,87	3,46	5,29
<b>PERFIL 7 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto</b>										
<b>A<sub>1</sub></b>	0-0.35	8,34	1,8	0,215	155,16	79,38	17,53	3,32	2,91	4,53
<b>A<sub>2</sub></b>	0.35- 0.80	4,46	1,1	0,246	178,04	80,52	12,73	3,75	3,41	6,33
<b>Bt</b>	>0.80	10,38	1	0,0963	102,91	68,5	26,6	2,55	2,04	2,57
<b>PERFIL 8 - LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico</b>										
<b>A</b>	0-0.40	40,41	26,7	0,66	18,3	47,22	210,72	0,65	0,17	0,22

<b>AB</b>	0.40- 0.55	39,97	23,3	0,582	17,56	47,98	215,07	0,62	0,16	0,22
<b>BA</b>	0.55- 0.75	39,82	22,8	0,572	17,18	47,49	213,32	0,61	0,15	0,22
<b>Bw</b>	>0.75	40,26	18,7	0,464	17,16	48,21	216,98	0,6	0,15	0,22

No Perfil 1, os valores de  $Fe_d$  variaram entre 29,86 e 42,4  $g\ kg^{-1}$ , e os valores de  $Fe_o$  entre 42 e 193  $g\ kg^{-1}$ , mostrando um aumento em profundidade (Tabela 4). A relação  $Fe_o/Fe_d$  foi de 0,346 no horizonte A e de 0,099 no horizonte  $Bw_2$ . Este perfil é classificado como hipoférrico, com teor de  $Fe_2O_3$  abaixo de 80  $g\ kg^{-1}$ . Os índices de  $K_i$  (1,64) e  $K_r$  (1,08) no horizonte  $Bw_1$  indicam o predomínio de minerais caulínícos.

Os valores de  $Fe_d$  no Perfil 2 variaram de 53,51 a 61,49  $g\ kg^{-1}$ , com o maior valor no horizonte  $Bw_1$ . Os valores de  $Fe_o$  oscilaram entre 74 e 101  $g\ kg^{-1}$ , sendo o maior valor no horizonte  $Bw_2$ . A relação  $Fe_o/Fe_d$  variou de 0,12 a 0,16 (Tabela 4). Os índices  $K_i$  (>0,75) e  $K_r$  (<0,75) indicam predomínio de minerais caulínícos-oxidícos, com destaque para o horizonte  $Bw_1$  com  $K_i$  de 1,32 e  $K_r$  de 0,68.

No perfil 3 os teores de  $Fe_d$  variaram entre 37,42 e 43,16  $g\ kg^{-1}$ , e os de  $Fe_o$  entre 14,6 e 19,0  $g\ kg^{-1}$ . A menor relação  $Fe_o/Fe_d$  foi 0,03 no horizonte A. Este perfil é classificado como férrico, com teor de  $Fe_2O_3$  entre 150 e 360  $g\ kg^{-1}$ .

Os valores de  $Fe_d$  no perfil 4 variaram entre 6,57 e 10,49  $g\ kg^{-1}$ , e os de  $Fe_o$  entre 2,3 e 2,7  $g\ kg^{-1}$ . A relação  $Fe_o/Fe_d$  variou de 0,24 a 0,35, diminuindo com a profundidade. Este solo é classificado como hipoférrico, seguindo a metodologia da Embrapa (2018). Os índices  $K_i$  (2,37) e  $K_r$  (1,72) no horizonte  $Bt_2$  indicam predominância de minerais caulínícos.

O horizonte A do perfil 5 apresentou valores de  $Fe_d$  de 4,82  $g\ kg^{-1}$  e de  $Fe_o$  de 1,8  $g\ kg^{-1}$ . A relação  $Fe_o/Fe_d$  foi de 0,37 (Tabela 4). Este solo foi classificado como hipoférrico e os altos valores de  $SiO_2$  indicam uma maior contribuição do material de origem (Lepsch, 2010).

No Perfil 6, o horizonte A apresentou valores de  $Fe_d$  de 3,8  $g\ kg^{-1}$  e de  $Fe_o$  de 4,5  $g\ kg^{-1}$ , sendo o único perfil onde  $Fe_o$  foi maior que  $Fe_d$ . A relação  $Fe_o/Fe_d$  foi de 1,18. Este solo é classificado como hipoférrico, com altos índices de  $K_i$  e  $K_r$  devido ao estágio de intemperismo.

No Perfil 7, os valores de  $Fe_d$  variaram de 8,34 a 10,38  $g\ kg^{-1}$ , e os de  $Fe_o$  de 1 a 1,8  $g\ kg^{-1}$ , diminuindo com a profundidade. A relação  $Fe_o/Fe_d$  foi de 0,09 no

horizonte Bt. Este solo é classificado como hipoférrico, com índices  $K_i$  de 2,55 e  $K_r$  de 2,04 no horizonte Bt, indicando predominância de minerais caulíníficos.

Os valores de  $Fe_d$  no Perfil 8 variaram de 39,82 a 40,41 g  $kg^{-1}$ , e os de  $Fe_o$  de 18,7 a 26,7 g  $kg^{-1}$ , diminuindo em profundidade. A menor relação  $Fe_o/Fe_d$  foi de 0,46 no horizonte Bw. Este solo é classificado como férrico, com índices  $K_i$  (0,6) e  $K_r$  (0,15) no horizonte Bw, indicando predominância de minerais gibsíticos-oxídicos.

