UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE SOLOS E ENGENHARIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

EMANUEL DA COSTA CAVALCANTE

RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM EM TRÊS TOPOSSEQUÊNCIAS SOB DIFERENTES MATERIAIS DE ORIGEM NA MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL DA PARAÍBA

AREIA - PB
2023

EMANUEL DA COSTA CAVALCANTE

RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM EM TRÊS TOPOSSEQUÊNCIAS SOB DIFERENTES MATERIAIS DE ORIGEM NA MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL DA PARAÍBA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo/ Área de concentração: Solos em agroecossistemas familiares e naturais. Linha de pesquisa: Solos e nutrição de plantas.

Orientador: Prof. Dr. Milton César Costa Campos

Coorientador: Dr. Rodrigo Santana Macêdo

AREIA - PB
2023

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C376r Cavalcante, Emanuel da Costa.
Relação solo-paisagem em três topossequências sobdiferentes materiais de origem na microrregião do cariri ocidental da Paraíba / Emanuel da Costa Cavalcante. - Areia:UFPB/CCA, 2023.
130 f. : il.

Orientação: Milton César Costa Campos.Coorientação: Rodrigo Santana Macêdo. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCA.

1. Ciência do Solo. 2. Caatinga. 3. Semiárido - relevo. 4. Pedogênese. 5. Geodiversidade. I. Campos, Milton César Costa. II. Macêdo, Rodrigo Santana. III.Título.

UFPB/CCA-AREIA CDU 631.4(043.3)

Elaborado por EDILSON TARGINO DE MELO FILHO - CRB-15/686

EMANUEL DA COSTA CAVALCANTE

RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM EM TRÊS TOPOSSEQUÊNCIAS SOB DIFERENTES MATERIAIS DE ORIGEM NA MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL DA PARAÍBA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência do Solo/ Área de concentração: Solos em agroecossistemas familiares e naturais. Linha de pesquisa: solos e nutrição de plantas.

Aprovada em: 25/07/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Milton César Costa Campos – UFPB

(Orientador)

Prof. Dr. Raphael Moreira Beirigo – UFPB

(Examinador Interno)

Prof. Dr. Gabriel Ramatis Pugliese Andrade – UENF

(Examinador Externo)

Dedico a minha mãe: Maria da Costa Cavalcante, e a todos que me ajudaram nessa jornada e contribuíram para minha evolução pessoal e intelectual.

AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural do Centro de Ciencias Agrarias da Universidade Federal da Paraiba.

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba – FAPESQ – pela concessão de bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Milton César Costa Campos e ao Dr. Rodrigo Santana Macêdo pela oportunidade, orientação e paciência durante a realização deste trabalho.

A equipe do departamento de solos do INSA, Drª Kaline, Raimundo, Júlia, Drª Letícia.

A equipe do Laboratório de Física do solo da UFPB, Roberval (Vaval) e o Prof. Fávio.

Ao Prof. Dr. Marcelo Metri, do laboratório de mineralogia da UFAPE.

Ao Cristiano, responsável pelo laboratório de solos da UEPB.

Aos meus amigos da UFPB que me ajudara nos trabalhos de campo e laboratório Joalisson, Robson, João Henrique, Amanda, Marcela...

Aos meus amigos Abraão, Ailson, Amon, Ericka, Vanessa.

Aos meus professores do PPGCS-UFPB, Milton, Rafael, Bruno e Flávio pela dedicação.

Finalmente, a todos que, de maneira direta ou indireta contribuíram para a execução deste trabalho

RESUMO

CAVALCANTE, EMANUEL DA COSTA. Relação solo-paisagem em três topossequências sob diferentes materiais de origem na microrregião do cariri ocidental da Paraíba. Areia – PB, Centro de Ciências Agrárias, UFPB, Julho de 2023. 130p. Dissertação Programa de Pós Graduação em Ciência do Solo. Orientdor: Prof. Dr Milton César Costa Campos. Co-orientador: Dr. Rodrigo Santana Macedo.

A região semiárida possui uma geodiversidade que produz um imenso mosaico paisagístico, o que favorece uma ampla variação na cobertura pedológica, e isso dificulta o mapeamento de solos. Nesse sentido, estudos abrangentes que abordam a relação solo-paisagem material de origem podem ser eficientes para investigações pedológicas em ambientes complexos. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as relações solo-paisagem-material de origem em três topossequências sob rochas metacalcárias, xisto, migmatito, gnaisse e granito na microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba. Nas topossequências, foram abertas trincheiras em posições estratégicas da paisagem e foi feita a caracterização morfológica dos perfis e a coleta de amostras por horizonte. Em seguida foram realizadas análises físicas, químicas e mineralógicas. Os perfis foram descritos morfologicamente e classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. De modo geral, os solos apresentaram um padrão característico de cada classe. Em algumas posições da paisagem, destacou-se influência do material de origem, mas no geral foi constatado que predominou a influência do relevo nos processos pedogenéticos. As análises granulométricas revelaram a predominância de fração areia e silte na maioria dos perfis, sendo que os maiores teores de argila foram encontrados nas posições de sopé e topo plano. As análises químicas revelaram que a maioria dos solos tem baixa acidez, baixa saturação por alumínio, de saturação por bases (>50%) lhe conferindo o caráter eutrófico. Já as análises mineralógicas confirmaram a presença de consideráveis teores de minerais primários nos solos, e características do material de origem. Esse estudo mostrou que uma abordagem de pesquisa integrando solo-paisagem material de origem pode ser eficiente para entender o comportamento pedológico em regiões complexas e dinâmicas.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga, semiárido, relevo, pedogênese, geodiversidade.

ABSTRACT

CAVALCANTE, EMANUEL DA COSTA. Soil-landscape relationship in three toposequences under different source materials in the western Cariri microregion of Paraíba. Areia – PB, Center for Agricultural Sciences, UFPB, July 2023. 130p. Dissertation Postgraduate Program in Soil Science. Advisor: Prof. Dr Milton César Costa Campos. Co-supervisor: Dr. Rodrigo Santana Macedo.

The semi-arid region has a geodiversity that produces an immense landscape mosaic, which favors a wide variation in soil cover, and this makes soil mapping difficult. Since, the detailed knowledge of soils is essential for the formulation of strategies aimed at their conservation. In this sense, comprehensive studies that address the soil-landscape parent material relationship can be efficient for pedological investigations in complex environments. Therefore, the objective of this work was to evaluate the soil-landscape-source material relationships in three toposequences under metalimestone rocks, schist, migmatite, gneiss and granite in the Western Cariri microregion of Paraíba. In the toposequences, trenches were opened in strategic positions of the landscape and the morphological characterization of the profiles and the collection of samples by horizon were carried out. Next, physical, chemical and mineralogical analyzes were carried out. The profiles were morphologically described and classified according to the Brazilian Soil Classification System. In general, the soils showed a characteristic pattern of each class, in some positions of the landscape the influence of the source material was highlighted, but in general it was verified that the influence of the relief in the pedogenetic processes predominated. The granulometric analyzes revealed the predominance of the sand and silt fraction in most of the profiles, and the highest clay contents were found in the foothills and flat top positions. Chemical analyzes revealed that most soils have low acidity, low aluminum saturation, low base saturation (>50%) giving it the eutrophic character. The mineralogical analyzes confirmed the presence of considerable levels of primary minerals in the soils, and characteristics of the parent material. This study showed that a research approach integrating soil-landscape source material can be efficient to understand the pedological behavior in complex and dynamic regions.

KEYWORDS: Caatinga, semiarid, relief, pedogenesis, geodiversity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 13

1.1 INTRODUÇÃO 13

1.2 JUSTIFICATIVA 15

1.3 REFERÊNCIAS 16

2 CAPÍTULO 1 - RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM EM UMA TOPOLITOSSEQUENCIA SOB ROCHAS METACALCÁRIAS E XISTO EM MONTEIRO, PB 18

2.1 INTRODUÇÃO 20

2.2 MATERIAL E MÉTODOS 21

2.3 RESULTADOS 25

2.4 DISCUSSÃO 37

2.5 CONCLUSÕES 42

2.6 REFERÊNCIAS 43

3 CAPÍTULO 2 - RELAÇÃO SOLO-RELEVO-MATERIAL DE ORIGEM EM UMA SEQUÊNCIA SOB MIGMATITO E GNAISSE EM MONTEIRO, PB. 49

3.1 INTRODUÇÃO 51

3.2 MATERIAL E MÉTODOS 52

3.3 RESULTADOS 57

3.4 DISCUSSÃO 68

3.5 CONCLUSÕES 71

3.6 REFERÊNCIAS 73

4 CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM EM UMA TOPOSSEQUENCIA SOB GRANITOS NA REGIÃO DE SUMÉ E SERRA BRANCA, PB. 78

4.1 INTRODUÇÃO 80

4.2 MATERIAL E MÉTODOS 81

4.3 RESULTADOS 85

4.4 DISCUSSÃO 96

4.5 CONCLUSÕES 99

4.6 REFERÊNCIAS 101

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 105

APÊNDICE 1 106

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA, ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS DOS SOLOS EM TOPOSSEQUÊNCIAS NA MICRORREGIÃO DO CARIRI OCIDENTAL... 106

LISTA DE FIGURAS

Figura - 1. Mapa da microrregião do cariri ocidental com destaque para o município de Monteiro, PB.....20
Figura - 2. Localização dos perfis nos diferentes materiais de origem estudados na região de Monteiro, PB.....22
Figura - 3. Perfil topográfico do terreno e localização dos perfis na topolitossequência sobre rochas metacalcárias e xistos na região de Monteiro, PB..... 25
Figura - 4. Difratogramas de raios-X das frações areia e silte dos solos sobre rochas metacalcárias e xistos.....32
Figura - 5. Difratogramas de raios-X da fração argila dos solos sobre rochas metacalcárias e xistos..... 33
Figura - 6. Mapa da microrregião do cariri ocidental com destaque para o município de Monteiro-PB..... 51
Figura - 7. Mapa de localização dos perfis nos diferentes materiais de origem estudados na região de Monteiro, PB.....52
Figura - 8. Perfil topográfico do terreno e localização dos perfis na sequência sobre migmatitos e gnaisse na região de Monteiro, PB.....56
Figura - 9. Difratogramas de raios-X da frções areia e silte dos solos sobre migmatito e gnaisse.....62
Figura - 10. Difratogramas de raios-X da fração argila dos solos sobre migmatito e gnaisse.....63
Figura - 11. Mapa da microrregião do cariri ocidental com destaque para os municípios Sumé e Serra Branca, PB.....79
Figura - 12: Mapa de localização dos perfis estudados na topossequência sobre granitos na região de Sumé e Serra Branca.....81
Figura - 13. Perfil topográfico do terreno e localização dos perfis na sequência de solos sobre granitos.....83
Figura - 14. Difratogramas de raios-X das frações areia, silte e argila da topossequência de solos sobre granitos..... 90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Atributos morfológicos dos solos em uma topolitossequência sobre rochas metacalcárias e xistos na região de Monteiro, PB. 27
Tabela 2 – Atributos físicos dos solos em uma topolitossequência sobre rochas metacalcárias e xistos na região de Monteiro-PB..... **Erro! Indicador não definido.**
Tabela 3 – Atributos químicos dos solos em uma topolitossequencia sobre rochas metacalcárias e xistos na região de Monteiro, PB.....31
Tabela 4 – Teores totais de elementos maiores determinados por FRX em uma topolitossequencia sobre rochas metacalcárias e xistos na região de Monteiro, PB.....35
Tabela 5 – Atributos morfológicos dos solos em uma sequência de solos sobre migmatios e gnaisse na região de Monteiro, PB. 57
Tabela 6 – Atributos físicos dos solos em uma sequência de solos sobre migmatito e gnaisse na região de Monteiro-PB..... 59
Tabela 7 – Atributos químicos em uma sequência de solos sobre migmatito e gnaisse na região de Monteiro, PB.....61
Tabela 8 – Teores totais de elementos maiores determinados por FRX em uma sequência de solos sobre migmatitos e gnaisse na região de Monteiro, PB.....65
Tabela 9 – Atributos morfológicos em uma topossequência de solos sobre granito na região de Sumé e Serra Branca, PB. 85
Tabela 10 – Atributos físicos em uma topossequência de solos sobre granito na região de Sumé e Serra Branca, PB..... **Erro! Indicador não definido.**
Tabela 11 – Atributos químicos em uma topossequência de solos sobre granitos na região de Sumé e Serra Branca, PB.....89
Tabela 12 – Elementos maiores determinados por FRX em uma topossequência de solos sobre granito na região de Sumé e Serra Branca, PB.....92

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 Introdução

O complexo agrupamento de elementos existentes na superfície e subsuperfície terrestre que integram fatores bióticos e abióticos e que estão interligados em uma contínua interação (relevo) denomina-se paisagem (VERDUM et al., 2016; ALVES, 2018). Por sua vez, o solo pode ser compreendido como um constituinte superficial da paisagem, formado a partir da interação dos organismos, clima, material de origem e relevo ao longo do tempo. Nesse sentido, estudos integradores que abordam a relação solo-paisagem com ênfase no material de origem permitem uma visualização sistêmica dos processos pedogenéticos e suas conexões com a geologia, geomorfologia e pedohidrologia em uma escala temporal definida (ESPINDOLA, 2010).

Essa visão integrada dos compartimentos de superfície podem ser visualizados a partir do emprego de modelos de paisagem, cujos os mais clássicos são: (i) modelo de superfície geomórfica, que se refere às unidades de relevo demarcadas por um ou mais fator dentro de um determinado intervalo de tempo; (ii) modelo composto por nove unidades de vertente que podem se repetir ou aparecer de forma parcial em uma catena, e; (iii) modelo de curvatura do terreno que tem como base as diferentes formas da superfície associadas ao grau de inclinação, as quais podem ser linear, côncava ou convexa (CAMPOS et al., 2012).

Todos esses modelos são eficientes para o mapeamento das superfícies e o entendimento dos fluxos hidrológicos. O movimento da água tem forte influência na desagregação, transporte e deposição de materiais (erosão), ao passo que a altitude, inclinação e curvatura do terreno podem intensificar ou atenuar os fluxos hídricos nas vertentes, favorecendo um maior escoamento superficial ou maior infiltração. Sendo assim, a ação da água é controlada pela morfologia do terreno e tem forte influência na formação dos solos e evolução da paisagem (SILDE et al., 2017; FONTANA et al., 2021).

A litologia também é outro fator determinante na variação dos atributos e propriedades dos solos. As rochas possuem diferentes composições químicas e mineralógicas, o que acarreta implicações diretas em sua textura e grau de resistência aos agentes intempéricos. Como resultante, a litologia de uma área fortemente influencia a configuração do relevo e as características gerais dos solos, pois um mesmo grupo de rochas que contenham diferentes propriedades podem contribuir para uma ampla variação de solos, mesmo que os solos originem do intemperismo de material de origem semelhante (TORRES & SILVA, 2016; PEREIRA et al., 2019; PEREIRA, 2020).

Pesquisas que se baseiam nos princípios da relação solo-paisagem-material de origem representam uma alternativa eficiente para elucidar os processos que atuam na evolução dos solos ao longo da paisagem. Estudos dessa natureza que seguem tais princípios permitem uma investigação mais detalhada e sistemática do comportamento da cobertura pedológica ao longo da superfície, o que pode seguramente permitir a predição de ocorrência de solos em determinadas posições da paisagem, facilitando o mapeamento pedológico, sobretudo em ambientes complexos como os que existem no semiárido brasileiro (OLIVEIRA & SOUSA, 2018).

O Cariri paraibano está localizado sobre o Planalto da Borborema, um conjunto de terras altas caracterizado pela ampla diversidade geológica, geomorfológica, pedológica e climática. Essa geodiversidade produz um relevo diversificado que forma um complexo mosaico de solos, criando diferentes habitats, que resultam em ecossistemas complexos ricos em biodiversidade e alta taxa de endemismo, que é comum no bioma Caatinga (BETARD et al., 2011; FALCO et al., 2021). Apesar do clima semiárido, que lhe confere reconhecido dinamismo e complexidade, nessa região ainda são escassos os trabalhos voltados para a relação solo paisagem. Na Paraíba, destaca-se a caracterização dos atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos de áreas de várzea do município de Souza (Corrêa et al., 2003); caracterização de atributos físicos, químicos e mineralógicos de Luvissolos e Planossolos sob rochas metamórficas (gnaisses) nos municípios de Prata e Serra Branca (Oliveira et al., 2009) e a caracterização física e química de solos sob Caatinga degradada sobre relevo suave ondulado na região de Patos, São Mamede e Passagem (Santos et al., 2013).

Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar as relações solo-paisagem-material de origem em três topossequências sob calcário, xisto, migmatito, gnaisse e granito na microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba, testando as seguintes hipóteses: i) os atributos dos solos variam em função do material de origem nas topossequências avaliadas; ii) os compartimentos da paisagem interferem nos atributos do solo nas topossequencias avaliadas; iii) os processos pedogenéticos específicos variam em função da posição na paisagem nas topossequências avaliadas; iv) os solos enquadram-se perfeitamente nos sistemas taxonômicos (SiBCS).

1.2 Justificativa

O Cariri paraibano, localizado no complexo geológico do Planalto da Borborema, é composto por uma litologia antiga formada nos períodos arqueano e paleoproterozóico, onde é encontrado um complexo geológico constituídos por diferentes tipos de rochas cristalinas com diferentes graus de metamorfismo. Essas rochas possuem ampla variação mineralógica e diferentes graus de resistência ao intemperismo, o que contribui para um modelado com diferentes feições e ampla diversidade da cobertura pedológica na região.

A região do Cariri também se encontra em considerável estádio de degradação e/ou desertificação principalmente devido ao inadequado uso da terra. Além da conversão da Caatinga para sistemas de subsistência de baixa produtividade e com baixo nível tecnológico, a perda da qualidade do solo agrava o déficit hídrico da região e torna as terras improdutivas, o que é um entrave para o desenvolvimento social e econômico da região. Dessa forma, a implantação de políticas públicas eficientes de recuperação ambiental ou de conservação do bioma Caatinga perpassa pelo conhecimento pedológico da região.

Nesse sentido, essa pesquisa envolvendo a relação solo-paisagem em um ambiente tão complexo surge como uma ferramenta de considerável potencial para desmistificar a influência da litologia e geomorfologia no comportamento dos solos locais. Pesquisas dessa natureza também permitem uma investigação integrada dos processos pedogenéticos, composição mineral e matéria orgânica, identificando os solos mais vulneráveis à degradação em ecossistemas naturais e aqueles prioritários para intervenção por parte do poder público. Por último, esses também pode subsidiar a implantação de tecnologias adequadas que reduzam os impactos negativos do uso do solo, visando a sustentabilidade de agroecossistemas.

Para isso, nessa pesquisa foram avaliados solos em diferentes segmentos da paisagem (interflúvio, terço superior, terço inferior e sopé) em três topossequências (I, II e III). Na toposequência-1 (TS-I) os solos são formados de rochas calcárias e xistos; na topossequência-2 (TS-II) os solos se originaram do intemperismo de migmatitos e gnaisses, e; na topossequência-3 (TS-III) os solos são formados de granito. Esse grau de complexidade certamente permitiu um entendimento minucioso dos atributos dos solos e suas relações com os referidos materiais de origem e os diferentes compartimentos da paisagem, resultando em um importante documento para subsidiar formas adequadas de uso da terra na região.

1.3 Referências

ALVES, Grace Beingenstab. A formação das paisagens sertanejas no tempo e no espaço. Sertão, sertões: repensando contradições, reconstruindo veredas. Elefante Editora, p. 145-151, 2019.

BETARD, F. et al. Biodiversité, géodiversité et enjeux de leur conservation dans les montagnes humides du Nordeste brésilien (Biodiversity, geodiversity and conservation challenges in the humid mountains of Northeast Brazil). **Bulletin de l'Association de géographes français**, v. 88, n. 1, p. 17-26, 2011.

CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações Soil-landscape relationships: concepts, developments and applications. **Ambiência**, v. 8, n. 3, p. 963-982, 2012

CORRÊA, M. M. et al. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). Revista Brasileira de 0Ciência do Solo, v. 27, n.2, p. 311-324, 2003.

ESPINDOLA, C. R. A pedologia e a evolução das paisagens. **Revista do Instituto Geológico**, v. 31, n. 1-2, p. 67-92, 2010.

FALCO, N. et al. Geodiversity impacts plant community structure in a semi-arid region. **Scientific reports**, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2021

FONTANA, A. C. et al. CARACTERIZAÇÃO E COMPORTAMENTO FÍSICO-HÍDRICOS DO SISTEMA PEDOLÓGICO DA TOPOSSEQUÊNCIA DE SOLOS DOURADOS, CAMBIRA, PR, BRASIL. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 53, p. 182-201, 2021.

OLIVEIRA, L. B. et al. Morfologia e classificação de Luvissolos e Planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1333-1345, 2009.

OLIVEIRA, D. C.; SOUZA, J. P. Detalhamento de mapeamento de solos em ambientes semiáridos. **Revista OKARA: Geografia em debate**, p. 1-25, 2018.

PEREIRA, B. C. RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM E SUA APLICABILIDADE: Uma ferramenta fundamental para o entendimento da caracterização da paisagem. **Cadernos do Leste**, v. 20, n. 20, 2020.

PEREIRA, M. G. et al. Formação e caracterização de solos. Tulio L, organizador. Formação, classificação e cartografia dos solos. Ponta Grossa (PR): Atena Editora, p. 1-20, 2019.

SANTOS, Edilton José dos et al. Geologia e recursos minerais do Estado da Paraíba. 2002.

SANTOS, R. V. et al. Atributos do solo-paisagem em áreas degradadas com malva-branca, Sida cordifolia L., no semiárido paraibano. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v. 8, n. 3, p. 41, 2013.

SIDLE, R. C. et al. Hydrogeomorphic processes and scaling issues in the continuum from soil pedons to catchments. **Earth-Science Reviews**, v. 175, p. 75-96, 2017.

VERDUM, R. et al. As múltiplas abordagens para o estudo da paisagem. **Espaço Aberto**, v. 6, n. 1, p. 131-150, 2016.

2 CAPÍTULO 1 - RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM EM UMA TOPOLITOSSEQUENCIA SOB ROCHAS METACALCÁRIAS E XISTO EM MONTEIRO, PB

Resumo

A região do Cariri Ocidental paraibano possui ampla variação geomorfológica e litológica, resultando em uma complexa cobertura pedológica. A diversidade de solos nessa região torna os levantamentos pedológicos onerosos e laboriosos. Sendo assim, pesquisas que abordam a relação solo paisagem constituem uma ferramenta eficiente para o estudo de solos em regiões dotadas de grande geodiversidade. O objetivo desse trabalho foi estudar a relação solo-relevo-material de origem em uma topolitossequência sobre rochas metacalcárias e xistos no município de Monteiro-PB, microrregião do Cariri Oriental da Paraíba. Em cada compartimento da vertente foi descrito e amostrado um perfil de solo, a saber: a) terço superior (P1); b) interflúvio (P2); (c) terço inferior (P3) e; sopé (P4). Os pedons P1 e P2 são formados de rochas metacalcáreas e P3 e P4 originados de xistos. Foram avaliados os atributos físicos (granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total) e químicos (pH H_2O e KCl, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, Al^{3+}, H+Al, P e carbono orgânico total). Também foram carreadas análises mineralógicas da fração areia, silte e argila por difratometria de raios X e determinado os teores totais de elementos maiores por fluorescência de raios X. Os solos foram classificados como P1 Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico (CXve), P2 Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (CXve), P3 Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd) e P4 Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (CXve). A moderada profundidade aliada aos teores consideráveis de areia grossa e silte nos solos indica baixo grau de intemperismo sob condições semiáridas. Os solos localizados no topo e no terço superior (metalcacáreas) são eutróficos, possuem maiores teores de SiO_2 e apresentam minerais 2:1 (bissialitização), enquanto os solos das posições de meia encosta e sopé (xistos) são distróficos, possuem maiores teores de Al_2O_3 e são predominantemente cauliníticos (monossiatilização). Os processos de elutriação e formação de argila in situ criaram condições para formação de gradiente textural na meia encosta. Variação nos atributos morfológicos, físicos e químicos de solos sob material de origem semelhante confirma a importante ação do relevo na instalação de processos pedogenéticos específicos.

Palavras-chave: semiárido, relevo, pedogênese, caatinga, geodiversidade.

Abstract

The Western Cariri region of Paraíba has a wide geomorphological and lithological variation, resulting in a complex pedological cover. The diversity of soils in this region makes pedological surveys costly and laborious. Therefore, research that addresses the soil-landscape relationship is an efficient tool for the study of soils in regions with great geodiversity. The objective of this work was to study the soil-relief-parent material relationship in a topolitosequence on metalimestone rocks and shales in the municipality of Monteiro-PB, microregion of Cariri Oriental da Paraíba. In each compartment of the slope, a soil profile was described and sampled, namely: a) upper third (P1); b) interfluve (P2); (c) lower third (P3) and; foot (P4). Pedons P1 and P2 are formed from metacalcareous rocks and P3 and P4 from shales. The physical (granulometry, clay dispersed in water, soil density, particle density and total porosity) and chemical (pH H_2O and KCl, $Ca2^+$, $Mg2^+$, K^+, Na^+, $Al3^+$, H+Al, P and organic carbon) attributes were evaluated. total). Mineralogical analyzes of the sand, silt and clay fraction were also carried out by X-ray diffraction and the total contents of major elements were determined by X-ray fluorescence. The soils were classified as P1 Haplic Cambisol Ta Eutrophic argisolic (CXve), P2 Haplic Cambisol Ta Fragmentary Eutrophic (CXve), P3 Typical Dystrophic Yellow Argisol (PAd) and P4 Fragmentary Haplic Cambisol Ta Eutrophic (CXve). The moderate depth allied to the considerable contents of coarse sand and silt in the soils indicates a low degree of weathering under semi-arid conditions. The soils located at the top and in the upper third (metalcacareous) are eutrophic, have higher SiO_2 contents and present minerals 2:1 (bissialitization), while the soils in the mid-slope and foothill positions (schist) are dystrophic, have higher contents. of Al_2O_3 and are predominantly kaolinitic (monosiatilization). The in situ elutriation and clay formation processes created conditions for the formation of a textural gradient on the mid-slope. Variation in the morphological, physical and chemical attributes of soils under material of similar origin confirms the important action of relief in the installation of specific pedogenetic processes. Investigations on the soil-relief-source material relationship is an important tool for understanding the pedological cover in regions with vast lithological and geomorphological diversity such as the Brazilian semi-arid region.

Keywords: semi-arid, relief, pedogenesis, caatinga, geodiversity.

2.1 Introdução

A relação solo-paisagem tem origem no surgimento da ciência do solo quando o relevo é incluído na equação dos fatores de formação do solo. À medida que a ciência do solo foi evoluindo, o relevo foi ganhando ainda mais importância para entender a formação e distribuição dos solos na paisagem. Para tal, destaca-se, a formulação do conceito de catena para avaliar de a influência da topografia na distribuição dos solos (MILNE, 1935), os modelos de superfície geomórfica (RUHE, 1956; DANIELS, 1971) e a definição das unidades de vertente (DALRYMPLE et al., 1968).

O movimento da água no sentido do declive tem forte influência na variação dos atributos solo. Sendo assim, a morfologia do terreno governa os fluxos de água tanto em superfície quanto em subsuperfície, e esses são responsáveis pelo transporte e distribuição de materiais ao longo da paisagem (VAN DER MEIJ et al., 2018; SILVA et al., 2019). Logo, a topografia controla processos pedogenéticos específicos e, por conseguinte, a variação dos solos e seus atributos e propriedades (CAMPOS, 2012).

Nesse sentido, a aplicação de modelos de paisagem é eficiente para investigações pedológicas em países com grande diversidade de solos, pois permite realizar predições da variação dos solos em uma determinada região, tendo como base a variação do relevo (CAMPOS, 2012). No Brasil, alguns dos principais trabalhos que abordam a relação solo-paisagem são os trabalhos de Campos et al. (2011; 2012), Delarmelinda et al. (2017) e Fonseca et al. (2021). No semiárido brasileiro destacam-se os trabalhos de Côrrea et al. (2003), Oliveira et al. (2009), Santos et al. (2013) e Marques et al. (2021).

A região semiárida é historicamente afetada pela exploração inadequada do solo, gerando graves problemas ambientais e econômicos (ARAUJO et al., 2023). Por isso, torna-se essencial a manutenção da qualidade do solo para preservação e/ou conservação do bioma Caatinga, rico em biodiversidade, e que tem alta capacidade para sequestrar carbono (SILVA et al., 2017; MENDES et al., 2020; SILVA et al., 2021), bem como a preservação dos escassos recursos hídricos nessa região (SILVA et al., 2020; SILVA et al., 2022). Ainda, do ponto de vista geológico o semiárido é uma região complexa com grande geodiversidade, o que favorece a ocorrência de uma grande variedade de solos, o que dificulta a formulação de estratégias de uso adequado da terra (REBOITA et al., 2016; SILVA et al., 2021).

Sendo assim, estudos com enfoque nas relações solo-paisagem podem contribuir de forma significativa para a identificação, mapeamento e predição dos solos ao longo do relevo, visando a implantação de tecnologias que promovam os usos dos solos de forma sustentável (ADEGBITE et al., 2019; CAHYANA et al., 2022). Para isso, nessa pesquisa, testamos as

seguintes hipóteses: i) os solos apresentam variações em seus atributos morfológicos, físicos e químicos em diferentes posições do relevo, apesar de alguns serem formados a partir de material de origem semelhante; ii) é possível enquadrar todas as propriedades e atributos dos solos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS, 2018).

Assim, considerando a complexa geodiversidade da região semiárida e a necessidade de estudos que estabeleçam a relação entre o solo e as feições do relevo, este trabalho tem como objetivo estudar a relação solo-paisagem-material de origem em uma topolitossequência sobre rochas metacalcárias e xistos no município de Monteiro-PB, microrregião do Cariri Oriental da Paraíba.

2.2 Material e métodos

Localização da área de estudo

A topolitossequência estudada está localizada no Planalto da Borborema, microrregião do Cariri Oriental do Estado da Paraíba, pertencente ao município de Monteiro (Figura 1).

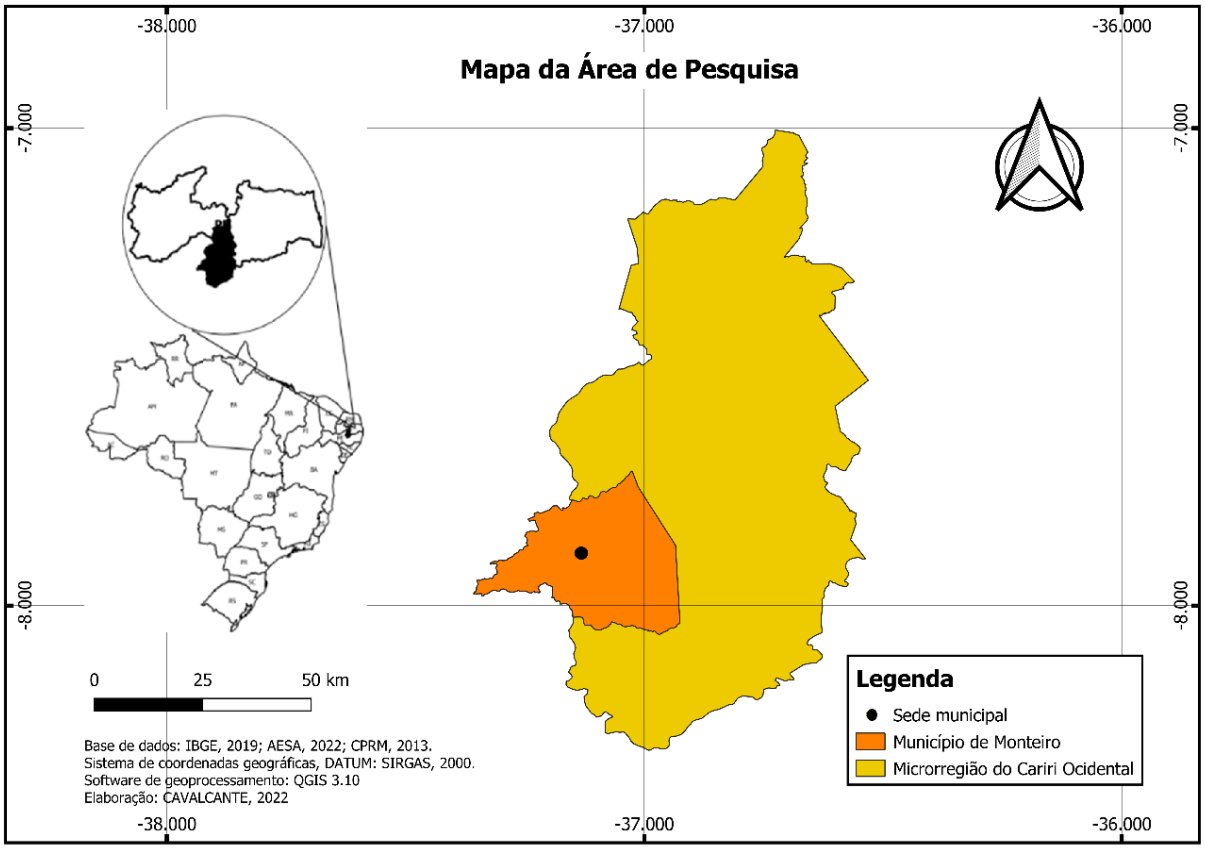

Figura 1. Mapa da microrregião do cariri ocidental com destaque para o município de Monteiro-PB.

O clima da região é caracterizado com semiárido de baixa altitude e latitude (BSh) segundo a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), caracterizado por ambiente com altas temperaturas, com chuvas na estação do verão e no inverno período de estiagem, e com médias mensais de temperaturas sempre superiores a 18 °C. A região apresenta um período chuvoso com duração de quatro a cinco meses e período de estiagem que se estende por sete a oito meses. As chuvas nessa região são mal distribuídas, devido a irregularidades espaço temporais, mesmo no período úmido (NUNES et al., 2020).

O município de Monteiro está localizado no domínio morfoestrutural do planalto da Borborema, e na região geomorfológica da Depressão Interplanáltica Paraibana. A geomorfologia do município é representada em maior parte por pedimento com declividade variando de 0 a 8%, e com predomínio de relevo suave ondulado com diversas declividades intercalados com relevo plano (TORRES & SILVA, 2016; XAVIER et al., 2016), conferindo à região heterogeneidade paisagística no âmbito da geomorfologia.

A topossequência tem uma parte inserida no complexo geológico Caroalina-Surubim, datado do período geológico proterozóico (entre 2,5 bilhões de anos e 542 milhões de anos) e neoproterozóico (entre 1 bilhão e 541 milhões de anos), com litologia predominante de rochas metacalcárias, podendo ocorrer camadas finas de sedimentos sílticos-argilosos consolidados. A outra parte da topossequência está inserida no Complexo Sertânea, período geológico paleoproterozóico (entre 2,5 bilhões de anos e 1,6 bilhões de anos), sob litologia formada predominantemente por metassedimentos síltico-argilosos, representados por xistos, podendo encontrar metassedimentos arenosos, metacalcários e calssilicáticas intercalados com esse material (TORRES & SILVA, 2016).

Delimitação da topolitossequência

Após o reconhecimento prévio da área de estudo com auxílio de mapas (SANTOS et al., 2002; TORRES & SILVA, 2016), foi realizado um trabalho de campo de caráter exploratório, reconhecimento e análise da paisagem para identificar os locais estratégicos para a abertura de trincheiras.

Os critérios para seleção das trincheiras na topolitossequência foi: (i) posição na paisagem, alocando-se os perfis desde a maior altimetria (ombro e terço superior) até as partes de menor hipsometria (sopé de deposição): (ii) e a cobertura do solo, onde foram evitados locais com indícios de alteração da vegetação nativa e, (iii) seleção de dois pedons em cada um dos dois materiais de origem da topolitosequência. Tais critérios foram utilizados a fim de se avaliar

solos em condições sob baixa intensidade de intervenção antrópica e que sejam representativos da topolitosequência da região. (Figura 2).

