



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS - CAMPUS FRANCISCO BELTRÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ADELAINE FIRMINO DA SILVA

**DINÂMICA DOS PROCESSOS DE COLUVIONAMENTO NO SEMIÁRIDO DE
ALAGOAS - MACIÇOS DE ÁGUA BRANCA E MATA GRANDE**

Francisco Beltrão – PR
2025

ADELAINE FIRMINO DA SILVA

**DINÂMICA DOS PROCESSOS DE COLUVIONAMENTO NO SEMIÁRIDO DE
ALAGOAS - MACIÇOS DE ÁGUA BRANCA E MATA GRANDE**

Tese apresentada ao Programa de pós-graduação em Geografia da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Francisco Beltrão – PR, na linha de pesquisa “Dinâmica, Utilização e Preservação do Meio Ambiente” como requisito para a obtenção do título de Doutora em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Julio Cesar Paisani
Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Flávia Jorge de Lima

Francisco Beltrão – PR
2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Silva , Adelaine Firmino da
Dinâmica dos Processos de Coluvionamento no Semiárido de
Alagoas - Maciços de Água Branca e Mata Grande / Adelaine
Firmino da Silva ; orientador Julio Cesar Paisani;
coorientadora Flávia Jorge de Lima. -- Francisco Beltrão,
2025.
153 p.

Tese (Doutorado Campus de Francisco Beltrão) --
Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências
Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2025.

1. Processos de coluvionamento . 2. Microsedimentologia .
3. Reconstrução Paleoambiental. 4. Semiárido de Alagoas . I.
Paisani, Julio Cesar, orient. II. Lima, Flávia Jorge de,
coorient. III. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Campus de Francisco Beltrão

Rua Maringá, 1200 – Bairro Vila Nova

Fone (046) 3520-4845 – CEP.: 85605-010 – Francisco Beltrão – PR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – MESTRADO/DOUTORADO



TERMO DE APROVAÇÃO

ADELAINE FIRMINO DA SILVA

TÍTULO DO TRABALHO: DINÂMICA DOS PROCESSOS DE COLUVIONAMENTO NO SEMIÁRIDO DE ALAGOAS – MACIÇOS DE ÁGUA BRANCA E MATA GRANDE

TESE apresentada ao Programa de Pós-graduação em Geografia, Mestrado e Doutorado, Área de Concentração: Produção do Espaço e Meio Ambiente, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE, Campus de Francisco Beltrão, julgada adequada e aprovada, em sua versão final, pela Comissão Examinadora, que concede o Título de Doutora em Geografia a autora.

COMISSÃO EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



JULIO CESAR PAISANI
Data: 21/08/2025 17:35:38-0300
Verifique em <https://validar.itii.gov.br>

Julio Cesar Paisani – Orientador

Documento assinado digitalmente



MARGA ELIZ PONTELLI
Data: 22/08/2025 13:23:14-0300
Verifique em <https://validar.itii.gov.br>

Marga Eliz Pontelli – UNIOESTE/FB

Documento assinado digitalmente



RAFAELA HARUMI FUJITA
Data: 22/08/2025 13:54:27-0300
Verifique em <https://validar.itii.gov.br>

Rafaela Harumi Fujita – UNIOESTE/FB

Documento assinado digitalmente



ANTONIO CARLOS DE BARROS CORREA
Data: 21/08/2025 17:47:44-0300
Verifique em <https://validar.itii.gov.br>

Antonio Carlos de Barros Correa - UFPE

Documento assinado digitalmente



FLAVIA JORGE DE LIMA
Data: 21/08/2025 19:54:42-0300
Verifique em <https://validar.itii.gov.br>

Flavia Jorge de Lima - UEPB

Documento assinado digitalmente



RAFAEL ALBUQUERQUE XAVIER
Data: 21/08/2025 18:20:10-0300
Verifique em <https://validar.itii.gov.br>

Rafael Albuquerque Xavier - UEPB

Francisco Beltrão, 21 de agosto de 2025

DEDICATÓRIA

Dedico esta e todas as minhas conquistas aos meus pais, José Ailton da Silva e Maria Aparecida Firmino, que sempre me deram asas para voar e a certeza de que, independentemente do voo, sempre terei para onde voltar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, sem Ele nada disso seria possível. E aos meus pais que por inúmeras vezes caminharam no sol para que eu seguisse na sombra.