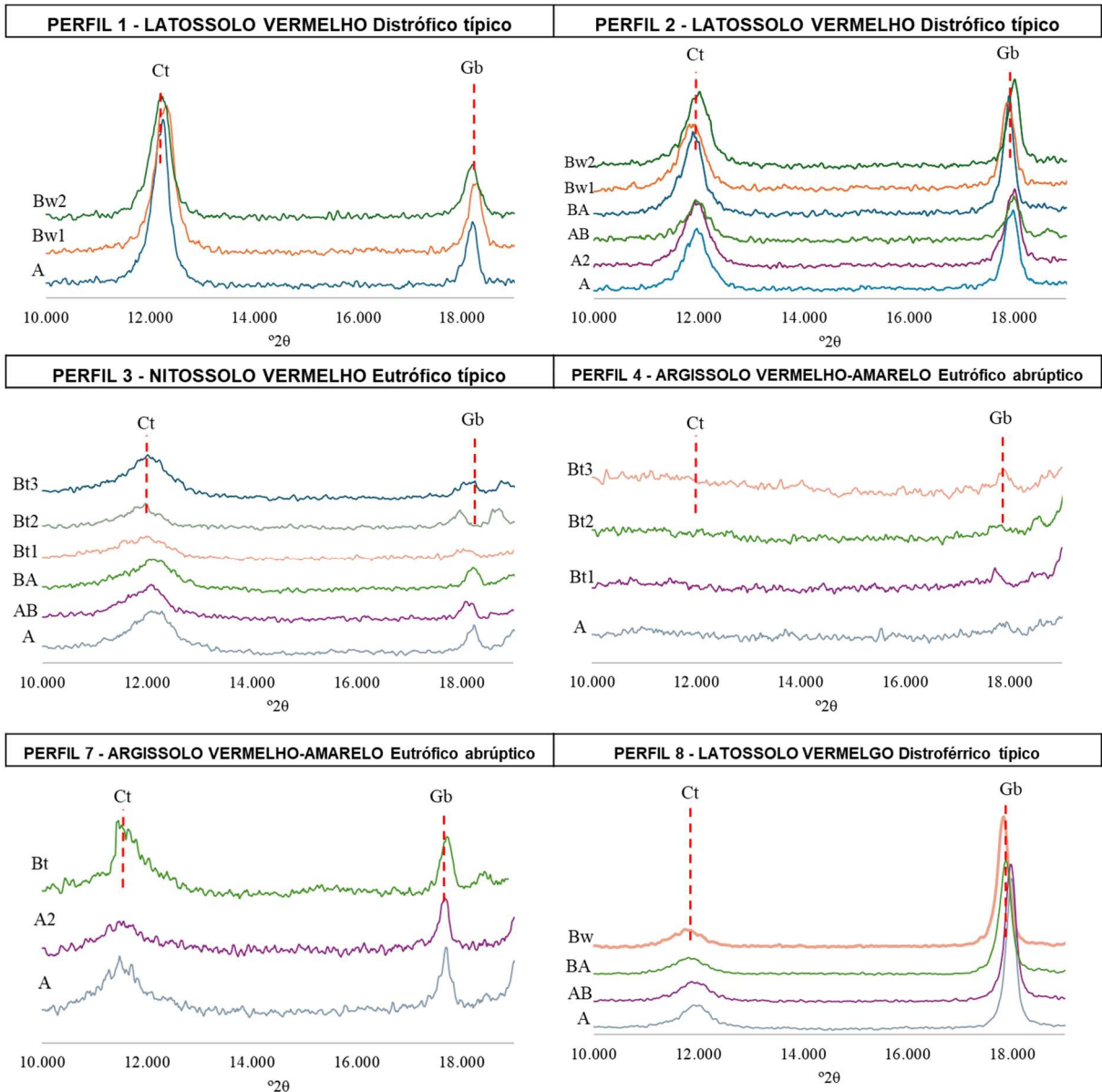
Os resultados mostram variações significativas nas propriedades mineralógicas dos diferentes perfis de solo. Tais variações refletem a diversidade mineralógica, a classificação e o potencial de manejo desses solos, considerando a distribuição de minerais e a quantidade de óxidos de ferro presentes em cada horizonte.

#### 4.3.2. Caulinita (Ct), Gibbsita (Gb), Hematita (Hm) e Goethita (Gt)

Na fração argila, a caulinita (Ct) destaca-se dentre os minerais silicatados. As argilas não silicatadas, como gibbsita (Gb) e goethita (Gt) são óxidos hidratados de alumínio e ferro, respectivamente. A hematita é um mineral de óxido de ferro não hidratado e somada aos minerais citados são encontrados com maior frequência, em solos tropicais (Novais e Mello, 2007). As pesquisas evidenciam que em solos de geologia arenítica a Ct é mais expressiva, já em solos de geologia basáltica a Gb e os óxidos de ferro (Hm e Gt) são predominantes (Fernandes et al., 2021; Silva et al., 2021).

Para o perfil 1, a Ct apresenta uma área superficial maior devido às intensidades mais altas e consistentes dos picos. Observando a Figura 14, a Ct provavelmente tem cristais menores, enquanto a Gb tem cristais maiores. Já a Hm tem maior predominância no horizonte  $Bw_1$ , com uma maior área superficial, enquanto a Gt tem uma menor área superficial.

Para o perfil 2, a Hm é predominante nos horizontes  $A_1$  e  $A_2$ , enquanto Gt predomina nos horizontes  $Bw_1$  e  $Bw_2$  (Figura 14). A área superficial dos picos de Hm é maior nos horizontes superficiais, enquanto a área superficial dos picos de Gt é maior nos horizontes subsuperficiais (Figura 15). Ct também tem predomínio nos horizontes superficiais, enquanto Gb se concentra nos horizontes subsuperficiais. A área superficial dos picos de Ct é maior nas camadas superiores, enquanto a área superficial dos picos de Gb é maior nas camadas inferiores.



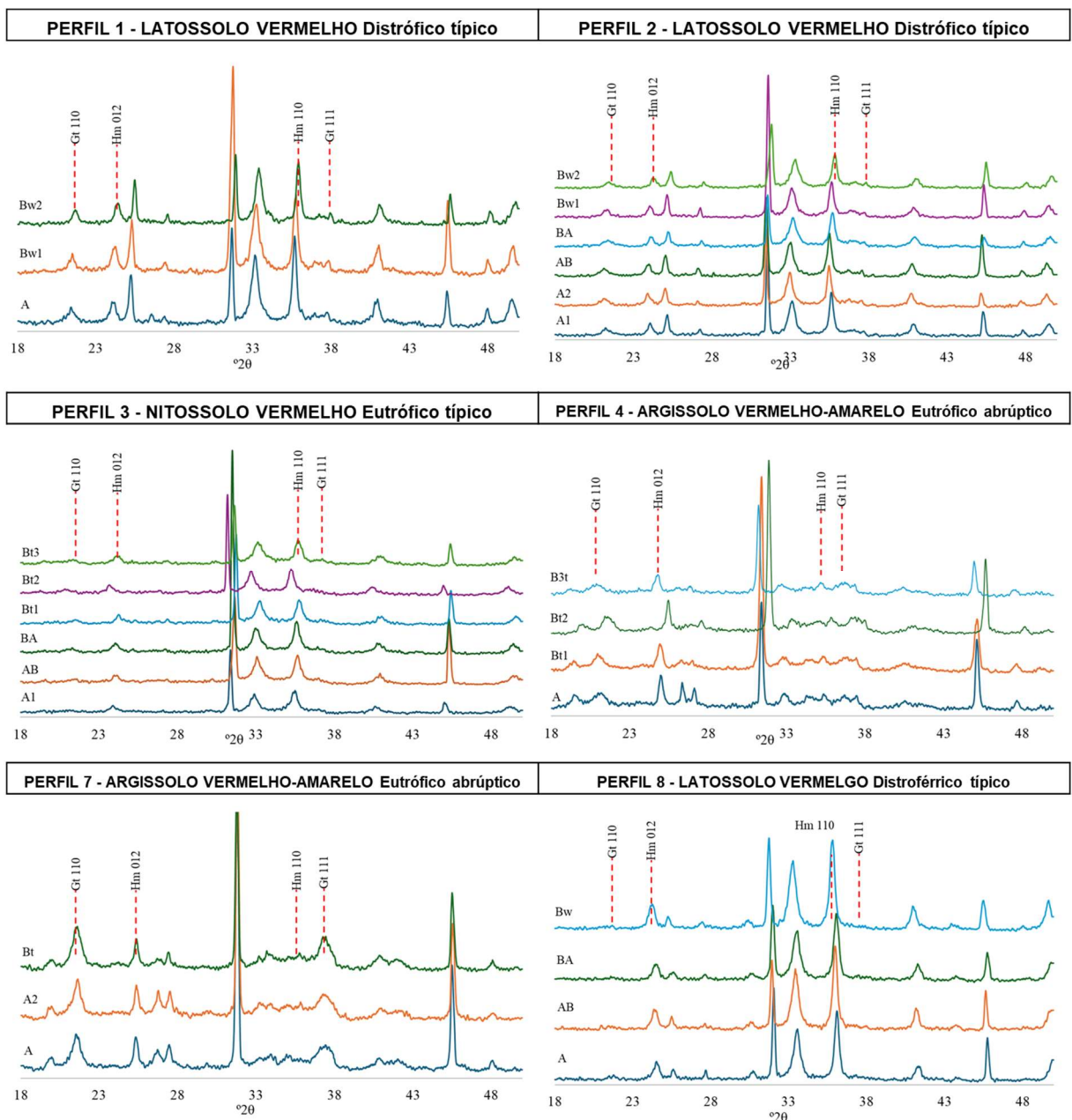
**Figura 14.** Difração de raio x para fração de argila desferrificada