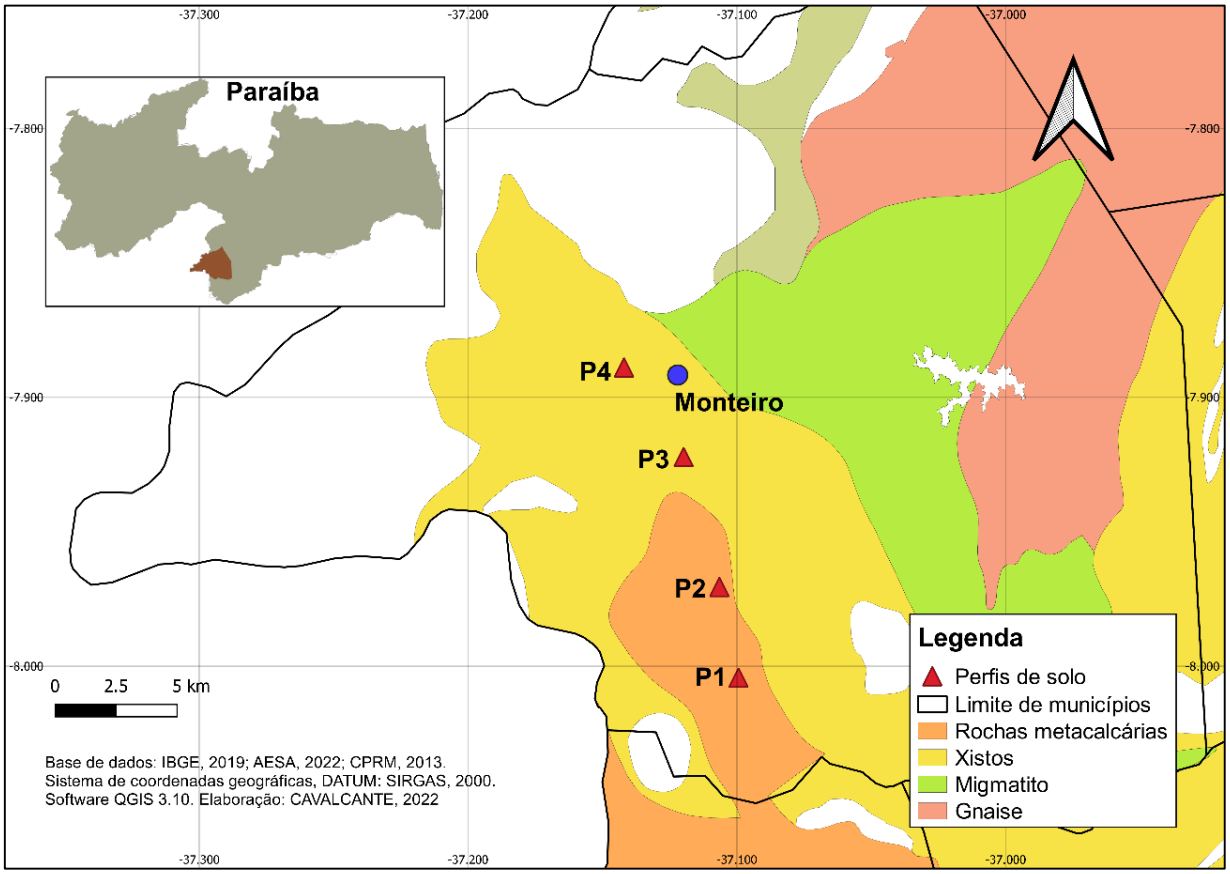

Figura 2. Localização dos perfis nos diferentes materiais de origem estudados na região de Monteiro, PB.

Na topolitossequência foi estabelecido um caminhamento livre desde o segmento de ombro até o sopé de deposição. Essa transeção incluiu as diferentes superfícies geomórficas existentes, no qual foram identificadas e delimitadas “in situ” conforme critérios topográficos, tais como ruptura do relevo (aumento ou diminuição da declividade) e estratigráficos (identificação do material de origem), (RUHE, 1969; DANIELS et al., 1971).

Ao longo do caminhamento foram realizadas mensurações da altitude para a elaboração do perfil altimétrico. Os diferentes segmentos da vertente das superfícies geomórficas foram compartimentalizados com base no modelo de Dalrymple et al. (1968). O reconhecimento foi realizado principalmente a partir na declividade do terreno, cuja finalidade foi estabelecer relações entre os segmentos da vertente (topo, ombro, terço superior, médio e inferior, sopé de deposição e sopé colúvio-aluvial) e suas relações com as superfícies geomórficas.

Perfis de solos foram estudados nos segmentos terço superior, topo, terço médio e sopé de deposição da topolitossequência. A descrição morfológica e a coleta das amostras deformadas e indeformadas (anéis volumétricos) por horizonte pedogenético foi realizada de acordo com as normas constantes em Santos et al. (2015) e Schoeneberger et al. (2012). Os

solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018).

2.3 Análises Laboratoriais

As amostras foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras com malha < 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As análises físicas e químicas foram realizadas conforme (TEIXEIRA et al., 2017).

Análises Físicas

As frações > 2 mm foram tratadas com hidróxido de sódio por um período de 24 horas e, em seguida, lavadas para obtenção da fração calhaus (20 cm a 20 mm) e cascalho (20 -2 mm) e a partir do cálculo percentual em relação ao peso total das amostras. A análise granulométrica da TFSA e a argila dispersa em água foram realizadas pelo método da pipeta, utilizando-se NaOH 1 mol L e H_2O como dispersantes, respectivamente A fração areia foi obtida por tamisação, a argila por sedimentação e o silte por diferença. A densidade do solo (Ds) foi obtida pelo método do anel volumétrico e a densidade de partícula (Dp) pelo método do balão volumétrico. A porosidade total foi calculada a partir dos dados obtidos das densidades do solo e das partículas, empregando-se a seguinte expressão: Pt= 100 (1- Ds/Dp).

Análises Químicas

O pH foi determinado em água (1:2,5 - solo: H_2O) e a condutividade elétrica (CE) obtida por meio de condutivímetro de leitura direta (1:5,0 - solo: H_2O). Os teores trocáveis de Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl 1 mol L^{-1}, enquanto P, K^+ e Na^+ foram extraídos com solução Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L^{-1} + H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}). A acidez potencial (H + Al) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} pH 7,0, por titulometria. Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por complexometria EDTA, usando-se como indicador negro-de-eriocromo – T, Al^{3+} por titulação, K^+ e Na^+ por fotometria de chama e P por colorimetria. O carbono orgânico total (COT) foi determinado pelo método proposto por Yeomans e Bremner (1988).

De posse dos resultados, foram obtidos os índices grau de floculação (GF), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) e total (T), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e porcentagem de saturação por sódio (PST) (Teixeira et al. 2017).

Análises mineralógicas

Difratometria de Raios –X (DRX)

A matéria orgânica das amostras foi eliminada com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e o ferro foi eliminado com ditionito-citrato de sódio-bicarbonato de sódio – DCB (MEHRA & JACKSON, 1960). A fração areia será separada por peneiramento e a fração argila e silte por sedimentação (JACKSON, 2005). Os minerais da fração areia e silte foram indentificados em lâminas em pó. A fração argila foi montada em lâminas orientadas e identificada após os seguintes pré-tratamentos: Mg^{2+} em temperatura ambiente (25ºC) e Mg^{2+} solvatada com glicerol para determinação de minerais do grupo das esmectitas. Os minerais foram submetidos à difração de raio-X no difratômetro D-2 Phaser Bruker, de acordo com os seguintes parâmetros de ajuste de equipagem: fenda de 1,0 mm, intervalo angular (2θ) de 3 – 40° (argila) e 5 – 70° (areia e silte), tempo de 2,0 s, passo de 0.0125, "anti-scatter slit", "faca"de 1,0 mm e abertura de detector de 3,0° (99 canais). A identificação das fases minerais presentes foi realizada pelo programa EVA do D-2 Phaser.

Fluorescência de Raios –X (FRX)

Os teores elementares de elementos maiores dos solos foram obtidos por meio de espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF). As amostras foram passadas em peneiras de 0,053 mm e posteriormente prensadas com ácido bórico em uma prensa Vaneox Pressing Technology. Em seguida, os elementos foram determinados no equipamento S2 Ranger Bruker com detector de silício X-Flash com refrigeração Peltier. As análises qualitativas e semiquantitativas foram realizadas no programa Espectra EDX.

2.3 Resultados

Elementos da paisagem

A configuração do relevo local apresentou superfícies com feições planas a suavemente onduladas e onduladas onde não foram registradas inclinações superiores a 5%, e uma tendência de redução da inclinação em direção ao vale do Rio Paraíba (Figura 3). Essa geomorfologia abrange boa parte do município de Monteiro, localizado do nas superfícies de aplainamento da

depressão interplanáltica do planalto da Borborema em cotas inferiores a 700m (RODRIGUES & LIMA, 2020).

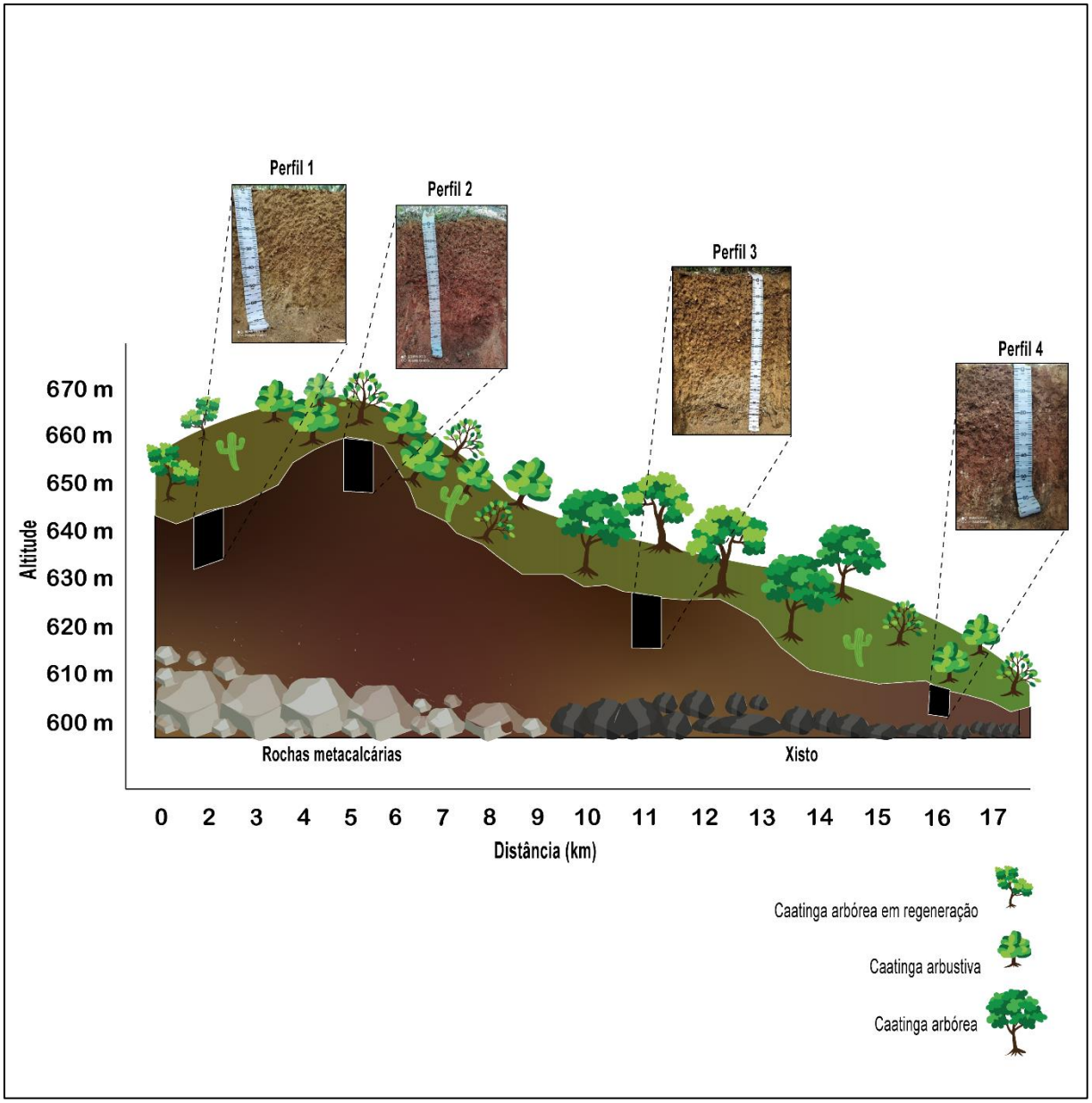

Figura 3. Perfil topográfico do terreno e localização dos perfis na topolitossequência sob rochas metacalcárias (P1 e P2) e xisto (P3 e P4) na região de Monteiro, PB. (P1) Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico; (P2) Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário; (P3) Argissolo Amarelo Distrófico típico; (P4) Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (P4: VXo)

Na topolitossequência foram constatados os elementos interflúvio ou topo, intercalados por encostas, seguidos do sopé coluvial. Aplicando os conceitos de Dalrymple et al. (1968) que define as unidades hipotéticas de vertentes, que podem ou não ocorrer ao longo encosta, foram caracterizados e mapeados quatro elementos de vertente na topolitossequência estudada sob rochas metacalcárias (P1 e P2) e xistos (P3 e P4) (Figura 3).

O primeiro elemento da paisagem corresponde à meia encosta (terço superior), e situa-se em torno de 646 m. Nesse segmento o relevo local é plano com declividade de ≤ 2,5%, onde é

comum a ocorrência de Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico (P1: CXve). Ao longo da sequência foi identificado o segmento interflúvio (divisor de águas) com máxima altitude de 660 m, e declividade ≤ 5%. Nesse segmento ocorre o Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (P2: CXve). No terço inferior da encosta, a declividade encontra-se ≤ 2,5%, com leve inclinação em direção ao canal de drenagem principal, formado a partir da dissecação do topo em períodos de erosão. Nesse segmento foi encontrado Argissolo Amarelo Distrófico típico (P3: PAd). Por fim, o sopé apresenta aproximadamente 610 m e, declividade ≤ 2,5%, corresponde a uma zona de deposição de material oriundo erodido à montante nas vertentes e material transportado em solução por meios de fluxos superficiais e subsuperficiais. Nesse segmento ocorre Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (P4: CXve).

Atributos Morfológicos

Na meia encosta (terço inferior) ocorre Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico (CXve), com sequência de horizontes A-BA-Bi-BC. O solo é pouco profundo (70 cm), com horizonte A e BA de textura franco-argiloarenosa, Bi argilosa e BC franco arenosa. O solo apresenta cor bruno-acinzentado muito escuro (10YR 2/2, úmida) no horizonte A, bruno no BA (7,5YR 4/4, úmida), bruno-forte (7,5YR 4/6, úmida) no Bt e amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, úmida) no BC. A estrutura no horizonte A é forte granular, ao passo que pequenos a grandes blocos angulares e subangulares são encontrados nos horizontes BA e Bi. A estrutura do horizonte BC é do tipo laminar. A consistência no horizonte A é macia, friável, ligeiramente plástica e pegajosa, enquanto nos demais horizontes é, em geral, ligeiramente duras, firmes, plásticas e pegajosas. A transição entre os primeiros horizontes é plana, tornando-se ondulada entre o Bi e BC.

No topo da paisagem, foi identificado um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (CXve), com sequência de horizontes A-Bi -Cr. O solo é pouco profundo (80 cm), com horizonte A e Bi apesentando textura franco-argilo arenosa e areia franca no Cr. O solo apresenta coloração bruno-amarelado-escura (10YR 4/6, úmida) no horizonte A bruno (7,5YR 4/4, úmida) no Bi e vermelha (2,5YR 4/6, úmida) no Cr, (Tabela 1). Estrutura com grau de desenvolvimento pedogenético fraco a moderado, de tamanho pequeno a médio do tipo bloco subangular ocorre no A e Bi. O horizonte Cr apresenta estrutura laminar. O horizonte A é macio, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso, enquanto os demais horizontes são macios, firmes, não plásticos e não pegajosos. A transição entre os horizontes A e Bi é plana e clara e entre Bi e Cr é irregular e clara (Tabela 1).

Tabela 1: atributos morfológicos dos solos em uma topolitossequência sobre xistos e rochas metacalcárias em Monteiro, PB.

Horiz.	Prof.	Cor (úmida)	[1]Classe textural	[2]Estrutura	[3]Consistência (seca, úmido e molhado)	[4]Transição
	(cm)					
P1 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico - metacalcárias						
A	0- 13	10 YR 3/2	fr. arg. arenosa	for., gr. e bl. ang/sub.	mac., fri., lplas. e peg.	dif. e pla.
BA	13-32	7,5 YR 4/4	fr. arg. arenosa	for., peq/ med. e bl. ang/sub.	ligdr., fri., plas. e peg.	cla. e pla.
Bi	32-53	7,5 YR 4/6	argila	for., peq/med. e bl. ang/ sub.	ligdr., fir., plas. e peg.	dif. e ond.
BC	53-70	7,5 YR 6/6	fr. arenosa	for., med/gr. e lam.	mdr., fri., plas. e peg.	-
P2 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - metacalcáreas						
A	0-16	10 YR 4/6	fr. arg. arenosa	fr., peq/med, e bl sub.	mac., fri., lplas. e lpeg.	cla. e pla.
Bi	16-38	7,5 YR 4/4	fr. arg. arenosa	mod., med. e bl. sub.	mac., fri., nplas. e npeg.	cla. e pla.
Cr	38-80	2,5 YR 4/6	areia franca	mac., méd. e lam.	mac., fir., nplas. e npeg.	-
P3 – Argissolo Amarelo Distrófico típico - xistos						
A	0-15	10 YR 5/6	areia	mod/for., gr/mgr. e bl. ang/sub.	ligdr., fri., lplas. e lpeg.	gra. e pla.
Bi	15-33	7,5 YR 3/4	fr. arenosa	for., peq/med. e bl. ang/sub.	dr., mfri., plas. e peg.	gra. e ond.
CB	33-55	10 YR 5/6	fr. arg. arenosa	fr., peq/med. e lam.	ligdr., fri., nplas. e npeg.	gra. e pla.
Cr	55-100	10 YR 4/4	fr. arenosa	fr., peq. e lam.	extdr., fri., nplas. e npeg.	-
P4 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - xistos						
A	0-14	10 YR 4/3	fr. argilosa	for., gra/mgr. e bl. ang/sub.	ligdr., fri., plas. e peg.	gra. e pla.
AB	14-26	7,5 YR 3/4	arg. arenosa	mod., med/gr. e bl.ang/sub.	dr., fri., mplas. e mpeg.	gra. e pla.
Bi	26-39	2,5 YR 3/6	argila	for., med/gr. e lam	dr., fri., mplas. e mpeg.	gra. e pla.
BCr	39-61	2,5 YR 4/8	arg. arenosa	mod., med./gr. e lam.	mdr., fri., mplas. e mpeg.	-

(1) fr. arg arenosa: franco argiloarenosa; fr. arenosa: franco arenosa; arg. arenosa: argila arenosa; (2) fr.: fraca; mod.: moderada; for.: forte; peq.: pequena, med.: média; gr.: grande; mgr.: muito grande; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares. (3) mac.: macio; ligdr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mdr.: muito duro; extdr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; nplas.: não plástico; lplas.: ligeiramente plástico; plas.: plástico; mplas.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lpeg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.: muito pegajoso. (4) cla.: clara; gra.: gradual; dif.: difusa; pla.: plana; ond.: ondulada;

Na meia encosta foi identificado um Argissolo Amarelo Distrófico típico (PAd). Apresenta textura areia/francoarenosa/franco-argiloarenosa, e sequência de horizontes A-Bt-CB-Cr, apresentando coloração bruno-amarelado-escuro, bruno-escuro, bruno-amarelado e bruno-amarelado-escuro respectivamente (Tabela 1).

No sopé o solo foi identificado como Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (CXve), que se formou a partir de xisto. A vegetação predominante é de caatinga arbustiva em regeneração, o terreno tem uma declividade de 0 a 2,5%, drenagem moderada e textura franco-argilosa, argilo-arenosa e argila. O perfil apresentou sequência de horizontes A-AB-Bi-BCr, e foi constatado a seguinte coloração: bruno, bruno escuro e vermelho respectivamente (Tabela 1).

Atributos Físicos

Os atributos físicos dos solos da topolitossequência sobre rochas metacalcárias e xistos são apresentados na Tabela 2. Os maiores teores de cascalho foram obtidos no P2, com distribuição homogênea em todo o pedon. O P3 apresenta os maiores teores de areia, com destaque para a areia grossa. Os maiores teores de argila foram encontrados no P4, notadamente no horizonte diagnóstico Bi. A maior relação silte/argila foi encontrada nos horizontes BC e Cr (P1 e P2, respectivamente) dos solos desenvolvidos de rochas metacalcareas. Em contraste, os solos formados de xistos apresentam teores mais elevados da relação silte/argila no horizonte superficial.

Em geral, o grau de floculação (GF) foi mais elevado no P3, sendo observado maiores valores nos horizontes diagnósticos subsuperficiais e transicionais ao material de origem em todos os perfis. A argila dispersa em água (ADA) é mais elevada no P1 sob rochas metacalcárias e nos horizontes superficiais A e AB do P4 originado de xistos. Em geral, a densidade do solo (Ds) aumentou em profundidade em todos os perfis. A Ds variou de 1,18-1,50 g cm^{-3} na meia encosta (P1) e entre 1,17-1,57 g cm^{-3} no topo (P2), ambos formados de rochas metacalcárias. Nos segmentos mais rebaixados da paisagem essa variação foi de 1,29-1,60 g cm^{-3} no terço inferior (P3) e de 1,03-1,49 g cm^{-3} no sopé (P4), ambos formados a partir da alteração de xistos. Em geral, a densidade de partículas (Dp) é mais baixa nos horizontes superficiais, com valores entre 2,59-2,71 g cm^{-3} na meia encosta (P1) e 2,66-2,69 g cm^{-3} no topo (P2) (rochas metacalcáreas), enquanto essa variação foi de 2,60-2,69 g cm^{-3} no terço inferior (P3) e de 2,59-2,71 g cm^{-3} no sopé (P4). À exceção do P4, a porosidade total (Pt) aumenta em profundidade nos demais perfis.

Tabela 2. Atributos físicos dos solos em uma topolitossequência sob rochas metacalcárias e xisto, no Município de Monteiro-PB.

Horiz.	Prof.	Casc.	AG	AF	Silte	Argila	ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
	cm	- -- - - - - - - - - - - g kg^{-1} - - - - - - - - -- - - - - - - --						%		g cm^{-3}		%
P1 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico - metacalcárias												
A	0-13	65,1	399	191	171	240	180	25	0,7	1,17	2,69	45
BA	13-32	63,9	341	125	193	340	280	18	0,6	1,42	2,59	54
Bi	32-53	102,8	226	102	272	400	280	30	0,7	1,50	2,71	55
BC	53-70	40,9	364	172	324	140	80	43	2,3	1,57	2,67	58
P2 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - metacalcáreas												
A	0-16	216,3	313	184	303	200	180	10	1,5	1,18	2,66	44
Bi	16-38	212,3	336	186	218	260	40	85	0,8	1,42	2,69	52
Cr	38-80	204,3	453	229	299	20	20	0	15,0	1,50	2,68	56
P3 – Argissolo Amarelo Distrófico típico - xistos												
A	0-15	125,1	635	223	101	40	0	100	2,5	1,29	2,69	48
Bt	15-33	73,9	502	179	179	140	60	57	1,3	1,47	2,60	57
CB	33-55	34,1	524	135	140	200	160	20	0,7	1,23	2,62	47
Cr	55-100	89,2	595	103	122	180	0	100	0,7	1,60	2,62	61
P4 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - xistos												
A	0-14	60,7	204	167	329	300	220	27	1,1	1,03	2,59	60
AB	14-26	387,8	344	139	157	360	280	22	0,4	1,41	2,70	52
Bi	26-39	50,3	252	87	141	520	40	92	0,3	1,47	2,71	54
BCr	39-61	80,0	292	154	194	360	20	94	0,5	1,49	2,69	55

Casc.: cascalho (20-2 mm); AG: areia grossa (0,5-1 mm); AF: areia fina (0,1-0,25 mm); ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; S/A: razão silte/argila; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula; Pt: porosidade total.

Atributos Químicos

Os solos apresentam reação fortemente ácida (pH 5,3) a praticamente neutra (pH 7,0). À exceção do P2, a acidez aumenta em profundidade, notadamente no terço inferior da encosta (P1). Os valores de pH KCl diminuem gradualmente em profundidade em todos os perfis, notadamente nos horizontes diagnósticos e naqueles mais próximos ao material de origem. Todos os horizontes apresentam balanço de cargas negativas, principalmente nos horizontes que apresentam camada de rocha branda ou semibranda subjacente (sufixo r). Todos os solos apesentam valores de condutividade elétrica (CE) considerados muito baixos (0,071-0,839 dS m^{-1})

Independentemente do material de origem e da posição na paisagem, os valores de acidez trocável (Al^{3+}) são baixos em todos os perfis. À exceção do P1, os maiores teores de acidez potencial (H+Al) ocorrem no horizonte BC ou saprolito, com os maiores valores encontrados no P1 (terço superior) e P4 (sopé). À semelhança dos teores de Ca^{2+}, a soma de bases aumenta em profundidade nos solos formados a partir de metacalcários. Em relação aos solos formados de xistos, todos os horizontes do P4 apresentam SB considerada elevada, enquanto a SB no P3 é a menor em toda a sequência estudada. Por conseguinte, a maior CTC ocorre nos perfis sob metacalcáreo e no P4 (xisto). Em relação à saturação por bases, o P1, P2 e P4 são eutróficos e o P3 distrófico.

Os teores de Ca^{2+} aumentam em profundidade no P1 (2,51 e 9,34 $cmol_c$ kg^{-1} nos horizontes A e BC, respectivamente) e P2 (8,60 e 11,07 $cmol_c$ kg^{-1} nos horizontes A e Cr, respectivamente) formados de rochas metacalcárias. Comportamento inverso foi observado no P3 (terço inferior) e P4 (sopé), onde os teores de Ca^{2+} são mais elevados no horizonte superficial. Os teores mais elevados de Mg^{2+} foram encontrados nos horizontes diagnósticos e naqueles mais próximos ao material de origem do P1 e P4. Os teores de P são mais elevados nos horizontes superficiais (mg kg^{-1}: 9,23 (P1), 52,57 (P2), 302,57 (P3) e 29,35 (P4))

Os maiores teores de carbono orgânico total (COT) foram encontrados no horizonte superficial do P2 (topo: 8,6 g kg^{-1}), e 4 (sopé: 19,60 g kg^{-1}). Em geral, os teores de COT diminuem em profundidade. Entretanto, no P1 os maiores teores de COT foram encontrados em horizontes subsuperficiais.

Tabela 3 Atributos químicos dos solos em uma topolitossequencia sob rochas metacalcárias e xistos na região de Monteiro, PB.

Horiz.	Prof.	pH H_2O	pH KCl	ΔpH	CE (dS m^{-1})	P mg kg^{-1}	COT g kg^{-1}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Al^{3+}	H+Al	SB	CTC	V	m
	cm							- - - - - - - - - - - - - - - $cmol_c$ kg^{-1} - - - - - - - - - - - - -								---%---	
P1 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico - metacalcárias																	
A	0-13	6,53	5,44	-1,09	0,075	9,23	15,8	2,51	0,55	0,06	0,00	0,3	9,1	3,1	3,4	25,6	8,8
BA	13-32	6,07	4,25	-1,82	0,144	0,76	18,2	7,73	1,34	0,01	0,01	0,4	9,4	9,1	9,5	49,1	4,2
Bt	32-53	5,6	3,90	-1,7	0,357	0,00	10,0	10,12	2,29	0,00	0,00	0,7	9,6	12,4	13,1	56,4	5,3
BC	53-70	5,31	3,90	-1,41	0,839	0,00	5,7	9,34	2,37	0,00	0,00	0,6	8,7	11,7	12,3	57,2	4,9
P2 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - metacalcáreas																	
A	0-16	6,57	5,51	-1,06	0,168	52,57	12,9	8,60	1,11	0,02	0,02	0,3	4,0	9,8	10,1	71,1	3,0
Bi	16-38	6,93	5,54	-1,39	0,171	8,25	9,6	10,34	1,25	0,00	0,00	0,3	6,8	11,6	11,9	63,1	2,5
Cr	38-80	7,29	5,02	-2,27	0,103	27,76	4,8	11,07	0,88	0,00	0,00	0,3	6,8	11,9	12,2	63,8	2,5
P3 – Argissolo Amarelo Distrófico típico - xistos																	
A	0-15	7,2	5,34	-1,86	0,269	302,57	1,0	7,61	0,77	0,07	0,01	0,3	6,6	8,5	8,8	56,2	3,4
Bt	15-33	7,05	5,97	-1,08	0,170	18,91	13,9	4,51	0,26	0,01	0,02	0,2	7,4	4,8	5,0	39,3	4,0
CB	33-55	6,73	4,9	-1,83	0,097	0,98	4,3	3,55	0,47	0,00	0,03	0,3	7,8	4,1	4,4	34,3	6,9
Cr	55-100	5,77	3,96	-1,81	0,060	0,76	5,2	2,51	0,38	0,00	0,03	1,4	8,6	2,9	4,3	25,4	32,4
P4 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - xistos																	
A	0-14	6,41	5,57	-0,84	0,250	29,35	19,6	10,89	1,11	0,07	0,01	0,3	9,2	12,1	12,4	56,7	2,4
AB	14-26	6,29	4,69	-1,6	0,195	1,66	12,4	9,22	1,11	0,02	0,00	0,3	9,7	10,4	10,7	51,6	2,8
Bv	26-39	5,55	3,94	-1,61	0,122	0,00	9,6	9,63	2,03	0,00	0,01	0,9	11,7	11,7	12,6	49,9	7,2
BCr	39-61	5,78	3,77	-2,01	0,071	0,00	6,2	8,10	2,01	0,00	0,00	1,2	10,2	10,1	11,3	49,7	10,6

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; CO: Carbono orgânico.

Atributos mineralógicos

A mineralogia das frações areia e silte dos solos formados a partir de rochas metacalcárias (T2 P1 e P2) e xisto (T2 P3 e P4) é apresentada na Figura 4. Houve um predomínio de quartzo na fração areia dos solos sobre xisto (P3 e P4), enquanto nos solos sobre rochas metacalárias (P1 e P2) foi registrado presença de muscovita e plagioclásio. Já a mineralogia da fração silte foi mais semelhante na sequência de solos consistindo em minerais como quartzo (0,423; 0,334; 0,181 e 0,154 nm), plagioclásio (0,367 e 0.291 nm), feldspato (0,402; 0.372 e 0.296 nm), biotita (0,245; 0,265; 0,154 nm), goethita (0,246; 0,228; 0,219 e 0,138 nm), hematita (0,364; 0,271; 0,251 nm) e rutilo (0,327 e 1,687 nm).

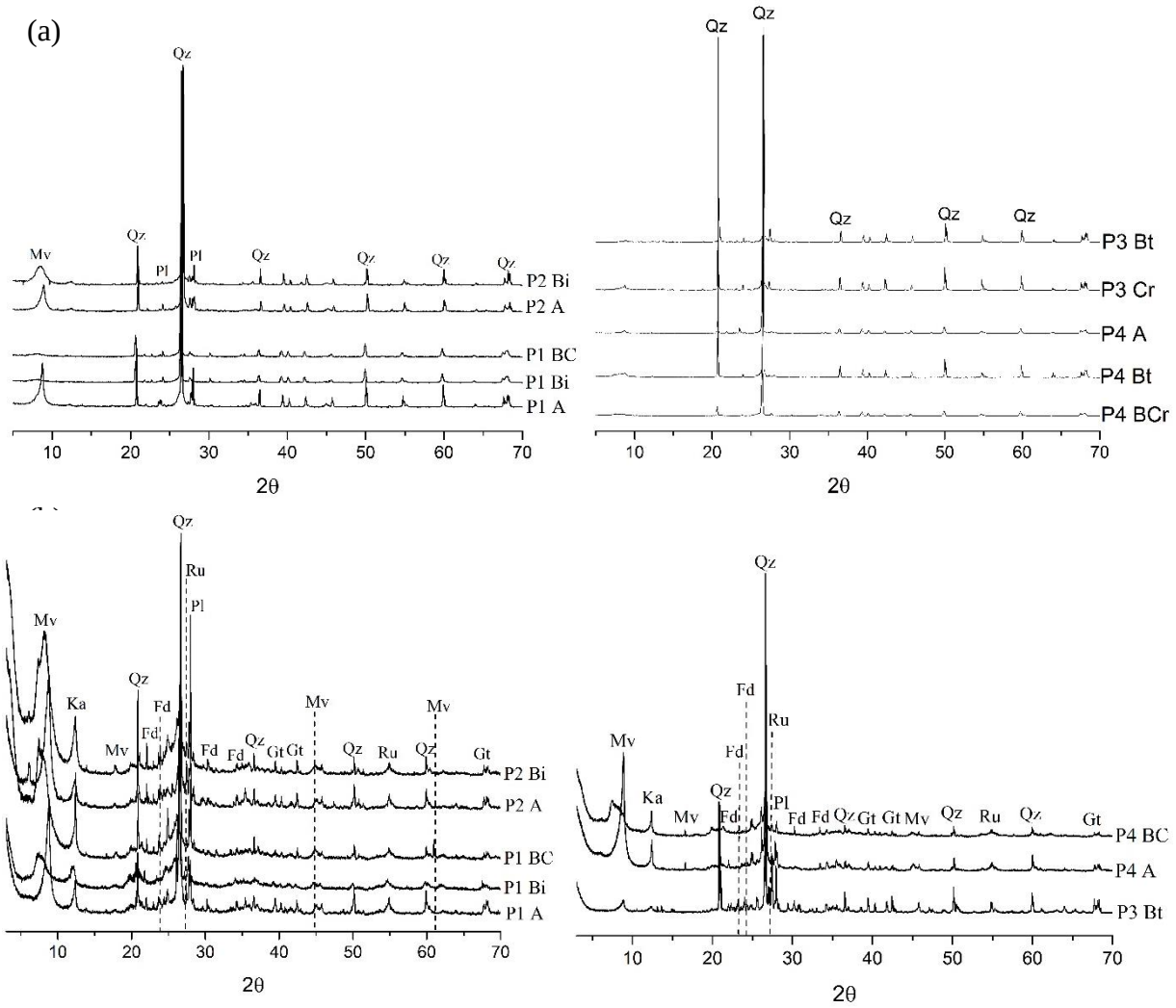

Figura 4. Difratogramas de raios-X: areia e silte dos solos sobre rochas metacalcárias (a); areia e silte dos solos sobre xisto (b). Qz: quartzo; Pl: plagioclásio; Fd: feldspato; Mv: muscovita; Gt: goethita; Ru: rutilo.

A mineralogia da fração argila dos solos é apresentada na Figura 5. Na fração argila dos solos sobre rochas metacalcárias P1 e P3 foi identificada esmectita, mica (muscovita) pelos picos à 1,00 e 0,336 nm, feldspato e caulinita pelas reflexões à 0,723, 0,41 e 0,354 nm. Já nos perfis sobre xistos (P3 e P4) houve um predomínio de muscovita e caulinita (Figura 5).

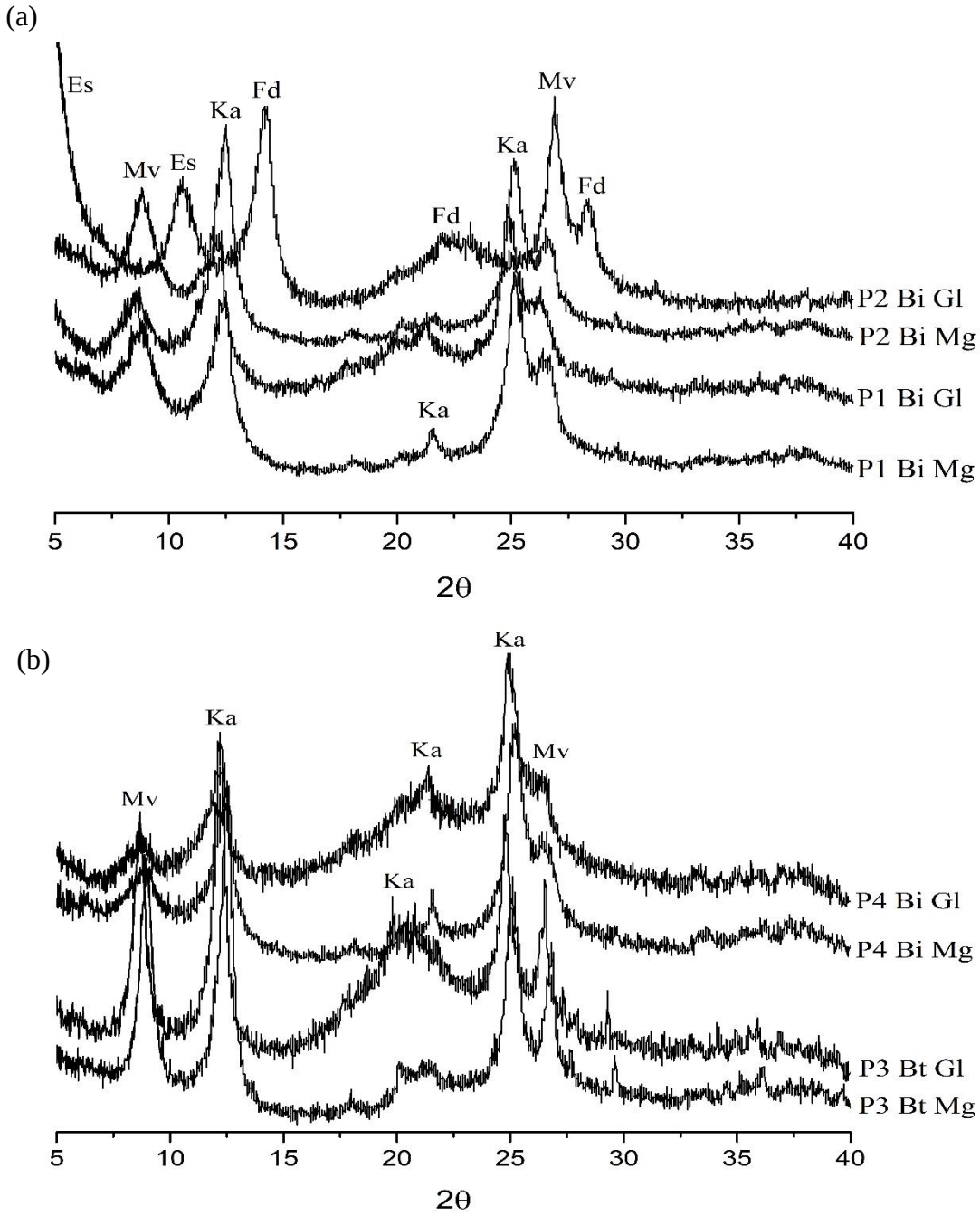

Figura 5. Difratogramas de raios-X fração argila: P1 e P2, sobre rochas metacalcárias (a); e P3 e P4 sobre xistos (b). Es: esmectita; Mv: muscovita; Fd: feldspato; Ka: caulinita.