Ao professor Julio Paisani, meu orientador, por ter aceitado o desafio de orientar esta pesquisa no Sertão nordestino, por todos os ensinamentos, orientações, suporte em todas as etapas da pesquisa, até mesmo nos momentos em que estávamos entre Sul e Nordeste se fez tão presente quanto as nossas conversas no laboratório. Agradeço também pelo acolhimento no Sul do país.

À professora Flávia Jorge, minha coorientadora, quem me apresentou a geomorfologia, acompanhou todo o meu crescimento acadêmico desde a graduação, sempre me dando todo suporte, agradeço o apoio, confiança, parceria e a amizade.

À professora Marga Pontelli, que me acolheu tão bem desde a minha primeira chegada a Francisco Beltrão, por compartilhar seus conhecimentos de rotina de laboratório e por aceitar contribuir com esse trabalho.

À professora Harumi Fujita, por todo apoio, suporte e por aceitar contribuir com este trabalho.

Aos Professores Antônio Carlos e Rafael Xavier por aceitarem compor esta banca avaliadora e contribuir com este trabalho.

Ao meu amigo Wagner Santos, seguimos juntos compartilhando as alegrias e angústias da vida acadêmica desde a graduação. Agradeço pelo apoio genuíno, a parceria e a amizade de todas as horas.

Ao amigo Vitor Biffi, por ter me acolhido logo nos meus primeiros dias em Francisco Beltrão, quando tudo ainda era novo e incerto, me estendeu a mão e foi ombro amigo nos momentos que eu estive triste e com saudade de casa.

À amiga Shirley, que me acolheu em sua casa quando cheguei a Francisco Beltrão, obrigada pela amizade, parceria e acolhimento.

A Julio Oliveira, pela amizade, pelo suporte e parceria durante as análises granulométricas no Laboratório de Solos da UFAL. As nossas conversas em meio aos intervalos entre uma análise e outra, por muitas vezes foram conforto para os dias ansiosos em função das demandas da tese.

Aos amigos do NEPA, Matheus Vinicius, Denise Hobold e Isis Fumagalli, pelas conversas tecidas, conhecimentos compartilhados e apoio.

Aos técnicos dos laboratórios de Solos e de Química da UFAL – Campus Sertão, em especial a Arnon Berg e Marcel Galindo por todo apoio prestado durante meus longos meses de análises laboratoriais

Ao meu amor, Generson Santos, por toda parceria, cuidado, companheirismo, incentivo, compreensão, e por sempre acreditar em mim até mesmo quando eu duvido, agradeço por tornar esse processo mais leve.

A minha titia Mônica e avó Antônia, pessoas iluminadas que sempre foram apoio e suporte em todos os momentos, sempre estiveram torcendo e comemorando cada passo meu. Ao meu tio Nal (in memoriam) que sempre torceu e vibrou por todas as minhas conquistas, comemorou muito a minha aprovação na seleção do doutorado, mas infelizmente não estará aqui para vibrar por essas e outras conquistas, mas sei que estará vibrando de onde estiver.

Aos meus tios que sempre estão na torcida, e a minha avó Vilma por compreender todas as vezes que não pude me fazer presente nas reuniões de família e por sempre me colocar em suas orações junto com o “meu estudo” mesmo sem entender do que se trata ela se preocupa em que der tudo certo.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNIOESTE – Campus Francisco Beltrão, em especial à secretária Andreia Zuchelli, pessoa solícita, competente e que sempre nos auxilia da melhor forma possível.

À Universidade Federal de Alagoas – UFAL/Campus Sertão, minha primeira casa acadêmica, agradeço pelo suporte durante o desenvolvimento desta pesquisa e por abrir as portas do laboratório para que eu realizasse parte das análises da tese.

À CAPES, pela concessão da bolsa que viabilizou a realização deste trabalho.

E a todos que de forma direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

Obrigada!

“O sertanejo carrega no peito a coragem de quem aprende a florescer em terra árida”

Autor desconhecido.