No perfil 3, Hm é o mineral predominante em todos os horizontes, e com base nas estimativas visuais, a área superficial dos picos de Hm permanecem os mesmos (Figura 15). Já para Ct, esse mineral é predominante em todo o solo, mas especialmente no horizonte Bt<sub>2</sub>, onde há aumento da área superficial, tanto pra Ct quanto pra Gb (Figura 14).

No perfil 4, Hm é o mineral predominante em todas os horizontes, sendo sua maior área superficial localizada no horizonte A (Figura 15). Não houve constatação

de presença de Gb, porém Ct só foi observada no horizonte Bt<sub>2</sub> (Figura 14). Mesmo com o tratamento feito com a argila para fazer a análise de Ct e Gb, não foi possível observar os picos, ao queimarmos matéria orgânica.

Os perfis 5 e 6, por serem solos com baixa quantidade de argila, impossibilitou a execução dos tratamentos nas amostras para a leitura dos minerais, mesmo passando pelos mesmos procedimentos dos outros perfis, por isso foi feita a análise de terra fina seca ao ar (TFSA), sem tratamento, e constatou-se a predominância de quartzo no material (Anexo 2).



**Figura 15.** Difração de raio x para fração de argila com tratamento para concentração de óxidos.

Por sua vez, o perfil 7, Hm foi predominante em todos os horizontes, sendo sua maior área superficial localizada no horizonte A. Quanto as análises para Ct e Gb, Gb teve maior predominância em relação a Ct, sendo no horizonte Bt a maior área superficial desse mineral (Figura 14). No perfil 8, a área superficial do pico Gb é significativamente maior do que a do pico Ct, sendo Gb o mineral predominante. Hm também é o mineral predominantes (Figura 15), apresentando uma maior área superficial.

#### 4.4. Relação de interdependência entre os atributos do solo e os perfis

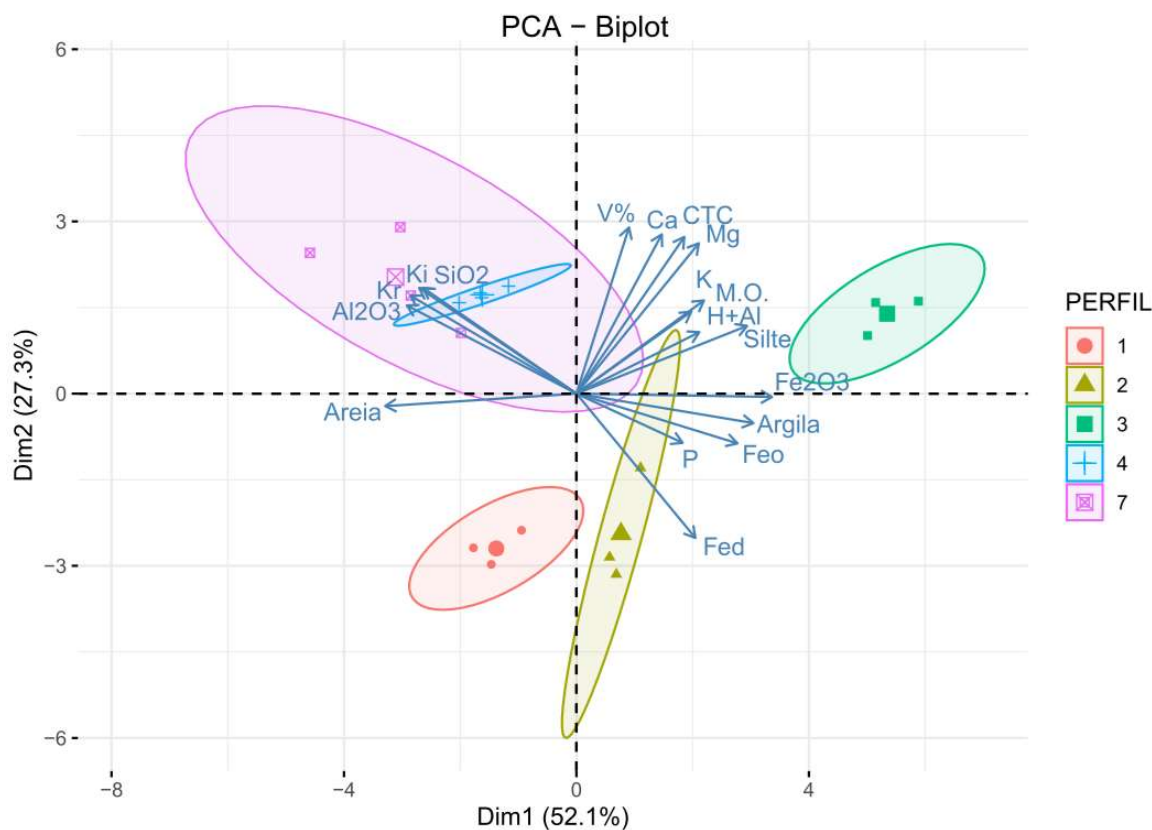
Quando o objetivo é se estabelecer relações para fins de caracterização, deve-se levar em consideração muitos fatores e suas complexas relações de interdependência. Neste contexto, a análise exploratória multivariada dos dados fornece muitos métodos e técnicas para explicar a estrutura de dependência contida no conjunto original das variáveis.

O componente principal 1 (Dim1) reteve 52.1% da informação original dos dados e a maioria dos atributos do solo em estudos (Figura 16 e Tabela 5).

No gráfico biplot observa-se que existe uma relação direta entre Ki, Kr, SiO<sub>2</sub> e Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, e o fato de estarem projetados para a mesma direção da dispersão das amostras dos perfis 7 e 4 indica que uma característica comum a esses dois perfis é apresentarem maior concentração desses minerais, contrariamente ao perfil 3 que apresenta menor concentração desses minerais.

Em adição, os perfis 2 e 3 apresentam maior concentração de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, argila, Feo, silte, H+Al e MO por exemplo, e menor teor de areia. O perfil 2 tem como característica também, maior concentração de Fed. Já em relação a dispersão das amostras do perfil 1, observa-se que pela projeção do vetor maior relação com o atributo areia.

No biplot as elipses de confiança (95% de confiança), indicam que os perfis 1, 2 e 3 diferem de todos os perfis em estudo e que somente os perfis 4 e 7 não diferem entre si compartilhando características semelhantes, mas diferindo dos perfis 1, 2 e 3.