A Tabela 4 revelou que os solos da topolitossequêcia contêm maiores teores sílica (SiO_2) em relação aos demais elementos, sendo que os maiores teores desse constituinte foram registrados no P2 (topo). No P2 houve uma redução gradual desse constituinte em profundidade, e nos demais perfis, os menores valores foram registrados nos horizontes diagnósticos subsuperficias.

O segundo elemento mais abundante na topolitossequência foi o alumínio (Al_2O_3), seguido do ferro (Fe_2O_3). O P2, registrou os menores valores desses óxidos. Considerando a distribuição desses óxidos nos horizontes, o P2, apresentou um aumento em profundidade, e nos demais, os maiores valores foram registrados nos horizontes diagnósticos subsuperficiais.

Os teores titânio (TiO_2) foram maiores no P4 (sopé), seguido do P1 (meia encosta - terço superior), por outro lado, o P2 registrou os menores valores desse elemento. No P2 e P4 houve um amento de TiO_2 em profundidade, já P3 (meia encosta) houve redução, e no P1 os maiores teores foram encontrados no horizonte diagnóstico Bi. Em relação ao cálcio (CaO), o P2 registrou os menores teores, com um padrão de redução em profundidade. Já os maiores valores desse elemento foram registrados no P3 com maior acumulação no horizonte Cr, e P1 com maior acumulação no horizonte BC. Já no P4 houve uma maior concentração no horizonte A.

Para o magnésio (MgO), os maiores valores apareceram no P3 e P1, sendo que esses apresentaram um aumento em profundidade, enquanto o P2 apresentou os menores valores, com menor concentração no horizonte superficial. No P4 houve uma maior acumulação em profundidade e no horizonte superficial.

Em relação ao potássio (K_2O), o P2 registrou os maiores teores, com maior concentração em profunfidade, seguido do P3, onde houve redução em profundidade. Já o P1 e P4 apresentaram os menores valores, sendo que no primeiro houve uma maior acumulação no horizonte diagnostico subsuperficial, e o segundo no horizonte superficial.

Em relação ao sódio (Na_2O), o P3 apresentou os maiores valores, enquanto no P1 foi registrado o menor valor. Referente a distribuição nos horizontes, no topo houve uma redução em profundidade, enquanto na meia encosta houve um aumento. No P4 houve uma maior acumulação no horizonte superficial e aumentou levemente em profundidade, já no P1 a maior acumulação foi registrada em profundidade seguida do horizonte superficial.

Não foram registradas quantidades significativas de enxofre (SO_3) e fósforo (P_2O_5) ao longo da topolitossequência. Já o manganês foi registrado no horizonte BC do P1, em todos horizontes do P3 e no horizonte superficial do P4.

Tabela 4. Teores totais de elementos maiores determinados por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA dos horizontes dos perfis de solos estudados solos em uma topolitossequencia sob rochas metacalcárias e xistos na região de Monteiro, PB

Horizonte	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K2O	Na_2O	SO_3	MnO	P_2O_5
	---------- % ----------										
P1 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico – metacalcárias											
A	72,32	12,14	5,78	0,81	1,17	1,60	1,17	0,80	<LQ	<LQ	<LQ
Bi	56,19	18,60	10,02	1,15	0,80	2,03	2,22	0,46	<LQ	<LQ	<LQ
BC	60,07	17,35	8,70	1,07	1,28	2,35	1,76	0,92	<LQ	0,11	<LQ
P2 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário – metacalcáreas											
A	80,80	7,78	2,12	0,41	0,43	0,52	3,33	0,36	<LQ	<LQ	<LQ
Bi	79,58	9,13	2,75	0,48	0,27	0,55	3,32	0,23	<LQ	<LQ	<LQ
Cr	76,74	10,70	3,54	0,53	0,14	0,55	3,54	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
P3 – Argissolo Amarelo Distrófico típico – xistos											
A	64,93	14,53	5,71	0,76	1,18	2,02	3,39	0,88	<LQ	0,17	<LQ
Bt	62,44	15,52	7,51	0,76	0,97	2,13	3,11	1,60	<LQ	0,16	<LQ
Cr	66,71	14,50	6,14	0,68	2,06	3,09	2,65	1,82	<LQ	0,22	<LQ
P4 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário – xistos											
A	61,59	15,66	8,24	1,05	0,95	2,06	2,24	0,60	<LQ	0,13	<LQ
Bi	59,39	19,27	9,50	1,08	0,41	1,44	1,33	0,10	<LQ	<LQ	<LQ
BCr	61,54	17,96	9,25	1,09	0,48	2,13	1,68	0,18	<LQ	<LQ	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

2.4 Discussão

Elementos da Paisagem

A presença de relevo com fisionomias variando de onduladas, suave onduladas e planas, tem relação com o complexo litológico regional, onde são encontradas rochas com diferentes graus de metamorfismo, variação na composição mineralógica, que consequentemente, vai influenciar na resistência ao intemperismo. Tudo isso vai contribuir para formação de um relevo heterogêneo com superfícies aplainadas ou suavemente onduladas que compõe a maior parte da região geomorfológica da depressão intraplanáltica paraibana (XAVIER et al., 2016; RODRIGUES & LIMA, 2020).

Além disso, a unidade geológica do planalto da Borborema é antiga, e alcançou sua estabilidade tectônica no Cambriano (MAIA & BEZERRA, 2020). Desde então, essa paisagem sofreu um longo processo de desgaste influenciado sobretudo por erosão, que era intensificado em condições climáticas pretéritas mais úmidas (PEREIRA et al, 2018). Isso explica a fisionomia encontrada no relevo da região que é composta por platôs, encostas e sopé deposição. As sequências de repetição das vertentes por todo o relevo são comuns em antigas superfícies que sofreram longo processo de desgaste (PEULVAST & BÉTARD, 2021).

Atributos Morfológicos

A coloração mais escura dos horizontes superficiais está relacionada com os teores mais elevados de matéria orgânica em superfície, enquanto a coloração amarelo-avermelhado dos horizontes transicionais BC refletem a maior participação dos óxidos de ferro goethita e hematita, dada a maior proximidade com o material de origem (Tabela 1; Figura 4). Em um estudo pedológico, Sadiq et al. (2021) constataram que a cor do solo sofreu variação divido à posição na paisagem que influencia a drenagem.

A estrutura laminar dos horizontes BC também reflete herança do material de origem, resultando em um horizonte com material inconsolidado pouco afetado por processos pedogenéticos. A identificação de vermiculita e esmectita nesse horizonte confirma essa assertiva. Por outro lado, a estrutura em blocos pequenos e médios dos demais horizontes, notadamente BA e Bi, está em acordo com a possível mineralogia predominantemente caulinítica desses horizontes.

A presença de desenvolvimento estrutural forte com estruturas grandes a muito grandes nos horizontes superficiais, pode ter relação com a maior acumulação do carbono, atuação de

sistema radicular e biota do solo (HAQUE et al., 2019). Já a tipologia das estruturas com predomínio de blocos angulares e subangulares pode ter relação com a maior acumulação de argilas. A consistência muito plástica e muito pegajosa na maioria dos horizontes do P4, evidencia a influência da paisagem na morfologia, já que a posição de sopé tende a receber um aporte de material mais finos das posições mais elevadas do relevo (SRINIVASAN et al., 2022).

Atributos Físicos

De modo geral os solos apresentaram frações granulométricas com teor de silte e areia elevados em todas as unidades de vertente. Isso é esperado em clima semiárido, onde o intemperismo químico age com uma intensidade menor, favorecendo um processo de hidrólise incompleta (OMDI et al., 2018). Isso também explica o teor de areia grossa (AG) ser superior à de areia fina (AF) em todos os horizontes estudados.

Essa assertiva é comprovada pela ampla ocorrência de minerais facilmente intemperizáveis na fração areia desses solos, com destaque para feldspato-K, plagioclásios e biotita. Ainda, essa mineralogia mais complexa em profundidade justifica a relação silte/argila mais levada nos horizontes transicionais à rocha ou saprolíticos dos perfis originados de metacalcário. O inverso observa-se em direção às posições mais rebaixadas da paisagem, onde o processo de hidrólise parcial desencadeando o mecanismo de monossialitização permite a gradual transformação de minerais facilmente intemperizáveis em filossilicatos, notadamente caulinita, reduzindo consideravelmente a participação da fração silte nos solos P3 e P4. Valores semelhantes de relação S/A foram encontrados por Ukabiala et al., (2021), onde foi constatado uma redução nos valores de S/A em profundidade em perfis de solo em posições mais baixas da paisagem. Esses valores mais baixos da relação silte/argila indica um estágio de intemperismo mais avançado nos perfis formados de xistos (SANTOS et al., 2018). Por outro lado, xistos podem conter em sua composição partículas no tamanho dar argila, o que pode influenciar na relação S/A. A possibilidade de contribuição de materiais das partes mais elevadas da paisagem na constituição mineralógica e, consequentemente granulométrica, dos perfis das partes mais rebaixadas também deve ser considerado.

O grau de floculação e a argila dispersa em água são importantes parâmetros para indicar a vulnerabilidade de solos à erosão, sendo que um maior teor de ADA, e menor grau de floculação, pode favorecer uma perda de material e degradação do solo, principalmente se houver práticas de manejo inadequadas (PEREIRA et al., 2022). Nessa pesquisa, a distribuição errática do grau de floculação em P2 e P3 pode ser explicado pelo caráter flúvico desses solos,

ao passo que o aumento desse parâmetro em profundidade em P4 está relacionado com os maiores teores de argila em maiores profundidades.

A maior densidade nos horizontes A e Bi do P3 é devido à utilização da área com pastagem (Tabela 3). Os valores de densidade são um indicativo da qualidade física do solo, e quando altos, indicam processo de compactação, prejudicando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas, a capacidade de infiltração de água e aeração do solo (SHARMA; RAJA; BHASKAR, 2020). Prévios estudos apontam considerável aumento da densidade na camada superficial de solos utilizados para pastagem, com melhorias significativas na qualidade física do solo após o término das atividades pastoris (Sharrow, 2007; Hu et al., 2018).

Em adição, também é observado que os horizontes subsuperficiais diagnósticos ou horizontes saprolíticos de maior densidade apresentam os maiores teores de silte, confirmando a ação dos minerais primários no aumento da massa do solo. O contrário pode-se inferir sobre os horizontes superficiais, cuja menor densidade do solo desses horizontes reforça a atuação da matéria orgânica para a manutenção da qualidade dos solos. No Cariri, essa constatação assume ainda mais importância, dada a histórica ação antrópica na região por meio principalmente de práticas agropastoris que gradualmente têm levado ao aumento das áreas susceptíveis à degradação e, consequentemente, ao avanço do processo de desertificação (MACEDO et al., 2021).

Os valores de densidade de partículas semelhantes em P2 e P3 indica contribuição aluvial de materiais com considerável participação de quartzo e minerais de argila como caulinita. Por outro lado, valores mais elevados de Dp nos horizontes diagnósticos e transicionais à rocha de P1 e P4 indicam contribuição de minerais máficos, aqui representados principalmente por biotita, e mesmo óxidos de ferro como a hematita.

Atributos Químicos

A redução da acidez em profundidade pode estar relacionada à presença de bases trocáveis, aqui representada principalmente por íons de Ca, notadamente quando sob forte influência do material de origem, sobretudo pela rocha metacalária. Estudo realizado em planícies em região semiárida verificaram aumento do pH em profundidade principalmente relacionado a influência do material de origem rico em cálcio (KALININ et al., 2021).

Os baixos teores de CE revelam que, independentemente da posição na paisagem e do material de origem, todos os solos apresentam baixos teores de sais solúveis. Isso confirma que em quaisquer dessas condições a drenagem livre favorece o processo de lixiviação nos períodos chuvosos, removendo os elementos mais solúveis, principalmente o sódio, que sob tais

condições é um dos primeiros cátions a ser removido, logo no início do processo de formação do solo. Resultados semelhantes foram obtidos em solos originados de rochas sedimentares de uma região semiárida no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil (FARIAS et al., 2018).

O material de origem influenciou nos teores de Ca^{2+} ao longo dos perfis. Nesse sentido, os solos formados do intemperismo de rochas metacalcáreas apresentam maiores teores de Ca nos horizontes subsuperficiais, dada a proximidade com o material de origem. Esse comportamento é semelhante nos perfis da meia encosta e do interflúvio, confirmando a forte influência do metacalcáreo na química dos solos. Por outro lado, os maiores teores de Ca^{2+}nos horizontes superficiais confirmam a contribuição via lixiviação à montante, nos segmentos mais rebaixados da paisagem. Resultados semelhantes foram obtidos em solos em diferentes posições do relevo no sul da Etiópia, onde os segmentos mais rebaixados e de menor inclinação da paisagem apresentaram os maiores teores de cálcio trocável (BEYENE, 2017)

A maior saturação por bases em P2 indica que o movimento lateral em superfície e subsuperfície é atuante nesses solos, seja pela proximidade com o segmento do ombro e/ou devido a influência de pequenas ondulações nesses amplos interflúvios de comum ocorrência na região semiárida brasileira. Ainda, dada o movimento vertical da água nesse segmento de topo, tem-se maior alteração de minerais facilmente intmperizáveis (p. ex., feldspatos) do saprolito e do material calcário, o que permite maior liberação de bases no perfil. Por último, também deve-se considerar os maiores teores de bases, notadamente de Ca^{2+}, advindo de sedimentação aluvial. Resultados semelhantes foram obtidos para solos de uma região semiárida na Índia, onde todos os solos apresentaram alto valor de V%, atribuído aos elevados teores de Ca^{2+} ocupando os sítios de adsorção (SEKHAR et al., 2019).

Elementos determinados por fluorescência de raios X (FRX)

Os maiores teores de SiO_2 foram esperados e indicam um predomínio de quartzo na fração areia ao longo da toposslitossequência (TECH et al., 2022). Os maiores teores de Al e Fe refletem a maior participação da fração argila nos horizontes diagnósticos subsuperficiais, principalmente na posição de enosta e sopé. (LIMA et al., 2022).

Os menores teores de de CaO, MgO e Na_2O no P2, topo, indica um processo de lixiviação desses cátions para as posições iferiores, e isso é favorecido tanto pelas condições de drenagem desse solo, quanto pelo maior grau de inclinação do terreno em relação as posições de encosta. Por outro lado, os teores desses elementos aumentam no P1 (meia encosta - terço superior) e P3 (meia encosta), perfis que estão sobre influência direta da região do topo, e estão sobre uma posição menos inclinada.

Os maiores teores de TiO_2, elementos alcalinos e alcalinoterrosos (Na_2O, K_2O, CaO e MgO) são geralmente registrados mais próximo do material de oriem (DILMI & DAOUD, 2023). No entanto, verificou-se uma distribuição irregular e variável nos teores de TiO_2 e K_2O, ao longo da topolitosseqência em que horizontes mais próximos ao material de origem registraram teores menores.

Pedogênese

No tocante à pedogênese, os solos sobre os complexos de metassedimentos formados principalmente por matacalcários, apresentaram diferenciação mesmo estando sobre o mesmo material parental, sendo que foi registrado um Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico (P1), na meia encosta (terço superior), e Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (P2) no topo da paisagem. Essa diferenciação de perfis indica um dinamismo e complexidade dos processos pedogenéticos atuantes na região estudada, influenciada principalmente pelo relevo.

O P2-Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (CXve) no topo apresentou uma textura mais arenosa e uma coloração avermelhada em profundidade, o que reflete algumas caraterísticas do material de origem. Esse solo está uma superfície com inclinação de até 5%, com boa drenagem, que favorece processos de lixiviação e a formação de óxidos de ferro. Além disso, as rochas metacalcárias podem apresentar coloração avermelhada, textura granoblástica média, onde os grãos possuem, principalmente, um padrão de agrupamento equigranular (DIAS & GOMES, 2018), o que coincide com as características verificados no solo.

Por outro lado, o P1-Cambissolo Háplico Ta Eutrófico argissólico (CXve), está em uma posição de meia encosta (terço superior), em uma superfície relativamente plana, o que permite que a adição e acumulação de materiais oriundos do topo. Além disso, foi constatado no local uma vegetação densa e atividade de organismos da fauna do solo, o que pode ter contribuído para um maior desenvolvimento estrutural encontrado nesse solo (FERREIRA et al., 2022).

Já nos perfis 3 e 4, desenvolvidos a partir de xistos, além da variação dos atributos, houve uma variação na classe de solo. No P3, posição de meia encosta, foi registrado um solo com um maior grau de intemperismo (Argissolo Amarelo Distrófico típico). Nesse caso, a posição mais rebaixada e plana em relação às encostas superiores, pode ter influenciado fatores como a adição de material, maior infiltração, disponibilidade de água, menores perdas por erosão o que resultou em um maior desenvolvimento pedológico desse perfil em relação aos demais (SILVA et al., 2013).

No perfil 4-Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (CXve), foram encontrados indícios de adição de material das superfícies superiores, sendo que nesse solo foi constatado

uma maior concentração de silte no horizonte superficial, assim como também um maior teor de carbono orgânico, sendo que esse perfil encontra-se sob uma vegetação arbustiva, pobre em biodiversidade. Os solos nas posições de meia encosta (terço superior) apresentaram uma vegetação mais densa e de porte superior, mas nestes foram constatados teores menores de carbono em relação ao sopé e teores de bases, indicando adição de material oriundo das superfícies superiores nos solos de sopé (BEYENE, 2017).

2.5 Conclusões

Os dados obtidos com esse estudo indicaram que existe uma variação nas classes e atributos morfológicos, químicos e físicos em função da variação do relevo. Houve variação de classe de solo sobre o mesmo material de origem e isso evidencia a influência do relevo nos processos pedogenéticos específicos. Houve uma maior percepção da influência do material de origem nos atributos mineralógicos da sequência de solos estudada.

Os solos dos segmentos topo, meia encosta (terço superior) são eutróficos, com presença de minerais 2:1 (bissialitização), enquanto os solos nas posições de meia encosta e sopé os solos apresentam minerais cauliníticos 1:1 (monossiatilização). No segmento de meia encosta foi registrado o solo mais desenvolvido, profundo e distrófico.

Esse estudo mostrou que investigações pedológicas integradas que abordam a relação solo-paisagem material de origem, pode ser eficiente para um melhor entendimento do comportamento pedológico em regiões com vasta diversidade litológica e paisagística como é o caso semiárido brasileiro.

2.6 Referências

ADEGBITE, K. A. et al. Characterization and Classification of Soils of a Toposequence in a Derived Savannah Agroecological Zone of Nigeria. **The Open Agriculture Journal**, v. 13, n. 1, 17 abr. 2019.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAUJO, A. S. F. et al. Environmental DNA Sequencing to Monitor Restoration Practices on Soil Bacterial and Archaeal Communities in Soils Under Desertification in the Brazilian Semiarid. **Microbial Ecology**, v. 85, n. 3, p. 1072–1076, 1 abr. 2023.

BEYENE, S. Topographic positions and land use impacted soil properties along Humbo Larena-Ofa Sere toposequence, Southern Ethiopia. **Journal of Soil Science and Environmental Management**, v. 8, n. 8, p. 135–147, 30 set. 2017.

CAHYANA, D. et al. Using a fuzzy logic approach to reveal soil-landscape relationships produced by digital soil maps in the humid tropical region of East Java, Indonesia. **Geoderma Regional**, v. 28, p. e00468, 1 mar. 2022.

CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações Soil-landscape relationships: concepts, developments and applications. **AMBIÊNCIA**, v. 8, n. 3, p. 963–982, 28 dez. 2012.

CORRÊA, M. M. et al. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 311–324, abr. 2003.

DA SILVA, R. J. A. B. et al. Influence of parent material on soil chemical characteristics in a semi-arid tropical region of Northeast Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 194, n. 5, p. 331, 6 abr. 2022.

DA SILVA, T. G. F. et al. Soil properties and microclimate of two predominant landscapes in the Brazilian semiarid region: Comparison between a seasonally dry tropical forest and a deforested area. **Soil and Tillage Research**, v. 207, p. 104852, 1 mar. 2021.

DALRYMPLE, J.B.; BLONG, R.J; CONACHER, A.J. An hypothetical nine unit landsurface model. **Zeitschrift fuer Geomorphologie**, v. 12, n. 1, p. 60–76, 1 jan. 1968.

DANIELS, R. B.; GAMBLE, E. E.; CADY, J. G. The Relation Between Geomorphology and Soil Morphology and Genesis11Paper No. 3367 of the Journal Series. A joint contribution from

the Soil Conservation Service, USDA and the Department of Soil Science, North Carolina Agricultural Experiment Station, Raleigh, North Carolina. Em: BRADY, N. C. (Ed.). **Advances in Agronomy**. [s.l.] Academic Press, 1971. v. 23p. 51–88.

DE PAULA SILVA, J. et al. The Geodiversity of Brazil: Quantification, Distribution, and Implications for Conservation Areas. **Geoheritage**, v. 13, n. 3, p. 75, 3 ago. 2021.

DELARMELINDA, E. A. et al. Soil-landscape relationship in a chronosequence of the middle Madeira River in southwestern Amazon, Brazil. **CATENA**, v. 149, p. 199–208, 1 fev. 2017.

DIAS, G.; GOMES, C. H. ESTUDO PETROGRÁFICO DE METACALCÁRIOS DA FORMAÇÃO PASSO FEIO,CAÇAPAVA DO SUL,RS. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 2018.

DILMI, A.; DAOUD, Y. Characterizing the pedogenesis processes of some soils on metamorphic rocks from the sub-humid Mediterranean area in Algeria. **Algerian Journal of Environmental Science and Technology**, v. 9, n. 1, 2023.

FERREIRA, J. T. P. et al. ATRIBUTOS QUÍMICOS E FÍSICOS DO SOLO SOB DIFERENTES MANEJOS NA MICRORREGIÃO SERRANA DOS QUILOMBOS – ALAGOAS | Agrarian Academy. 22 jul. 2022.

FONSECA, J. DA S. et al. Soil–landscape relationship in a sandstone-gneiss topolithosequence in the State of Amazonas, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 21, p. 714, 19 out. 2021.

HAQUE, M. M. et al. Carbon Budget and Aggregate Stability of Paddy Soil under Continuous Organic Amendment. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 50, n. 15, p. 1829–1837, 22 ago. 2019.

HU, W. et al. Short-Term Dynamics of Soil Physical Properties as Affected by Compaction and Tillage in a Silt Loam Soil. **Vadose Zone Journal**, v. 17, n. 1, p. 180115, 2018.

IUSS WORKING GROUP WRB. **World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. Viena, Austria: International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022.

JACKSON, M. L. **Soil Chemical Analysis: Advanced Course**. [s.l.] UW-Madison Libraries Parallel Press, 2005.

KALININ, P. I. et al. Chemical weathering in semi-arid soils of the Russian plain. **CATENA**, v. 206, p. 105554, 1 nov. 2021.

LIMA, A. P. B. et al. Soil formation and properties along a sedimentary lithosequence in the ecotonal Cerrados of Mato Grosso, Brazil. **CATENA**, v. 219, p. 106599, 1 dez. 2022.

MACEDO, R. S. et al. PROCESSOS PEDOGENÉTICOS E SUSCEPTIBILIDADE DOS SOLOS À DEGRADAÇÃO NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Caminhos de Geografia**, v. 22, n. 81, p. 176–195, 1 jun. 2021.

MAIA, R.; BEZERRA, F. The Geomorphology of the Northeast: Classical and Current Perspectives. Em: MAIA, R.; BEZERRA, F. (Eds.). **Structural Geomorphology in Northeastern Brazil**. SpringerBriefs in Latin American Studies. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 31–40.

MARQUES, A. DE L. et al. Solo-paisagem no "Pico do Jabre (PB). **Holos Environment**, v. 21, n. 2, p. 303–320, 10 jul. 2021.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. IRON OXIDE REMOVAL FROM SOILS AND CLAYS BY A DITHIONITE–CITRATE SYSTEM BUFFERED WITH SODIUM BICARBONATE. Em: INGERSON, E. (Ed.). **Clays and Clay Minerals**. [s.l.] Pergamon, 2013. p. 317–327.

MENDES, K. R. et al. Seasonal variation in net ecosystem CO2 exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 9454, 11 jun. 2020.

MILNE G. Some suggested units of classification and mapping, particularly of East African soils. Soil Research. **Supplements to the Proceedings of the International Society of Soil Science**, v. 0, n. 3, p. 183–198, 1935.

NUNES, S. H. P. et al. Indicadores de vulnerabilidade da seca e avaliação da governança de 1991-2010 no semiárido Paraibano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 210–228, 2 abr. 2020.

OLIVEIRA, L. B. DE et al. Morfologia e classificação de luvissolos e planossolos desenvolvidos de rochas metamórficas no semiárido do nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1333–1345, out. 2009.

OMDI, F. E.; DAOUDI, L.; FAGEL, N. Origin and distribution of clay minerals of soils in semi-arid zones: example of Ksob watershed (Western High Atlas, Morocco). **Applied Clay Science**, v. 163, p. 81–91, 1 out. 2018.

PEREIRA, M. G. et al. Genesis and transformation of basic rock-derived soils with shiny ped faces under tropical conditions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, p. e0220028, 10 out. 2022.

PEREIRA, T. M. S.; SILVA, J. A. L.; MOURA, D. C. Fitogeografia e análise integrada da paisagem em afloramentos rochosos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2 out. 2018.

PEULVAST, J.-P.; BÉTARD, F. Morphostratigraphic constraints and low temperature thermochronology: Lessons from a review of recent geological and geomorphological studies in northeast Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 111, p. 103464, 1 nov. 2021.

REBOITA, M. S. et al. CAUSAS DA SEMI-ARIDEZ DO SERTÃO NORDESTINO (THE CAUSES OF SEMI-ARIDITY IN THE NORTHEAST "SERTÃO"). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, n. 0, 17 out. 2016.

RODRIGUES, J. M. D.; LIMA, E. R. V. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA-PB. **REVISTA EQUADOR**, v. 9, n. 3, p. 100–120, 2 jul. 2020.

RUHE, R. V. GEOMORPHIC SURFACES AND THE NATURE OF SOILS. **Soil Science**, v. 82, n. 6, p. 441, dez. 1956.

SADIQ, F. K. et al. Variation of soil properties under different landscape positions and land use in Hunkuyi, Northern Guinea savanna of Nigeria. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 4, p. 178, 10 mar. 2021.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. V. DOS et al. Atributos do solo-paisagem em áreas degradadas com malva-branca, Sida cordifolia L., no semiárido paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 3, p. 41, 2013.

SCHOENEBERGER, P. J.; WYSOCKI, D. A.; BENHAM, E. C. **Field Book for Describing and Sampling Soils**. [s.l.] Government Printing Office, 2012.

SEKHAR, C. C. et al. Genesis, characterization and classification of soils from selected parts of Prakasam district in Andhra Pradesh, India. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v. 8, n. 1, p. 51–58, 2019.

SHARMA, R. P.; RAJA, P.; BHASKAR, B. P. Pedogenesis and Mineralogy of Alluvial Soils from Semi-arid Southeastern Part of Rajasthan in Aravalli Range, India. **Journal of the Geological Society of India**, v. 95, n. 1, p. 59–66, 1 jan. 2020.

SHARROW, S. H. Soil compaction by grazing livestock in silvopastures as evidenced by changes in soil physical properties. **Agroforestry Systems**, v. 71, n. 3, p. 215–223, 1 nov. 2007.

SILVA, J. L. B. DA et al. Changes in the water resources, soil use and spatial dynamics of Caatinga vegetation cover over semiarid region of the Brazilian Northeast. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 20, p. 100372, 1 nov. 2020.

SILVA, P. F. DA et al. Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 147, p. 71–82, 1 dez. 2017.

SILVA, M. B. E et al. Gênese e classificação dos solos de uma topossequência em área de carste na Serra da Bodoquena , MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1464–1480, dez. 2013.

SILVA, G. A. D. et al. PEDOGENESIS ON COASTAL TABLELANDS AREA WITH LOW RANGE ALTIMETRY IN PARAÍBA STATE. **Revista Caatinga**, v. 32, p. 458–471, jun. 2019.

SRINIVASAN, R. et al. Consequential rice crop response to resultant soil properties in a toposequence in eastern coastal plain of Odisha, India. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 8, n. 2, p. 2135–2150, 1 jun. 2022.

TECH, L. et al. Elemental and radiation attenuation parameter analyses to characterize a Cambisol from the Serra Dourada State Park, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 81, n. 3, p. 63, 20 jan. 2022.

TEIXEIRA, P. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília, DF: [s.n.].

TORRES, F. S. DE M.; SILVA, E. P. DA. **Geodiversidade do estado da Paraíba**. [s.l.] CPRM, 2016.

UKABIALA, M. E. et al. Physicochemical properties as related to mineralogical composition of floodplain soils in humid tropical environment and the pedological significance. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 9, p. 569, 13 ago. 2021.

VAN DER MEIJ, W. M. et al. On the role of hydrologic processes in soil and landscape evolution modeling: concepts, complications and partial solutions. **Earth-Science Reviews**, v. 185, p. 1088–1106, 1 out. 2018.

XAVIER, R. A. et al. Mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Paraíba (PB) utilizando classificação baseada em objetos. **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 10, n. 23, p. 139–152, 19 set. 2016.

3 CAPÍTULO 2 - RELAÇÃO SOLO-RELEVO-MATERIAL DE ORIGEM EM UMA SEQUÊNCIA SOB MIGMATITO E GNAISSE EM MONTEIRO, PB.

Resumo

A diversidade litológica e geomorfológica no Cariri Ocidental paraibano produz uma complexa cobertura pedológica, o que dificulta o mapeamento dos solos nessa região. Estudos que buscam compreender as relações solo-relevo-material de origem constituem importantes ferramentas para a elucidação do comportamento dos solos nessas paisagens com ampla geodiversidade e historicamente afetadas pelo uso inadequado da terra. O objetivo desse trabalho foi estudar a relação solo-relevo-material de origem em uma sequência de solos sobre migmatito e gnaisse no município de Monteiro, microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba. Em cada compartimento da vertente foi descrito e amostrado um perfil de solo, a saber: a) terço superior (P1); b) interflúvio (P2); (c) terço inferior (P3) e; sopé (P4). Os pedons P1 e P2 são formados de migmatitos e P3 e P4 originados de ganaisse. Foram avaliados os atributos físicos (granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total) e químicos (pH H_2O e KCl, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, Al^{3+}, H+Al, P e carbono orgânico total). Também foram carreadas análises mineralógicas da fração areia, silte e argila por difratometria de raios X e determinados os teores totais de elementos maiores por fluorescência de raios X. Os solos foram classificados como P1 Neossolo Litólico Eutrófico típico (RLe), P2 Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico (CXvd), P3 Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário e (CXve) P4 Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário (RLe). Os solos formados de migmatito e, portanto, dos segmentos mais elevados da paisagem, são rasos, arenosos, mais ácidos, distróficos e apresentam predomínio de argila de baixa atividade (monossialitização), enquanto os solos formados de gnaisse (segmentos deposicionais) apresentam contato lítico fragmentário, são mais argilosos (argilização), eutróficos e com predomínio de argilas de alta atividade (bissialitização). Os solos formados de gnaisse apresentam os maiores teores de Al_2O_3 e Fe_2O_3 e menores teores de SiO_2. Esse estudo confirmou que o material de origem e o relevo são fatores fundamentais para a variação da cobertura pedológica na região semiárida do Cariri.

Palavras-chave: paisagem, semiárido, geodiversidade, Caatinga, pedogênese

Abstract

The lithological and geomorphological diversity in the Western Cariri of Paraíba produces a complex pedological cover, which makes it difficult to map the soils in this region. Studies that seek to understand soil-relief-source material relationships are important tools for elucidating the behavior of soils in these landscapes with wide geodiversity and historically affected by inappropriate land use. The objective of this work was to study the soil-relief-parent material relationship in a sequence of soils over migmatite and gneiss in the municipality of Monteiro, microregion of Western Cariri of Paraíba. In each compartment of the slope, a soil profile was described and sampled, namely: a) upper third (P1); b) interfluve (P2); (c) lower third (P3) and; foot (P4). Pedons P1 and P2 are formed from migmatites and P3 and P4 originate from ganaisse. The physical (granulometry, clay dispersed in water, soil density, particle density and total porosity) and chemical (pH H_2O and KCl, $Ca2^+$, $Mg2^+$, K^+, Na^+, $Al3^+$, H+Al, P and organic carbon) attributes were evaluated. total). Mineralogical analyzes of the sand, silt and clay fraction were also carried out by X-ray diffraction and the total contents of major elements were determined by X-ray fluorescence. The soils were classified as P1 Litholic Eutrophic Neosol (RLe), P2 Haplic Cambisol Ta Dystrophic typical (CXvd), P3 Haplic Cambisol Ta Eutrophic fragmentary and (CXve) P4 Litholic Eutrophic fragmentary Neosol (RLe). The soils formed by migmatite and, therefore, from the highest segments of the landscape, are shallow, sandy, more acidic, dystrophic and have a predominance of low activity clay (monosalitization), while the soils formed by gneiss (depositional segments) have lithic contact fragmentary, are more clayey (argilization), eutrophic and with a predominance of high activity clays (bissialitization). Soils formed by gneiss have the highest levels of Al_2O_3 and Fe_2O_3 and the lowest levels of SiO_2. This study confirmed that parent material and relief are fundamental factors for the variation in soil cover in the semi-arid region of Cariri.

Keywords: landscape, semi-arid, geodiversity, Caatinga, pedogenesis

3.1 Introdução

O substrato geológico exerce um significante influência na distribuição do solos na paisagem (ESPINDOLA, 2017). Dada essa importância, o material de origem é considerado um dos fatores de formação dos solos, influenciando diretamente na constituição mineralógica dos solos e, por conseguinte, em muito as propriedades e atributos físicos e químicos dos solos. Em regiões tropicais, condições climáticas mais úmidas contribuem para maior atuação dos agentes do intemperismo, promovendo substanciais transformações ao material parental, resultando em solos em estádio mais avançado de desenvolvimento pedogenético, geralmente mais profundos com mineralogia caulinítica e/ou oxídica (TSOZUÉ & NDJIGUI, 2017). Por outro lado, em ambientes temperados ou de climas áridos/semiáridos a ação mais tênue do intemperismo, dado os déficits hídricos prolongados ou menores amplitudes térmicas, geralmente favorece a formação de solos com pedogênese incipiente com ocorrência de minerais primários facilmente intemperizáveis (SARAIVA et al., 2021).

Outro aspecto importante da paisagem é a topografia, que exerce grande influência na distribuição dos fluxos hídricos que atuam como modeladores das feições da terra, podendo contribuir para a instalação de processos erosivos, intemperismo de rochas e minerais e para o transporte de materiais em superfície (GEBREHANNA et al., 2022). Assim, as diferentes formas do relevo podem controlar os fluxos hídricos em uma paisagem e, consequentemente, influenciar diretamente na pedogênese (BHASKAR et al., 2021). Logo, a variação nas propriedades e nos atributos físicos, químicos e mineralógicos dos solos ao longo da paisagem, influenciada por essas linhas de fluxo, são fortemente determinados pelas diferentes formas do relevo e curvaturas das vertentes (VAN DE WAUW et al., 2008; CAMPOS, 2012; OWLİAİE et al., 2018).

Diante disso, estudos pedológicos que abrangem as relações entre os solos, material de origem e as formas do relevo, principalmente em regiões com geodiversidade complexa e considerável variação da cobertura pedológica, como a região semiárida brasileira, permitem uma avaliação integrada dos elementos da paisagem voltadas ao desenvolvimento e planejamento de ações que assegurem a utilização racional dos recursos naturais (MOHAMMED et al., 2018). Estudos dessa natureza têm sido desenvolvidos na região Sul do Brasil (MEDEIROS et al., 2013), no bioma amazônico (DELARMELINDA et al., 2017; FONSECA et al., 2013), Mata Atlântica (PACHECO et al., 2018) e Cerrado (LIMA et al., 2021). Apesar da considerável geodiversidade e do extenso histórico de utilização inadequada da terra, estudos que avaliaram as relações solo-paisagem na no estado da Paraíba ainda são escassos, com destaque para os trabalhos desenvolvidos por Marques et al. (2021) e Souza et

al. (2022). Ainda mais carente de tal abordagem é a região dos Cariris no estado da Paraíba, salvo estudos pedológicos isolados que abordam principalmente a problemática da desertificação e problemas associados (MACEDO et al., 2021).