RESUMO

DINÂMICA DOS PROCESSOS DE COLUVIONAMENTO NO SEMIÁRIDO DE ALAGOAS - MACIÇOS DE ÁGUA BRANCA E MATA GRANDE

A presente pesquisa teve como objetivo central verificar a dinâmica deposicional de depósitos de colúvio em modelados de encosta coluvial/rampa de colúvio contendo diversidade de litologias entre lama e cascalho em regime climático semiárido. Especificamente, buscou-se: a) determinar o contexto macrogeomorfológico de ocorrência dos depósitos de encosta com potencial para análise processual contidos na área de estudo; b) correlacionar macrofácies com microfácies; c) inferir as propriedades dos agentes deposicionais de unidades coluviais conforme sua fácies; d) prover classificação de unidades coluviais na perspectiva reológica e de mecânica dos fluídos; e) verificar se há diferentes assinaturas macro e microsedimentológicas para unidades coluviais entre setores deposicionais - proximal a distal; e f) determinar o significado paleoambiental das unidades coluviais. A metodologia utilizada integrou trabalho de gabinete, campo e procedimentos laboratoriais. Em gabinete foi realizada a identificação e compartimentação de modelados e superfícies geomorfológicas. Em campo, realizou-se o levantamento de substratos e formações superficiais da área de estudo, dentre esses, foram identificados 34 afloramentos de depósitos de colúvios em modelados de encosta coluvial/rampas de colúvio. Foram selecionados 3 afloramentos nos setores distal, mediano e proximal com maior potencial para descrição de seus registros. As análises foram realizadas em escala macro- e microsedimentológicas, além de datações por Luminescência Opticamente Estimulada – LOE. O mapeamento da macrogeomorfologia da área permitiu espacializar os seguintes modelados e superfícies geomórficas: Depressão Sertanejas Meridional, suas respectivas unidades morfoesculturais (Pediplano e Maciço) e modelados (cimeiras, relevo residual, encosta com cobertura coluvial, inselberg, encosta com cobertura eluvial, pedimentos dissecados I e II e plaino aluvial). No que se refere à estratigrafia dos depósitos de colúvio, foram identificadas fácies similares nos setores distal, mediano e proximal: lama arenosa laminada (maciça em campo), lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço. O cruzamento dos dados evidenciou que ao longo dos últimos 15.000 AP, a paisagem esteve submetida a repetidos episódios de instabilidade das encostas, associados a flutuações paleoclimáticas. Enfim, a conjugação do uso de critérios macro- e microsedimentológicos potencializaram identificar os fluxos responsáveis pela formação dos depósitos (end-member) e compreender os mecanismos vinculados à dinâmica deposicional.

Palavras-chave: Colúvios; Processos de coluvionamento; Quaternário; Microsedimentologia; Reconstrução paleoambiental; Semiárido de Alagoas.

ABSTRACT

DYNAMICS OF COLLUVIATION PROCESSES IN THE SEMI-ARID OF ALAGOAS – ÁGUA BRANCA E MATA GRANDE MASSIFS

The main objective of this research was to verify the depositional dynamics of colluvial deposits in a modeled colluvial slope/colluvium ramp containing a diversity of lithologies between mud and gravel in a semi-arid climate regime. Specifically, it was sought: a) to determine the macro-geomorphological context of occurrence of slope deposits with potential for procedural analysis contained in the study area; b) to correlate macrofacies with microfacies; c) to infer the properties of depositional agents of colluvial units according to their facies; d) to provide classification of colluvial units in the rheological and fluid mechanics perspective; e) to verify if there are different macro and microsedimentological signatures for colluvial units between depositional sectors - proximal to distal; and f) determine the paleoenvironmental significance of colluvial units. The methodology integrated office work, field, and laboratory procedures. During the office stage, geomorphological modeled and surfaces were identified and compartmentalized. In the field, a survey of substrates and surface formations in the study area was carried out; among these, 34 outcrops of colluvial deposits were identified in a modeled colluvial slope/colluvial ramp formation. Three outcrops were selected from the distal, medial, and proximal sectors with greater potential for describing their records. Analyses were performed at macro- and micro-sedimentological scales, as well as Optically Stimulated Luminescence (OSL) dating. The mapping of the macro-geomorphology of the area allowed the spatial identification of the following modeled and geomorphic surfaces: Southern Sertanejas Depression, its respective morphostructural units (Pediplain and Massif), and modeled (summits, residual relief, slope with colluvial cover, inselberg, eluvium-covered slope, dissected pediments I and II, and alluvial plain). Regarding the stratigraphy of the colluvial deposits, similar facies were identified in the distal, medial, and proximal sectors: Laminated sandy mud (massive in the field), massive gravelly mud, and massive muddy gravel. The cross-analysis of the data revealed that over the last 15.000 years BP, the landscape has been subjected to repeated episodes of slope instability, associated with paleoclimatic fluctuations. Finally, the combination of macro- and microsedimentological criteria enabled the identification of the flows responsible for the deposit formation (end member) and the understanding of mechanisms linked to depositional dynamics.