**Figura 16.** Gráfico biplot apresentando a relação de interdependência entre os atributos físicos, químicos e mineralógicos do solo e os perfis (1, 2, 3, 4 e 7).

**Tabela 5.** Correlação entre os atributos do solo e os perfis.

Componente principal	Dim1	Dim2
Variância explicada (%)	52.1*	27.3*
<b>Correlações</b>		
Argila	<b>0.65</b>	0.00
Silte	<b>0.86</b>	-0.15
Areia	<b>-0.81</b>	0.06
M.O.	<b>0.77</b>	-0.04
P	<b>0.54</b>	0.19
Ca	<b>0.70</b>	<b>-0.54</b>
Mg	<b>0.87</b>	-0.39
K	<b>0.75</b>	-0.21
H + Al	<b>0.66</b>	-0.04
CTC	<b>0.80</b>	<b>-0.47</b>
V%	<b>0.60</b>	<b>-0.56</b>
Fed	<b>-0.50</b>	<b>-0.77</b>
Feo	<b>-0.52</b>	<b>-0.70</b>
SiO <sub>2</sub>	<b>-0.42</b>	-0.33
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-0.12	<b>-0.59</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>-0.49</b>	<b>-0.50</b>

Ki	-0.19	<b>-0.72</b>
Kr	<b>-0.53</b>	<b>-0.69</b>

\*Valor referente à porcentagem da variação do conjunto original dos dados retida pelos respectivos componentes principais. Correlações em negrito (>0,40 em valor absoluto) foram consideradas na interpretação do componente principal.

Em CP1, quando se observa a representatividade de cada atributo em estudo, destacam-se por ordem de importância: Mg (0.87), CTC (0,80), M.O. (0.77), K (0.75), Ca (0.70), H+Al (0.66), V% (0.60) e P (0.54), por apresentarem o mesmo sinal estes atributos possuem uma relação direta entre si. Para a textura observamos silte (0,86) e argila (0.65) diretamente associados, porém inversamente associados ao teor de areia (-0,81). Os atributos de maior representatividade são diretamente relacionados com a fertilidade do solo, podendo assim, dizer que nesse caso, o Mg é um dos nutrientes mais relevantes quanto se trata de fertilidade.

## 5. DISCUSSÃO

### 5.1. Perfil 1 – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico

Este perfil apresenta textura média com teores de argila entre 28% e 30% (Tabela 2). A ausência de um gradiente textural e uma relação silte/argila de 0,34 são indicativos de horizontes B latossólicos, que têm boa estrutura e permeabilidade, favorecendo a infiltração de água e o crescimento radicular.

A alta acidez e baixa saturação por bases (Tabela 3) indicam uma baixa fertilidade natural. Os baixos teores de Ca, Mg e K reforçam a necessidade de correção da acidez e adubação para alcançar um bom potencial agrícola.

Quanto a mineralogia, os valores de ferro cristalino e não cristalino sugerem uma boa estabilidade mineralógica, o que é típico de solos altamente intemperizados como os Latossolos. Seus minerais predominantes são Caulinita e Hematita (Figura 14), portanto são solos com tendência a terem uma textura mais argilosa, com cores mais avermelhadas.

Dortzbach et al. (2016) comparando Latossolos aos Nitossolos, relatam que os Latossolos mostram menor atividade de argila, refletindo o estado avançado de intemperismo desses solos.

## 5.2. Perfil 2 – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico

Esse solo possui textura média na superfície e argilosa nos horizontes mais profundos, com teores de argila entre 24% e 38% (Tabela 2), evidenciado pelo gráfico biplot, que mostra a alta relação desse solo com a argila (Figura 16). A relação silte/argila entre 0,34 e 0,10 indica a presença de horizontes B latossólicos, com boa drenagem e estrutura. Sua acidez e saturação por bases moderada indicam a necessidade de correção da acidez e adubação, especialmente nos horizontes superficiais.

A relação  $Fe_o/Fe_d$  de 0,21 no horizonte A sugere uma boa estabilidade mineralógica. A presença de altos teores de Fe indica uma fase avançada de intemperismo. Nos horizontes superficiais, os minerais predominantes são Hematita e Caulinita, porém no horizontes subsuperficiais, os minerais predominantes são Goethita e Gibbista (Figura 15).

Este perfil é destacado pela alta concentração de  $Fe_2O_3$ , argila,  $Fe_o$ , silte, H+Al e MOS, e menor teor de areia. Essas características são evidentes no biplot (Figura 16), onde o perfil 2 está fortemente associado a esses atributos.

Latossolos Vermelhos são frequentemente encontrados em níveis de menor altitude, indicando o efeito do clima e do relevo, que permitem maior expressão de minerais como Hematita, na cor do solo ( Dortzbach et al. 2016).

## 5.3. Perfil 3 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico

Apresenta textura argilosa a muito argilosa (Tabela 2). A relação textural B/A de 1,2 indica um horizonte B nítico, caracterizado por boa estruturação e alta capacidade de retenção de água.

Com acidez de média a alta, altos níveis de MOS, saturação por bases, CTC e soma de bases, refletem uma maior fertilidade natural, com boa disponibilidade de nutrientes. No gráfico biplot (Figura 16), a representação da forte associação com esses atributos reforça a importância de práticas de manejo que preservem a estrutura do solo e mantenham os níveis de matéria orgânica.

Valores de  $Fe_d$ , com uma relação  $Fe_o/Fe_d$  de 0,04, indicam alto grau de intemperismo e estabilidade mineralógica (Tabela 4). Este solo é altamente fértil e adequado para uma ampla gama de culturas agrícolas, incluindo grãos e culturas perenes. Seus minerais predominantes são Hematita e Caulinita, caracterizando solos com textura mais argilosa e com cores avermelhadas.

Nitossolos Vermelhos, são solos frequentemente encontrados em áreas com rochas básicas (basalto), onde se formaram extensas áreas de solos argilosos com cores avermelhadas e maiores teores de óxido de ferro (Dortzbach et al., 2016). Esses solos são oriundos de processos pedogenéticos de eluviamento e iluviamento de argila, refletindo diretamente na gênese do horizonte B diagnóstico nítico.

A atividade da argila desses solos costuma ser alta, demonstram alto grau de desenvolvimento pedogenético, sendo altamente lixiviados e com alta acidez potencial (Dortzbach et al., 2016).

#### 5.4. Perfil 4 - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto

Apresenta mudança textural abrupta, com teores de argila aumentando de 13% no horizonte A para 30% no  $Bt_2$  (Tabela 2). A relação textural B/A de 2,3 é típica de horizontes B texturais, que podem apresentar limitações à infiltração de água e crescimento radicular devido à compactação. Possui acidez de média a alta, CTC e SB que aumentam em profundidade, com saturação por bases elevada no horizonte  $Bt_3$  (Tabela 3).

Relação  $Fe_o/Fe_d$  de 0,08 no horizonte A indica um bom estado de intemperismo e presença de minerais estáveis (Tabela 4). Não foi evidenciado a presença de Gibbsita nas amostras coletadas, e caulinita só pode ser quantificada no horizonte  $Bt_2$  (Figura 1, em contrapartida, há predomínio de Hematita em todo o solo).

A maior concentração de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , Ki e Kr, sugere a presença de minerais cauliniticos e um grau mais avançado de intemperismo. No biplot esse solo se mostra fortemente correlacionados com esses atributos.