Percebe-se que ainda há carência de estudos que estabelecem conexões entre relevo e material de origem visando entender o comportamento dos solos, especialmente em ambientes de terras secas, como o bioma caatinga, que possui grande biodiversidade e potencial de armazenar carbono (MENDES et al., 2020; PEREZ-MARIN et al., 2022). Este ecossistema bastante afetado ao longo da sua história, com a prática da pecuária extensiva, agricultura tradicional, retirada de lenha e queimadas contribuindo com a degradação do solo, causando sérios prejuízos econômicos, aumento do déficit hídrico e contribuindo para a manutenção dos altos índices de pobreza nessa região (DE JESUS et al., 2022; MORAES et al., 2023).

Diante do exposto, é crucial o desenvolvimento de estudos que visem o conhecimento detalhado da cobertura pedológica da região semiárida brasileira, especialmente quando considera-se a avaliação de sistemas pedológicos em função do material de origem e a distribuição das formas do relevo (RAHMANI et al., 2022), o que seguramente deve fomentar a formulação e implantação de ações voltadas ao uso adequado dos solos. Nessa pesquisa testamos as seguintes hipóteses: i) distintas formas do relevo influenciam na variação nos atributos do solo, mesmo que formados de material de origem semelhantes, e; ii) existe variação dos atributos morfológicos, físicos e químicos em função do material parental; iii) é possível enquadrar os diferentes tipos de solos no sistema taxonômico SiBCS.

O objetivo desse estudo foi avaliar as relações solo-relevo-material de origem em uma sequência de solos sob migmatito e gnaisse no município de Monteiro, microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba.

3.2 Material e métodos

Localização e caracterização do meio físico das áreas estudas

A área de estudo está situada dentro dos limites do município de Monteiro, localizado na microrregião do Cariri Oriental do estado da Paraíba (Figura 6).

O clima da região se enquadra na tipologia climática Bsh, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013), caracterizado por ambiente om altas temperaturas, com chuvas no verão e estiagem no inverno. A precipitação média anual é de 626 mm, enquanto a temperatura média mensal é de 22,6ºC, com temperatura mínima e máxima anual de 20,3ºC e

24,1ºC, respectivamente, onde predomina um ambiente semiárido com temperaturas elevadas ao longo do ano, em que a média mínima mensal sempre fica acima de 18ºC, a estação chuvosa ocorre em um curto período (de quatro a cinco meses) no verão, e no restante do ano predomina o período de estiagem. Também é característica do clima desta região irregularidades pluviométricas no espaço e no tempo, assim como veranicos no período úmido (NUNES et al., 2020; FRANCISCO et al., 2021).

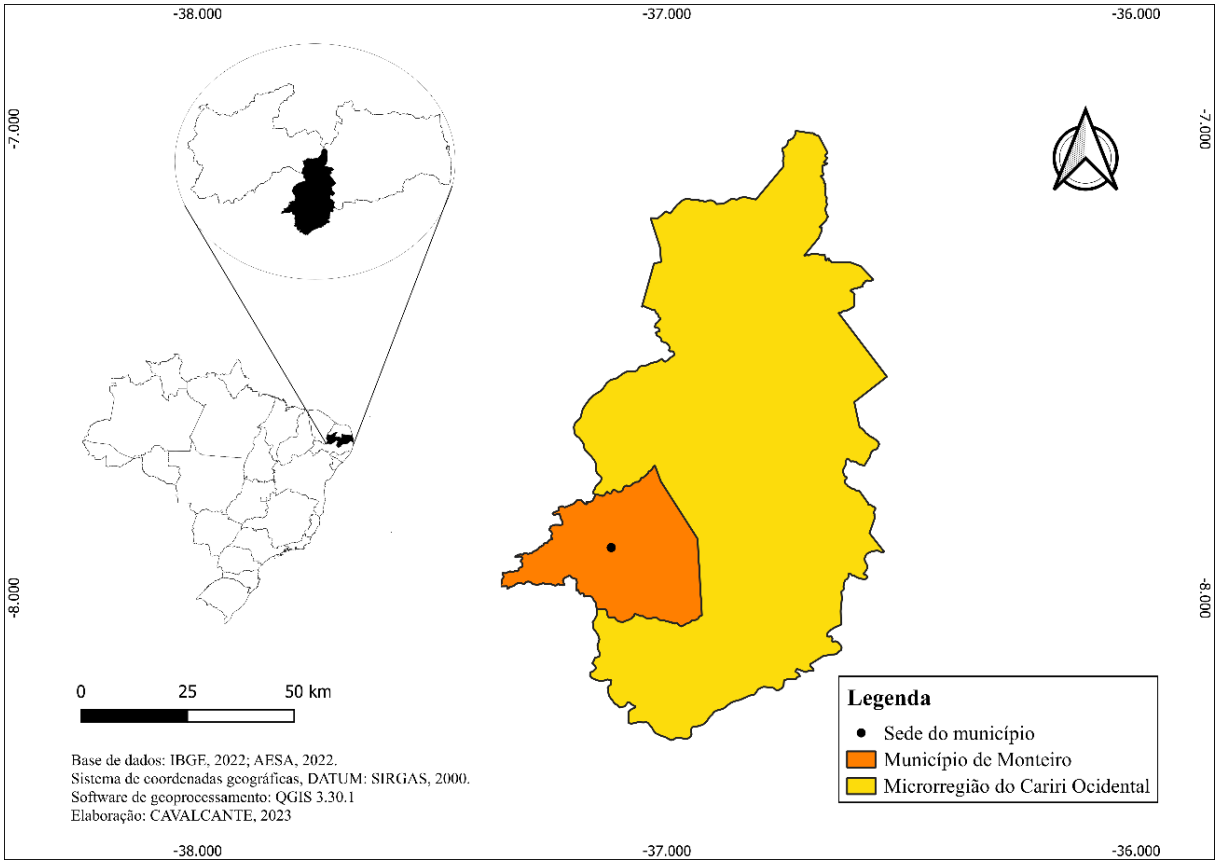

Figura 6. Microrregião do cariri ocidental com destaque para o município de Monteiro-PB

A área de estudo está localizada sobre o Planalto da Borborema, principal unidade do relevo da parte oriental do nordeste brasileiro. Esse Planalto é constituído por diferentes litologias cristalinas muito antigas e desgastadas, o que produz um relevo suave ondulado com diferentes graus de declividade, proporcionando uma diversidade paisagística nessa região (CORRÊA et al., 2010; TORRES & SILVA, 2016).

Parte da sequência está inserida nos domínios do complexo granitoide intensamente deformado, datado do período geológico proterozóico (entre 2,5 bilhões de anos e 542 milhões de anos) com litologia predominante de ortognaisse. A outra parte da sequência está inserida nos domínios dos complexos gnáissico-migmatiticos e granulíticos, e a litologia predominante é representada por migmatitos ortoderivados. (CPRM, 2013).

Localização da área de estudo

Foi realizado um reconhecimento preliminar da área por meio de mapa geológico e levantamentos-reconhecimento de solos do estado da Paraíba. Em seguida, foram realizadas excursões exploratórias para compartimentação da paisagem e definição dos locais estratégicos para abertura dos perfis de solos (SANTOS et al., 2002; TORRES & SILVA, 2016). As coordenadas dos pontos averiguados e a localização dos perfis foram registradas com auxílio de aparelho GPS.

Os critérios para seleção das trincheiras na topolitossequência foram as seguintes: (i) posição na paisagem, alocando-se os perfis desde a maior altimetria (ombro e terço superior) até as partes de menor hipsometria (sopé de deposição); (ii) cobertura do solo, onde foram evitados locais com indícios de alteração da vegetação nativa e; (iii) seleção de dois pedons em cada um dos dois materiais de origem da topolitosequência. Esses critérios foram adotados para assegurar o estudo dos solos sob mínima intervenção antrópica e representatividade pedoambiental da região (Figura 7).

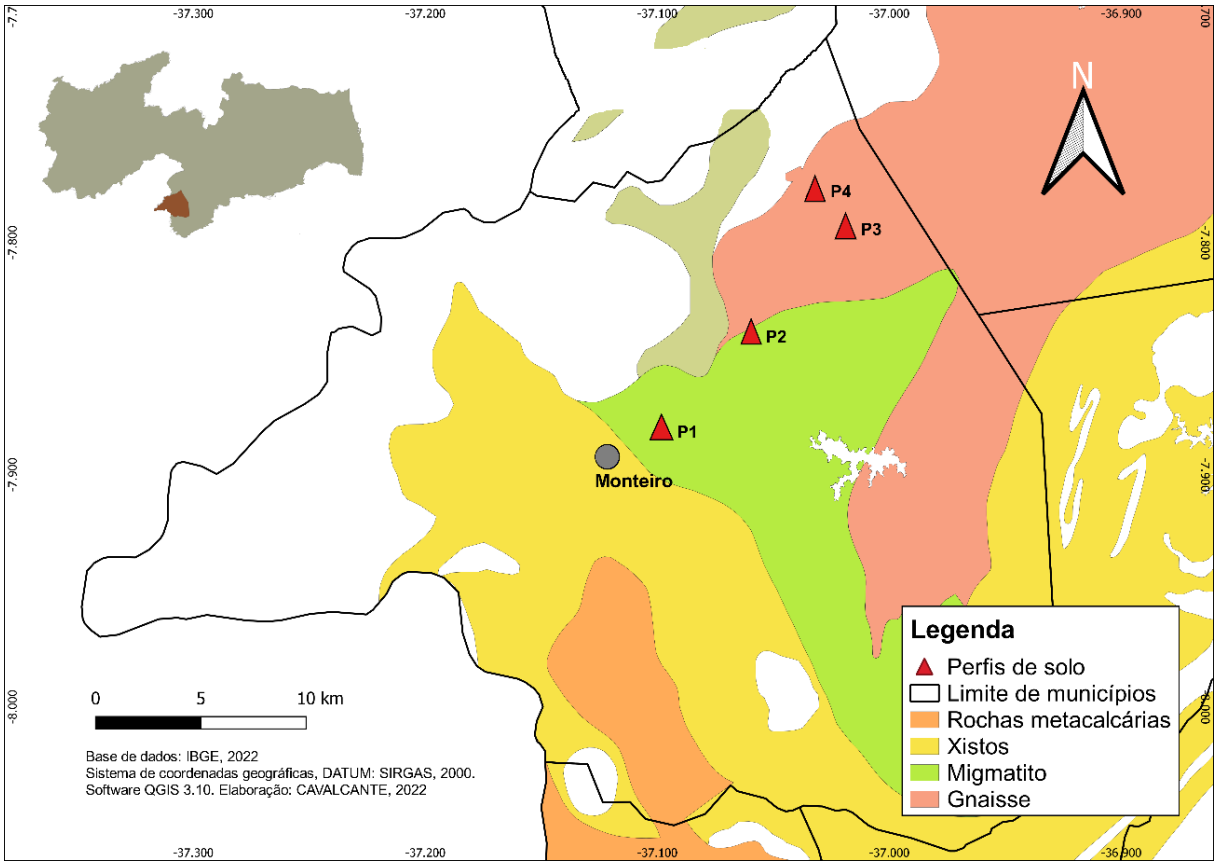

Figura 7. Mapa de localização dos perfis nos diferentes materiais de origem estudados na região de Monteiro, PB.

Na topolitossequência foi estabelecido um caminhamento livre desde o segmento de ombro até o sopé de deposição. Essa transeção incluiu as diferentes superfícies geomórficas

existentes, no qual foram identificadas e delimitadas “in situ” conforme critérios topográficos, tais como ruptura do relevo (aumento ou diminuição da declividade) e estratigráficos (identificação do material de origem), (RUHE, 1969; DANIELS et al., 1971).

Ao longo do caminhamento foram realizadas mensurações da altitude para a elaboração do perfil altimétrico. Os diferentes segmentos da vertente das superfícies geomórficas foram compartimentalizados com base no modelo de Dalrymple et al. (1968). O reconhecimento foi realizado principalmente a partir da declividade do terreno, cuja finalidade foi estabelecer relações entre os segmentos da vertente (topo, ombro, terço superior, médio e inferior, sopé de deposição e sopé colúvio-aluvial) e suas relações com as superfícies geomórficas.

Perfis de solos foram estudados nos segmentos topo, terço superior, terço médio e sopé de deposição da topolitossequência. A descrição morfológica e a coleta das amostras deformadas e indeformadas (anéis volumétricos) por horizonte pedogenético foi realizada de acordo com as normas constantes em Santos et al. (2015) e Schoeneberger et al. (2012). Os solos foram classificados de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (Embrapa, 2018).

Coleta e preparo das amostras

As amostras foram secas ao ar e à sombra, pesadas, destorroadas e passadas em peneira de 2mm, com o objetivo de retirar as frações mais grossas e obter a terra fina seca ao ar (TFSA). Os grãos maiores que 2 mm colocados em hidróxido de sódio por um período de 24 horas, foram lavados para separação da fração cascalho, levados à estufa e pesados. Obtendo-se o peso, foi feito o cálculo percentual em relação ao peso total das amostras.

Análises Laboratoriais

As amostras foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneiras com malha < 2 mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). As análises físicas e químicas foram realizadas conforme Teixeira et al. (2017).

Análises físicas

A TFSA foi tratada com hidróxido de sódio por 24 horas e, em seguida, lavadas para obtenção da fração calhaus (20 cm a 20 mm) e cascalho (20 -2 mm) por meio de cálculo percentual em relação ao peso total das amostras. A análise granulométrica e a argila dispersa

em água foram realizadas pelo método da pipeta, utilizando-se NaOH 1 mol L^{-1} e H_2O como dispersantes, respectivamente. A fração areia foi obtida por tamisação, a argila por sedimentação e o silte por diferença. A densidade do solo (Ds) foi obtida pelo método do anel volumétrico e a densidade de partícula (Dp) pelo método do balão volumétrico. A porosidade total foi calculada a partir dos dados de densidade do solo e de partículas, empregando-se a seguinte expressão: Pt = 100(1- Ds/Dp).

Análises químicas

O pH foi determinado em água (1:2,5 - solo: H_2O) e a condutividade elétrica (CE) foi obtida por meio de condutivímetro de leitura direta (1:5,0 - solo: H_2O). Os Ca^{2+}, Mg^{2+} e Al^{3+} trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol L^{-1}, enquanto P, K^+ e Na^+ trocáveis foram extraídos com solução Mehlich 1 (HCl 0,05 mol L^{-1} + H_2SO_4 0,0125 mol L^{-1}). A acidez potencial (H + Al) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol L^{-1} pH 7,0. Ca^{2+} e Mg^{2+} foram determinados por complexometria, Al^{3+} por titulação, K^+ e Na^+ por fotometria de chama e P por colorimetria. O carbono orgânico total (COT) foi determinado através do método de combustão seca proposto por Yeomans e Bremner (1988).

De posse dos resultados, foram obtidos os índices grau de floculação (GF), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions efetiva (CTCef) e total (T), saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%) e porcentagem de saturação por sódio (PST) (Teixeira et al., 2017).

Análises mineralógicas

Difratometria de Raios – X (DRX)

A matéria orgânica das amostras foi eliminada com peróxido de hidrogênio (H_2O_2). A fração areia foi separada por peneiramento e a fração argila e silte por sedimentação (JACKSON, 1985). Os minerais da fração areia e silte foram identificados em lâminas em pó. A fração argila foi montada em lâminas orientadas e identificada após os seguintes pré-tratamentos: Mg^{2+} em temperatura ambiente (25ºC) e Mg^{2+} solvatada com glicerol para determinação de minerais 2:1. Os minerais foram submetidos à difração de raio-X no difratômetro D-2 Phaser Bruker de acordo com os seguintes parâmetros de ajuste de equipagem: fenda de 1,0 mm, intervalo angular (2θ) de 3 - 40° (argila) e 3 - 70° (areia e silte), tempo de 2,0

s, passo de 0.0125, “anti-scatter slit”, “faca”de 1,0 mm e abertura de detector de 3,0° (99 canais). A identificação das fases minerais foi realizada pelo programa EVA do D-2 Phaser.

Fluorescência de Raios –X (FRX)

Os teores elementares de elementos maiores dos solos foram obtidos por meio de espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF). As amostras foram passadas em peneiras de 0,053 mm e posteriormente prensadas com ácido bórico em uma prensa Vaneox Pressing Technology. Em seguida, os elementos foram determinados no equipamento S2 Ranger Bruker, com detector de silício X-Flash com refrigeração Peltier. As análises qualitativas e semiquantitativas foram realizadas no programa Espectra EDX.

3.3 Resultados

Elementos da paisagem

O relevo variou majoritariamente de suave ondulado a ondulado, intercalado com superfícies aplainadas de baixa altitude. Foi constatado uma repetição sequencial de vertentes em toda a extensão do relevo, cuja segmentação compreende platôs, encostas e sopé de deposição (DALRYNPLE et al., 1968). O perfil altimétrico da sequência de solos é apresentado na Figura 8.

O primeiro segmento identificado na sequência foi a meia encosta (terço inferior), localizado em torno de 636 m. Nesse segmento o relevo local é plano com declividade ≤ 2,5%, onde é comum a ocorrência de Neossolo Litólico Eutrófico típico (P1: RLe), formado a partir do intemperismo de migmatitos. Ao longo da catena foi identificado o segmento topo, correspondente ao interflúvio da paisagem, onde foi registrada altitude máxima de 648 m e declividade entre 5,1-12%. Nesse segmento, ocorre Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico (P2: CXvd), formado a partir do intemperismo de migmatitos.

O terceiro elemento identificado foi o sopé de deposição, sob altitude de 613 m e declividade ≤ 2,5%. Esse segmento erosional-deposicional sofre influência de sedimentos clásticos e íons transportados via solução dos segmentos superiores da vertente. Nesse segmento, foi identificado Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (P3: CXve) e

Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário (P4: RLe), ambos formados a partir do intemperismo de gnaisse.

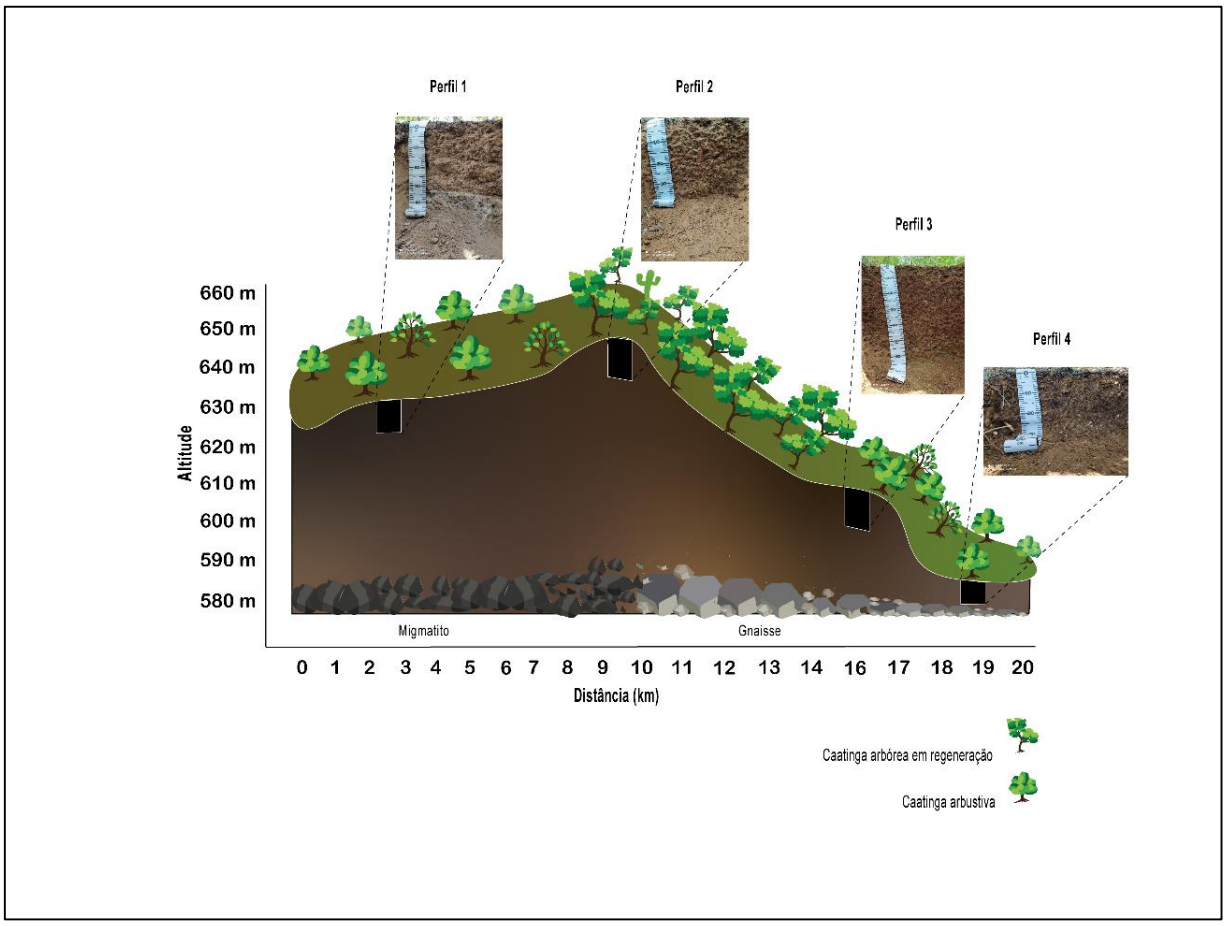

Figura 8. Perfil topográfico do terreno e localização dos perfis na sequência sobre migmatitos (P1 e P2) e gnaisse (P3 e P4) na região de Monteiro, PB. (P1) Neossolo Litólico Eutrófico típico; (P2) Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico; (P3) Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário; (P4) Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário.

Atributos morfológicos

Na meia encosta ocorre Neossolo Litólico Eutrófico típico (RLe) formado de migmatito, com sequência de horizontes A-AC-Cr (Tabela 5). O perfil é raso (42 cm), com horizonte A e AC de textura fancoarenosa e Cr franco-argiloarenoso. O solo apresenta cor bruno-escura (10YR 3/3, úmida) nos horizontes A e AC e bruna (10YR 5/3, úmida) no Cr (Tabela 5). Estrutura forte, pequena, granular ocorre nos horizontes A e AC e forte, pequena a média, prismática no Cr. Os horizontes A e AC são friáveis e não plásticos e não pegajosos, enquanto o Cr é ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso. A transição entre os horizontes é plana e gradual.

Tabela 5. Atributos morfológicos em uma topolitossequência de solos sob migmatios e gnaisse em Monteiro, PB.

Hor.	Prof. (cm)	Cor (úmida)	Classe textural	[1]Estrutura	[2]Consistência (seca, úmido e molhado)	[3]Transição
P1 – Neossolo Litólico Eutrófico típico - migmatito						
A	0-13	10YR 3/3	fr.arenosa	fr., peq. e gran.	solt. fri., nplas., npeg.	gra. e pla.
AC	13-30	10YR 3/3	fr. arenosa	fr., peq. e gran.	lig.dr.fri., nplas., npeg.	gra. e pla.
Cr	30-42	10YR 5/3	fr.arg.arenosa	for., peq a méd. e pris.	lplás., lpeg.	-
P2 – Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico - migmatito						
A	0-13	10YR 3/3	fr. arenosa	fr., méd. a gr., bl. ang e sub.	mac., mfri., lplas., lpeg.	gra. e pla.
Bi	13-24	10YR 3/6	fr. arenosa	mod., méd. a gr., bl. ang e sub.	mac., mfri., lplas., lpeg.	gra. e pla.
BC	24-40	10YR 4/3	fr. arg. arenosa	mod., peq. a méd., bl. ang e sub.	mac., fri., lplas. lpeg.	-
P3 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - gnaisse						
A	0-14	2,5YR 3/3	fr.arg.arenosa	mod., méd. a gr., bl. ang. e sub.	lig.dr., mfri., plas., peg.	gra. e pla.
Bt	14-32	2,5YR 3/4	argila	for., méd. a gr., bl. ang. e sub.	lig.dr.,fir., mplas., mpeg.	abr. e pla.
BC	32-49	2,5YR 3/4	argila	for., méd. a gr., bl. ang. e sub.	lig.dr., fir., plas., peg.	gra. e pla.
Cr	49-66	7,5YR 4/4	fr.argilosa	mod., peq. a méd., bl. ang. e sub.	dr., fir., plas. peg.	-
P4 – Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário - gnaisse						
A	0-18	10YR 3/3	fr arg.siltosa	for., méd. a gr., bl.ang e bl.sub.	lig. dr., fri., plas., peg.	cla. e pla.
Cr	18-29	10YR 4/3	fr. arenosa	mod., méd. a gr., bl.ang. bl.sub.	lig. dr., fri., lplas., lpeg.	-

(1) fr. arenosa: franco arenosa; fr. arg arenosa: franco argiloarenosa; fr.argilosa: franco argilosa; fr.: fraca; mod. Moderada; for.: forte; peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande; peq.: pequena; méd.: média; gr. grande; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares; pris.:prismática. (2) so.: solto; mac.: macio; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; nplas.: não plástico; l.plas.: ligeiramente plástico; plas.: plástico; npeg.: não pegajoso; l.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.: muito pegajoso. (3) cla.: clara; gra.: gradual; pla.: plana.

No segmento de topo foi identificado Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico (CXvd), formado de migmatito, com sequência de horizontes A-Bi-B-Cr (Tabela 5). O perfil é raso (40 cm), com horizonte A e Bi de textura fanco-arenosa e BCr franco-argiloarenoso. O solo apresenta cor bruno-escura (10YR 3/3, úmida) no horizonte A, bruno-amarelado-escura (10YR 3/6, úmida) no Bi e bruna (10YR 4/3, úmida) no BCr (Tabela 5). Estrutura fraca, média a grande em blocos subangulares e angulares ocorre nos horizontes A, enquanto nos demais horizontes é moderada, pequena a média, blocos subangulares e angulares. Os horizontes possuem consistência macia, muito friáveis a friáveis, ligeiramente plásticas e ligeiramente pegajosas. A transição entre os horizontes é plana e gradual.

No segmento de sopé, ocorre Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário (CXve), formado de gnaisse, com sequência de horizontes A-Bi-BC-Cr (Tabela 5). O perfil é pouco profundo (66 cm), com textura franco-argilo-arenosa no A, argilosa no Bt e BC e franco-argilosa no Cr. O solo apresenta cor bruno-avermelhado-escura (2,5YR 3/3 ou 2,5YR 3/4, úmida) no horizonte A, Bt e BC e bruna (7,5YR 4/4, úmida) no Cr (Tabela 5). Os horizontes apresentam estrutura variando de moderada a forte, de tamanho médio a grandes, sempre em blocos angulares e subangulares. Os horizontes A, BC e Cr variam de ligeiramente duros a duros, muito friáveis a firme, plásticos e pegajosos, enquanto o horizonte diagnóstico Bt e Cr é ligeiramente duro, firme, muito plástico e muito pegajoso. A transição entre A e Bt e BC e Cr é plana e gradual e entre Bt e BC plana e abupta.

No sopé de deposição também ocorre Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário (RLe) formado de gnaisse, com sequência de horizontes A-Cr (Tabela 5). O perfil é raso (29 cm) com textura franco-argilossiltosa no A e franco-arenosa no Cr. O solo apresenta cor bruno-escura (10YR 3/3, úmida) no horizonte A e bruno-amarelado-escura (10YR 3/4, úmida) no Cr (Tabela 1). Os horizontes apresentam estrutura variando de moderada a forte, de tamanho médio a grandes do tipo blocos angulares e subangulares. Ambos são ligeiramente duros, friáveis, ligeiramente plásticos e ligeiramente pegajosos. A transição entre os horizontes é plana e clara (Tabela 5).

Atributos físicos

Os atributos físicos dos solos da topolitossequência sobre migmatitos e gnaisse são apresentados na Tabela 6. Os maiores teores de cascalho foram obtidos nos solos formados de migmatitos, notadamente no segmento terço inferior (P1: 91-158 g kg^{-1}). Nos solos formados de gnaisse os cascalhos variaram de 11-25 g kg^{-1} no P3, com decréscimo em profundidade e, entre 9-146 g kg^{-1} no P4, com considerável incremento para o horizonte subsuperficial Cr.

Tabela 6. Atributos físicosem uma sequência de solos sob migmatito e gnaisse, no Município de Monteiro-PB.

Hor.	Prof. (cm)	Casc.	AG	AF	Silte	Argila	ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
		---------- g kg^{-1} ----------						%		--------- g cm^{-3} ------		%
P1 – Neossolo Litólico Eutrófico típico - migmatito												
A	0- 13	95	546	172	142	140	120	14	1,0	1,61	2,62	39
AC	13-30	151	533	146	201	120	120	0	1,7	1,53	2,61	41
Cr	30-42	158	344	123	233	300	300	0	0,8	nd	2,61	nd
P2 – Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico - migmatito												
A	0-13	108	306	336	198	160	100	37	1,2	1,55	2,63	41
Bi	13-24	69	279	325	216	180	160	11	1,2	1,47	2,67	45
BC	24-40	126	286	285	169	260	200	23	0,7	1,39	2,64	47
P3 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - gnaisse												
A	0-14	25	272	234	234	260	200	23	0,9	1,29	2,69	48
Bi	14-32	13	241	163	197	400	360	10	0,5	1,47	2,60	57
BC	32-49	11	199	132	249	420	420	0	0,6	1,23	2,62	47
Cr	49-66	13	145	163	412	280	220	21	1,5	1,60	2,62	61
P4 – Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário - gnaisse												
A	0-18	9	56	80	584	280	140	50	2,1	1,03	2,59	60
Cr	18-29	146	316	260	244	180	180	0	1,4	1,41	2,70	52

Casc.: cascalho; AG: areia grossa; AF: areia fina; ADA: argila dispersa em água; GF: grau de floculação; S/A: razão silte/argila; Ds: densidade do solo; Dp: densidade de partícula; Pt: porosidade total; nd: não determinado.

Os maiores teores de argila foram encontrados nos solos formados de gnaisse, com variação entre 260-420 g kg^{-1} no P3 e entre 140-180 g kg^{-1} no P4. Em geral, esses solos também apresentaram os maiores teores de silte (P3: 197-412 g kg^{-1}; P4: 244-584 g kg^{-1}). Por outro lado, os maiores teores de areia foram encontrados nos solos oriundos de migmatitos, notadamente em relação à fração areia grossa. A variação nos teores de areia foi de 467-718 g kg^{-1} no P1 (terço superior) e de 571-642 g kg^{-1} no P2 (topo), com os maiores valores sempre encontrados nos horizontes superficiais (Tabela 1). À exceção do P4, com os maiores teores encontrados nos horizontes Bt (360 g kg^{-1}) e BC (420 g kg^{-1}), os teores de ADA aumentam gradualmente em profundidade nos demais perfis.

A relação silte/argila é mais elevada nos horizontes superficiais dos solos formados de migmatitos e nos horizontes Cr dos solos formados de gnaisse. A Ds diminui gradualmente em profundidade em P1 e P2, enquanto nos solos de gnaisse os maiores valores de Ds foram encontrados nos horizontes Cr (P3: 1,60 g cm^{-3}; P4: 1,41 g kg^{-1}).

Atributos químicos

Os atributos químicos dos solos da topolitossequência sobre rochas metacalcárias e xistos são apresentados na Tabela 7. Os horizontes dos solos sob influência de migmatito apresentaram reação moderadamente ácida no terço superior (P1: pH 5,58-6,15) e moderadamente ácida a praticamente neutra no topo (P2: pH 6,11-6,81), enquanto os horizontes dos solos formados de gnaisse são praticamente neutros a moderadamente alcalinos (P3: pH 6,70-7,54) e praticamente neutros (P4: pH 6,90-7,36), ambos os solos localizados no sopé de deposição. Independentemente da posição na paisagem e do material de origem, todos os solos apresentam balanço de cargas negativas, com gradual aumento em profundidade e, baixos valores de condutividade elétrica.

O material de origem e a posição na paisagem também não influenciaram os teores de Al^{3+}, considerados baixos em todos os solos avaliados. À exceção do segmento topo (P2), os valores de H+Al tendem a diminuir em profundidade; no entanto, com exceção do P2, os teores de CTCe aumentam em profundidade nos demais solos avaliados.

Com exceção de P4 (sopé), os teores de Ca^{2+} aumentam em profundidade e são consideravelmente mais elevados nos solos do sopé formados de gnaisse (P3: 9,32-19,88 $cmol_c$ kg^{-1}; P4: 7,96-13,99 $cmol_c$ kg^{-1}). Os teores de Mg^{2+} também são mais elevados nos solos do sopé formados de gnaisse (P3: 0,82-4,53 $cmol_c$ kg^{-1}; P4: 2,73-5,56 $cmol_c$ kg^{-1}).

Tabela 7. Atributos químicos em uma sequência de solos sob migmatito e gnaisse na região de Monteiro, PB

Hor.	Prof.	pH	pH	ΔpH	CE	P	COT	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	Al^{3+}	H+Al	SB	CTCe	T	V	m
	cm	H_2O	KCl		dS m	mg kg^{-1}	g kg^{-1}	----------	----------	----------	----------	$cmol_c$ kg^{-1}	----------	----------	----------	----------	-----%	-----
A	0- 13	5,58	4,45	-1,13	0,220	58,2	14,4	5,59	0,44	0,05	0,00	0,4	10,4	6,1	6,5	16,5	36,9	6,2
AC	13-30	5,51	4,25	-1,26	0,114	19,7	3,8	3,22	0,44	0,03	0,00	0,5	8,9	3,7	4,2	12,6	29,3	11,9
Cr	30-42	6,15	4,16	-1,99	0,150	4,8	3,4	8,00	1,69	0,00	0,00	0,5	9,6	9,7	10,2	19,3	50,3	4,9
P2 – Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico – migmatito																		
A	0-13	6,81	5,88	-0,93	0,093	29,05	29,0	5,99	0,87	0,05	0,00	0,2	8,1	6,9	7,1	15,0	46,1	2,8
Bi	13-24	6,65	4,88	-1,77	0,068	7,11	7,11	5,33	0,26	0,03	0,00	0,3	9,4	5,6	5,9	15,0	37,4	5,1
BC	24-40	6,11	4,31	-1,8	0,053	1,97	1,9	7,82	0,34	0,00	0,00	0,3	9,6	8,2	8,5	17,8	46,0	3,5
P3 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário – gnaisse																		
A	0-14	6,7	5,55	-1,15	0,066	27,61	11,0	9,86	0,82	0,08	0,00	0,3	9,4	10,8	11,1	20,2	53,4	2,7
Bi	14-32	7,10	5,35	-1,75	0,061	2,57	10,0	9,32	1,08	0,02	0,02	0,3	9,6	10,4	10,7	20,0	52,2	2,8
BC	32-49	7,21	5,51	-1,7	0,152	4,08	4,3	19,71	3,94	0,01	0,05	0,3	9,1	23,7	24,0	32,8	72,3	1,2
Cr	49-66	7,54	6,02	-1,52	0,276	699,7	4,8	19,88	4,53	0,01	0,08	0,4	7,3	24,5	24,9	31,8	77,1	1,6
P4 – Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário – gnaisse																		
A	0-18	6,90	5,59	-1,31	0,161	27,84	20,6	13,99	5,56	0,06	0,04	0,5	10,9	19,6	20,1	30,5	64,3	2,5
Cr	18-29	7,36	5,58	-1,78	0,123	6,88	9,1	7,96	2,73	0,01	0,05	0,4	8,7	10,7	11,1	19,4	55,1	3,6

CE: condutividade elétrica; SB: soma de bases; CTCe: capacidade de troca de cátions efetiva; T: capacidade de troca de cátions à pH 7,0; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; COT: carbono orgânico total.

Os teores de K^+ e Na^+ são muito baixos em todos os segmentos da paisagem e materiais de origem avaliados. Assim, a CTC e o V% são mais elevados em P3 e P4, sendo os únicos solos eutróficos da sequência estudada. Os teores de COT são mais elevados nos horizontes superficiais, com destaque para o segmento de topo (P1: 29,0 g kg^{-1}) e sopé (P4: 20,6 g kg^{-1}). Os teores de P seguem tendência semelhante, com os maiores obtidos nos horizontes superficiais dos solos da encosta e do topo formados de migmatito (P1: 58,2 mg kg^{-1}; P2: 29,05 mg kg^{-1}).

Atributos mineralógicos

A mineralogia das frações areia e silte dos solos formados dos materiais de origem migmatito (T2 P1 e P2) e gnaisse (T2 P3 e P4) é apresentada na Figura 9. A mineralogia da fração areia e silte dos solos de ambas as sequências são semelhantes, consistindo principalmente de quartzo (0,423; 0,334; 0,181 e 0,154 nm), plagioclásio (0,367 e 0.291 nm), feldspato (0,402; 0.372 e 0.296 nm), biotita (0,245; 0,265; 0,154 nm), goethita (0,246; 0,228; 0,219 e 0,138 nm), hematita (0,364; 0,271; 0,251 nm) e rutilo (0,327 e 1,687 nm).