Keywords: Colluvium; Colluviation Processes; Quaternary; Microsedimentology; Paleoenvironmental Reconstruction; Semi-Arid of Alagoas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo.....	25
Figura 1.2 – Mapa de geologia da área de estudo.....	27
Figura 1.3: Temperatura média, mínima, máxima e pluviosidade média Água Branca – AL de janeiro de 2013 a janeiro de 2023.....	30
Figura 1.4: Temperatura média, mínima, máxima e pluviosidade média Mata Grande – AL, janeiro de 2013 a janeiro de 2023.....	31
Figura: 1.5: Mapa de hidrografia da área de estudo.....	33
Figura 1.6: Mapa de solos da área de estudo.....	35
Figura 1.7: Mapa de vegetação da área de estudo.....	37
Figura 2.1: Pontos de observação em campo.....	44
Figura 2.2: Mapeamento de modelados e superfícies geomorfológicas.....	46
Figura 2.3: Depressão Sertaneja Meridional vista de cima do inselberg “Morro do Craunã” em Água Branca.....	47
Figura 2.4: Superfície de cimeira suavemente convexa do maciço de Mata Grande.....	48
Figura 2.5: Ombreira com remanescente de rampa de colúvio.....	48
Figura 2.6: Perfil longitudinal do maciço de Água Branca: cimeira, encosta com cobertura eluvial, encosta com cobertura coluvial e pedimento.....	49
Figura 2.7: Inselberg Serra da Onça próximo à Mata Grande.....	50
Figura 2.8: Encosta com cobertura eluvial no maciço de Água Branca.....	51
Figura 2.9: Encosta com cobertura coluvial no maciço de Água Branca.....	52
Figura 2.10: Encosta com cobertura coluvial no maciço de Água Branca.....	52
Figura 2.11: Vista do Pedimento Dissecado (Pedimento I) estabelecido nas vizinhanças do maciço de Mata Grande.....	53
Figura 2.12: Perfil longitudinal dos Pedimentos I e II.....	54
Figura 2.13: Caos de blocos no pedimento dissecado do maciço de Água Branca.....	55
Figura 2.14: Depósito aluvial concrecionado, supostamente por carbonato no Rio Santa Cruz, Mata Grande. No canto superior direito foto de detalhe do depósito aluvial concrecionado.....	55

Figura 2.15: Plaino aluvial em canal intermitente de 4 ^a ordem conhecido como “Riachão” localizado no Pedimento II próximo à Água Branca.....	56
Figura 3.1: Pontos de observação e dos afloramentos descritos enquanto seções estratigráficas.....	64
Figura 3.2: Localização da Seção Baixa do Galo.....	70
Figura 3.3: Seção colunar, perfil faciológico e diagrama granulométrico do registro estratigráfico da seção Baixa do Galo (Mata Grande).....	72
Figura 3.4: Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada (SMd) em depósitos de colúvio camada III base – seção Baixa do Galo. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Microestrutura do tipo Galáxia em laranja (1). Microestrutura do tipo Empilhamento de grãos (2). Fundo matricial salpicado (3). Microestrutura do tipo cometa em fundo matricial denso e pontilhado verde indicando a divisão entre fundo matricial denso e granular (4). Microestrutura do tipo randômica/aleatória (5).....	85
Figura 3.5: Microestruturas sedimentares identificadas na fácie lama arenosa laminada (SMd) em depósitos de colúvio camada III topo – seção Baixa do Galo. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Poros do tipo intergranulares (1). Microestrutura do tipo Galáxia em laranja (2). Pedofeição do tipo nódulo (3). Microfeição induzida pela água do tipo quaserevestimento de impregnação de grão (4).....	86
Figura 3.6: Localização da Seção Preguiçoso.....	88
Figura 3.7: Seção colunar, perfil faciológico e diagrama granulométrico do registro estratigráfico da seção da seção Preguiçoso (Água Branca).....	90
Figura 3.8: Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada em depósito de colúvio camada VI – seção Preguiçoso. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Pedofeição do tipo pápula (1). Microfeição induzida pela água do tipo depleção mátrica (2). Pedofeição do tipo nódulo (3). Microestutura do tipo Galáxia sem core central em laranja (4).....	99
Figura 3.9: Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada em depósito de colúvio camada VIII – seção Preguiçoso. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Fundo matricial do tipo granoestriada (1). Fundo matricial do tipo salpicado (2). Fundo matricial do tipo granular (3). Microestrutura deformacional do tipo galáxia com core central (4).....	100
Figura 3.10: Localização da Seção Batuque.....	102
Figura 3.11: Seção colunar, perfil faciológico e diagrama granulométrico do registro estratigráfico da seção da seção Batuque (Água Branca).....	104