Argissolos de textura arenosa e média são encontrados por todo o estado de São Paulo, desenvolvido a partir de materiais de origem diversos, exceto de rochas básicas e rochas sedimentares (Governo do estado de São Paulo). Costumam

apresentar elevada susceptibilidade à erosão, o que exige práticas de controle de erosão quando sob manejo agrícola. Apesar de possuírem fertilidade química predominantes baixa, em solos desenvolvidos em depósitos de arenito, com agente cimentando de contribuição carbonática, podem apresentar fertilidade mais elevada.

#### 5.5. Perfil 5 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico

A falta de horizontes profundos indica um solo jovem com baixa capacidade de retenção de água e nutrientes.

Possui alta quantidade de MOS no horizonte A, alta V% e CTC, indicando uma fertilidade potencial elevada (Tabela 3).

A relação  $Fe_o/Fe_d$  é alta (Tabela 4), sugerindo uma mineralogia menos estável e solos em estágio inicial de intemperismo.

Santos et al. (2012) estudando Neossolos Regolíticos na região semiárida do estado de Pernambuco, destaca que a textura predominantemente arenosa desses solos é um dos principais fatores limitantes à produção agrícola..

#### 5.6. Perfil 6 – NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico

Semelhante ao Perfil 5, com textura arenosa e baixos teores de argila (Tabela 2). A relação silte/argila variável indica solos jovens e menos desenvolvidos.

Possui acidez elevada, alta concentração de MOS e alta CTC, com V% também elevada, sugerindo uma boa capacidade de suporte nutricional apesar da baixa retenção de água (Tabela 3). Valores de  $Fe_o$  e  $Fe_d$  indicam uma mineralogia jovem e instável.

Alho et al. (2007), caracterizando Neossolos Litólicos de diferentes materiais de origem, descrevem que esses solos normalmente estão associados a afloramento de rochas e costumam apresentar sequência de horizontes A-C-R ou A-R, caracterizando restrições significativas para ocupação e uso agrícola.

Por terem alta erodibilidade, com pequena profundidade efetiva e frequentemente pedregosos, requerem manejo criterioso e atenção especial para

conservação, devido a suas limitações físicas e ao impacto do estresse hídrico para as plantas (Alho et al. 2007).

#### 5.7. Perfil 7 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abruptico

Apresenta mudança textural abruptica significativa (Tabela 2), com altos teores de areia nos horizontes superficiais e textura argilosa no horizonte Bt, indicando um horizonte B textural. Apresenta elevada acidez, níveis de P médios no horizonte Bt, e V% aumentando em profundidade (Tabela 3).

A relação  $Fe_o/Fe_d$  de 0,09 no horizonte A indica um bom estado de intemperismo (Tabela 4). Similar ao Perfil 4, o Perfil 7 apresenta alta concentração de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ , Ki e Kr. Estas características indicam solos mais intemperizados, com menor teor de nutrientes disponíveis naturalmente. A Hematita e Gibbsita são os minerais com maior ocorrência nesse solo.

Argissolos com textura média a argilosa costumam ser mais frequentes de rochas ígneas, metamórficas ou sedimentares finas (Governo do estado de São Paulo). As condições de relevo em que ocorrem são muito variáveis, podendo apresentar limitações sob o aspecto físico, especialmente em relevos mais íngremes. Argissolos com textura argilosa possuem características mais favoráveis à exploração agrícola que os de textura média (Governo do estado de São Paulo)

#### 5.8. Perfil 8 – LATOSSLO VERMELHO Distroférico típico

Possui textura argilosa ao longo do perfil, com relação silte/argila abaixo de 0,7, característica de horizontes B latossólicos (Tabela 2). Com alta acidez e baixos índices de V%, CTC e SB, com níveis baixos de P, refletindo uma menor fertilidade (Tabela 3).

Dortzbahc et al. (2016) estudando as características de Latossolos no sul do Brasil, indicam que os processos pedogenéticos são os principais responsáveis pelo remoção significativa de sílicas e bases, com aumento relativo de óxidos de Fe e Al.

Relação  $Fe_o/Fe_d$  de 0,11 no horizonte A indica uma mineralogia estável e um alto grau de intemperismo (Tabela 4). Gibbsita e Hematita foram aos minerais com

maior predominância nesse solo, caracterizando solos altamente intemperizados, com boa drenagem e cores avermelhas (Kampf; Curi, 2012).

## **6. CONCLUSÃO**

Os dados e análises apresentados fornecem uma base sólida para a criação de um guia educacional prático, ajudando profissionais e estudantes a compreenderem as diferentes características dos solos e suas implicações no manejo agrícola. Espera-se que este estudo sirva como um recurso valioso para a comunidade agrícola e educacional, promovendo práticas de manejo sustentável dos solos e contribuindo para a produtividade agrícola e a conservação ambiental. O conhecimento detalhado das propriedades dos solos permitirá decisões mais eficazes no campo, beneficiando a produção agrícola e a sustentabilidade dos recursos naturais.

Há uma grande diversidade de características físicas, químicas e mineralógicas que afetam diretamente suas capacidades de uso e manejo. A correção da acidez e a adição de matéria orgânica são práticas recomendadas para melhorar a fertilidade e a produtividade dos solos, especialmente aqueles com alta acidez e baixa saturação por bases. Solos com mudanças texturais abruptas requerem práticas específicas para melhorar a infiltração de água e evitar compactação. A escolha de culturas e práticas de manejo deve considerar as características individuais de cada perfil para otimizar a produção agrícola e a sustentabilidade do uso do solo.

A análise multivariada dos solos, revelou informações sobre a interdependência dos atributos físico-químicos e mineralógicos, e aos diferentes perfis do solo, pode-se dizer que os perfis 4 e 7 são caracterização por uma maior concentração de minerais caulíníticos, enquanto os perfis 2 e 3 possuem altos teores de óxidos de ferro e MOS, refletindo diferentes estágios de intemperismo e composição mineralógica.

Recomenda-se a realização de análises periódicas do solo para monitorar mudanças nas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, permitindo ajustes no manejo agrícola conforme necessário.

## **7. REFERÊNCIAS**

Alho DR, Marques Junior J, Campos MCC (2007) Caracterização física, química e mineralógica de Neossolos Litólicos de diferentes materiais de origem. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**. V 2, n 2, p. 117-122, abr-jun. Recife, PE.

Almeida JA, Torrent J, Barrón V (2003) Cor de solo, formas do fósforo e adsorção de fosfatos em Latossolos desenvolvidos de basalto do extremo-sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 985-1002.

Almeida FFM (1981) Considerações sobre a estratigrafia do Grupo Bauru na região do Pontal do Paranapanema no Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOLOGIA. Curitiba. **Anais...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Geologia, p. 77–89.

Amundson R, Berhe AA, Hopmans JW, Olson C, Sztein AE, Sparks DL (2015) Soil and human security in the 21st century. **Science**, v. 348, n. 6235, p. 1261071.

Anjos LH, Fernandes MR, Pereira MG, Franzmeier DP (1998) Landscape and pedogenesis of an Oxisol-Inceptisol-Ultisol sequence in Southeastern Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, 62(6), 1651-1658.