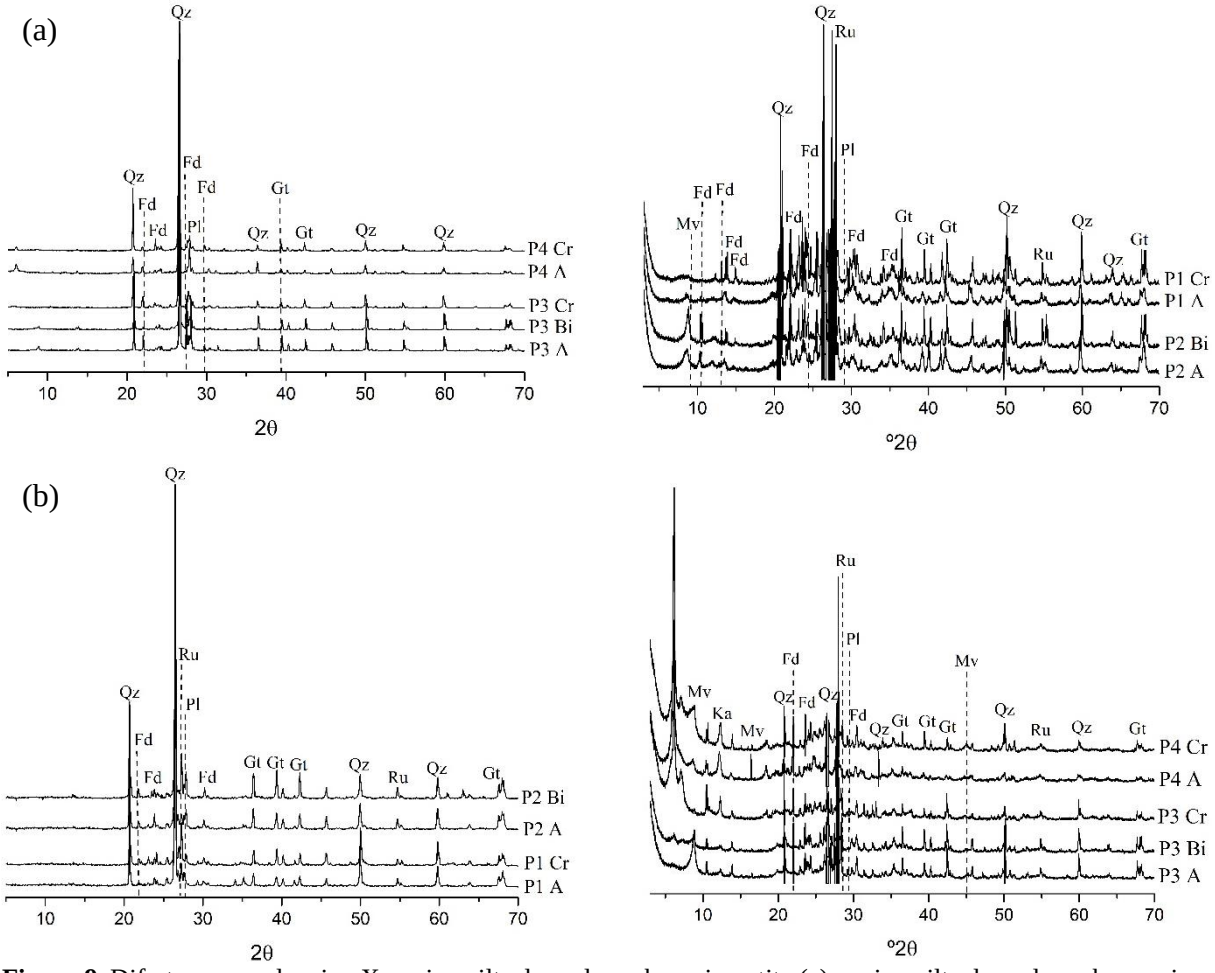

Figura 9. Difratogramas de raios-X: areia e silte dos solos sobre migmatito (a); areia e silte dos solos sobre gnaisse (b). Qz: quartzo; Pl: plagioclásio; Fd: feldspato; Bt: biotita; Gt: goethita; Hm: hematita; Rt: rutilo.

A mineralogia da fração argila dos solos de ambas as sequências estudadas é apresentada na Figura 10. Na fração argila de T2 P1 e P4 foi identificada mica (muscovita) pelos picos à 1,00 e 0,336 nm e caulinita pelas reflexões à 0,723, 0,41 e 0,354 nm. Além de mica e caulinita, notadamente em T2 P3 foi identificada vermiculita pelos picos em 1,471 e 0,481 nm no tratamento com saturação por Mg e posterior confirmação com o pico a 1,582 nm após solvatação com glicerol (Figura 10).

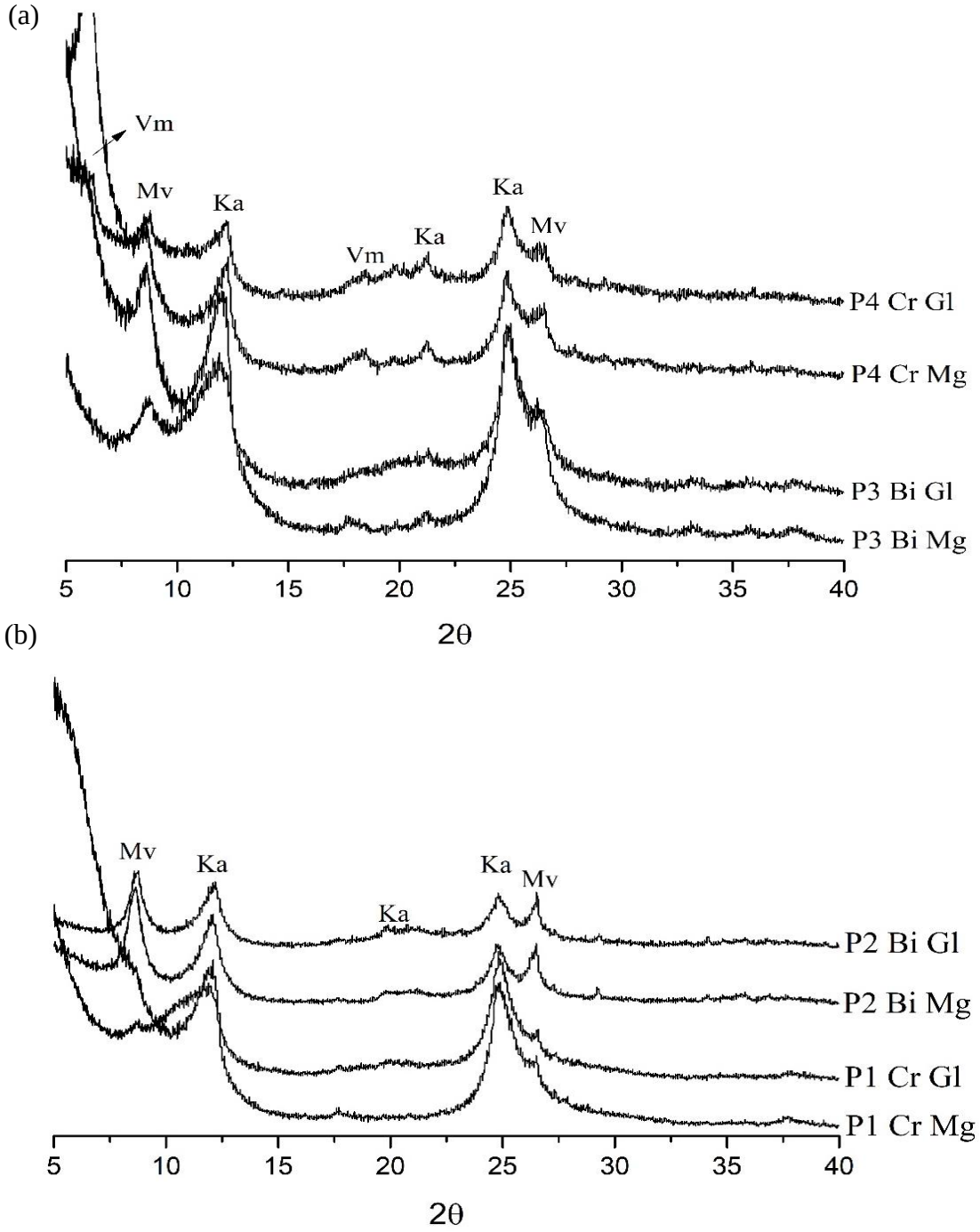

Figura 10. Difratogramas de raios-X fração argila: P1 e P2, sobre migmatito (a); e P3 e P4 sobre gnaisse (b). Mv: muscovita; Ka caulinita; Vm: vermiculita.

Os teores totais de elementos maiores dos solos estudados são apresentados na Tabela 8. Os teores de SiO_2 são mais elevados nos solos formados de migmatito (P1: 72,95-77,98 %; P2: 74,65-75,70 %), com teores homogêneos ao longo dos perfis e entre os segmentos de encosta e topo (Tabela 8). Em contraste, os teores de Al_2O_3 são mais elevados nos solos oriundos de gnaisse (P3: 12,08-16-97,98 %; P4: 14,12-17,60 %), com gradual incremento em profundidade em todos os segmentos da paisagem. Em geral, há um gradual incremento de Al_2O_3 no sentido terço médio (P1) – topo (P2) – sopé (P3 e P4) (Tabela 8).

Os teores de Fe_2O_3 são mais elevados nos solos do sopé (P3:5,40-9,81 %; P4: 7,19-9,90 %) (Tabela 8). Em P3 os teores de Fe_2O_3 aumentam em profundidade, enquanto no P4 os maiores valores foram encontrados no horizonte superficial. No segmento terço inferior (P1) e topo (P2) os teores de Fe_2O_3 diminuem gradualmente em profundidade (Tabela 8). Os teores de CaO seguem comportamento semelhante, com os maiores teores encontrados nos solos do sopé (P3:1,29-2,09 %; P4: 1,45-1,51 %). Em P2 e P4 os maiores teores de CaO foram encontrados em superfície, enquanto no P3 esses teores aumentam em profundidade.

Os teores de MgO também são consideravelmente mais elevados nos solos do sopé formados de gnaisse (P3:1,07-2,71 %; P4: 2,22-3,95 %) (Tabela 8). Em P3, os teores de MgO aumentam em profundidade, em P4 diminuem em subsuperfície e em P1 e P2 são homogêneos ao longo dos perfis. Comportamento semelhante foi observado com o TiO_2, cujos maiores teores ocorrem nos solos de gnaisse (P3:1,06-1,45 %; P4: 1,19-1,33 %). Em geral os teores de TiO_2 aumentam em profundidade nos diferentes segmentos da paisagem.

Por outro lado, os teores de K_2O são principalmente mais elevados no terço médio, seguido do segmento de topo (P1: 3,47-4,51 %; P2: 2,65-2,89 %) (Tabela 8). À exceção do P1, nos demais solos os teores de K_2O diminuem em profundidade. Os teores de Na_2O são semelhantes entre os segmentos da paisagem, com sensível aumento no P4. Baixos teores de MnO foram detectados somente nos solos derivados de gnaisse.

Tabela 8. Teores totais de elementos maiores determinados por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA de perfis de solos em uma sequência sob migmatitos e gnaisse na região de Monteiro, PB.

Horizonte	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K2O	Na_2O	SO_3	MnO	P_2O_5
	%										
P1 – Neossolo Litólico Eutrófico típico – migmatito											
A	77,98	9,69	1,73	0,39	0,70	0,33	4,51	1,11	<LQ	<LQ	<LQ
Cr	72,95	13,90	3,48	0,68	0,71	0,43	3,47	1,16	<LQ	<LQ	<LQ
P2 – Cambissolo Háplico Ta Distrófico típico - migmatito											
A	74, 65	11,03	2,83	0,74	1,27	0,66	2,89	1,22	<LQ	<LQ	<LQ
Bi	75,70	11,28	3,03	0,79	1,13	0,66	2,82	1,18	<LQ	<LQ	<LQ
Cr	74,87	11,89	3,40	0,71	0,96	0,68	2,65	0,96	<LQ	<LQ	<LQ
P3 – Cambissolo Háplico Ta Eutrófico fragmentário - gnaisse											
A	71,73	12,08	5, 40	1,06	1,29	1,07	1,53	1,24	<LQ	0,11	<LQ
Bi	67,12	14,98	7,15	1,02	1,00	1,19	1,25	0,80	<LQ	<LQ	<LQ
Cr	58,06	16,97	9,81	1,45	2,09	2,71	0,99	1,40	<LQ	0,17	0,23
P4 – Neossolo Litólico Eutrófico fragmentário - gnaisse											
A	52,72	17,60	9,90	1,19	1,51	3,95	1,15	2,19	<LQ	0,14	<LQ
Cr	66,53	14,12	7,19	1,33	1,45	2,22	1,17	2,36	<LQ	0,13	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

3.4 Discussão

A configuração suave ondulada a ondulada intercalada com superfícies aplainadas confirma a ocorrência de um modelado esculpido sobre rochas cristalinas antigas que formam o escudo pré-cambriano da região Nordeste, originando domínios geomorfológicos com diferentes altimetrias oriundos de superfícies de erosão pretéritas, onde houve longo processo de modelagem da paisagem desde que a região alcançou uma estabilidade tectônica no Cambriano (XAVIER et al., 2016; MAIA & BEZERRA, 2020). O constante processo de erosão dessas superfícies a partir de fluxos hídricos encaixantes permitiu a modelagem da paisagem, muito antiga e inativa geologicamente, que passou por mudanças climáticas pretéritas oscilando entre períodos mais úmidos e mais secos (PEREIRA et al., 2018; MAIA & BEZERRA, 2020; PEULVAST & BÉTARD, 2021). Isso explica a alternância sequencial, alternada e repetitiva das vertentes em toda a extensão da região estudada.

Sob esses domínios são encontrados solos pouco desenvolvidos sem horizonte B diagnóstico (Neossolos) ou com horizonte B incipiente (Cambissolos). Esses solos são encontrados no segmento terço inferior e topo das vertentes, bem como, nas partes mais rebaixadas da paisagem (sopé de deposição), ambos formados a partir do intemperismo de migmatito ou gnaisse. No sopé os solos apresentaram contato lítico fragmentário, indicando que fluxos subsuperficiais são importantes na fragmentação do material gnáissico

À exceção do Cambissolo Háplico localizado no sopé de deposição (P3), todos os demais solos apresentam coloração amarelada. Tal fato resulta da ocorrência de goethita, cuja gênese é principalmente favorecida por condições que permitem baixa atividade de Fe em solução, tal como baixa liberação de Fe do material de origem associada à sua complexação pela matéria orgânica sob maiores condições de umidade (SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989). Por outro lado, a coloração avermelhada de P3 reflete uma maior contribuição de hematita nos solos, cuja formação é favorecida por (i) elevados teores de Fe na rocha, resultando em elevada taxa de liberação de Fe; (ii) pH próximo da neutralidade, favorecendo a agregação da ferrihidrita, precursor da hematita; (iii) temperatura elevada ou baixa atividade de água e; (iv) rápida decomposição da biomassa, resultando em baixa complexação do Fe (TORRENT et al., 1982; SCHWERTMANN & MURAD, 1983). Essas condições confirmam que na posição do sopé há forte contribuição da banda melanocrática do gnaisse na gênese desses solos, principalmente aportando Fe oriundo do intemperismo de minerais facilmente intemperizáveis, como a biotita (Figura 4). Resultados semelhantes foram obtidos em solos originados de gnaisse no Nordeste brasileiro (SANTOS et al., 2017).

Os solos formados de gnaisse e localizados no sopé também apresentam maiores teores de argila, notadamente em P3 (Tabela 6). A ocorrência de minerais expansivos no P3 confirma gênese segundo atuação do processo de bissialitização, cuja convexidade desse segmento da paisagem favorece a transformação de micas a partir de perda de K da entrecamada e redução da carga na camada (AZEVEDO & VIDAL-TORRADO, 2009). A presença de vermiculita também explica a consistência firme, muito plástica e muito pegajosa do horizonte diagnóstico, bem como, seus maiores teores de CTC. Cambissolos com predominância de minerais 2:1 também foram encontrados em superfícies convexas na Chapada do Apodi (OLIVEIRA et al., 2018).

No sopé também foram encontrados os maiores teores de silte, notadamente no horizonte saprolítico do P3 e no horizonte superficial de P4. Essas evidências apontam que nessas superfícies mais rebaixadas, estáveis, e planas há contribuição de materiais das posições mais elevadas e inclinadas da paisagem. Esses resultados estão de acordo com os observados em topossequência de solos em variadas condições edafoclimáticas (DERESSA et al., 2020; FONSECA et al., 2021; AMARA et al., 2022). A maior relação silte/argila no horizonte superficial de P4 associado a baixa relação silte/argila dos solos à montante confirma a assertiva de contribuição alóctone de materiais no segmento de sopé.

Por outro lado, P1 e P2, derivados de migmatitos, são solos mais arenosos e com grau de desenvolvimento pedogenético fraco a moderado, o que deve está relacionado com a maior presença de leucossomas no migmatito, que são zonas de acumulaçao de minerais félsicos (LIU et al., 2015). De fato a mineralogia da fração areia e silte desses solos aponta para um amplo predomínio de quartzo, feldspatos e plagioclásios. Apesar disso, foi observado um aumento de argila em profundidade, principamente nos horizontes mais próximos ao contato lítico. Esse processo de argilização é favorecido por fluxos hídricos verticais que contribuem para a remoção de cátions básicos, o que explica a maior distrofia desses solos, bem como, promove a remoção parcial de Si (dessilicação), onde o Al liberado via intemperismo de silicatos recombina-se com o Si remanescente para formar caulinita (monossialitiação). Ainda, dada a localização em segmentos mais elevados na paisagem, P1 e P2 também são influenciados por perdas laterais de partículas mais finas para as posições mais baixas e rebaixadas da paisagem (IHEME et al., 2023).

Na sequência estudada também foi observado que os solos apresentam quantidades apreciáveis de areia grossa. Tal fato evidencia a influência do clima semiárido no desenvolvimento pedogenêtico dos solos, pois déficits hídricos acentuados limitam o processo de hidrólise, reduzindo a velocidade de transformação dos minerais primários (EZE et al., 2021; AGBENIN, 2022). Isso justifica a ampla ocorrência de minerais facilmente intemperizáveis nos

solos, notadamente plagioclásios e biotita, e os elevados teores de K, Na, Ca e Mg. Resultados semelhantes são amplamente reportados para solos do semiárido brasileiro, reforçando às condições climáticas regionais são limitantes ao avanço do intemperismo químico foram relatados por (SOUZA et al., 2023).

Os menores valores do grau de floculação e os maiores teores de argila dispersa em água (ADA) na maioria dos solos indicaram a susceptibilidade desses solos à erosão. Em solos pouco desenvolvidos com baixo teor de óxidos de ferro e alumínio é comum o desequilíbrio entre cargas negativas e positivas, o que favorece a dispersão (BASGA et al., 2018). Outro aspecto que favorece a dispersão dos solos em ambientes semiáridos é o baixo teor de matéria orgânica que poderia agir como um agente cimentante na agregação das partículas do solo (SHAHABINEJAD et al., 2019). Tal fato comprova a fragilidade ambiental desses solos frente à ação de processos erosivos, sobretudo sob situações de uso inadequado do solo (PEREIRA et al., 2022).

Os baixos teores de Al^{3+} observados ao longo da sequência de solos é comum em solos do semiárido que apresentam reação moderadamente ácida a praticamente neutra (VALLADARES et al., 2017). Logo, a acidez potencial desses solos é basicamente constituída por H^{+}, o que também foi observado na região semiárida da Chapada do Apodi (ARTUR et al., 2014).

O maior teor de COT no P4 (sopé) pode ser explicado pela acumulação de material oriundo das posições mais elevadas da paisagem, enquanto no topo, apesar de uma inclinação de 5,1 a 12 %, a cobertura vegetal densa e as boas condições de drenagem favorecem a acumulação de matéria orgânica, além de reduzir o processo de erosão. Comportamento semelhante na distribuição de COT foi relatado em um estudo de solos na Etiópia onde a topografia, uso do solo e teor de argila influenciaram nos teores de COT (DESSALEGN et al., 2014).

Não foi observado um padrão de distribuição de P com a variação topográfica, o que está em acordo com outro estudo em topossequência realizado no semiárido pernambucano (ARAÚJO et al., 2004). Os maiores teores de P registrados nos horizontes superficiais está relacionado com o maior aporte de matéria orgânica pela vegetação ou ao histórico de uso (pecuária extensiva), principalmente em P1. Por outro lado, os elevados teores de P encontrados no horizonte Cr do P3 pode ter relação com minerais ricos em P no material de origem (ARAÚJO et al., 2004; IHEME et al., 2023). Estudo sobre fracionamento de P em solos do semiárido brasileiro encontrou concentrações elevadas de P inorgânco ao estudar solos formados a partir de grantios e gnaisses, o que foi atribuído à presença de apatita e monazita no material de origem (AGBENIN & TIESSEN, 1994).

A predominância de Ca^{2+} e Mg^{2+} no complexo de troca em todos os perfis está relacionado com os déficits hídricos da região e a mineralogia do material de origem (SAMUEL et al., 2023). Nesse sentido, o material gnáissico com amplo predomínio de minerais facilmente intemperizáveis, como plagioclásios e biotita, aportam consideráveis teores de cátions básicos para a solução dos solos. Resultados semelhantes foram encontrados em topossequência de solos na Nigéria (ADEGBITE et al., 2019). Assim como evidenciado pelos teores totais de óxidos maiores, no processo hidrolítico também há liberação de Fe principalmente via intemperismo de biotita. O aumento dos teores desses cátions trocáveis do topo em direção ao sopé também sugere que a topografia também influencia a lixiviação de íons mais solúveis para as posições mais rebaixadas da paisagem (ARTHUR & OKAE-ANTI, 2022).

Por outro lado, a ocorrência de feldspatos potássicos é importante para a assinatura geoquímica de P1 e P2. Apesar disso, no complexo de troca foram encontrados baixos tores de K^+ e Na^+, o que deve estar relacionado a maior susceptibilidade desses elementos à lixiviação, notadamente nesses segmento da paisagem onde predomina drenagem livre. Entretanto, deve-se considerar ainda a considerável resistência da muscovita ao intemperismo dada seu caráter dioctaedral. Resultados semelhantes foram encontrados em solos da região semiárida da Etiópia (BEKELE et al., 2023).

Também foi observada direta influência do relevo na CTC dos solos, com os maiores valores encontrados no sopé. Além disso há uma indicação de aumento da CTC em horizontes com maior conteúdo de argila, mesmo que esses não apresentem teores significantes de COT, e isso sugere que nos solos estudados as argilas com predomínio de cargas permanentes oriundas de substituição tetraédrica, aqui representadas por vermiculitas, têm mais forte influência sobre a CTC do que a matéria orgânica (CORRÊA et al., 2003; COSTA et al., 2010; DAHER et al., 2019). Essas argilas de alta atividade também explicam a ocorrência de solos eutróficos nas posições de sopé, enquanto nas posições mais altas os solos distróficos estão relacionados com a textura mais arenosa e a mineralogia predominantemente caulinítica.

3.5 Conclusões

Há variação nas classes de solos e em seus atributos morfológicos, químicos e físicos em função da posição dos solos na paisagem. Apesar do material de origem também influenciar algumas caraterísticas dos solos, foi encontrado variação em solos e atributos associados à litologia semelhante, o que evidencia a influência do relevo na instauração de processos pedogenéticos específicos.

Os solos dos segmentos mais elevados na paisagem (terço superior e topo) são mais rasos, ácidos, distróficos e cauliníticos (monossialitização), enquanto os solos ocorrentes nos segmentos deposicionais apresentam contato lítico fragmentário, são mais argilosos (argilização), praticamente neutros, eutróficos e vermiculíticos (bissialitização).

Os solos formados de migmatito são distróficos e apresentaram textura mais arenosa, provavelmente relacionado com a ocorrência de minerais mais resistentes ao intemperismo comuns em rochas formadas a partir do metamorfismo de rochas cristalinas como o granito. Por outro lado, os solos formados de gnaisse se mostraram mais avermelhados, argilosos e eutróficos, evidenciando a forte herança de minerais máficos oriundos do intemperismo da banda melanocrática.

Essa pesquisa confirmou que um estudo integrando os efeitos do material de origem e o relevo é de suma importância para o entendimento da variação da cobertura pedológica em paisagens complexas como às encontradas na região semiárida brasileira.

3.6 Referências

AGBENIN, J. O. Soil Mineralogy and Applied Phosphate Transformation in a Toposequence of a Tropical Semi-arid Landscape: Montgomeryite [Ca2Al2(PO4)3(OH).7H2O] as the Possible Metastable Phosphate Transformation Residue. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 53, n. 5, p. 545–558, 9 mar. 2022.

AGBENIN, J. O.; TIESSEN, H. Phosphorus transformations in a toposequence of lithosols and cambisols from semi-arid northeastern brazil. **Geoderma**, v. 62, n. 4, p. 345–362, 1 jun. 1994.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, 1 dez. 2013.

AMARA, D. M. K. et al. Studies on the Genesis of Soils in Jong River Basin in the Northern Province of Sierra Leone. **Open Journal of Geology**, v. 12, n. 3, p. 273–293, 10 mar. 2022.

ARTHUR, A.; OKAE-ANTI, D. Variations in Soil Physico-Chemical Properties as Influenced by Landuse in a Toposequence. **Journal of Geoscience and Environment Protection**, v. 10, n. 8, p. 98–121, 4 ago. 2022.

BASGA, S. D. et al. Land use impact on clay dispersion/flocculation in irrigated and flooded vertisols from Northern Cameroon. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 6, n. 3, p. 237–244, 1 set. 2018.

BEKELE, A. et al. Genesis and Classification of Termite-Mediated Soils along Toposequences in a Semiarid Area of Southeast Ethiopia. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2023, p. e7150907, 27 jan. 2023.

BHASKAR, B. PHANEENDRA et al. Soil-landscape relationships in Vedavathi river basin, Chitradurga district, Karnataka, India: morphology and textural and chemical properties. **Arabian Journal of Geosciences**, v. 14, n. 8, p. 670, 6 abr. 2021.

CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações Soil-landscape relationships: concepts, developments and applications. **AMBIÊNCIA**, v. 8, n. 3, p. 963–982, 28 dez. 2012.

CORRÊA, A. C. DE B. et al. Megamorfologia e morfoestrutura do Planalto de Borborema. **Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)**, v. 31, n. 1–2, p. 35–52, 1 jan. 2010.

CORRÊA, M. M. et al. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 311–324, abr. 2003.

DAHER, M. et al. Semi-arid soils from a topolithosequence at James Ross Island, Weddell Sea region, Antarctica: Chemistry, mineralogy, genesis and classification. **Geomorphology**, v. 327, p. 351–364, 15 fev. 2019.

DE JESUS, J. B. et al. Influence of anthropization on the floristic composition and phytosociology of the Caatinga susceptible to desertification in the state of Sergipe, Brazil. **Tropical Ecology**, v. 63, n. 3, p. 398–408, 1 set. 2022.

DE MORAES, J. B.; WANDERLEY, H. S.; DELGADO, R. C. Areas susceptible to desertification in Brazil and projected climate change scenarios. **Natural Hazards**, v. 116, n. 2, p. 1463–1483, 1 mar. 2023.

DE SOUZA, J. J. L. L. et al. Organic carbon rich-soils in the brazilian semiarid region and paleoenvironmental implications. **CATENA**, v. 212, p. 106101, 1 maio 2022.

DERESSA, A.; YLI-HALLA, M.; MOHAMED, M. Soil organic carbon stock and retention rate among land uses along Didessa toposequence in humid Western Ethiopia. **Environmental Systems Research**, v. 9, n. 1, p. 34, 24 nov. 2020.

ESPINDOLA, C. R. Material de origem do solo. **Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)**, v. 38, n. 1, p. 59–70, 7 nov. 2017.

EZE, P. N.; MOLWALEFHE, L. N.; KEBONYE, N. M. Geochemistry of soils of a deep pedon in the Okavango Delta, NW Botswana: Implications for pedogenesis in semi-arid regions. **Geoderma Regional**, v. 24, p. e00352, 1 mar. 2021.

FONSECA, J. DA S. et al. Soil–landscape relationship in a sandstone-gneiss topolithosequence in the State of Amazonas, Brazil. **Environmental Earth Sciences**, v. 80, n. 21, p. 714, 19 out. 2021.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Zoneamento agrícola de risco climático da região do Médio Curso do Rio Paraíba / Zoning of climatic risk of the Middle Curse of Rio Paraíba region. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, 18 mar. 2021.

GEBREHANNA, B.; BEYENE, S.; ABERA, G. Impact of Topography on Soil Properties in Delboatwaro Subwatershed, Southern Ethiopia. **Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 8, n. 4, p. 34–50, 31 dez. 2022.

IHEME, O. U.; EJIAKO, E. J.; NWAKANMA, U. G. Characterization and classification of soils along a toposequence in Eziama Ikeduru, Imo State, South-Eastern Nigeria. **World News of Natural Sciences**, v. 47, p. 84–103, 2023.

JACKSON, M. L. **Soil Chemical Analysis: Advanced Course**. [s.l.] UW-Madison Libraries Parallel Press, 2005.

LIU, F. et al. Multiple partial melting events in the Ailao Shan–Red River and Gaoligong Shan complex belts, SE Tibetan Plateau: Zircon U–Pb dating of granitic leucosomes within migmatites. **Journal of Asian Earth Sciences**, Journal of Asian Earth Sciences Special Issue on EXPLORATION OF THE CRUST AND UPPER MANTLE IN CHINA: PROGRESS FROM SINOPROBE. v. 110, p. 151–169, 1 out. 2015.

MAIA, R.; BEZERRA, F. The Geomorphology of the Northeast: Classical and Current Perspectives. Em: MAIA, R.; BEZERRA, F. (Eds.). **Structural Geomorphology in Northeastern Brazil**. SpringerBriefs in Latin American Studies. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 31–40.

MARQUES, A. DE L. et al. Solo-paisagem no "Pico do Jabre (PB). **Holos Environment**, v. 21, n. 2, p. 303–320, 10 jul. 2021.

MENDES, K. R. et al. Seasonal variation in net ecosystem CO2 exchange of a Brazilian seasonally dry tropical forest. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 9454, 11 jun. 2020.

MOHAMMED, S.; KIBRET, K.; MOHAMMED, M. Characterization and Classification of Soils along Toposequence of Gobeya Sub-Watershed, South Wello Zone, Ethiopia. **Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 2, n. 4, p. 1–17, 20 fev. 2018.

NUNES, S. H. P. et al. Indicadores de vulnerabilidade da seca e avaliação da governança de 1991-2010 no semiárido Paraibano. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 210–228, 2 abr. 2020.

OLIVEIRA, D. P. et al. Weathering and clay formation in semi-arid calcareous soils from Northeastern Brazil. **CATENA**, v. 162, p. 325–332, 1 mar. 2018.

OWLİAİE, H.; GHİRİ, M. N.; SHAKERİ, S. Soil-landscape relationship as indicated by pedogenesis data on selected soils from Southwestern, Iran. **Eurasian Journal of Soil Science**, v. 7, n. 2, p. 167–180, 1 abr. 2018.

PEREIRA, M. G. et al. Genesis and transformation of basic rock-derived soils with shiny ped faces under tropical conditions. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 46, p. e0220028, 10 out. 2022.

PEREIRA, T. M. S.; SILVA, J. A. L.; MOURA, D. C. Fitogeografia e análise integrada da paisagem em afloramentos rochosos no semiárido paraibano. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2 out. 2018.

PEREZ-MARIN, A. M. et al. Monitoring Desertification Using a Small Set of Biophysical Indicators in the Brazilian Semiarid Region. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 9735, jan. 2022.

PEULVAST, J.-P.; BÉTARD, F. Morphostratigraphic constraints and low temperature thermochronology: Lessons from a review of recent geological and geomorphological studies in northeast Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 111, p. 103464, 1 nov. 2021.

RAHMANI, S. R. et al. Digital Mapping of Soil Organic Matter and Cation Exchange Capacity in a Low Relief Landscape Using LiDAR Data. **Agronomy**, v. 12, n. 6, p. 1338, jun. 2022.

RODRIGUES, J. M. D.; LIMA, E. R. V. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA-PB. **REVISTA EQUADOR**, v. 9, n. 3, p. 100–120, 2 jul. 2020.

SANTOS, J. C. B. DOS et al. Gneiss saprolite weathering and soil genesis along an east-west regolith sequence (NE Brazil). **CATENA**, v. 150, p. 279–290, 1 mar. 2017.

SARAIVA, S. M. et al. Characterization of Neossolos Regolíticos (Psamments) through a pluviometric gradient in Brazilian semiarid. 2021.

SCHOENEBERGER, P. J.; WYSOCKI, D. A.; BENHAM, E. C. **Field Book for Describing and Sampling Soils**. [s.l.] Government Printing Office, 2012.

SCHWERTMANN, U.; MURAD, E. Effect of pH on the Formation of Goethite and Hematite from Ferrihydrite. **Clays and Clay Minerals**, v. 31, n. 4, p. 277–284, 1 ago. 1983.

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron Oxides. Em: **Minerals in Soil Environments**. [s.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 1989. p. 379–438.

SHAHABINEJAD, N. et al. In situ field measurement of wind erosion and threshold velocity in relation to soil properties in arid and semiarid environments. **Environmental Earth Sciences**, v. 78, n. 16, p. 501, 6 ago. 2019.

SILVA, P. F. DA et al. Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 147, p. 71–82, 1 dez. 2017.

TORRENT, J.; GUZMAN, R.; PARRA, M. A. Influence of relative humidity on the crystallization of Fe (III) oxides from ferrihydrite. **Clays and Clay Minerals**, v. 30, p. 337–340, 1982.

TORRES, F. S. DE M.; SILVA, E. P. DA. **Geodiversidade do estado da Paraíba**. [s.l.] CPRM, 2016.

TSOZUÉ, D.; NDJIGUI, P.-D. Geochemical Features of the Weathered Materials Developed on Gabbro in a Semi-Arid Zone, Northern Cameroon. **Geosciences**, v. 7, n. 2, p. 16, jun. 2017.

VAN DE WAUW, J. et al. Soil–landscape relationships in the basalt-dominated highlands of Tigray, Ethiopia. **CATENA**, Environmental change, geomorphic processes and land degradation in tropical highlands. v. 75, n. 1, p. 117–127, 15 set. 2008.

XAVIER, R. A. et al. Mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Paraíba (PB) utilizando classificação baseada em objetos. **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 10, n. 23, p. 139–152, 19 set. 2016.

4 CAPÍTULO 3 - RELAÇÃO SOLO-PAISAGEM EM UMA TOPOSSEQUÊNCIA SOB GRANITOS NA REGIÃO DE SUMÉ E SERRA BRANCA, PB.

Resumo

O semiárido brasileiro é composto por um mosaico paisagístico que reflete em uma cobertura pedológica complexa e diversificada. Nesse sentido, pesquisas que integram a geologia e geomorfologia podem ser eficientes em investigações pedológicas em ambientes heterogêneos. O objetivo dessa pesquisa foi avaliar as relações solo-paisagem e sua correlação com os atributos dos solos em uma topossequência sobre granitos nos municípios de Sumé e Serra Branca na microrregião do Cariri Ocidental paraibano. Foi determinada uma transeção na paisagem onde em cada compartimento da vertente foi descrito e amostrado um perfil de solo, a saber: a) terço superior (P1); b) interflúvio (P2); (c) terço inferior (P3) e; sopé (P4). Foram avaliados os atributos físicos (granulometria, argila dispersa em água, densidade do solo, densidade de partículas e porosidade total) e químicos (pH H_2O e KCl, Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+}, Na^{+}, Al^{3+}, H+Al, P e carbono orgânico total). Também foram carreadas análises mineralógicas da fração areia, silte e argila por difratometria de raios X e determinado os teores totais de elementos maiores por fluorescência de raios X. A ocorrência de horizonte E na meia encosta confirma que a argiluviação é um processo atuante nesse segmento da paisagem. Elutriação e argilização (formação de argila in situ) também estão envolvidos na formação do gradiente textural, incluso no segmento de sopé, originando Luvissolos com forte rubeificação no horizonte Bt. A ocorrência de argilas expansivas (p. ex., vermiculita) contribuem para a vertissolização e pelos maiores teores trocáveis e totais de cálcio e magnésio nos segmentos de topo e sopé (Vertissolos). No topo, também é expressivo a melanização do horizonte diagnóstico Bv. A variação nos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos sob material de origem semelhante confirma o papel do relevo na distribuição de materiais ao longo da topossequência e na gênese de solos.