- Figura 3.12:** Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada em depósito de colúvio camada II – seção Batuque. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Poro do tipo intergranular (1). Microestrutura deformacional do tipo bandeamento (2). Fundo matricial denso (3). Fundo matricial do tipo salpicado (4).....110
- Figura 3.13:** Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada em depósito de colúvio camada VIII – seção Batuque. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Depleção mátrica (1). Fundo matricial granular (2). Pedofeição do tipo nódulo (3). Poro do tipo canal (4).....111
- Figura 3.14:** Índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) aplicado a microestruturas galáxia, bandeamento e cometa (a), percentual de ocorrência dos tipos de microestrutura de bandeamento (b) e diâmetro máximo e médio de microestruturas galáxia (c) aplicadas a seção Baixa do Galo.....113
- Figura 3.15:** Índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) aplicado a microestruturas galáxia, bandeamento e cometa (a), percentual de ocorrência dos tipos de microestrutura de bandeamento (b) e diâmetro máximo e médio de microestruturas galáxia (c) aplicadas a seção Preguiçoso.....115
- Figura 3.16:** Índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) aplicado a microestruturas galáxia, bandeamento e cometa (a), percentual de ocorrência dos tipos de microestrutura de bandeamento (b) e diâmetro máximo e médio de microestruturas galáxia (c) aplicadas a seção Batuque.....117
- Figura 3.17:** Correlações estatísticas entre $IMci_{galáxia}$ e $IMci_{bandeamento}$ (a), $d_{médio-galáxia}$ e $d_{máximo-galáxia}$ (b), $IMci_{galáxia}$ e $d_{médio-galáxia}$ (c), $IMci_{galáxia}$ e $d_{máximo-galáxia}$ (d), $\Delta IMci_{galáxia}$ e $\Delta d_{máximo-galáxia}$ (e) e $\Delta IMci_{galáxia}$ e $\Delta d_{médio-galáxia}$ (f).....119
- Figura 3.18:** Sedimentação das fácies nos setores Distal, Mediano e Proximal das encostas analisadas. (a) Proporção da espessura total das fácies por setor da encosta. (b) Média da taxa aparente de acumulação por fácie (Média $R_{aparente-fácie}$) para todos os setores de encosta. (c) Correlação entre Taxa aparente de acumulação por fácie ($R_{aparente-fácie}$) e a idade média estimada para cada tipo de fácie, com indicação de intervalo de classes (baixa, média e alta), e diagrama de ciclos de acumulação de sedimentos definidos com base em cronofácies.....121
- Figura 4.1:** Modelo conceitual da relação crescente entre propriedades morfométricas da microestrutura galáxia e grau de turbulência conforme os setores de encosta coluvial.....126
- Figura 4.2:** Cronorrelação entre os registros estratigráficos das Seções Baixa do Galo, Preguiçoso e Batuque.....130

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Hierarquização Geomorfológica.....	45
Quadro 3.1: Descrição Microestratigráfica/Microsedimentológica da seção Baixa do Galo (Mata Grande).....	76
Quadro 3.2: Descrição Microestratigráfica/Microsedimentológica da seção Preguiçoso (Água Branca).....	93
Quadro 3.3: Descrição Microestratigráfica/Microsedimentológica da seção Batuque (Água Branca).....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Resultados das datações por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) em grãos de quartzo pelo protocolo SARs (Single Aliquot Regenerative-dose) com 10 alíquotas da seção Baixa do Galo (Mata Grande).....	73
Tabela 3.2: Resultados das datações por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) em grãos de quartzo pelo protocolo SARs (Single Aliquot Regenerative-dose) com 10 alíquotas da seção Preguiçoso (Água Branca).....	91
Tabela 3.3: Resultados das datações por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) em grãos de quartzo pelo protocolo SARs (Single Aliquot Regenerative-dose) com 15 alíquotas da seção Batuque (Água Branca).....	105