Anjos LHC, Fontana A, Pereira MG, Pinheiro CR, Pinto LASR, Silva EC (2019) Formação, Classificação e Cartografia dos Solos.

Arrouays D, Leenaars JGB, Richer-de-Forgers AC, Adhikari K, Ballabio C, Greve M, Grundy M, Guerrero E, Hempel J, Hengl T (2017) Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives. **GeoResJ**, v. 14, p. 1-19.

Batezelli A (2010) Arcabouço tectono-estratigráfico e evolução das bacias Caiuá e Bauru no Sudeste brasileiro. **Brazilian Journal of Geology**, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 265–285.

Brady NC, Weil RR (2013) Elementos da Natureza e Propriedades dos Solos. 3ª ed. Tradução técnica: Igo Fernando Lepsch. Editora Bookman, Porto Alegre, RS. 685 p.

Camargo LA, Marques Junior J, Pereira GT, Horvat RA (2008) Variabilidade espacial de atributos mineralógicos de um Latossolo sob diferentes formas do relevo. I – Mineralogia da fração argila. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.6, p.2269-2277.

Camargo LA, Marques Junior J, Pereira GT, Bahia ASRS (2014) Clay mineralogy and magnetic susceptibility of Oxisols in geomorphic surfaces. **Scientia Agricola**. v.71, n.3, p.244-256.

Camargo OA, Moniz AC, Jorge JA, Valadares LMAS (1986) **Métodos de análise química, mineralógica e física dos solos do Instituto Agronômico de Campinas**. Campinas: Instituto Agronômico, 96 p. (Boletim Técnico, 106).

Cardoso EJBN, Vasconcellos RLF, Bini D, Miyauchi MYH, Santos CA, Alves PRL, Paula AM, Nakatani AS, Pereira JM, Nogueira MA (2013) Soil health: looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health? **Scientia Agricola**, v. 70, n. 4, p. 274–289.

Coelho MR, Rossi M, Coelho RM, Menk JRF (2003) **Levantamento Pedológico Detalhado (1:5.000) da Unidade de Pesquisa e Desenvolvimento de Tatuí (APTA Sudeste Paulista – SAA – SP)**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 21. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 166p.

Cortez LA, Marques Junior J, Peluco RG, Pereira GT, Camargo LA (2009) Relações espaciais entre caulinita e gibsitita e a estabilidade dos agregados de Latossolo. In: **Anais...** Simpósio de Geoestatística Aplicada em Ciências Agrárias, Botucatu-SP.

Costa ACS, Bigham JM, Rhoton FE, Traina SJ (1999) Quantification and characterization of maghemite in soils derived from volcanic rocks in southern Brazil. **Clays and Clay Minerals**, Aurora, v. 47, n. 4, p. 466–473.

Costa MMR (2017) **Caracterização do solo do Planalto Ocidental Paulista por espectroscopia de fluorescência de raios x**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal.

Curi N, Kampf N (2012) Caracterização Dos Solos. In: Ker, J. C. Cur, N; Schaefer, C. E. G. R.; Vidal-Torrado, P. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa-mg: SBCS, p. 81-146.

Dantas JS, Marques Junior J, Martins Filho MV, Resende JMA, Camargo LA, Barbosa RS (2014) Gênese de solos coesos do leste Maranhense: Relação solo-paisagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.1039-1050.

Daniels RB, Hammer RD (1992) **Soil geomorphology**. New York, John Wiley, 236p.

Dortzbach D, Pereira MG, Anjos LHC, Fontana A, Silva EC (2016) Genesis and Classification of Soils from Subtropical Mountain Regions of Southern Brazil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**.

EMBRAPA 2018 **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3ed. Brasília: EMBRAPA.

Fernandes LA, Coimbra AM (1996) A Bacia Bauru (Cretáceo superior, Brasil). **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n. 2 , p. 195-205.

Fernandes LA, Coimbra AM (2000) Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Bauru (Neocretáceo). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 30, n. 4, p. 717–728.

Fontes MPF (2012) Intemperismo de rochas e minerais. In: KER, J.C.; SHAEFER, C.E.G.R.; VIDALTORRADO, P. *Pedologia: fundamentos*. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 171-205.

Geng R, Zhang G, Hong D, Ma Q, Jin Q, Shi Y (2021) Response of soil detachment capacity to landscape positions in hilly and gully regions of the Loess Plateau. *Catena* 196, 104852.

Hair JF, Black WC, BABIN BJ, ANDERSON RE, TATHAM RL (2005) **Análise multivariada de dados**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 688 p.

Argissolos. Solos do estado de São Paulo. Governo do estado de São Paulo. Disponível em <<https://solosp.iac.sp.gov.br/pdf/Argissolos.pdf>> Acesso em 07 de julho de 2024.

He YQ, Hou L, Wang H, Hu K, McConkey BA (2014) modelling approach to evaluate the long-term effect of soil texture on spring wheat productivity under a rainfed condition. **Scientific Reports**, v. 4, p. 1-12, 2014.

He YQ, Zhuang JW, Harden AD, McGuire Z, Fan Liu Y, Wicckland KP (2014) The implications of microbial and substrate limitation for the fates of carbon in different organic soil horizon types of boreal forest ecosystems: A mechanistically based model analysis. **Biogeosciences**, v.11, p.4477–4491, 2014.

Kaiser HF (1958) **The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis**. *Psychometrika*, New York, v. 23, n. 3, p. 187–200.

Ker JC, Cur N, Schaefer, CEGR (2012) Vidal-Torrado, P. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa-mg: SBCS, p. 81-146.

Kämpf N, Schwertmann U (1982) Goethite and hematite in a climosequência in Southern Brazil and their application in classification of kaolinite Soils. **Geoderma**, Amsterdam, v. 29, n. 1, p.27-39.

Kämpf N, Schwertmann U (1998) Avaliação da estimativa de substituição de Fe por Al em hematitas de solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 209-213.

Kämpf N, Curi N (2000) Óxidos de ferro: Indicadores de ambientes pedogênicos e geoquímicos. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V.; V. H.; SCHAEFER, C. E. G. R. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 107–138.

Kampf N, Marques JJ, Curi N (2012) Mineralogia de solos brasileiros: principais aspectos. In: KER, J. C. CUR, N; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIDALTORRADO, P. **Pedologia: Fundamentos**. Viçosa-mg: SBCS, cap. 4, p. 81-146.

Leenaars JGB, Elias E, Wosten JHM, Ruiperez-Gonzalez M, Kempen B (2020) Mapping the major soil–landscape resources of the ethiopian highlands using random forest. *Geoderma* 361, 114067.

Lepsch IF (2010) **Pedologia: Base para a distinção de ambientes**. 3ª ed. Oficina de Textos.

Lepsch, IF (2011) **19 lições de Pedologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 456 p.

McBratney A, Field DJ, Koch A (2014) The dimensions of soil security. *Geoderma*, Amsterdam, v. 213, p. 203-213.

Mehra OP, Jackson ML (1960) **Iron oxide removed from soils and clays by dithionitecitrate system buffered with sodium bicarbonate**. *Clays and Clay Minerals*, New York, v. 7, n. 1, p. 1317-327.