Palavras-chave: paisagem, semiárido, Caatinga, pedogênese, topossequência

Abstract

The Brazilian semi-arid region is composed of a landscape mosaic that reflects in a complex and diversified pedological cover. In this sense, research that integrates geology and geomorphology can be efficient in pedological investigations in heterogeneous environments. The objective of this research was to evaluate the soil-landscape relationships and their correlation with soil attributes in a toposequence over granites in the municipalities of Sumé and Serra Branca in the Western Cariri microregion of Paraíba. A transect in the landscape was determined where in each compartment of the slope a soil profile was described and sampled, namely: a) upper third (P1); b) interfluve (P2); (c) lower third (P3) and; foot (P4). The physical (granulometry, clay dispersed in water, soil density, particle density and total porosity) and chemical (pH H2O and KCl, $Ca2^{+}$, $Mg2^{+}$, K^{+}, Na^{+}, $Al3^{+}$, H+Al, P and organic carbon) attributes were evaluated. total). Mineralogical analyzes of the sand, silt and clay fraction were also carried out by X-ray diffraction and the total contents of major elements were determined by X-ray fluorescence. The occurrence of an E horizon in the upper third confirms that argiluviation is an active process in this segment of the landscape. Elutriation and argillization (in situ clay formation) are also involved in the formation of the textural gradient, including in the foothill segment, originating Luvisols with strong rubeification in the Bt horizon. The occurrence of expansive clays (eg, vermiculite) contributes to vertisolization and to the higher exchangeable and total contents of calcium and magnesium in the top and foot segments (Vertisols). At the top, the melanization of the Bv diagnostic horizon is also expressive. The variation in morphological, physical, chemical and mineralogical attributes under material of similar origin confirms the role of relief in the distribution of materials along the toposequence and in the genesis of soils.

Keywords: landscape, semi-arid, Caatinga, pedogenesis, toposequece

4.1 Introdução

Em uma região em que os fatores de formação do solo, como organismos, material parental e clima, são semelhantes, o relevo se torna uma alternativa de investigação promissora para entender a variação da cobertura pedológica (RAIESI & TAVAKOLI, 2022). Sendo assim, a variação topográfica que determina os padrões de declividade e consequentemente controla os fluxos hídricos tanto em superfície quanto em sub superfície, interfere diretamente na variação das propriedades dos solos ao longo da paisagem (DAI et al., 2022). Dessa forma, a geomorfologia é um fator chave para a distribuição de material ao longo das encostas, atuando em processos de erosão, sedimentação e acumulação de materiais (MOLINA et al., 2019).

Diante disso, a aplicação de modelos de paisagem pode ser uma alternativa eficiente para o levantamento pedológico em regiões com grande diversidade. Um exemplo é a região semiárida do Brasil que possui uma heterogeneidade paisagística que gera uma grande variação da cobertura pedológica, e isso dificulta o mapeamento de solos (DE PAULA SILVA et al., 2021). Por outro lado, entender como o relevo regula os processos pedogenéticos, pode ajudar a prever a variação dos solos e seus atributos ao longo da paisagem (CAMPOS, 2012).

Os solos em sistemas naturais semiáridos são explorados de forma inadequada sem considerar as distinções específicas de capacidade produtiva e limitações e resiliência dos ambientes locais (FRANK BUSS et al., 2020). Esse problema é mais grave em regiões semiáridas de países subdesenvolvidos, onde ainda é comum a prática de pecuária extensiva e agricultura tradicional, atividades pouco rentáveis, que causam degradação do solo e sustentam a pobreza no semiárido (SCHOLES, 2020).

O semiárido brasileiro enfrenta graves problemas ambientais e econômicos devido ao uso inadequado do solo. A perda da qualidade do solo afeta a capacidade de retenção de água, queda na produção vegetal, redução da biodiversidade e destruição da Caatinga, sendo que o bioma tem um grande potencial econômico a ser explorado e também é eficiente no sequestro de carbono (SILVA et al., 2017; JESUS et al., 2022). Sendo assim, a conservação do solo é fundamental para a manutenção do fornecimento de serviços ecossistêmicos, sobretudo em uma região que sofre com déficit hídrico (YU et al., 2019).

Diante disso, a formulação e implantação de políticas públicas que visem a conservação do solo no semiárido é uma prioridade para desenvolvimento da região. Para isso, é preciso conhecer a cobertura pedológica dessa região. No entanto, ainda existe uma carência de trabalhos investigativos sobre a distribuição pedológica no semiárido brasileiro. E por ser uma região complexa dotada de um grande variação solos, investigações abrangentes considerando a relação solo-relevo, pode ser uma ferramenta eficiente para entender melhor a distribuição da

cobertura pedológica variação do atributos do solo ao longo da paisagem (OLIVEIRA & SOUZA, 2018).

Sendo assim, a realização desta pesquisa, foi baseada nas seguintes hipóteses: i) a geomorfologia local interfere na variação nos atributos do solo; ii) existe variação dos atributos morfológicos, físicos e químicos em função da posição da paisagem; iii) é possível enquadrar as diferentes classes de solos ao sistema taxonômico (SiBCS).

Diante disso, o objetivo deste trabalho é avaliar as relações solo-paisagem, e sua correlação com os atributos dos solos em uma topossequência sobre granitos na região de Sumé e Serra Branca na microrregião do Cariri Ocidental da Paraíba.

4.2 Material e métodos

Localização e caracterização do meio físico das áreas estudas

A topossequência de solos estudada está inserida no Planalto da Borborema, na microrregião do Cariri Oriental do Estado da Paraíba, abrangendo os municípios de Sumé e Serra Branca. (Figura 11).

O clima da Região é o tropical quente e seco, tipologia climática Bsh, segundo a classificação de Köppen, caracterizado por ambiente semiárido com altas temperaturas ao longo do ano, período chuvoso no verão e estiagem no inverno, com médias mensais de temperatura sempre acima de 18 °C, e média anual de pluviosidade de aproximadamente 500 mm. O período chuvoso pode ter duração de quatro a cinco meses, e o de estiagem que pode prolongar-se por até oito meses. Também é comum nessa região, irregularidades pluviométricas no período úmido (FRANCISCO et al., 2021).

O planalto da Borborema é um complexo geológico com elevação superior a 200 m, composto por diversas rochas cristalinas equivalentes aos maciços arqueanos remobilizados, sistemas dobramentos brasilianos e intrusão ígneas neoproterozóicas (CORRÊA et al., 2010). O relevo da região é composto por conjuntos de inselbergs e planaltos, com relevo suave ondulado de declividades variadas, intercalados com relevo plano, e isso contribui para a diversidade paisagística da região (TORRES & SILVA, 2016).

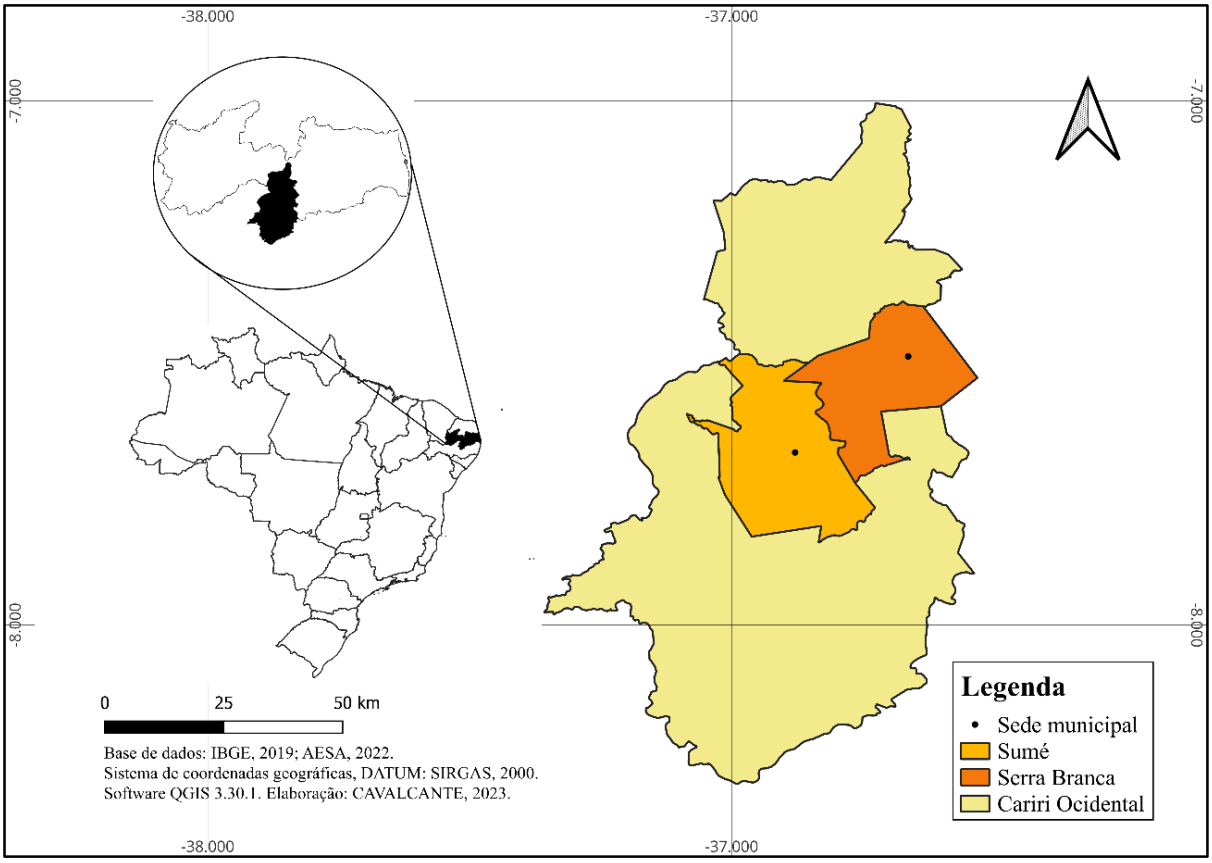

Figura 11. Mapa da microrregião do cariri ocidental com destaque para os municípios de Sumé e Serra Branca-PB.

A topossequência está inserida em parte nos domínios dos complexos granitóides não deformados, deformados, series graníticas calcialcalinas, com rochas de diferentes composições minerálogicas e resistência ao intemperismo, datado do período geológico proterozóico, entre 2,5 bilhões e 542 milhões de anos (TORRES & SILVA, 2016)

Trabalho de Campo

Primeiramente, foi realizado um estudo detalhado da região através de mapas geológicos (SANTOS et al., 2002; TORRES & SILVA, 2016). Após isso, foi feito um trabalho de campo de caráter exploratório, de reconhecimento e estudo da paisagem, com a finalidade de identificar os locais mais adequando para a construção das trincheiras, e de posse de um aparelho receptor de GPS e mapas (Santos et al., 2002; Torres & Silva, 2016), marcar as coordenadas.

Os parâmetros para escolha dos locais para abertura das trincheiras foram os seguintes: primeiramente foi localizado o ponto de maior elevação, e as trincheiras seguintes foram abertas em diferentes posições do relevo à medida que a altitude diminuía até chegar ao sopé; além disso foram escolhidas as áreas que apresentaram um menor indício de alteração da vegetação. A distribuição das trincheiras está representada na figura 12.

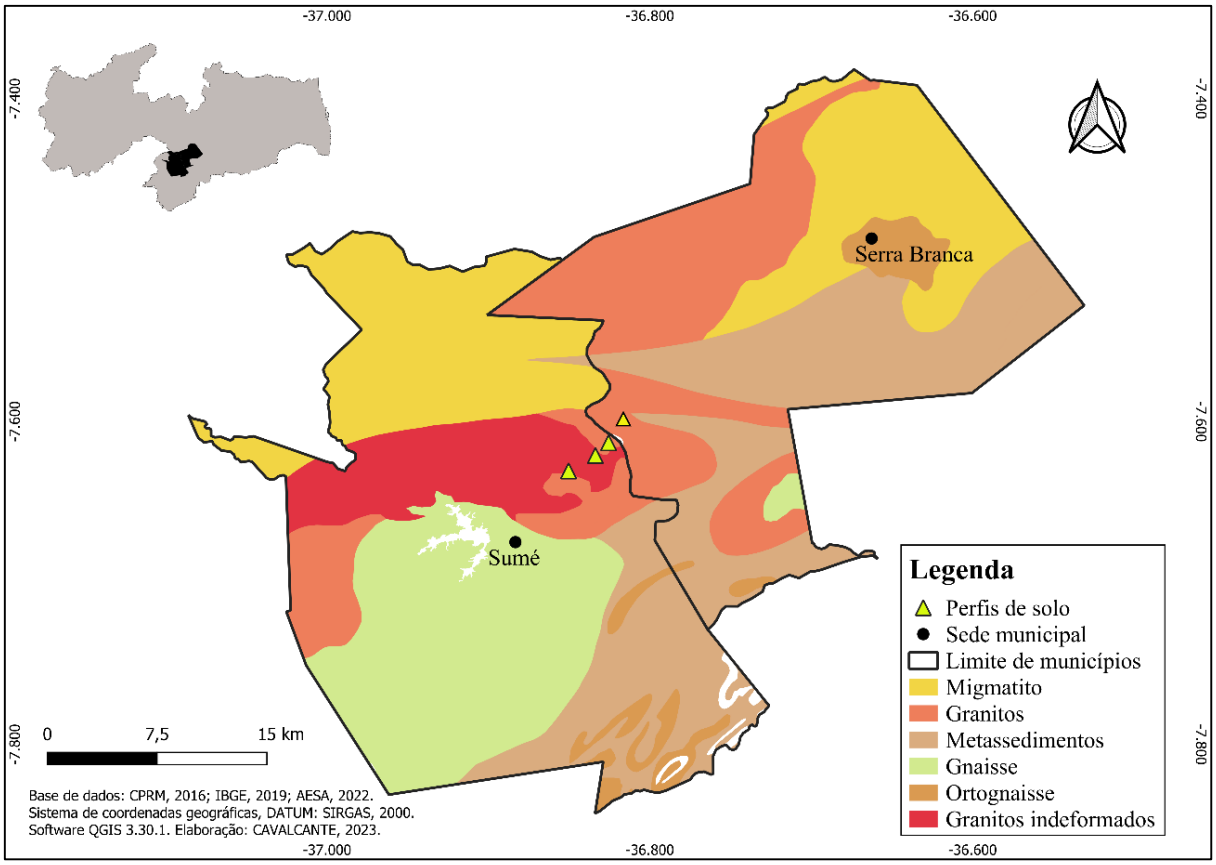

Figura 12: Localização dos perfis estudados em uma topossequência sob granitos em Sumé e Serra Branca, PB.

Na topossequência, foi estabelecido um caminhamento, seguindo o "espigão" da vertente no sentido do caimento mais suave do declive, partindo-se do topo até a área de sopé de deposição, sempre registrando as diferenças de altitude para elaboração do perfil altimétrico (Figura 13). E tomando como base o modelo de Dalrynmple et al. (1968), foram identificados os segmentos de vertentes.

Concluída essa etapa, as trincheiras foram abertas em cada um dos pedoambientes da topossequência, e feito a caracterização morfológica do perfil conforme Santos et al. (2015). Também foram coletadas amostras em cada horizonte para análises físicas, químicas e mineralógicas. A classificação do solo foi feita de acordo com parâmetros estabelecidos no SiBCS (SANTOS et al., 2018).

Coleta e preparo das amostras

Todas as amostras recolhidas no campo, passaram por um processo de secagem ao ar em ambiente coberto. Após secas, as amostras foram pesadas, destorroadas e passadas em peneira de 2mm para obtenção da terra fina seca ao ar (TFSA). A fração superior a 2mm foi submetida a uma solução com hidróxido de sódio por um intervalo de tempo de 24 horas, em seguida lavadas, para a separação da fração cascalho, e após a secagem em estufa, foi obtido o peso, e feito o cálculo percentual em relação ao peso total da amostra.

Análises Laboratoriais

Análises Físicas

A granulometria foi realizada através do método de pipeta, utilizando uma solução de NaOH 0,1 N para dispersão química das partículas, e as amostras foram submetidas a agitação mecânica lenta por 16 horas. A fração argila foi determinada por sedimentação, e a areia por tamisação, já o silte foi calculado pela diferença. O mesmo processo foi executado somente com água destilada para determinar o valor da argila dispersa em água (ADA), e calcular o grau de floculação (GF), a partir da TFSA (TEIXEIRA et al., 2018).

A densidade do solo foi determinada aplicando o método do anel volumétrico, enquanto a densidade de partículas foi obtida pelo método do balão volumétrico, seguindo a metodologia de Teixeira et al. (2018). A porosidade total foi calculada com os valores resultantes da análise de densidade e partículas, aplicando-se a seguinte expressão: Pt= 100(1- Ds/Dp).

O cálcio (Ca^{+}), magnésio (Mg^{+}) e alumínio (Al^{3+}) trocáveis, foram determinados por KCl; o fósforo (P), potássio (K^{+}) e sódio (Na^{+}), através do *Mehlich*-1; a acidez potencial (H+Al) com uma solução tamponada a pH 7,0 de acetato de cálcio, com base nos procedimentos propostos por Texeira et al. (2018). De posse dos resultados das análises químicas, foram efetuados os cálculos da soma de bases (SB), da capacidade de troca catiônica (CTC), e da saturação por bases (V%) e alumínio (m%).

Já os valores de pH foram determinados potenciometricamente aplicando uma relação de 1:2,5 de solo: em água e solução KCl (TEIXEIRA et al., 2018). E os valores de carbono foram obtidos através de metodologia proposta por *Walkley-Black* e adaptado por Yeomans & Bremner (1988).

Análises Mineralógicas

Difratometria de Raios –X (DRX)

A matéria orgânica das amostras foi removida com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (MEHRA & JACKSON, 1960). A fração areia foi obtida por peneiramento e a fração argila e silte através da sedimentação (JACKSON, 1985). Os minerais da fração areia e silte foram identificados em lâminas na forma de pó. E a fração argila foi colocada em lâminas, orientadas e identificadas após os pré-tratamentos: Mg^{2+} em temperatura ambiente (25ºC) e Mg^{2+} solvatada com glicerol com o objetivo de identificar os minerais do grupo das esmectitas. Os minerais foram expostos à difração de raio-X no difratômetro D-2 Phaser Bruker, seguindo as seguintes configurações: fenda de 1,0 mm, intervalo angular (2θ) de 3 – 40° (argila) e 5 – 70° (areia e silte), tempo de 2,0 s/passo, passo de 0.0125º 2θ, "anti-scatter slit", "faca"de 1,0 mm e abertura de detector de 3,0° (99 canais). A identificação mineralógica das amostras foi realizada através do *software* EVA do D-2 Phaser.

Fluorescência de Raios – X (FRX)

Os teores principais dos elementos maiores contidos nos solos foram determinados através de espectrometria de fluorescência de raios X por dispersão de energia (EDXRF). Primeiramente, as amostras foram passadas em peneiras de 0,053 mm e posteriormente prensadas com ácido bórico com auxílio de uma prensa Vaneox Pressing Technology. Após isso, os elementos foram identificados em um equipamento S2 Ranger Bruker dotado com um detector de silício X-Flash com refrigeração Peltier. As análises qualitativas e semiquantitativas foram feitas através do *software* Espectra EDX.

4.3 Resultados

Elementos da paisagem e classificação dos solos.

Foi encontrado na região um relevo diversificado composto por conjuntos de inselbergues, superfícies com fisionomia onduladas e suave onduladas intercaladas com terreno aplainado. Já o relevo local apresentou superfícies mais planas com declividades que não ultrapassam 2,5%, e encostas suaves.

Ao longo da topossequência foi constatado a existência de platôs com superfícies planas, encostas suaves e sopé de deposição. Também foi possível verificar a existência de repetições de vertentes ao longo do relevo da área de estudo.

Levando em consideração a geografia local e aplicando os conceitos de Dalrynlpe et al. (1968), no qual foi definido nove unidades de vertente, sendo que essas podem se repetir ou até mesmo não estarem presentes na encosta, foram delimitados e mapeados quatro unidades de vertente na topossequência sobre granitos (Figura 13).

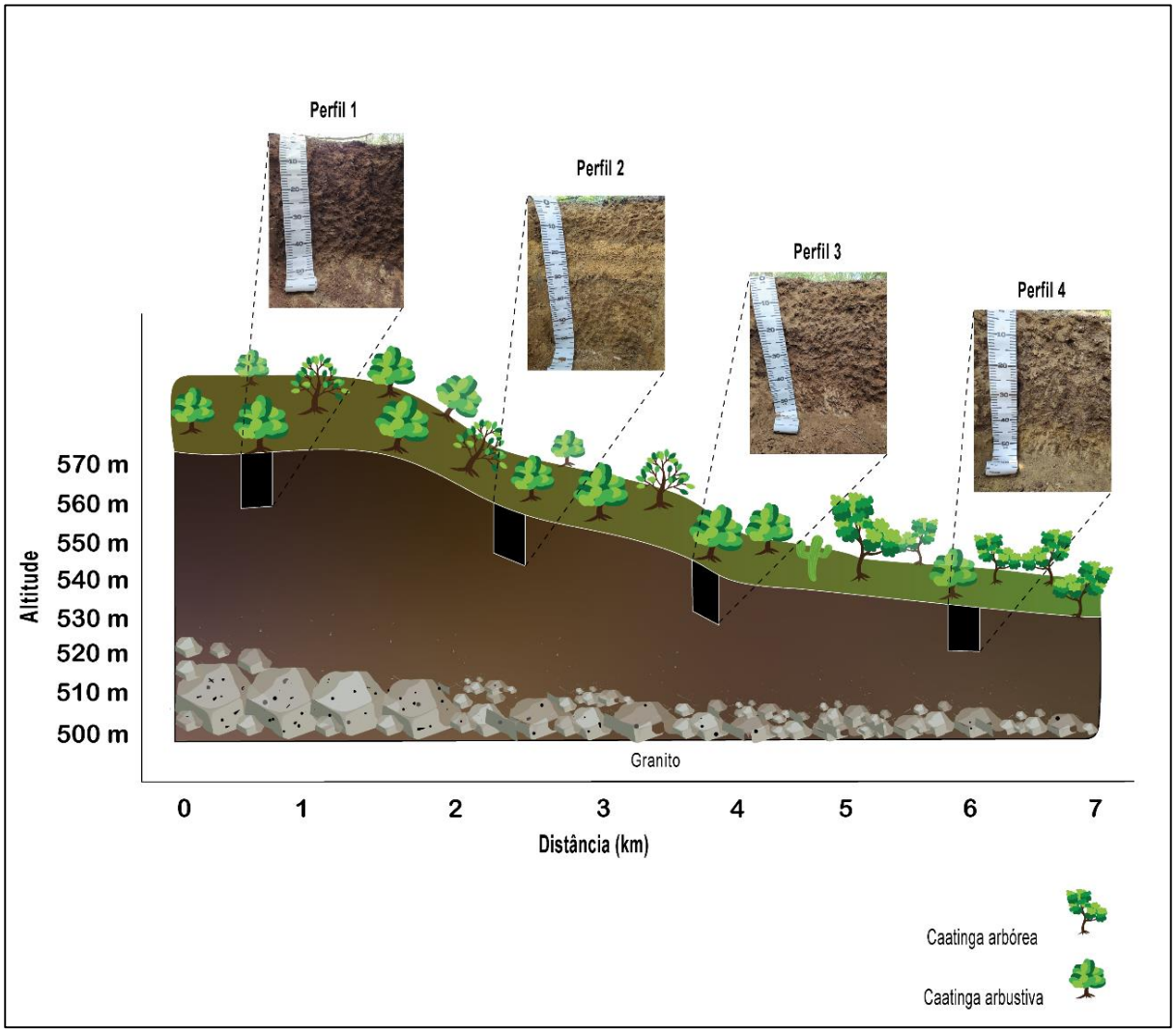

Figura 13. Perfil topográfico do terreno e localização dos perfis em uma topossequência sob granitos. P1: VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico (VEo), no topo; P2: ARGISSOLO AMARELO Distrófico abrúptico (PAd), na meia encosta; P3: LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico (TXo), no sopé de transporte; P4: VERTISSOLO HÁPLICO Órtico típico (VXo) no sopé de deposição.

A primeira unidade da vertente identificada foi o topo, a uma altitude de 570 m, com superfície plana com declividade máxima de 2,5%. Essa unidade funciona como o divisor de águas da paisagem e é uma superfície relativamente estável devido a sua baixa declividade. A segunda unidade equivale à meia encosta, a uma altitude de 549 m, superfície plana com declividade até 2,5%, e uma área de levemente inclinada em direção ao canal de drenagem

principal, e funciona como uma superfície de transporte de material para as superfícies mais baixas do relevo A terceira unidade corresponde ao sopé de com elevação de 534 m, superfície plana, onde a declividade não ultrapassa 2,5%. A quarta unidade identificada foi o sopé de deposição com altitude de 530 m, em terreno plano com declividade de até 2,5 %. As unidades de sopé recebem material oriundos das vertentes em posições mais elevadas, assim como elementos em solução que são transportados pela água.

No tocante à pedogênese, houve uma variação nas classes dos solos ao longo da topossequência estudada, apesar de estarem sobre a mesma litologia. Isso reflete a influência das superfícies geomórficas, na formação dos solos, variação de classes e seus atributos. Tal fato foi constatado pela ocorrência de um Vertissolo Ebânico Órtico típico (VEo), no topo; Argissolo Amarelo Distrófico abrúptico (PAd), na meia encosta; e Luvissolo Háplico Órtico típico (TXo), no sopé, e um Vertissolo Háplico Órtico típico (VXo) no sopé de deposição.

Atributos Morfológicos

No topo da paisagem, em uma área de Caatinga arbustiva, a 570 m de altitude, foi registrado um Vertissolo Ebânico Órtico típico (VEo), com 50 cm de profundidade, sequência de horizontes A-Bv-BCr, apresentando textura argilosa e coloração bruno-escura. Também foi verificado um desenvolvimento de estruturas fortes, grandes a muito grandes e prismáticas e ocorrência de slickensides. Já a consistência foi muito friável e friável, muito plástico e muito pegajoso (Tabela 9).

Já na meia encosta, em área com vegetação do tipo Caatinga arbustiva, a 549 m de altitude, foi identificado um Argissolo Amarelo Distrófico abrúptico (PAd) com 70 cm de profundidade sequência de horizontes A-E-Bt1-Bt2-R (rocha mãe), e textura franco-argilo-arenosa, e coloração bruno amarelado escuro. Foi registrado um desenvolvimento estrutural moderado, com estruturas de tamanhos médios e grandes e formato laminar, consistência de dura a friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

No sopé de transporte, a 534 m de altitude, sob caatinga arbustiva, foi registrado um Luvissolo Háplico Órtico típico (TXo) com 60 cm de profundidade, com sequência de horizontes A-E-Bt1-Bt2-CBr, textura franco-argilosa, e coloração vermelho escuro acinzentada. Foi detectado desenvolvimento estrutural forte, com estruturas grandes em blocos angulares e sub angulares, e consistência extremamente dura, firme, plástico e pegajoso.

Tabela 9: Atributos morfológicos dos solos em uma topossequencia sob granitos na região de Sumé e Serra Branca, PB.

Horiz.	Prof.	Cor (úmida)	Classe textural	[1]Estrutura	[2]Consistência (seca, úmido e molhado)	[3]Transição
	(cm)					
P1 – Vertissolo Ebânico Órtico típico (VEo) – granito						
A	0-15	10 YR 3/3	francoargilosa	for.,gr. mgr., prism.	ligdr., fri., mplás., mpeg.	cla. e pla.
Bv	15-39	10 YR 3/3	Argila	for.,gr. mgr., prism.	mfri., fir., mplás., mpeg.	cla. e pla.
BCr	39-50	10 YR 3/3	francoargilosa	for.,gr. mgr., prism.	mfri., fir., mplás., mpeg.	-
P2 – Argissolo Amarelo Distrófico abrúptico (PAd) – granito						
A	0-15	10 YR 4/4	francoarenosa	mod., peq. méd., bl. ang. sub.	mac., m.fri., lig.plás., lig.peg.	cla. e pla.
E	15-30	-	francoarenosa	grão simples	nplás., npeg.	cla. e pla.
BTi1	30-48	10 YR 4/4	franco-argiloarenosa	mod., méd. gran., lam.	dr., fri., lig.plás. lig.peg.	dif. e pla.
BTi2	48-70	10 YR 3/6	franco-argiloarenosa	for., méd. gran., lam.	dr., fir., plás., peg.	-
R	70+	-	-	-	-	-
P3 – Luvissolo Háplico Órtico típico (TXo) – granito						
A	0- 14	7,5 YR 4/2	francoarenosa	mod., peq.a méd e bl. ang. sub	mac., fri., lplás, lpeg.	cla. e pla.
E	14-21	7,5 YR 4/3	francoarenosa	mod., peq a méd. e bl. ang. sub.	lig.dr. .fri., n.plás., n.peg.	cla. e pla.
Bt1	21-35	5 YR 3/2	francoargilosa	for., gr. e bl. ang. sub.	ext.dr., fir., plás., peg.	dif. e pla.
Bt2	35-42	5 YR 3/3	franco-argiloarenosa	for., gr e pris.	etx.dr., fir., plás., peg.	cla. e ond.
CBr	42-60	7,5 YR 4/3	franco-argiloarenosa	for., méd a gr e pris.	ext.dr., ext.fir., plás., peg.	-
P4 – Vertissolo Háplico Órtico típico (VXo) – granito						
A	0-8	10 YR 3/2	argila	fr, mpeq, peq,. bl.ang. bl.sub.	lig. dr., fri., lig.plás., lig.peg.	cla. e pla.
Bv1	8-20	10 YR 3/4	m.argilosa	for, méd. a gr.,prism.	lig dr, fri, mplás, mpeg.	dif. e pla
Bv2	20-35	10 YR 3/4	m.argilosa	for, peq a méd, prism bl ang.	lig dr, fri, mplás, mpeg	dif e pla
BCv	35-45	10 YR 3/6	m.argilosa	for, peq a méd, prism bl ang	lig dr,fri,.mplás, mpeg	cla e pla
Cr	45-55	10 YR 5/4	Franco-argilo-arenosa	ma, peq, lam	mac, fri, lig.plás, lig peg	-

(1) fr.: fraca; for.: forte; peq.: pequena, méd.: média; gr.: grande; mgr.: muito grande; gran.: granular; bl. ang.: blocos angulares; bl. sub.: blocos subangulares; prism.: prismática; lam.: laminar; ma.: maciça (2) mac.: macia; lig.dr.: ligeiramente duro; dr.: duro; ext.dr.: extremamente duro; mfri.: muito friável; fri.: friável; fir.: firme; ext.fir.: extremamente firme; nplás.: não plástico; lig. plás.: ligeiramente plástico; plás.: plástico; mplás.: muito plástico; npeg.: não pegajoso; lig.peg.: ligeiramente pegajoso; peg.: pegajoso; mpeg.: muito pegajoso. (3) cla.: clara; pla.: plana; ond.: ondulada; dif.: difusa.

Por último, no sopé de deposição, a 534 m, sob caatinga arbustiva arbórea, foi encontrado um Vertissolo Háplico Órtico típico (VXo) com 55 cm de espessura, e sequência de horizontes A-Bv1-Bv2-BCv-Cr, bruno amarelado escuro e bruno amarelado, e textura argila muito argilosa. Com desenvolvimento estrutural forte, apresentou estruturas pequenas e médias com formato prismático e bloco angular e sub angular, com presença de slickensides. A consistência foi dura, friável, muito plástico e muito pegajoso.

Atributos Físicos

A análise granulométrica revelou uma quantidade significativa de fração grossa (> 2mm) no P2 (meia encosta), sendo que essas frações foram maiores no horizonte E e A, respectivamente. Também foi registado um predomínio da areia grossa sobre a areia fina no P2, já nos demais perfis houve um predomínio da fração areia fina (Tabela 2).

Os maiores teores de silte foram registrados no P4 (sopé de deposição), P1 (topo) e P3 (sopé de transporte), respectivamente. No P2 (meia encosta), e P1 (topo), houve uma tendência de diminuição da fração silte em profundidade. As maiores concentrações de argila foram registradas no topo (P1), sopé de deposição (P4) e sopé de transporte (P3).

Os valores de argila dispersa em água (ADA) foram maiores no topo, sopé de transporte, e sopé de deposição (P1, P3 e P4, respectivamente). Os horizontes superficiais do P3 e P2 apresentaram um menor valor de ADA. Já o grau de floculação (GF) apresentou maiores valores nos horizontes superficiais do topo (P1), sopé de transporte P3 e sopé de deposição (P4). Na meia encosta os maiores valores de GF foram registrados em profundidade.

Já a relação silte argila (S/A) apresentou os maiores valores no sopé de deposição (P4), sopé de transporte (P3) e topo (P1), sendo que em todos os perfis estudados houve um padrão de redução da relação S/A nos horizontes diagnósticos subsuperficias. Os maiores valores de relação S/A foram registrados no horizonte Cr do P4, e horizonte A do P3.

A densidade do solo (Ds) foi menor nos horizontes superficiais em todo os perfis com a tendência de aumento nos horizontes diagnósticos subsuperficiais. No geral, o P4 (sopé de deposição) apresentou os menores valores de densidade do solo (Ds) em relação aos demais perfis, enquanto o P3 (sopé de transporte) apresentou os maiores valores.

A densidade de partículas (Dp) aumentou com a profundidade no topo (P1), na posição de meia encosta não houve grandes variações e no sopé de transporte e de deposição houve uma distribuição aleatória entre os horizontes. A porosidade total (Pt) foi maior nos horizontes superficiais em todos os perfis, sendo que os maiores valores foram encontrados na região do sopé, seguido do topo. Já a meia encosta apresentou uma menor porosidade.

Tabela 10. Atributos físicos dos solos em uma topossequência sob granito na região de Sumé e Serra Branca-PB.

Horiz.	Prof.	Casc.	AG	AF	Silte	Argila	ADA	GF	S/A	Ds	Dp	Pt
	cm	- -- - - - - - - - - - - g kg^{-1} - - - - - - - - -- - - - - - - --						%		g cm^{-3}		%
P1 – Vertissolo Ebânico Órtico típico (VEo) – granito												
A	0-15	16,3	128	181	351	340	220	35	1,0	1,45	2,56	43
Bv	15-39	9,1	120	170	310	400	400	0	0,8	1,86	2,64	30
BCr	39-50	78,6	217	198	306	280	200	29	1,1	1,63	2,73	40
P2 – Argissolo Amarelo Distrófico abrúptico (PAd) – granito												
A	0-15	138,4	372	299	169	160	120	25	1,1	1,66	2,61	36
E	15-30	445,1	498	283	119	100	80	20	1,2	1,81	2,57	30
Bt1	30-48	80,1	438	156	106	300	220	27	0,4	1,85	2,62	29
Bt2	48-70	62,4	456	162	102	280	200	29	0,4	1,76	2,65	34
P3 – Luvissolo Háplico Órtico típico (TXo) – granito												
A	0-14	38,8	163	319	358	160	100	37	2,2	1,41	2,64	47
E	14-21	23,3	222	296	303	180	120	33	1,7	1,83	2,61	30
Bt1	21-35	50,4	243	178	239	340	320	6	0,7	1,92	2,66	28
Bt2	35-42	28,5	207	225	268	300	300	0	0,9	1,84	2,62	30
CBr	42-60	36,5	223	244	273	260	260	0	1,1	nd	2,63	nd
P4 – Vertissolo Háplico Órtico típico (VXo) – granito												
A	0-8	17,9	165	290	325	220	100	55	1,5	1,31	2,57	49
Bv1	8-20	10,1	113	167	360	360	280	22	1,0	1,47	2,62	43
Bv2	20-35	11,0	91	170	399	340	300	12	1,2	nd	2,61	nd
BCv	35-45	21,1	169	152	399	280	240	14	1,4	nd	2,65	nd
Cr	45-55	89,7	338	189	333	140	120	14	2,4	nd	2,69	nd

Casc.: cascalho; AG: areia grossa; AF: areia fina; ADA: Argila dispersa em água; GF: Grau de floculação; S/A: Razão silte/argila; Ds: Densidade do solo; Dp: Densidade de partícula; Pt: Porosidade total; nd: não determinado.

Atributos Químicos

Os atributos químicos da topossequência estudada são apresentados da tabela 11. Todos os solos apresentaram pH de levemente ácido a levemente alcalino, sendo que os maiores valores foram registrados no topo. Os solos apresentam balanço de cargas negativas em todos os horizontes. Em relação à condutividade elétrica (CE), houve uma tendência de aumento nas posições mais rebaixadas da paisagem (P4 e p3 respectivamente) e, além disso, nesses solos, foi registrado um aumento da CE em profundidade. Já no P1 foi registrado um maior valor no horizonte superficial, e no P2 o maior valor foi registrado no horizonte E (Tabela 11).

Os teores de P aumentaram em profundidade no P1, P2 e P4, sendo que no P3, sopé de transporte, os maiores valores de P foram registrados no horizonte superficial e o valor decaiu com a profundidade. Já os maiores teores de carbono orgânico total (COT) foram registrados no P1 (topo), seguido do P4 (sopé de deposição). Em todos os perfis estudados, as maiores quantidades de COT foram registradas nos horizontes superficiais (Tabela 11).

O cálcio (Ca^{2+}) foi dominante no complexo de troca em todos os perfis. No entanto, os maiores valores foram registrados no P1 (topo), seguido do P4 (sopé de deposição) e P3 (sopé de transporte). Tanto no P3 quanto no P4, houve um aumento do cálcio em profundidade. No P1, o valor diminuiu com a profundidade e o P2 foi o que registrou os menores valores, e com exceção do horizonte E, não houve grandes variações. Já para o magnésio (Mg^{2+}), o P4 apresentou os maiores valores em relação aos outros perfis, com uma tendência de aumento em profundidade.