SUMÁRIO

PARTE I	19
1. INTRODUÇÃO.....	20
1.1 Justificativa/Problemática	22
1.2 OBJETIVOS	24
1.2.1 Objetivo Geral.....	24
1.3 CENÁRIO DA ÁREA DE ESTUDO	24
1.3.1 Localização da Área de Estudo	24
1.3.2 Contexto Geológico	25
1.3.3 Aspectos Climáticos.....	28
1.3.4 Rede de Drenagem.....	32
1.3.5 Aspectos Pedológicos	34
1.3.6 Cobertura Vegetal	36
PARTE II	38
2. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DOS DEPÓSITOS DE ENCOSTA.....	39
2.1 Mapeamento Macrogeomorfológico do quadrante da área de estudo	39
2.2 Métodos.....	43
2.3 Resultados e Discussões.....	45
2.3.1 Depressão Sertaneja Meridional	47
2.3.2 Superfícies de Cimeira	47
2.3.3 Inselberg	50
2.3.4 Encostas com Cobertura Eluvial.....	50
2.3.5 Encosta com Cobertura Coluvial.....	51
2.3.6 Pedimentos Dissecados.....	52
2.3.7 Plainos Aluviais.....	55

2.4 Conclusões Parciais.....	56
PARTE III.....	57
3. ESTRATIGRAFIA E SEDIMENTOLOGIA DOS DEPÓSITOS DE COLÚVIOS	58
3.1 Abordagens estratigráficas aplicadas a depósitos de colúvio da faixa Leste da zona Semiárida do Nordeste brasileiro – Trabalhos Prévios	58
3.2 Métodos	63
3.2.1 Abordagem Metodológica.....	63
3.2.2 Granulometria.....	64
3.2.3 Análise microsedimentológica.....	65
3.2.4 Determinação da Geocronologia por Luminescência Opticamente Estimulada – LOE.....	66
3.2.5 Determinação da Taxa Aparente de Acumulação das Fáceis (Taxa de Acumulação Média Efetiva).....	66
3.3 Resultados.....	69
3.3.1 Seção Baixa do Galo (Mata Grande).....	69
3.3.1.1 Macroestratigrafia.....	69
3.3.1.2 Geocronologia.....	73
3.3.1.3 Microsedimentologia.....	73
3.3.2 Seção Preguiçoso (Água Branca).....	87
3.3.2.1 Macroestratigrafia.....	87
3.3.2.2 Geocronologia.....	91
3.3.2.3 Microsedimentologia/Microestratigrafia.....	91
3.3.3 Seção Batuque (Água Branca).....	101
3.3.3.1 Macroestratigrafia.....	101
3.3.3.2 Geocronologia.....	104
3.3.3.3 Microsedimentologia/Microestratigrafia.....	105

3.3.4 Índices Microsedimentológicos Aplicados as Seções Baixa do Galo, Preguiçoso e Batuque.....	112
3.3.4.1 IMci _{Galáxia} , Bandeamento e Cometa, d _{médio-galáxia} e d _{máximo-galáxia} para Seção Baixa do Galo.....	112
3.3.4.2 IMci _{Galáxia} , Bandeamento e Cometa, d _{médio-galáxia} e d _{máximo-galáxia} para Seção Preguiçoso.....	114
3.3.4.3 IMci _{Galáxia} , Bandeamento e Cometa, d _{médio-galáxia} e d _{máximo-galáxia} para Seção Batuque.....	116
3.3.4.4 Correlações Estatísticas IMci _{Galáxia} , d _{médio-galáxia} e d _{máximo-galáxia} das Seções Batuque, Preguiçoso e Baixa do Galo.....	118
3.3.5 Taxa de Aparente de Acumulação das Fácies (Taxa de Acumulação Média Efetiva).....	120
PARTE IV	122
4. PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE COLÚVIO	123
4.1 Gênese de Litofáceis Coluvial	123
4.1.1 Fáceis lama arenosa laminada (laminação horizontal)	123
4.1.2 Lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço.....	127
4.2 Processo dominante na acumulação de sedimentos nas encostas coluviais.....	128
5. IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS	129
6. CONCLUSÕES	133
7. REFERÊNCIAS	137
APÊNDICE A	148
Protocolo de Granulometria do NEPA	148
APÊNDICE B	149
Microestruturas sedimentares identificadas nas fácies de lama arenosa laminada em depósito de colúvio da seção Baixa do Galo (Mata Grande).	149
APÊNDICE C	151