Mello VF, Wypycza F. VII Caulinita e halosita. In Mello VF, Aleoni LRF (2009) **Química e mineralogia do solo: Parte I – Conceitos básicos**, p. 427-504.

Munsell Soil Color Company (1975) **Munsell soil color charts, Munsell color**, Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, Baltimore, Maryland, USA.

Montanari R, Marques Junior J, Campos MCC, Souza ZM, Camargo LA (2010) Caracterização mineralógica de Latossolos em diferentes feições do relevo na região de Jaboticabal, SP. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 2, p. 191–199.

Norrish K, Taylor RM (1961) The isomorphous replacement of iron by aluminum in soil goethite. **Journal of soil science**, Oxford, v. 12, n. 2, p. 294-306.

Novais RF, Mello JWV (2007) Relação solo-planta. In: Novais, R.F.; Alvarez V., V.H.; Barros, N.F.; Fontes, R.L.F.; Cantarutti, R.B.; Neves, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.276 -374.

Oliveira JB, Camargo MN, Rossi M, Calderano B (1999) **Mapa Pedológico do Estado de São Paulo**. Campinas: IAC/Embrapa.

Oliveira JB (2011) **Pedologia Aplicada**. Piracicaba: FEALQ, 592p.

Oliveira MB, Parahyba RBV, Santos JCP, Silva MSL, Cunha TJF, Lucena AMA (2010) **Caracterização dos Solos da Reserva Biológica de Serra Negra, PE**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 162. Rio de Janeiro, RJ: Embrapa Solos, 58p.

Pavinato PS, Resolem CA (2008) Disponibilidade de nutrientes no solo – decomposição e liberação Formação, Classificação e Cartografia dos Solos Capítulo 1 20 de compostos orgânicos de resíduos vegetais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n. 3, p. 911-920.

- Prado H (2011) **Pedologia Fácil: Aplicações**. Piracicaba: Rev. Ampl, 2011. 180p.
- Raij VB, Cantarella H, Quaggio JÁ, Furlani AMC (1997) **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico/Fundação IAC, 285p. (Boletim Técnico, 100)
- R Core Team (2022). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Reichardt, Timm LC (2012) **Solo, planta e atmosfera: conceitos, processos e aplicações**. 2° ed. Barueri, SP.
- Resende M, Curi N, Resende SB, Corrêa GF, Ker JC (2014) **Pedologia: Bases para distinção de ambientes**. 6ed. Lavras, MG.
- Resende M, Curi N, Rezende SB, Silva SHG (2019) **Da rocha ao solo, enfoque ambiental**. Editora UFLA, Lavras – MG.
- Rietveld HMA (1969) Profile Refinement Method for Nuclear and Magnetic Structures. **Journal of Applied Crystallography**, v. 2, p. 65–71.
- Santos MC, Batista M (1996) Avaliações física, química e mineralógica em solos plínticos da região meio-norte do Brasil, submetidos a teste de umedecimento e secagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.20, p.21-31.
- Santos JCB, Souza Junior VS, Corrêa MM, Ribeiro MR, Almeida MC, Borges LEP (2012) Caracterização de Neossolos Regolíticos da região semiárida do estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:683-695.
- Santos RD, Lemos RC, Santos HG, Ker JC, Anjos LHC, Shimizu SH (2013) Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo. 6ed. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo: Viçosa**.
- Schneider P, Klamt E, Giasson E (2007) **Morfologia do Solo: subsídios para a caracterização e interpretação**. Guaíba: Agrolivros 72p.
- Schulze DG (1984) **The influence of aluminum on iron oxides: VIII. Unit-cell dimensions of Al-substituted goethite and estimation of Al from them**. Clays and Clay Minerals, New York, v. 32, n. 1, p. 36-44.
- Schwertmann U (1973) Use of oxalate for Fe extraction from soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v.53, p.244-246.
- Schwertmann U (1985) **The effect of environments on iron oxide minerals**. Advances in Soil Science, New York, v. 1, p. 172–200.

Schwertmann, U.; Taylor, R. M. Iron oxides. In: Dixon, J. B.; Weed, S. B. **Minerals in soil environments**. 2. ed. Madison: Soil Science Society of America, 1989. p. 379–438.

Silva FP (2003) **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo**. 2003. 166 f. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

Silva LS (2016) **Mineralogia Da Fração Argila Dos Solos Do Planalto Ocidental Paulista**. 2016. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Ciência do Solo). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal.

Souza DMG, Miranda LN, Oliveira SA (2007) Acidez do solo e sua correção. In: Novais RF, Alvarez VH, Barros NF, Fontes RLF, Cantatutti RB, Neves JCL **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG: SBCS.

Souza RVCC, Ribeiro MR, Souza Junior VSS, Corrêa MM, Almeida MC, Campos M CC, Ribeiro Filho MR, Schulze MBB (2010) Caracterização de solos em uma topoclimossequência no Maciço De Triunfo – Sertão De Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.4, p.1259-1270.

Spera ST, Reatto A, Martins ES, Farias MFR, Silva AV (2004) **Aptidão Agrícola das Terras da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Taguatinga, Distrito Federal**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 126. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 32p.

Stefanoski DC, Santos GG, Marchão RL, Petter FA, Pacheco LP (2013) Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 12, p. 1301-1309.

Suguio K (2003) Geologia Sedimentar. Edgard Blücher Ltda./EDUSP, São Paulo, SP, 400 p.

Vasconcelos V, Martins ES, Carvalho Júnior AO, Marques Júnior J, Siqueira DS, Couto Júnior AF, Guimarães RF, Gomes RAT, Reatto A (2013) Modelo De Evolução Pedogeomorfológica Da Serra Da Canastra, Mg. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, n. 2, p. 197–212.

Vendrame PRS, Eberhardt DN, Brito OR, Marchão RL, Quantin C, Becquer T (2011) Formas de ferro e alumínio e suas relações com textura, mineralogia e carbono orgânico em Latossolos do Cerrado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p.1657-1666.

Vidal-Torrado P, Lepsch IF, Castros SS (2005) **Conceitos e Aplicações das Relações Pedologia-Geomorfologia em regiões tropicais úmidas**. In.: Tópicos de Ciência do Solo, v.IV. p.145-192.

Viscarra RA (2011) Fine-resolution multiscale mapping of clay minerals in Australian soils measured with near infrared spectra. **Journal Geophysical Research**, 116:1-15.

Wysocki DA, Schoeneberger PJ, Lagarry HE (2005) Soil surveys: a window to the subsurface. **Geoderma**, Amsterdam, v. 126, n. 2, p. 167-180.