Os maiores valores de potássio K foram registrados no P1 em profundidade e no horizonte superficial do P4 (sopé). E os maiores teores de sódio foram registrados no topo e nas posições do sopé, sendo que o P2 (meia encosta) apresentou o menor valor de sódio (Na^{+}).

Os teores de Al^{3+} foram baixos em todos os perfis, e o valor de H+Al foi menor P4 seguido do P2. A soma de bases apresentou o maior valor no P4 (sopé de deposição) seguido do topo (P1) e sopé de transporte (P3). A saturação por alumínio (m%) apresentou o maior valor no P2 (meia encosta), sendo que esse perfil foi o único perfil distrófico com saturação por bases (V%) abaixo de 50%.

Tabela 11 Atributos químicos dos solos em uma topossequencia sob granitos na região de Sumé e Serra Branca, PB

Horiz.	Prof.	pH H_2O	pH KCl	ΔpH	CE (dS m^{-1})	P mg kg^{-1}	COT g kg^{-1}	Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^+	Na^+	Al^{3+}	H+Al	SB	CTC	V	m
	cm							- - - - - - - - - - - - - - $cmol_c$ kg^{-1}- -- - - - - - -- - - - -								----%----	
P1 – Vertissolo Ebânico Órtico típico (VEo) – granito																	
A	0-15	6,67	5,71	-0,96	0,150	12,03	31,08	20,81	2,52	0,00	0,68	0,3	9,2	24,0	24,3	72,2	1,2
Bv	15-39	7,82	6,13	-1,69	0,090	63,16	17,20	17,96	2,28	0,00	0,74	0,3	7,1	21,0	21,3	74,7	1,4
BCr	39-50	8,59	6,61	-1,98	0,127	833,96	2,40	16,44	1,73	0,34	0,41	0,3	5,8	18,9	19,2	76,6	1,6
P2 – Argissolo Amarelo Distrófico abrúptico (PAd) – granito																	
A	0-15	6,65	5,10	-1,55	0,955	77,53	9,56	6,74	0,41	0,02	0,01	0,3	9,2	7,2	7,5	43,7	4,0
E	15-30	6,75	4,75	-2,00	2,061	27,53	5,24	3,80	0,16	0,00	0,01	0,3	8,7	4,0	4,3	31,2	7,0
Bt1	30-48	6,63	4,30	-2,33	0,106	24,28	1,44	5,69	0,86	0,00	0,14	0,8	8,7	6,7	7,5	43,3	10,7
Bt2	48-70	6,44	4,61	-1,83	0,56	427,38	3,84	5,88	0,99	0,03	0,23	0,6	7,8	7,1	7,7	47,9	7,8
P3 – Luvissolo Háplico Órtico típico (TXo) – granito																	
A	0-14	6,54	5,41	-1,13	0,459	229,20	11,5	8,58	0,99	0,03	0,01	0,2	9,9	9,6	9,8	49,3	2,0
E	14-21	7,31	5,7	-1,61	0,349	22,92	3,8	7,09	0,81	0,00	0,05	0,3	8,7	8,0	8,3	47,6	3,6
Bt1	21-35	7,61	5,79	-1,82	0,369	20,50	5,2	17,09	1,67	0,00	0,26	0,2	8,9	19,0	19,2	68,1	1,0
Bt2	35-42	7,05	5,26	-1,79	1,198	10,67	3,8	12,43	1,38	0,00	0,41	0,4	9,4	14,2	14,6	60,2	2,7
CBr	42-60	6,97	4,97	-2	2,72	3,56	1,4	13,42	1,14	0,00	0,41	0,3	9,9	15,0	15,3	60,2	2,0
P4 – Vertissolo Háplico Órtico típico (VXo) – granito																	
A	0-8	6,73	5,54	-1,19	0,204	146,2	20,8	12,0	8,9	0,17	0,02	0,3	2,31	21,1	21,4	90,1	1,4
Bv1	8-20	6,43	4,49	-1,94	0,670	181,7	8,6	29,5	26,5	0,01	0,28	0,5	2,97	56,3	56,8	94,9	0,9
Bv2	20-35	6,52	4,33	-2,19	1,49	501,1	7,2	29,6	26,2	0,00	0,55	0,8	2,31	56,4	57,2	96,0	1,4
BCv	35-45	6,45	4,63	-1,82	2,37	1262,4	9,3	31,8	28,0	0,00	0,85	0,3	1,98	60,7	61,0	96,8	0,5
Cr	45-35	6,46	4,30	-2,16	2,40	2123,7	5,0	34,2	30,0	0,00	1,08	0,5	1,48	65,3	65,8	97,7	0,8

Horiz.: horizonte; Prof.: profundidade; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio; CO: Carbono orgânico

Atributos mineralógicos

A mineralogia das frações areia, silte e argila da topossequência estudada é apresentada na figura 14. O difratograma mostra que as frações areia e silte são compostas predominantemente por quartzo, feldspato, plagioclásio e rutilo. Na fração silte também foi registrado a presença de muscovita (mica).

A mineralogia da fração argila revelou a presença de muscovita (mica) em todos os solos estudados. Foi verificada a ocorrência de caulinita no horizonte diagnostico do perfil 2 (meia encosta). A presença de vermiculita foi registrada nos perfis 1 (topo) e 3 (sopé de transporte), nas amostras onde foi aplicado o tratamento com saturação de Mg, e as que foram submetidas a solvatação com glicerol.

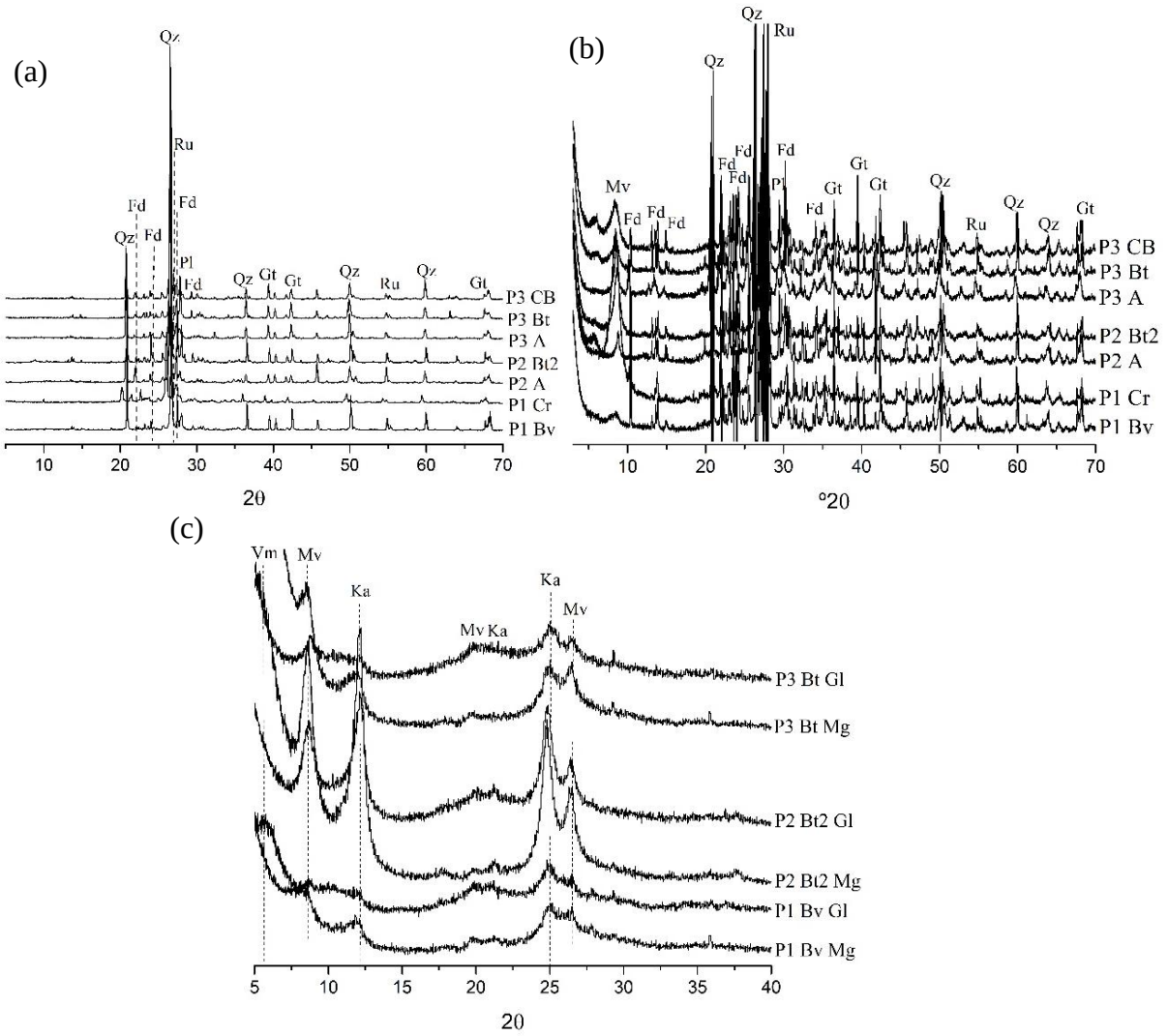

Figura 14. Difratogramas de raios-X: areia (a); silte (b); e argila (c). Qz: quartzo; Pl: plagioclásio; Fd: feldspato; Bt: biotita; Gt: goethita; Hm: hematita; Rt: rutílio; Mv: muscovita; Vm: vermiculita; Ka: caulinita.

Os teores totais de elementos maiores dos solos estudados são apresentados na Tabela 12. Os teores de SiO_2 são mais elevados nos solos da meia encosta (P2: 80,06-78,06 %) e sopé de transporte (P3: 76,07-71,59 %), enquanto os menores teores foram registrados no sopé de deposição (P4: 51,22-67,20%), e topo (P1: 60,07-64-76) Tabela 12. Já os teores de Al_2O_3 são mais elevados no sopé de deposição (P4: 17,05-16-12,87 %), seguido do topo (P1: 14,12-17,60 %), sendo que houve uma tendência de aumento em profundidade no topo (P1), meia encosta (P2), e sopé de deposição (P4).

Os teores de Fe_2O_3 são mais elevados nos solos do sopé (P4:5,01-12,18 %) e topo (P1: 7,08-10,23 %) Tabela 12. Houve uma tendência de aumento dos teores de Fe_2O_3, no P1, P2 e P4, enquanto no P3 houve uma redução em profundidade. Os teores de CaO seguem comportamento semelhante, com os maiores teores encontrados nos solos do sopé (P4:1,55-2,33 %) e topo (P1: 1,26-2,63 %). Com exceção do P3 (sopé de transporte), os teores de CaO aumentaram em profundidade.

Os teores de MgO também são consideravelmente mais elevados nos solos do sopé de deposição (P4:1,14-4,66 %) e no topo (P1: 0,64-1,54 %) Tabela 12. Em P4 e P1, os teores de MgO aumentam em profundidade, em P2 diminuem em subsuperfície e em P3 há uma tendência de diminuição em profundidade. Já os teores de TiO_2 são maiores no topo (P1:2,10-2,17 %) e menores na meia encosta (P2: 0,33-1,25 %). Os teores de TiO_2 aumentam em profundidade no P4, no P3 há uma redução, e nos demais perfis há uma distribuição mais irregular.

Por outro lado, os teores de K_2O são principalmente mais elevados no sopé de transporte, seguido do segmento de meia encosta (P3: 3,95-3,79 %; P3: 3,31-4,86 %) (Tabela 12). Há uma redução de K_2O em profundidade, no P4, P3 enquanto nos demais há uma distribuição mais irregular. Os teores de Na_2O são maiores no sopé de deposição (P4: 1,71-2,95 %), e no topo (P1: 1,63-2,37 %). Nesses perfis também houve uma tendência de aumento em profundidade, enquanto no P3 houve uma distribuição relativamente homogênea entre os horizontes e no P2 houve uma distribuição irregular. Baixos teores de MnO foram detectados somente nos solos derivados de gnaisse.

Não foram registrados teores significativos de SO_3 ao longo da sequência de solos. Não foram registrados teores significativos de MnO no P2 (meia encosta), no P3 (sopé de transporte foi registrado apenas no horizonte superficial, enquanto que no P4 e P1 foi registrado em todos horizontes. Os teores de P_2O_5 foram registrados em todos horizontes do P4 e P1, no horizonte superficial do P3 e em profundidade no P2.

Tabela 12. Teores totais de elementos maiores determinadas por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA dos horizontes dos perfis de solos estudados.

Horizonte	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K2O	Na_2O	SO_3	MnO	P_2O_5
	---------- % ----------										
P1 – Vertissolo Ebânico Órtico típico (VEo) – granito											
A	64,76	12,34	7,08	2,10	1,26	0,64	2,53	1,63	<LQ	0,10	0,11
Bv	64,07	14,08	8,80	1,96	1,37	0,87	2,30	1,82	<LQ	0,10	0,12
BCr	60,07	14,37	10,23	2,17	2,63	1,54	2,52	2,37	< LQ	0,14	0,49
P2 – Argissolo Amarelo Distrófico abrúptico (PAd) – granito											
A	78,06	9,48	3,15	0,88	0,48	0,23	3,53	1,23	<LQ	<LQ	<LQ
E	80,99	9,76	1,42	0,33	0,32	0,14	4,86	1,48	<LQ	<LQ	<LQ
Bt2	73,02	11,86	5,01	1,25	0,80	0,50	3,31	1,42	<LQ	<LQ	0,16
P3 – Luvissolo Háplico Órtico típico (TXo) – granito											
A	71,59	10,98	4,59	1,75	1,10,	0,53	3,79	1,71	<LQ	0,11	0,13
E	76,07	10,68	3,45	1,19	0,74	0,30	3,95	1,72	<LQ	<LQ	<LQ
Bt2	71,54	12,52	5,58	1,15	0,78	0,46	3,56	1,73	<LQ	<LQ	<LQ
CBr	72,55	11,95	5,22	1,14	0,73	0,43	3,54	1,71	<LQ	<LQ	<LQ
P4 – Vertissolo Háplico Órtico típico (VXo) – granito											
A	67,20	12,87	5,01	1,55	1,49	1,14	3,35	1,71	<LQ	0,10	0,10
Bv2	57,89	16,56	9,36	1,70	2,42	2,61	1,70	1,87	<LQ	0,11	0,18
CB	51,22	17,05	12,18	2,33	5,20	4,66	0,73	2,95	<LQ	0,17	0,55

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

4.4 Discussão

A fisionomia variada do relevo da região reflete a diversidade litológica dos municípios, que é composta por diferentes tipos de rochas cristalinas. Essa diversidade geomorfológica é comum em superfícies antigas como planalto da Borborema que sofreu um longo processo de desgaste, onde o intemperismo agiu em rochas com diferentes composições e graus de resistência ao intemperismo, e formou um relevo diversificado com diferentes altimetrias (XAVIER et al., 2016).

Em relação à topossequência, a configuração mais suave do relevo, que apresentou baixa declividade, pode ser fruto de um longo processo de erosão que essas superfícies foram submetidas por se tratar de uma região geologicamente antiga que passou por ciclos climáticos mais úmidos no passado (MAIA & BEZERRA, 2020).

Os resultados das análises morfológicas indicaram que houve uma variação nos atributos nas diferentes posições do relevo. As condições de drenagem e superfície plana podem ter favorecido uma maior presença de argila e um desenvolvimento estrutural mais forte com presença de estruturas prismáticas no topo (P1) e no sopé de deposição (P4). O P1 (topo) apresentou uma coloração mais escura, o que pode ter relação com o material parental ou a uma maior acumulação matéria orgânica favorecida por uma superfície plana. Rochas graníticas podem conter minerais primários com potencial de fornecer um alto teor de argila, como a biotita, um mineral máfico, que também pode influenciar a coloração do solo (TORRES & SILVA, 2016). A ocorrência de Vertissolo é comum em relevo de configuração plana ondulado, e em climas tropical semiárido que possuem alternância de estação úmida e seca (KOVDA, 2020; RODRIGUES & LIMA, 2020).

Já a textura mais arenosa, presença de horizonte E cascalhento do P2 indica incremento de argila nos horizontes subsuperficiais, assim como perda de material mais fino para as superfícies mais rebaixadas do relevo, o que é corroborado pelos valores de argila mais elevados no sopé de transporte (P3) e sopé de deposição (P4). Além disso, solos originários de granitos podem conter uma textura mais grossa (VALLADARES et al., 2017). E no caso do P2, o contato lítico com a rocha impermeável parece ter favorecido fluxos laterais e transporte de material em sub superfície. Silva et al.(2013), encontraram padrões semelhantes de estrutura e incremento de argila em horizontes sub superficiais, fruto de iluviação de argilas.

A coloração mais amarelada registrada no P2, tem relação com a presença de goethita. E sua formação provavelmente tem relação com condições ambientais que favoreçeram baixa atividade de Fe na solução do solo, assim como uma baixa liberação de Fe dos minerais constituintes do material de origem (SCHWERTMANN & TAYLOR, 1989). A coloração

avermelhada do P3 indica uma maior presença de hematita em relação a goethita, o que é influenciado por condições de temperatura elevada, pH próximo a neutralidade e condições de boas de drenagem que dificultam a complexação do ferro (TORRENT et al., 1982; SCHWERTMANN & MURAD, 1983).

Os valores de granulometria ao longo da topossequência indicaram que há uma influência da topografia na distribuição das partículas do solo. Segundo Botelho et al. (2014), solos desenvolvidos a partir de granitos geralmente apresentam teores de mais elevados de areia grossa em relação a areia fina. No entanto, o predomínio de areia grossa sobre a areia fina só foi verificado na posição de meia encosta (P2), sendo que essa é uma superfície de transporte que perde material para as posições mais rebaixadas da paisagem através dos fluxos de água, tanto em superfície quanto em subsuperfície, o que fica evidente com a presença de horizonte E cascalhento nesse perfil. Esse solo também está em contato lítico com rocha granítica impermeável o que intensifica os fluxos laterais, que removem partículas mais finas.

Por outro lado, os maiores teores da fração silte nas posições de sopé de deposição e sopé de transporte (P4 e P3, respetivamente), indica a influência da topografia na distribuição das partículas do solo já que posições mais rebaixadas favorecem a deposição e acumulação de sedimentos mais finos (ROSOLEN & HERPIN, 2008). Os maiores valores de silte registrados no topo (P1) em relação à meia encosta (P2) pode ter influência da superfície relativamente plana e estável, o que dificulta a erosão e perda de material para superfícies mais baixas (FARIAS et al., 2018).

O topo (P1), apresentou uma superfície plana e relativamente estável, que favorece uma maior disponibilidade de água no sistema, e isso pode ter intensificado o processo de hidrólise, e a maior transformação dos minerais primários, o que pode ter influenciado o maior teor de argila registrado nesse perfil, sendo que presença da água é um fator essencial para o desenvolvimento pedológico (MARCOLIN & CALEGARI, 2020). Já os maiores teores de argila registrados no P4 (sopé) em relação ao P4 (sopé de transporte e P2 (meia encosta), já que essa posição recebe um aporte de material mais fino oriundo das encostas superiores.

Os menores valores de densidade e maior porosidade total do solo nos horizontes superficiais pode ter relação com a maior acumulação de matéria orgânica, atuação de sistema radicular e fauna do solo. Já a densidade de partículas tem mais influência do material de origem, sendo que há um aumento em profundidade na maioria dos perfis (CAMPOS et al., 2011).

No que se refere aos atributos químicos, o comportamento do pH em todos os solos, foi de fracamente ácido a levemente alcalino, e isso pode ter relação com o material de origem, já que na região há registro de rochas graníticas calcialcalinas (TORRES & SILVA, 2016). A

redução do pH nos horizontes superficiais do P1, coincidiu com o aumento dos teores de carbono, e isso pode ser um indicativo do efeito tampão da matéria orgânica (MEDEIROS et al., 2009).

O maior teor de P registado nos horizontes superficiais do P3, sopé de transporte, pode ter influência do histórico de uso, já que nas imediações havia indícios de criação de gado. Resultados semelhantes foram reportados por Araújo et al., (2004), ao estudarem uma sequência de solos no estado de Pernambuco. Já nos demais perfis houve uma tendência de aumento nos teores de P em profundidade, e isso pode ser influência do material de origem (ARAÚJO et al., 2004; IHEME et al., 2023). Em uma pesquisa de fracionamento de P no semiárido Pernambucano, Agbenin & Tiessen, (1994) constataram que havia altas concentações de P inorgânco em solos originados de grantios e gnaisses, e isso foi explicado pela presença de apatita na rocha.

Os maiores teores de COT, registrados no P1 (topo) pode ter relação com a topografia, já que superfíceis planas são mais favoráveis para o acúmulo de carbono. Por outro lado, os menores teores de COT registados no P2 (meia encosta), podem ter relação com a posição na paisagem, que favorece uma maior remoção de material pelos fluxos hídricos. Além disso, solos com menores teores de argila tem uma menor capacidade de aculular carbono (DESSALEGN et al., 2014). Resultados semelhantes foram relatados por campos et al. (2011), ao estudarem uma sequência de solos na Amazônia.

Os elevados teores de cálcio (Ca^{+}) que foram registrados em todos os perfis, em relação aos demais cátions, pode ter relação com a presença de minerais primários facilmente intemperizáveis, como minerais da série dos plagioclásios, que foi detectado nas analises mineralógicas, e tem um potencial de fornecer cátions básicos ao solo. Além disso, o déficit hídrico da região, reduz o processo de lixiviação (SAMUEL et al., 2023). A infuência da topografia foi evidente na distribuição dos cátions básicos ($Ca^{+,}$ Mg^{+}, K^{+} e N^{+}), sendo que os maiores teores foram encontrados na região do topo e sopé. Por outro lado, o P2 na posição de meia encosta, por ser uma superfície de transporte, registrou os menores valores (ARTHUR & OKAE-ANTI, 2022).

Houve evidência que a textura do solo também influenciou nos teores de bases do complexo de troca, sendo que os solos com os maiores teores de argila, foram os que registaram os maiores teores de bases trocáveis, sendo que o P2 (meia encosta), com textura mais arenosa, apresentou os menores valores. Comportamento semelhante na dstribuição de bases foi relatado por Adgbite et al. (2019) em uma sequência de solos no semiárido da Nigéria.

Apesar de algumas classes de rochas graníticas terem potencial de liberar altos teores de sódio no solo, não foram registrados grandes quantidades nos solos estudados. Isso pode ser

explicado pela topografia e condições de drenagem dos solos, sendo que o (Na^+) é o elemento mais solúvel do complexo de troca. Os baixos teores de K^+ pode ter relação com tanto com o poresso de lixiviação quanto o consumo desse elemento pela vegetação. Um padrão semelhante foi reportado por Bekele et al. (2023), ao estudarem uma sequência de solos condições semiáridas.

Os valores de alúmínio trocável (Al^{3+}) registrados ao longo da sequência de solos foram esperados, já que o clima semiárido favorece um processo de intemperismo químico mais lento. Alem disso, em situações de pH mais elevado, há uma redução de alumínio trocável nos solos (VALLADARES et al., 2017). Nesse caso, os valores da acidez potencial (H+Al), tiveram uma maior influência dos os íons de hidrogênio (H^+), assim como relatado também no trabalho de Artur et al. (2014), em um estudo de solos na região semiárida do Brasil.

Em relação à CTC, também houve indícios de influência do relevo, já que os maiores valores foram registrados no topo e sopé de deposição. A superfície plana do topo favoreceu a acumulação de material, por ser uma superfície menos suscetível aos processos de lixiviação e erosão. Por outro lado, as posições de sopé recebem elementos em solução das posições de encosta, o que pode favorecer aumento da saturação por bases. As argilas de carga permanente, principalmente vermiculita, que foram registradas na mineralogia do P1 e P4, também influenciam na alta CTC, principalmente no perfil 4, sopé de deposição (CORRÊA et al., 2003).

4.5 Conclusões

O topo da paisagem por ser uma superfície mais plana e estável, contribuiu para a formação de um solo mais argiloso com uma boa fertilidade, já na posição de meia encosta o contato lítico com a rocha acentua o movimento lateral da água, o contribuiu para uma maior lixiviação e perda de material mais fino para as posições inferiores. Já nas posições de sopé houve uma maior acumulação de argila, maior saturação por bases devido à deposição de materiais das encostas.

Os maiores teores de bases trocáveis foram encontrados no sopé de deposição, o que indica que esse solo recebe e acumula material em solução oriundo das posições superiores da paisagem. No sopé de transporte e de deposição também foi encontrado os maiores teores de silte no horizonte superficial o que reforça a influência da paisagem da distribuição de material ao longo da superfície.

Essa pesquisa confirmou que um estudo integrando os efeitos do material de origem e o relevo é de suma importância para o entendimento da variação da cobertura pedológica em paisagens complexas como às encontradas na região semiárida brasileira.

4.6 Referências

ADEGBITE, K. A. et al. Characterization and Classification of Soils of a Toposequence in a Derived Savannah Agroecological Zone of Nigeria. **The Open Agriculture Journal**, v. 13, n. 1, 17 abr. 2019.

AGBENIN, J. O.; TIESSEN, H. Phosphorus transformations in a toposequence of lithosols and cambisols from semi-arid northeastern brazil. **Geoderma**, v. 62, n. 4, p. 345–362, 1 jun. 1994.

ARAÚJO, M. S. B.; SCHAEFER, C. E. R.; SAMPAIO, E. V. S. B. Soil phosphorus fractions from toposequences of semi-arid Latosols and Luvisols in northeastern Brazil. **Geoderma**, v. 119, n. 3, p. 309–321, 1 abr. 2004.

ARTUR, A. G. et al. Variabilidade espacial dos atributos químicos do solo, associada ao microrrelevo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, p. 141–149, fev. 2014.

BEKELE, A. et al. Genesis and Classification of Termite-Mediated Soils along Toposequences in a Semiarid Area of Southeast Ethiopia. **Applied and Environmental Soil Science**, v. 2023, p. e7150907, 27 jan. 2023.

BOTELHO, M. R. et al. Caracterização e classificação de solos com horizontes subsuperficiais escuros derivados de rochas graníticas no Escudo sul-rio-grandense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1066–1076, ago. 2014.

CAMPOS, M. C. C. et al. Relações solo-paisagem em uma topossequência sobre substrato granítico em Santo Antônio do Matupi, Manicoré (AM). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 13–23, fev. 2011.

CAMPOS, M. C. C. Relações solo-paisagem: conceitos, evolução e aplicações Soil-landscape relationships: concepts, developments and applications. **AMBIÊNCIA**, v. 8, n. 3, p. 963–982, 28 dez. 2012.

CORRÊA, A. C. DE B. et al. Megamorfologia e morfoestrutura do Planalto de Borborema. **Revista do Instituto Geológico (Descontinuada)**, v. 31, n. 1–2, p. 35–52, 1 jan. 2010.

CORRÊA, M. M. et al. Atributos físicos, químicos e mineralógicos de solos da região das Várzeas de Sousa (PB). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 311–324, abr. 2003.

DAI, C. et al. Soil development and management effects on hydraulic properties along a granitic soil toposequence in southern China. **Geoderma Regional**, v. 30, p. e00554, 1 set. 2022.

DALRYMPLE, J.B.; BLONG, R.J; CONACHER, A.J. An hypothetical nine unit landsurface model. **Zeitschrift fuer Geomorphologie**, v. 12, n. 1, p. 60–76, 1 jan. 1968.

DE JESUS, J. B. et al. Influence of anthropization on the floristic composition and phytosociology of the Caatinga susceptible to desertification in the state of Sergipe, Brazil. **Tropical Ecology**, v. 63, n. 3, p. 398–408, 1 set. 2022.

DE OLIVEIRA, D. C.; DE SOUZA, J. P. Detalhamento de mapeamento de solos em ambientes semiáridos. 2018.

DE PAULA SILVA, J. et al. The Geodiversity of Brazil: Quantification, Distribution, and Implications for Conservation Areas. **Geoheritage**, v. 13, n. 3, p. 75, 3 ago. 2021.

DESSALEGN, D. et al. Effects of topography and land use on soil characteristics along the toposequence of Ele watershed in southern Ethiopia. **CATENA**, v. 115, p. 47–54, 1 abr. 2014.

FARIAS, P. K. P. et al. CARACTERIZAÇÃO E GÊNESE DE SOLOS DA SERRA DE SANTANA, SERIDÓ POTIGUAR. **Revista Caatinga**, v. 31, p. 1017–1026, dez. 2018.

FRANCISCO, P. R. M. et al. Zoneamento agrícola de risco climático da região do Médio Curso do Rio Paraíba / Zoning of climatic risk of the Middle Curse of Rio Paraíba region. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, 18 mar. 2021.

FRANK BUSS, M. E. et al. Relationships between landscape features, soil properties, and vegetation determine ecological sites in a semiarid savanna of central Argentina. **Journal of Arid Environments**, v. 173, p. 104038, 1 fev. 2020.

IUSS WORKING GROUP WRB. **World Reference Base for Soil Resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps**. Viena, Austria: International Union of Soil Sciences (IUSS), 2022.

JACKSON, M. L. **Soil Chemical Analysis: Advanced Course**. [s.l.] UW-Madison Libraries Parallel Press, 2005.

KOVDA, I. Vertisols: Extreme features and extreme environment. **Geoderma Regional**, v. 22, p. e00312, 1 set. 2020.

MAIA, R.; BEZERRA, F. The Geomorphology of the Northeast: Classical and Current Perspectives. Em: MAIA, R.; BEZERRA, F. (Eds.). **Structural Geomorphology in Northeastern Brazil**. SpringerBriefs in Latin American Studies. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 31–40.

MARCOLIN, L.; CALEGARI, M. R. Atributos químicos, físicos e mineralogia de Latossolos e sua relação com a paisagem no oeste do Paraná. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 39, p. 48–61, 23 jun. 2020.

MEDEIROS, J. C. et al. Calagem superficial com resíduo alcalino da indústria de papel e celulose em um solo altamente tamponado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1657–1665, dez. 2009.

MEHRA, O. P.; JACKSON, M. L. IRON OXIDE REMOVAL FROM SOILS AND CLAYS BY A DITHIONITE–CITRATE SYSTEM BUFFERED WITH SODIUM BICARBONATE. Em: INGERSON, E. (Ed.). **Clays and Clay Minerals**. [s.l.] Pergamon, 2013. p. 317–327.

MOLINA, A. et al. Patterns in Soil Chemical Weathering Related to Topographic Gradients and Vegetation Structure in a High Andean Tropical Ecosystem. **Journal of Geophysical Research: Earth Surface**, v. 124, n. 2, p. 666–685, 2019.

RAIESI, F.; TAVAKOLI, M. Developing a soil quality index model for assessing landscape-level soil quality along a toposequence in almond orchards using factor analysis. **Modeling Earth Systems and Environment**, v. 8, n. 3, p. 4035–4050, 1 set. 2022.

RODRIGUES, J. M. D.; LIMA, E. R. V. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA-PB. **REVISTA EQUADOR**, v. 9, n. 3, p. 100–120, 2 jul. 2020.

ROSOLEN, V.; HERPIN, U. Expansão dos solos hidromórficos e mudanças na paisagem: um estudo de caso na região Sudeste da Amazônia Brasileira. **Acta Amazonica**, v. 38, p. 483–490, 2008.

SANTOS, H. G. DOS et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SANTOS, R. D. DOS et al. **Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo**. [s.l.] Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SCHOLES, R. J. The Future of Semi-Arid Regions: A Weak Fabric Unravels. **Climate**, v. 8, n. 3, p. 43, mar. 2020.

SCHWERTMANN, U.; MURAD, E. Effect of pH on the Formation of Goethite and Hematite from Ferrihydrite. **Clays and Clay Minerals**, v. 31, n. 4, p. 277–284, 1 ago. 1983.

SCHWERTMANN, U.; TAYLOR, R. M. Iron Oxides. Em: **Minerals in Soil Environments**. [s.l.] John Wiley & Sons, Ltd, 1989. p. 379–438.

SILVA, P. F. DA et al. Seasonal patterns of carbon dioxide, water and energy fluxes over the Caatinga and grassland in the semi-arid region of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 147, p. 71–82, 1 dez. 2017.

SILVA, M. B. E et al. Gênese e classificação dos solos de uma topossequência em área de carste na Serra da Bodoquena , MS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, p. 1464–1480, dez. 2013.

TEIXEIRA, P. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. Brasília, DF: [s.n.].

TORRENT, J.; GUZMAN, R.; PARRA, M. A. Influence of relative humidity on the crystallization of Fe (III) oxides from ferrihydrite. **Clays and Clay Minerals**, v. 30, p. 337–340, 1982.

TORRES, F. S. DE M.; SILVA, E. P. DA. **Geodiversidade do estado da Paraíba**. [s.l.] CPRM, 2016.

VALLADARES, G. S. et al. SOLOS FRÁGEIS DO PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CAPIVARA, PIAUÍ. **GEOgraphia**, v. 19, n. 41, p. 123–134, 2017.

XAVIER, R. A. et al. Mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Paraíba (PB) utilizando classificação baseada em objetos. **ACTA GEOGRÁFICA**, v. 10, n. 23, p. 139–152, 19 set. 2016.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in soil science and plant analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467–1476, 1988.

YU, Y. et al. Climate change, water resources and sustainable development in the arid and semi-arid lands of Central Asia in the past 30 years. **Journal of Arid Land**, v. 11, n. 1, p. 1–14, 1 fev. 2019.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em todas as sequências constatou-se uma moderada profundidade e teores consideráveis de areia grossa e silte nos solos, o que indica baixo grau de intemperismo favorecido pelo clima semiárido. Na primeira sequência, os solos no topo e no terço superior (metacalcário) são eutróficos, tem maiores teores de SiO_2 e apresentam minerais 2:1 (bissialitização), já os solos das posições de meia encosta e sopé (xistos) são distróficos, possuem maiores teores de Al_2O_3 e são predominantemente cauliníticos (monossiatilização). Os processos de elutriação e formação de argila in situ criaram condições favoráveis para formação de gradiente textural na meia encosta.

Na segunda sequência, os solos formados de migmatito e, portanto, dos segmentos mais elevados da paisagem, são rasos, arenosos, mais ácidos, distróficos e apresentam predomínio de argila de baixa atividade (monossialitização), enquanto os solos formados de gnaisse (segmentos deposicionais) apresentam contato lítico fragmentário, são mais argilosos (argilização), eutróficos e com predomínio de argilas de alta atividade (bissialitização). Os solos formados de gnaisse apresentam os maiores teores de Al_2O_3 e Fe_2O_3 e menores teores de SiO_2.

Já na terceira sequência sob granitos, foi verificado a ocorrência de horizonte a ocorrência de horizonte E na meia encosta, o que indica que a argiluviação é um processo ativo nesse segmento. Os processos de Elutriação e argilização (formação de argila in situ) também estão relacionados com a formação do gradiente textural, incluso no segmento de sopé, originando Luvissolos com forte rubeificação no horizonte Bt. A ocorrência de argilas expansivas (p. ex., vermiculita) contribuem para a vertissolização e pelos maiores teores trocáveis e totais de cálcio e magnésio nos segmentos de topo e sopé (Vertissolos). No topo há significante processo de melanização do horizonte diagnóstico Bv.

Na segunda sequência de solos, sob gnaisse e migmatito, percebeu-se uma maior influência do material de origem nas características dos solos, quando comparado com as demais sequências, onde a influência do material de origem é bem menos perceptível. Apesar disso, em todas as sequências o relevo é o fator dominante na variação dos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. Isso evidencia a influência da topografia na variação da cobertura pedológica, e a eficiência de estudos que abordam a relação solo paisagem em regiões complexas.

APÊNDICE 1

Descrição morfológica, análises físicas e químicas dos solos em topossequências na microrregião do cariri ocidental.

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P1 – Topossequência 1, Monteiro-PB
CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico argissólico.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 11 km de Monteiro-PB, Rodovia PB 264, sentido Zabelê, lado direito, coordenadas: 08°00'09,3" S e 037°05'56,1" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em meia encosta (terço inferior), área sob caatinga arbórea/arbusrtiva densa em regeneração, com declividade de 0 a 2,5%.
ALTITUDE: 646 metros.
LITOLOGIA: Rochas metalcárias
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Domínio das Sequências Sedimentares Proterozoicas dobradas, metamorfizadas de baixo a alto grau
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: Calcário
PEDREGOSIDADE: ligeiramente pedregoso.
ROCHOSIDADE: não rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: meia encosta (terço inferior)
EROSÃO: Laminar ligeira
DRENAGEM: Moderada
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga áborea/arbustiva densa em regeneração.
USO ATUAL: preservada.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–13 cm; bruno-acinzentado muito escuro (10YR 3/2, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); franco argilo-arenosa; forte, grande, blocos angulares e blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

BA - 13–32 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido), brumo (7,5YR YR 4/4 seco); franco argilosa; forte, pequena a média e blocos angulares a subangulares; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

Bt - 32–53 cm; bruno-forte (7,5YR 4/6, úmido), brumo (7,5 YR 4/4, seco); argila; forte, pequena a média, bloco angular e sub-angular; ligeiramente dura, firme, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

BC - 53–70 cm; amarelo-avermelhado (7,5YR 6/6, úmido), bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); argila; forte, média a grande e laminar; muito dura, friável, plástico e pegajoso.