Microestruturas sedimentares identificadas nas fácies de lama arenosa laminada em depósito de colúvio da seção Preguiçoso (Água Branca)	151
APÊNDICE D	153
Microestruturas sedimentares identificadas nas fácies de lama arenosa laminada (mineral e orgânica) em depósito de colúvio da seção Batuque (Água Branca).	153

PARTE I

1. INTRODUÇÃO

As encostas são unidades vinculadas à evolução geral da paisagem geomorfológica, como preconiza os modelos clássicos de interpretação do relevo (Adams, 1975). Elas trazem em suas formações superficiais pistas do dualismo entre fases de equilíbrio e fases de desequilíbrio climato-bio-pedológico (Paisani et al., 2013), favorecendo a pedogênese ou a morfogênese (Paisani et al., 2019), em ciclos cuja alternância entre essas fases é particular de cada contexto geomorfológico. Encostas com registros de morfogênese (erosão e sedimentação) são mais comuns no contexto geomorfológico semiárido brasileiro (Corrêa et al., 2019; Santos, 2024; Azambuja, Missura e Araújo, 2024; Monteiro e Corrêa, 2024; Corrêa et al., 2024; Tavares et al., 2024; Diniz et al., 2024; Sales, Maia e Bastos, 2024), as quais podem ser predominantemente categorizadas como encostas coluviais, ou como conhecidas na literatura geomorfológica brasileira enquanto rampas de colúvio (Bigarella et al., 1965; Meis e Monteiro, 1979; Corrêa 2001).

As formações superficiais trazem em seu registro indicadores dos eventos pretéritos, permitindo abordar a tríade: características climato-bio-pedológica da área fonte, processos sedimentares e transformações pós-depositionais. Essa perspectiva tem sido abordada de forma implícita nos trabalhos de reconstituição da dinâmica das encostas coluviais nas paisagens geomorfológicas semiáridas do Nordeste brasileiro (Corrêa, 2001; Galvão, 2012; Silva, 2013; Melo, 2014; Lima, 2015; Melo, 2019; Silva, 2019; Fonsêca et al., 2020; Souza et al., 2022). Dada a complexidade inerente ao registro contido nas formações superficiais, os aspectos dessa abordagem têm recebido atenção com diferentes graus de detalhamento. O presente trabalho de tese busca aprofundar o conhecimento a respeito dos processos de sedimentação, tendo como balizador a perspectiva reológica da dinâmica dos fluídos como preconiza Paisani et al., (2023a). Para viabilizar essa perspectiva, nossa ênfase é na análise microsedimentológica de litofácies (micromorfologia de solos aplicada a sedimentos Quaternários) (Menzies e Van de Meer, 2018; Paisani e Manica, 2025).

A abordagem integrada entre os aspectos geomorfológicos e estratigráficos constitui uma importante linha de investigação para compreender a configuração atual das paisagens em diferentes contextos continentais, possibilitando assim interpretar os paleoprocessos responsáveis pelas suas respectivas dinâmicas evolutivas (Bigarella et al., 1965). Durante o Quaternário (Tempo Geológico Recente), as formas de relevo trazem a maior ocorrência de registros de sua evolução. Esses registros estão preservados em modelados agradacionais, como

é o caso das encostas coluviais/rampas de colúvio. Diante da abordagem integrada pode-se utilizar dos registros estratigráficos de encostas coluviais para reconstituir a dinâmica da paisagem em seu aspecto fundamental, o desequilíbrio ambiental responsável pela agradação.