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Descrição morfológica dos perfis

---

### PERFIL 1 – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico

- A** 0-0,15 m, 2,50 YR 4/4 seco (marrom avermelhado); 5YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); textura média; estrutura granular com pequenos blocos subangulares médios, moderada; transição plana e clara; macia, solta, ligeiramente plástico e não pegajoso.
- B1** 0,15-0,85m, 2,50 YR 4/4 seco (marrom avermelhado); 2,5 YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro) textura média; bloco angular a subangular, médio a muito grande, fraca; transição gradual e difusa; ligeiramente dura, muito friável, ligeiramente plástico, não pegajoso.
- B2** >0,85 m, 2,50 YR 4/4 seco (marrom avermelhado); 2,5 YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro) textura média; bloco angular a subangular, grande a muito grande, fraca; transição gradual e difusa; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico, não pegajoso.
- 

### PERFIL 2 – LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico

- A1** 0-0,15 m, 5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 5YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); textura média; estrutura granular grande e forte; ligeiramente dura, solta, não plástica, não pegajoso.
- A2** 0,15-0,25 m, 2,5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 5YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; estrutura granular, média, moderada; ligeiramente dura, solta, não plástica, não pegajoso.
- AB** 0,25-0,35 m, 2,5 YR 4/4 seco (marrom avermelhado); 5YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; blocos subangulares fracos; estrutura granular-fraca; ligeiramente dura, solta, não plástica, não pegajoso.
- BA** 0,35-0,52 m, 2,5 YR 4/4 seco (marrom avermelhado); 5YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; blocos subangulares médios, moderada; dura, solta, ligeiramente plástica, não pegajoso.
- B1** 0,52-0,90 m, 2,5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 5YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; blocos subangulares fortes, médio a grande; muito dura, solta, ligeiramente plástica, não pegajoso.
- B2** >0,90 m, 2,5 YR 4/4 seco (marrom avermelhado); 5YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; blocos subangulares fortes, médio a grande; muito dura, friável, ligeiramente plástica, não pegajoso.
-

---

**PERFIL 3 – NITOSSOLO VERMELHO Eutrófico típico**

---

- A** 0-0,10 m, 5 YR 3/2 seco (marrom escuro); 2,5 YR 2,5/3 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; estrutura prismática fraca, muito pequeno e fraco; ligeiramente dura, solta, não plástica, não pegajoso.
- AB** 0,10-0,20 m, 5 YR 3/2 seco (marrom escuro); 2,5 YR 2,5/4 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; estrutura prismática fraca, muito pequeno e fraco; ligeiramente dura, solta, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
- BA** 0,20-0,30 m, 5 YR 3/2 seco (marrom escuro); 2,5 YR 2,5/4 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; estrutura prismática, pequeno; moderado; dura, solta, plástica, ligeiramente pegajoso.
- B1** 0,30-0,55 m, 2,5 YR 3/3 seco (marrom escuro avermelhado); 2,5 YR 2,5/3 úmido (marrom avermelhado escuro); argiloso; estrutura angular a subangular, pequena a média; muito dura, solta, plástica, ligeiramente pegajoso.
- B2** 0,55-0,75 m, 2,5 YR 3/3 seco (marrom escuro avermelhado); 5 YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); muito argiloso; estrutura angular a subangular, pequena a média; muito dura, solta, plástica, ligeiramente pegajoso.
- B3** >0,75 m, 2,5 YR 3/3 seco (marrom escuro avermelhado); 5 YR 3/4 úmido (marrom avermelhado escuro); muito argiloso; estrutura prismática, forte, média a grande; muito dura, solta, plástica, ligeiramente pegajoso.
- 

**PERFIL 4 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto**

---

- A** 0-0,20 m; 5 YR 4/2 seco (cinza avermelhado escuro); 7,5 YR 3/3 úmido (marrom escuro); arenoso; bloco subangular médio a grande; dura, friável, não plástica, não pegajoso.
- B1** 0,20-0,40 m, 5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 7,5 YR 3/4 úmido (marrom escuro); textura média; bloco subangular, pequeno a grande; dura, friável, não plástica, não pegajoso.
- B2** 0,40-0,65 m, 5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 7,5 YR 3/4 úmido (marrom escuro); textura média; bloco subangular a laminar, de pequeno a grande; muito dura, friável, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
- B3** 0,65-0,80 m, 5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 7,5 YR 4/6 úmido (marrom forte); textura média; bloco subangular de grande a muito grande; muito dura, friável, ligeiramente plástica, ligeiramente pegajoso.
-

---

**PERFIL 5 – NEOSSOLO REGOLÍTICO Eutrófico típico**

---

- 0-0,20 m, 7,5 YR 4/1 seco (cinza escuro); 7,5 YR 2,5/2 úmido (marrom muito escuro);
- A** arenoso; estrutura granular muito pequena, irregular, com diferença abrupta; macia, muito friável, não plástica, não pegajoso.
- C1** 0,20-0,50 m, 5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 5 YR 4/4 úmido (marrom avermelhado); arenoso; horizonte descontínuo;
- C2** 0,50-0,80 m, 5 YR 5/4 seco (marrom avermelhado); 5 YR 4/6 úmido (vermelho amarelado); arenoso; horizonte descontínuo;
- R** >0,80 m.

Observação: Do horizonte C1 para o C2 há um encaminamento de solo, com um possível horizonte B.

---

---

**PERFIL 6 – NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico**

---

- 0-0,25 m, 7,5 YR 4/1 seco (cinza escuro); 7,5 YR 2,5/1 úmido (preto); arenoso; transição
- A** irregular; estrutura granular, pequena e fraca; macia, muito friável, não plástica, não pegajoso.
- C** 0,25-0,40 m, 7,5 YR 5/3 seco (marrom); 10 YR 5/3 úmido (marrom); arenoso; horizonte descontínuo.
- R** <0,40 m.
- 

---

**PERFIL 7 – ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico abrupto**

---

- 0-0,35 m, 7,5 YR 4/2 seco (marrom); 7,5 YR 3/2 úmido (marrom escuro); arenoso;
- A1** estrutura subangular média a pequena, forte a moderada; transição difusa e ondulada; ligeiramente dura, muito friável, não plástica, não pegajoso.
- 0,35-0,80 m, 7,5 YR 4/2 seco (marrom); 7,5 YR 3/2 úmido (marrom escuro); arenoso;
- A2** estrutura subangular de média a pequena, forte a moderada; transição abrupta e descontínua; dura, muito friável, não plástico, não pegajoso.
- >0,80 m, 5 YR 4/4 (marrom avermelhado); 7,5 YR 4/6 úmido (marrom forte); argiloso;
- B** estrutura subangular grande de grande a muito grande, muito forte a muito desenvolvida; transição difusa e ondulada; muito dura, ligeiramente plástico, ligeiramente pegajoso.
-

---

**PERFIL 8 – LATOSSOLO VERMELHO Distroférico típico**

---

- A** 0-0,40 m; 2,5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 2,5 YR 2,5/3 úmido (marrom avermelhado); muito argiloso; estrutura em bloco subangular forte, grande; macia, solta, não plástica, não pegajoso.
- AB** 0,40-0,55 m, 2,5 YR 3/3 seco (marrom avermelhado escuro); 2,5 YR 2,5/3 úmido (marrom avermelhado); muito argiloso; estrutura em bloco subangular, moderado, forte; macia, solta, não plástica, não pegajoso.
- BA** 0,55-0,75 m, 2,5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 2,5 YR 2,5/3 úmido (marrom avermelhado); argiloso; estrutura granular; ligeiramente dura, solta, não plástica, não pegajoso.
- B** >0,75 m, 2,5 YR 4/3 seco (marrom avermelhado); 2,5 YR 2,5/3 úmido (marrom avermelhado); muito argiloso; estrutura granular; ligeiramente dura, solta, não plástica, não pegajoso.
-

**Anexo 2.** Leitura de TFSA para quantificação de arenito dos perfis 5 e 6