RAÍZES – poucas nos horizontes A, BA e Bt; raras no BC; finas em todos os horizontes.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica					ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%			g cm^{-3}	%
A	0-13	65,1	385,5	227,5	148	240	115	182	1,43	1,64	2,69	39
BA	13-32	63,9	308,4	169,6	183	340	144	389	1,50	1,56	2,59	40
Bi	32-53	102,8	221,1	125,8	243	400	121	357	1,53	1,60	2,71	41
BC	53-70	40,9	361,1	187,8	311	140	39	250	1,49	1,78	2,67	33

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	
6,53	5,44	-1,09	2,51	0,55	0,06	0,00	3,1	0,3	9,1	3,4	25,6	8,8	9,23	0,075	15,8
6,07	4,25	-1,82	7,73	1,34	0,01	0,01	9,1	0,4	9,4	9,5	49,1	4,2	0,76	0,144	18,2
5,6	3,9	-1,7	10,12	2,29	0,00	0,00	12,4	0,7	9,6	13,1	56,4	5,3	0,00	0,357	10,0
5,31	3,9	-1,41	9,34	2,37	0,00	0,00	11,7	0,6	8,7	12,3	57,2	4,9	0,00	0,839	5,7

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA											
	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
Horizonte	---------- % ----------										
A	72,32	12,14	5,78	0,81	1,17	1,60	1,17	0,80	<LQ	<LQ	<LQ
Bi	56,19	18,60	10,02	1,15	0,80	2,03	2,22	0,46	<LQ	<LQ	<LQ
BC	60,07	17,35	8,70	1,07	1,28	2,35	1,76	0,92	<LQ	0,11	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P2 – Topossequência 1, Monteiro-PB
CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HAPLICO Ta Eutrófico fragmentário.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 7,7 km de Monteiro, PB, Rodovia PB264, sentido Zabelê, lado direito, coordenadas: 07°58'12,2" S e 037°06'25,9" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em topo suave ondulado, área sob caatinga arbustiva em regeneração, com declividade de 2,6 a 5%.
ALTITUDE: 660 metros.
LITOLOGIA: rochas metacalcárias
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Predomínio de rochas metacalcárias, com intercalações de finas camadas de metassedimentos sílticos-argilosos
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: rochas metacalcárias
PEDREGOSIDADE: Ligeiramente pedregoso.
ROCHOSIDADE: Ligeiramente rochosa.
RELEVO LOCAL: Suave ondulado.
RELEVO REGIONAL: Ondulado/Suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: Topo.
EROSÃO: Laminar moderada
DRENAGEM: Moderada
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbustiva densa.
USO ATUAL: Pecuária de grande e médio porte.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–16 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seco); franco argilo-siltosa; fraca a pequena a média e blocos subangulares; macia, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição clara e plana.

Bi/AC - 16–38 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido), bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); franco-siltosa; moderada, média e blocos subangulares; macia, friável, não plástico e não pegajosa; transição clara e plana.

Cr - 38–80 cm; vermelho (2,5YR 4/6, úmido), vermelho (2,5YR 5/8, seco); argilo-siltosa; maciça, média e laminar; macia, firme, não plástica e não pegajosa.

RAÍZES – Muitas nos horizontes A e Bi/AC; comuns no Cr e finas em todos horizontes.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica					ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%		g cm^{-3}		%
A	0-16	216,3	450,7	89,41	260	200	39	625	1,19	1,18	2,66	56
Bi/AC	16-38	212,3	396,2	138,7	205	260	39	672	1,43	1,41	2,69	48
Cr	38-80	204,3	662,2	72,76	245	20	0	100	1,33	1,49	2,68	44

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
6,57	5,51	-1,06	8,60	1,11	0,02	0,02	9,8	0,3	4,0	10,1	71,1	3,0	52,57	0,168	12,9
6,93	5,54	-1,39	10,34	1,25	0,00	0,00	11,6	0,3	6,8	11,9	63,1	2,5	8,25	0,171	9,6
7,29	5,02	-2,27	11,07	0,88	0,00	0,00	11,9	0,3	6,8	12,2	63,8	2,5	27,76	0,103	4,8

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA

Horizonte	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
	---------- % ----------										
A	80,80	7,78	2,12	0,41	0,43	0,52	3,33	0,36	<LQ	<LQ	<LQ
Bi	79,58	9,13	2,75	0,48	0,27	0,55	3,32	0,23	<LQ	<LQ	<LQ
Cr	76,74	10,70	3,54	0,53	0,14	0,55	3,54	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P3 – Topossequência 1, Monteiro-PB
CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO AMARELO Distrófico típico.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 2,6 km de Monteiro, PB, Rodovia PB 264, sentido Zabelê, lado direito, coordenadas: 07°55'15,9" S e 037°07'09,6" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em topo suave ondulado a plano, área sob caatinga arbórea em regeneração, com declividade de 0 a 2,5%.
ALTITUDE: 634 metros.
LITOLOGIA: xistos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Domínio das Sequências Sedimentares Proterozoicas dobradas, metamorfizadas de baixo a alto grau
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: xistos
PEDREGOSIDADE: ligeiramente pedregoso.
ROCHOSIDADE: não rochoso.
RELEVO LOCAL: Suave ondulado/plano.
RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: meio.
EROSÃO: Laminar moderada
DRENAGEM: Moderada
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga áborea em regeneração.
USO ATUAL: Pecuária de grande e médio porte.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–15 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido), bruno-amarelado (10YR 5/6, seco); franco argilo-siltosa; moderada a forte, grande a muito grande, blocos angulares e blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástica e ligeiramente pegajosa; transição gradual e plana.

Bt - 15–33 cm; Bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido), bruno-forte (7,5YR 4/6, seco); argila; forte, pequena a média e blocos angulares a subangulares; dura, muito friável, plástico e pegajosa; transição gradual e ondulada.

CB - 33–55 cm; bruno-amarelado (10YR 5/6, úmido), bruno-forte (7,5YR 5/6, seco); franco; fraca, pequena a média e laminar; ligeiramente dura, friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

Cr - 55–100 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido), bruno muito claro-acinzentado (10YR, 7/3, seco); franco; fraca, pequena e laminar; extremamente dura, friável, não plástico e não pegajoso.

RAÍZES – poucas nos horizontes A e Cr; comuns no Bt e CB; finas e médias no CB; finas no A e Cr e médias no Bt.

Observações: no horizonte Cr mistura de solo com a rocha.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica					ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%		g cm^{-3}		%
A	0-15	125,1	284,3	210,8	92	40	13	900	0,94	1,28	2,69	52
Bt	15-33	73,9	354,0	213,1	174	140	13	750	1,21	1,42	2,60	45
CB	33-55	34,1	512,5	251,3	134	200	0	1000	1,78	1,29	2,62	51
Cr	55-100	89,2	684,2	238,3	116	180	13	667	1,49	1,54	2,62	41

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
7,2	5,34	-1,86	7,61	0,77	0,07	0,01	8,5	0,3	6,6	8,8	56,2	3,4	302,57	0,269	1,0
7,05	5,97	-1,08	4,51	0,26	0,01	0,02	4,8	0,2	7,4	5,0	39,3	4,0	18,91	0,170	13,9
6,73	4,9	-1,83	3,55	0,47	0,00	0,03	4,1	0,3	7,8	4,4	34,3	6,9	0,98	0,097	4,3
5,77	3,96	-1,81	2,51	0,38	0,00	0,03	2,9	1,4	8,6	4,3	25,4	32,4	0,76	0,060	5,2

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA											
Horizonte	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
	---------- % ----------										
A	64,93	14,53	5,71	0,76	1,18	2,02	3,39	0,88	<LQ	0,17	<LQ
Bt	62,44	15,52	7,51	0,76	0,97	2,13	3,11	1,60	<LQ	0,16	<LQ
Cr	66,71	14,50	6,14	0,68	2,06	3,09	2,65	1,82	<LQ	0,22	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P4 – Topossequência 1, Monteiro-PB
CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico fragmentário.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 2,5 km de Monteiro, PB, Rodovia PB 196, sentido Jabitacá, lado esquerdo, coordenadas: 07°53'17,8" S e 037°08'31,7" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado o sopé plano, área sob caatinga arbustiva/arbórea em regeneração, com declividade de 0 a 2,5%.
ALTITUDE: 610 metros.
LITOLOGIA: xistos
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Domínio das Sequências Sedimentares Proterozoicas dobradas, metamorfizadas de baixo a alto grau
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: xistos
PEDREGOSIDADE: moderamente pedregoso.
ROCHOSIDADE: ligeiramente rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: sopé.
EROSÃO: Laminar moderada
DRENAGEM: Moderada
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbustiva/áborea em regeneração.
USO ATUAL: Pecuária de grande e médio porte.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–14 cm; brumo (10YR 4/3, úmido), brumo (7,5YR 4/4, seco); franco argilo-siltosa; forte, grande a muito grande, blocos angulares e blocos subangulares; ligeiramente dura, friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

AB - 14–26 cm; bruno-escuro (7,5YR 3/4, úmido), brumo (7,5 YR 4/4 seco); argila; moderada, média a grande e blocos angulares a subangulares; dura, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e ondulada.

Bt - 26–39 cm; vermelho-escuro (2,5YR 3/6, úmido), vermelho (2,5 YR 4/6, seco); muito argilosa; forte, média a grande e laminar; dura friável, muito plástico e muito pegajoso; transição gradual e plana.

BCr - 39–61 cm; vermelho (2,5YR 4/8, úmido), vermelho-amarelado (5 YR 5/6, seco); muito argilosa; moderada, média a grande e laminar; muito dura, friável, muito plástico e muito pegajoso.

RAÍZES – poucas nos horizontes A e AB; raras no Bt e BCr; finas em todos os horizontes.

Observações: linha de pedra na altura do horizonte AB.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte			Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%			g cm^{-3}	%
A	0-14	60,7	219,0	126,3	286	300	27	372	2,32	1,03	1,38	25
AB	14-26	387,8	308,1	161,1	149	360	54	192	2,26	1,40	2,70	48
Bt	26-39	50,3	235,1	97,6	134	520	0	12	1,64	1,47	2,71	46
BCr	39-61	80,0	356,5	89,1	178	360	27	308	1,41	1,48	2,69	45

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
6,41	5,57	-0,84	10,89	1,11	0,07	0,01	12,1	0,3	9,2	12,4	56,7	2,4	29,35	0,250	19,6
6,29	4,69	-1,6	9,22	1,11	0,02	0,00	10,4	0,3	9,7	10,7	51,6	2,8	1,66	0,195	12,4
5,55	3,94	-1,61	9,63	2,03	0,00	0,01	11,7	0,9	11,7	12,6	49,9	7,2	0,00	0,122	9,6
5,78	3,77	-2,01	8,10	2,01	0,00	0,00	10,1	1,2	10,2	11,3	49,7	10,6	0,00	0,071	6,2

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA											
	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
Horizonte	---------- % ----------										
A	61,59	15,66	8,24	1,05	0,95	2,06	2,24	0,60	<LQ	0,13	<LQ
Bi	59,39	19,27	9,50	1,08	0,41	1,44	1,33	0,10	<LQ	<LQ	<LQ
BCr	61,54	17,96	9,25	1,09	0,48	2,13	1,68	0,18	<LQ	<LQ	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A- DESCRIÇAO GERAL

PERFIL: P1 – Topossequência 2, Monteiro-PB

CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico típico.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 3 km de Monteiro na rodovia BR 412, sentido Sumé-PB, lado direito, coordenadas: 07°52'39,6" S e 037°05'52,9" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em meia encosta (terço inferior), área sob caatinga arbustiva/arbórea em regeneração, com declividade de 0 a 2,5 %.
ALTITUDE: 636 metros.
LITOLOGIA: Migmatito Ortoderivado
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: domínio dos complexos gnáissicos-migmatíticos e granulíticos.
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: Migmatito
PEDREGOSIDADE: ligeiramente pedregoso.
ROCHOSIDADE: moderadamente rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: meia encosta (terço inferior).
EROSÃO: laminar ligeira
DRENAGEM: boa
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbustiva/arbórea em regeneração.
USO ATUAL: pecuária.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–13 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seco); areia; fraca, pequena, granular; solta, friável, não plástico e não pegajoso; transição gradual e plana.

AC - 13–30 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno (10YR 4/3, seco); areia; fraca, pequena e granular; ligeiramente dura, friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

Cr - 30–42 cm; bruno (10YR 5/3, úmido), bruno (10YR 5/3, seco); franco arenosa; forte, pequena a média e prismáticar; ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso;

RAÍZES – muitas no A e poucas no AC e Cr; finas em todos os horizontes.

Observação: Conistência intderminada no horizonte Cr.

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte			Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%			g cm^{-3}	%
A	0- 13	95,1	546	172	142	140	120	14	1,43	1,61	2,62	39
AC	13-30	150,6	533	146	201	120	120	0	1,50	1,53	2,61	41
Cr	30-42	157,7	344	123	233	300	300	0	1,53	nd	2,61	nd

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
5,58	4,45	-1,13	5,59	0,44	0,05	0,00	6,1	0,4	10,4	6,5	36,9	6,2	58,25	0,220	14,4
5,51	4,25	-1,26	3,22	0,44	0,03	0,00	3,7	0,5	8,9	4,2	29,3	11,9	19,67	0,114	3,8
6,15	4,16	-1,99	8,00	1,69	0,00	0,00	9,7	0,5	9,6	10,2	50,3	4,9	4,77	0,150	3,4

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
Horizonte	---------- % ----------										
A	77,98	9,69	1,73	0,39	0,70	0,33	4,51	1,11	<LQ	<LQ	<LQ
Cr	72,95	13,90	3,48	0,68	0,71	0,43	3,47	1,16	<LQ	<LQ	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A- DESCRIÇAO GERAL

PERFIL: P2 – Topossequência 2, Monteiro-PB

CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Distrófico típico.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 9,9 km de Monteiro, BR 412 sentido Sumé, lado direito, coordenadas: 07°50'11,7" S e 037°03'33,2" W.

SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado no topo, área sob caatinga arbórea em regeneração, com declividade de 5,1 a 12 %.

ALTITUDE: 648 metros.

LITOLOGIA: Migmatito

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Predomio migmatitos ortoderivados.

PERÍODO: Proterozoico

MATERIAL ORIGINÁRIO: Migmatito

PEDREGOSIDADE: pedregoso.

ROCHOSIDADE: não rochoso.

RELEVO LOCAL: ondulado.

RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.

POSIÇÃO DA PAISAGEM: topo.

EROSÃO: Laminar ligeira

DRENAGEM: boa

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga áborea em regeneração.

USO ATUAL: área preserverda.

CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.

DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–13 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), Bruno-amarelado (10YR 5/4, seco); franco argilo-arenosa; forte, média a grande, blocos angulares e blocos subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

Bi - 13–24 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 3/6, úmido), brumo-amarelado (10YR 5/6, seco); franco argilosa; moderada, média a grande e blocos angulares a subangulares; macia, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição gradual e plana.

BC - 24–40 cm; bruno (10YR 4/3, úmido), brumo-amarelado-escuro (10YR 4/4, seco); franco argilo-arenosa; moderada, pequena a média e blocos angulares a subangulares; macia, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

RAÍZES – comuns nos horizontes A e Bi; raras no BC; finas em todos os horizontes.

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte			Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%		g cm^{-3}		%
A	0-13	108,3	306	336	198	160	100	37	1,19	1,55	2,63	41
Bi	13-24	68,8	279	325	216	180	160	11	1,43	1,47	2,67	45
BC	24-40	125,6	286	285	169	260	200	23	1,33	1,39	2,64	47

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
6,81	5,88	-0,93	5,99	0,87	0,05	0,00	6,9	0,2	8,1	7,1	46,1	2,8	29,05	0,093	29,0
6,65	4,88	-1,77	5,33	0,26	0,03	0,00	5,6	0,3	9,4	5,9	37,4	5,1	7,11	0,068	7,11
6,11	4,31	-1,8	7,82	0,34	0,00	0,00	8,2	0,3	9,6	8,5	46,0	3,5	1,97	0,053	1,9

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA

Horizonte	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
	---------- % ----------										
A	74, 65	11,03	2,83	0,74	1,27	0,66	2,89	1,22	<LQ	<LQ	<LQ
Bi	75,70	11,28	3,03	0,79	1,13	0,66	2,82	1,18	<LQ	<LQ	<LQ
Cr	74,87	11,89	3,40	0,71	0,96	0,68	2,65	0,96	<LQ	<LQ	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A- DESCRIÇÃO GERAL

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P3 – Topossequência 2, Monteiro-PB
CLASSIFICAÇÃO: CAMBISSOLO HÁPLICO Ta Eutrófico fragmentário.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 0,4 km da BR 412, na rodovia PB 250, sentido Prata-PB, lado direito, coordenadas: 07°47'29,2" S e 037°01'10,8" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado no topo, área sob caatinga arbustiva densa em regeneração, com declividade de 0 a 2,5 %.
ALTITUDE: 613 metros.
LITOLOGIA: Migmatito
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Predomio migmatitos ortoderivados.
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: Migmatito
PEDREGOSIDADE: ligeiramente pedregoso.
ROCHOSIDADE: não rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: Suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: meio.
EROSÃO: Laminar moderada
DRENAGEM: boa
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbustiva densa em regeneração.
USO ATUAL: área preserverda.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–14 cm; bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/3, úmido), bruno-avermelhado-escuro (2,5YR 3/4, seco); franco argilo-arenosa; moderada, média a grande, blocos angulares e blocos subangulares; ligeiramente duro, muito friável, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

Bt - 14–32 cm; bruno-amarelado-escuro (2,5YR 3/4, úmido), vermelho-escuro (2,5YR 3/6, seco); argila; forte, média a grande e blocos angulares a subangulares; ligeiramente dura, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição abrupta e plana.

BC - 32–49 cm; bruno-amarelado-escuro (2,5YR 3/4, úmido), bruno-avermelhado (2,5YR 4/4, seco); franco argilo-arenosa; forte, média a grande e blocos angulares a subangulares; ligeiramente dura, firme, plástico e pegajoso; transição gradual e plana.

Cr - 49–66 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido), bruno (7,5YR 5/4, seco); franco argilo-arenosa; moderada, pequena a média e blocos angulares a subangulares; dura, firme, plástico e pegajoso.

RAÍZES – muitas A e Bt; raras no BC e Cr; muito finas em todos os horizontes.

Observações: fragmentos de quartzo no BC e Cr

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte			Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%			g cm^{-3}	%
A	0-14	25,2	272	234	234	260	200	23	0,94	1,53	2,68	43
Bi	14-32	13,1	241	163	197	400	360	10	1,21	1,48	2,72	46
BC	32-49	10,9	199	132	249	420	420	0	1,78	1,62	2,70	40
Cr	49-66	13,2	145	163	412	280	220	21	1,49	nd	2,70	nd

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
6,7	5,55	-1,15	9,86	0,82	0,08	0,00	10,8	0,3	9,4	11,1	53,4	2,7	27,61	0,066	11,0
7,1	5,35	-1,75	9,32	1,08	0,02	0,02	10,4	0,3	9,6	10,7	52,2	2,8	2,57	0,061	10,0
7,21	5,51	-1,7	19,71	3,94	0,01	0,05	23,7	0,3	9,1	24,0	72,3	1,2	4,08	0,152	4,3
7,54	6,02	-1,52	19,88	4,53	0,01	0,08	24,5	0,4	7,3	24,9	77,1	1,6	699,70	0,276	4,8

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA

Horizonte	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
	---------- % ----------										
A	71,73	12,08	5, 40	1,06	1,29	1,07	1,53	1,24	<LQ	0,11	<LQ
Bi	67,12	14,98	7,15	1,02	1,00	1,19	1,25	0,80	<LQ	<LQ	<LQ
Cr	58,06	16,97	9,81	1,45	2,09	2,71	0,99	1,40	<LQ	0,17	0,23

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A- DESCRIÇAO GERAL

PERFIL: P4 – Topossequência 2, Monteiro-PB
CLASSIFICAÇÃO: NEOSSOLO LITÓLICO Eutrófico fragmentário.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 2,7 km da BR 412, na rodovia PB 250, sentido Prata-PB, lado direito, coordenadas: 07°46'30,7" S e 037°01'55,8" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado no sopé de deposição, área sob caatinga arbustiva em regeneração, com declividade de 0 a 2,5 %.
ALTITUDE: 589 metros.
LITOLOGIA: Gnaisse
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: Predomio migmatitos ortoderivados.
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: ortognaisse
PEDREGOSIDADE: muito pedregoso.
ROCHOSIDADE: moderadamente rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: plano.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: sopé de deposição.
EROSÃO: sulcos
DRENAGEM: moderada
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbustiva em regeneração.
USO ATUAL: pecuária.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–18 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno (10YR 4/3, seco); argila; forte, média a grande, blocos angulares e blocos subangulares; ligeiramente duro, friável, plástico e pegajoso; transição clara e plana.

Cr - 18–29 cm; bruno (10YR 4/3, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, seco); franco argilo-arenosa; moderada, média a grande e blocos angulares a subangulares; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

RAÍZES – muitas no A e comuns no Cr; muito finas no A e grossas no Cr.

C - ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica					ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%		g cm^{-3}		%
A	0-18	20,42	56	80	584	280	140	50	2,32	1,16	2,60	55
Cr	18-29	332,88	316	260	243	180	180	0	2,26	1,49	2,69	45

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
6,9	5,59	-1,31	13,99	5,56	0,06	0,04	19,6	0,5	10,9	20,1	64,3	2,5	27,84	0,161	20,6
7,36	5,58	-1,78	7,96	2,73	0,01	0,05	10,7	0,4	8,7	11,1	55,1	3,6	6,88	0,123	9,1

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
Horizonte	---------- % ----------										
A	52,72	17,60	9,90	1,19	1,51	3,95	1,15	2,19	<LQ	0,14	<LQ
Cr	66,53	14,12	7,19	1,33	1,45	2,22	1,17	2,36	<LQ	0,13	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A - DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P1 – Topossequência 3, Sumé -PB
CLASSIFICAÇÃO: VERTISSOLO EBÂNICO Órtico típico.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 6,5 km de Sumé na rodovia BR 412, sentido Serra Branca-PB, lado esquerdo, coordenadas: 07°37'50,0" S e 036°51'01,1" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado no topo, área sob caatinga arbustiva densa em regeneração, com declividade de 0 a 2,5 %.
ALTITUDE: 570 metros.
LITOLOGIA: granito
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: domínio dos complexos granitóides deformados.
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: granito
PEDREGOSIDADE: pedregoso.
ROCHOSIDADE: ligeiramente rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: meia encosta.
EROSÃO: laminar moderada
DRENAGEM: imperfeita
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbustiva densa em regeneração.
USO ATUAL: preservado.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–15 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seco); argila; forte, grande a muito grande, prismática; ligeiramente dura, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

Bv - 15–39 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seco); argila; forte, grande a muito grande, prismática; ligeiramente dura, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

BCr - 39–50 cm; bruno-escuro (10YR 3/3, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 3/4, seco); argila; forte, grande a muito grande, prismática; ligeiramente dura, firme, muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

RAÍZES – muitas no A e Bv, raras no BCr; finas e médias no A, médias no Bv e finas no BCr.

Observação: presença de rachaduras e fendas no perfil/escuro, devendo ir para vertissolo

C – ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte			Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%			g cm^{-3}	%
A	0-15	16,3	182	191	287	340	59,08	458	2,32	1,45	2,56	43
Bv	15-39	9,1	156	151	293	400	36,07	143	2,53	1,86	2,64	30
BCr	39-50	78,6	292	132	293	280	45,88	400	2,26	1,63	2,73	40

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	
6,67	5,71	-0,96	20,81	2,52	0,00	0,68	24,0	0,3	9,2	24,3	72,2	1,2	12,03	0,106	31,1
7,82	6,13	-1,69	17,96	2,28	0,00	0,74	21,0	0,3	7,1	21,3	74,7	1,4	63,16	0,057	17,2
8,59	6,61	-1,98	16,44	1,73	0,34	0,41	18,9	0,3	5,8	19,2	76,6	1,6	833,96	0,460	2,4

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
Horizonte	---------- % ----------										
A	64,76	12,34	7,08	2,10	1,26	0,64	2,53	1,63	<LQ	0,10	0,11
Bv	64,07	14,08	8,80	1,96	1,37	0,87	2,30	1,82	<LQ	0,10	0,12
BCr	60,07	14,37	10,23	2,17	2,63	1,54	2,52	2,37	< LQ	0,14	0,49

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P2 – Topossequência 3, Sumé -PB
CLASSIFICAÇÃO: ARGISSOLO AMARELO Distrófico abrúptico.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 8,6 km de Sumé na rodovia BR 412, sentido Serra Branca-PB, lado esquerdo, coordenadas: 07°37'15,8" S e 036°50'01,3" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em meia encosta, área sob caatinga arbustiva esparçada em regeneração, comdeclividade de 0 a 2,5 %.
ALTITUDE: 549 metros.
LITOLOGIA: granito
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: domínio dos complexos granitóides deformados.
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: granito
PEDREGOSIDADE: ligeiramente pedregoso.
ROCHOSIDADE: rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: meia encosta.
EROSÃO: laminar moderada
DRENAGEM: moderada
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbustiva esparçada em regeneração.
USO ATUAL: pecuária.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–15 cm; bruno muito claro-acinzentado (10YR 4/4, úmido), amarelo-brunado (10YR 6/6, seco); franco argilo-arenosa; moderada, pequena a média, bloco angular e sub-angular; macia, muito friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

E - 15–30 cm; (cor indeterminada), (cor indeterminada); areia; grão simples; não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

Bt1 - 30–48 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/4); franco arenosa; moderada, médio a grande e laminar; dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição difusa e plana.

Bt2 - 48–70 cm; bruno-amarelado-escuro (10YR 3/6, úmido), bruno-amarelado-escuro (10YR 4/6); argila; forte, média a grande e laminar; dura, firme, plástico e pegajoso.

R 70cm+ - friável.

RAÍZES – muitas no A, poucas no E, raras no Bt1 e Bt2; finas em todos os horizontes.

Observação: fragmentos pequenos e cascalho.

C – ANÁLISES FISICAS E QUÍMICAS

Horizonte		Composição Granulométrica					ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%			g cm^{-3}	%
A	0-15	138,4	497	191	153	160	59,08	458	2,32	1,66	2,61	36
E	15-30	445,1	668	155	108	100	36,07	143	2,53	1,81	2,57	30
Bt1	30-48	80,1	343	258	99	300	42,30	475	3,24	1,85	2,62	29
Bt2	48-70	62,4	495	132	93	280	45,88	400	2,26	1,76	2,65	34

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	BASES								
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
6,65	5,10	-1,55	6,74	0,41	0,01	0,3	7,2	0,3	9,2	7,5	43,7	4,0	77,53	0,106	9,56
6,75	4,75	-2,00	3,80	0,16	0,01	0,3	4,0	0,3	8,7	4,3	31,2	7,0	27,53	0,057	5,24
6,63	4,30	-2,33	5,69	0,86	0,14	0,8	6,7	0,8	8,7	7,5	43,3	10,7	24,28	0,460	1,44
6,44	4,61	-1,83	5,88	0,99	0,23	0,6	7,1	0,6	7,8	7,7	47,9	7,8	427,38	0,349	3,84

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA

Horizonte	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
	---------- % ----------										
A	78,06	9,48	3,15	0,88	0,48	0,23	3,53	1,23	<LQ	<LQ	<LQ
E	80,99	9,76	1,42	0,33	0,32	0,14	4,86	1,48	<LQ	<LQ	<LQ
Bt2	73,02	11,86	5,01	1,25	0,80	0,50	3,31	1,42	<LQ	<LQ	0,16

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P3 – Topossequência 3, Sumé -PB
CLASSIFICAÇÃO: LUVISSOLO HÁPLICO Órtico típico.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 10 km de Sumé na rodovia BR 412, sentido Serra Branca-PB, lado esquerdo, coordenadas: 07°36'47,4" S e 036°49'31,9" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em sopé de deposição, área sob caatinga arbustivaesparçada em regeneração, com declividade de 0 a 2,5 %.
ALTITUDE: 534 metros.
LITOLOGIA: shoshonítica (ou alcalina potássica saturada)
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: domínio dos complexos granitóides não deformados.
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: shoshonítica
PEDREGOSIDADE: ligeiramente pedregoso.
ROCHOSIDADE: ligeiramente rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: sopé de deposição.
EROSÃO: sulcos
DRENAGEM: imperfeita
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbustiva esparçada em regeneração.
USO ATUAL: pecuária.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–14 cm; bruno (7,5YR 4/2, úmido), bruno (7,5YR 4/4, seco); franco argilo-siltosa; moderada, pequena a média, bloco angular e sub-angular;(seco), friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

E - 14–21 cm; bruno (7,5YR 4/3, úmido), bruno-claro (7,5YR 6/3, seco); franco; moderada, pequena a média e e bloco angular e sub-angular; ligeiramente dura, friável, não plástico e não pegajoso; transição clara e plana.

Bt1 - 21–35 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2, úmido), bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2 seco); argila; forte, grande e bloco angular e sub-angular; extremamente dura, friável, plástico e pegajoso; transição difusa e plana.

Bt2 - 35–42 cm; bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/3, úmido) bruno-avermelhado, (5YR 4/4); argila; forte, grande e prismática; extremamente dura, firme, plástico e pegajoso; transição clara e ondulada.

CBr - 42–60 cm; bruno (7,5YR 4/3, úmido), brumo (7,5YR 5/3, seco); franco argilo-arenosa; forte, média a grande e prismática; extremamente dura, extremamente firme, plástico e pegajoso.

RAÍZES – muitas no A, poucas nos demais; finas em todos os horizontes.

Observação: transição ondulada do Bt2 – CBr 35 até 41 cm e 35 até 58cm.

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte			Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%		g cm^{-3}		%
A	0-14	38,8	497	516	324	160	59,08	222	2,32	1,41	2,64	47
E	14-21	23,3	668	537	283	180	36,07	333	2,53	1,83	2,61	30
Bt1	21-35	50,4	343	440	220	340	42,30	389	3,24	1,92	2,66	28
Bt2	35-42	28,5	325	499	202	300	41,14	250	2,64	1,84	2,62	30
CBr	42-60	36,5	495	510	231	260	45,88	105	2,26	nd	2,63	nd

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA BASES	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}									
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
6,54	5,41	-1,13	8,58	0,99	0,03	0,01	9,6	0,2	9,9	9,8	49,3	2,0	229,20	0,091	11,5
7,31	5,7	-1,61	7,09	0,81	0,00	0,05	8,0	0,3	8,7	8,3	47,6	3,6	22,92	0,127	3,8
7,61	5,79	-1,82	17,09	1,67	0,00	0,26	19,0	0,2	8,9	19,2	68,1	1,0	20,50	0,956	5,2
7,05	5,26	-1,79	12,43	1,38	0,00	0,41	14,2	0,4	9,4	14,6	60,2	2,7	10,67	2,061	3,8
6,97	4,97	-2	13,42	1,14	0,00	0,41	15,0	0,3	9,9	15,3	60,2	2,0	3,56	1,817	1,4

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA											
Horizonte	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
	---------- % ----------										
A	71,59	10,98	4,59	1,75	1,10,	0,53	3,79	1,71	<LQ	0,11	0,13
E	76,07	10,68	3,45	1,19	0,74	0,30	3,95	1,72	<LQ	<LQ	<LQ
Bt2	71,54	12,52	5,58	1,15	0,78	0,46	3,56	1,73	<LQ	<LQ	<LQ
CBr	72,55	11,95	5,22	1,14	0,73	0,43	3,54	1,71	<LQ	<LQ	<LQ

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

A – DESCRIÇÃO GERAL

PERFIL: P4 – Topossequência 3, Sumé -PB
CLASSIFICAÇÃO: VERTISSOLO HÁPLICO Órtico típico.
LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: à 12 km de Sumé na rodovia BR 412, sentido Serra Branca-PB, lado esquerdo, coordenadas: 07°35'34,6" S e 036°48'17,6" W.
SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E COBERTURA VEGETAL SOBRE O PERFIL: Descrito e coletado em sopé, área sob caatinga arbórea/arbustiva em regeneração, com declividade de 0 a 2,5 %.
ALTITUDE: 530 metros.
LITOLOGIA: shoshonítica (ou alcalina potássica saturada)
FORMAÇÃO GEOLÓGICA: domínio dos complexos granitóides não deformados.
PERÍODO: Proterozoico
MATERIAL ORIGINÁRIO: shoshonítica
PEDREGOSIDADE: ligeiramente pedregoso.
ROCHOSIDADE: ligeiramente rochoso.
RELEVO LOCAL: plano.
RELEVO REGIONAL: suave ondulado.
POSIÇÃO DA PAISAGEM: sopé de deposição.
EROSÃO: sulcos
DRENAGEM: imperfeita
VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: Caatinga arbórea/arbustiva.
USO ATUAL: pecuária.
CLIMA: Bsh segundo a classificação de Köppen.
DESCRITO E COLETADO: CAMPOS, M.C.C.

B - DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A - 0–8 cm; bruno (10YR 3/2, úmido), bruno (7,5YR 4/4, seco); argila; fraca, muito pequena a pequena, bloco angular e sub-angular; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso; transição clara e plana.

Bv1 - 8–20 cm; bruno (10YR 3/4, úmido), bruno-claro (7,5YR 6/3, seco); muito argilosa; forte, média a grande, prismática; ligeiramente dura, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

Bv2 - 20–35 cm; bruno-avermelhado-escuro (10YR 3/4, úmido), bruno-avermelhado-escuro (5YR 3/2 seco); muito argilosa; forte, pequena a média, prismática e bloco angular; ligeiramente dura, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição difusa e plana.

BCv - 35–45 cm; bruno-avermelhado-escuro (10YR 3/6, úmido) bruno-avermelhado, (5YR 4/4); muito argilosa; forte, pequena a média, prismática e bloco angular; ligeiramente dura, friável, muito plástico e muito pegajoso; transição clara e plana.

Cr - 45–55 cm; bruno (7,5YR 4/4, úmido), brumo (10,5YR 5/3, seco); franco argilo-arenosa; maciça, pequena e laminar; ligeiramente dura, friável, ligeiramente plástico e ligeiramente pegajoso.

RAÍZES – muitas no A, poucas nos demais; finas em todos os horizontes.

Observação: presença de rechaduras e fendas nos horizontes Bv1 e 2, assim como presença de slikensids.

C- ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Horizonte			Composição Granulométrica				ADÁ	GF	Silte/Argila	Densidade		Porosidade
Símbolo	Prof.	Cascalho	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila				Solo	Partícula	
	(cm)			g.kg^{-1}				%		g cm^{-3}		%
A	0-8	17,9	165	290	325	220	100	55	1,5	1,31	2,57	49
Bv1	8-20	10,1	113	167	360	360	280	22	1,0	1,47	2,62	43
Bv2	20-35	11,0	91	170	399	340	300	12	1,2	nd	2,61	nd
BCv	35-45	21,1	169	152	399	280	240	14	1,4	nd	2,65	nd
Cr	45-55	89,7	338	189	333	140	120	14	2,4	nd	2,69	nd

pH		Delta pH	BASES TROCAVEIS				SOMA	Al^{3+}	H+Al	CTC	V	m	P	CE	COT
Água	KCl		Ca^{2+}	Mg^{2+}	K^{+}	Na^{+}	BASES								
			cmolc kg^{-1}								%	%	g dm^{-3}	(dSm)	g.kg^{-1}
6,73	5,54	-1,19	12,0	8,9	0,17	0,02	21,1	0,3	2,31	21,4	90,1	1,4	146,2	0,204	20,8
6,43	4,49	-1,94	29,5	26,5	0,01	0,28	56,3	0,5	2,97	56,8	94,9	0,9	181,7	0,670	8,6
6,52	4,33	-2,19	29,6	26,2	0,00	0,55	56,4	0,8	2,31	57,2	96,0	1,4	501,1	1,49	7,2
6,45	4,63	-1,82	31,8	28,0	0,00	0,85	60,7	0,3	1,98	61,0	96,8	0,5	1262,4	2,37	9,3
6,46	4,30	-2,16	34,2	30,0	0,00	1,08	65,3	0,5	1,48	65,8	97,7	0,8	2123,7	2,40	5,0

LQ = 0.1 % semelhante a FRX da Bruker

Teores totais de elementos maiores determinada por Fluorescência de Raios-X na fração TFSA

	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	K2O	Na2O	SO3	MnO	P_2O_5
Horizonte	---------- % ----------										
A	67,20	12,87	5,01	1,55	1,49	1,14	3,35	1,71	<LQ	0,10	0,10
Bv2	57,89	16,56	9,36	1,70	2,42	2,61	1,70	1,87	<LQ	0,11	0,18
CB	51,22	17,05	12,18	2,33	5,20	4,66	0,73	2,95	<LQ	0,17	0,55