Importantes trabalhos têm sido encaminhados para reconstituir a dinâmica das paisagens semiáridas do Nordeste brasileiro durante o Período do Quaternário Tardio como, por exemplo, Corrêa, 2001; Galvão, 2012; Silva, 2013; Melo, 2014; Lima, 2015; Melo, 2019; Silva, 2019, dentre outros. Tais estudos tratam da dinâmica processual de depósitos em contexto de encosta, sobretudo, as encostas coluviais/rampas de colúvio. Os processos de coluvionamento são interpretados utilizando dentre outros critérios a macro-lito-estratigráfia. Esse critério, embora importante, por vezes não é suficiente quando se pensa em aprofundar a compreensão da dinâmica processual (Paisani et al., 2023a). Nesse sentido, a análise microestratigráfica/microsedimentológica pode contribuir para elucidar questões de compreensão da dinâmica processual.

A associação de critérios em escalas diferentes (macro e microescalas) para compreender os processos de coluvionamentos pode ser aplicada em uma diversidade de contextos paisagísticos, como é o caso do setor oeste do sertão de Alagoas. Os Maciços de Água Branca e Mata Grande - AL (Figura 1.1) são setores potenciais para se aplicar esse conjunto de critério escalar. Tal recorte espacial apresenta feições modeladas em encosta coluvial com litofácies de diferentes teores de lama, areia e cascalho, que podem ser derivadas tanto de processos similares quanto distintos, por vezes, para a mesma categoria de litofácies. Diante disso, tal setor se mostra como área chave na compreensão de forma mais aprofundada da dinâmica processual dos depósitos de colúvio. Nesse contexto, surgiu a temática da referida tese de doutorado que consiste em compreender a dinâmica dos processos de encosta nos maciços de Água Branca e Mata Grande.

O presente trabalho foi estruturado em quatro partes, a saber: a primeira parte, traz, além desta introdução, a justificativa/problemática, os objetivos e a caracterização do cenário natural da área de estudo; na segunda parte é apresentado o contexto macrogeomorfológico do setor estudado, com vista a contextualizar os locais de ocorrência dos depósitos de colúvio; na terceira parte é feita a caracterização dos materiais estratigráficos identificados na área de estudo. Por fim, a quarta e última parte, traz a discussão geral sobre os processos de sedimentação e inferências quanto às implicações paleoambientais dos depósitos de colúvio, bem como as conclusões do trabalho.

1.1 Justificativa/Problemática

Os trabalhos de levantamento de depósitos de colúvios no semiárido do Nordeste têm reconhecido, na sua ampla maioria, depósitos caracterizados por sedimentos com fácies de areia lamosa e lama arenosa, intercaladas com fácies conglomerados, tanto matriz quanto clastos suportados (Corrêa, 2001; Corrêa, Silva e Mello, 2008; Silva e Corrêa, 2009a; Silva e Corrêa, 2009b; Melo et al., 2014; Ramos et al., 2014; Melo et al., 2014; Lima, Corrêa e Fonsêca, 2016; Lima et al., 2017; Lima e Corrêa, 2018; Amorim et al., 2020; Silva, Corrêa e Lima, 2021; Gois et al., 2021; Lima, Listo e Arruda, 2021; Lima et al., 2023). O conjunto dessas fácies sugere gênese vinculada a fluxos de lama e de detritos coesivos. Muitos desses depósitos ainda estão vinculados ao contexto geomórfico em que foram estabelecidos – os modelados de encosta coluvial/rampas de colúvios, como são os casos dos Maciços/Brejos de Altitude.

Nas áreas pediplanares circundantes aos Maciços/Brejos, os depósitos de colúvios podem representar fácies correlativas do recuo das encostas e o contexto geomórfico pedimentar como postula o modelo clássico morfopaleoclimático (Bigarella, Mousinho e Silva, 1965). Há casos de depósitos de colúvios em limites de morfoestruturas, como caso de pediplanos/bordas de planaltos, em que o contexto morfoestratigráfico dos depósitos de colúvios foi totalmente reafeiçoadado, estando os depósitos de colúvios no ápice de modernas colinas convexas (Lima et al., 2023).

Embora importantes os trabalhos que caracterizam afloramentos de depósitos de colúvios em modelados de encosta coluvial/rampas de colúvios preservadas, ou contexto pedimentar, do semiárido do Nordeste, os colúvios podem ter características sedimentológicas diferentes conforme sua proximidade ou distância da área fonte, implicando em peculiaridades sedimentológicas que expressariam justamente seu setor deposicional, bem como as propriedades do agente deposicional (Paisani et al., 2023a).

Em contexto morfoestratigráfico de modelado de encosta coluvial/rampa de colúvio, lateralmente esses depósitos podem se interdigiditar com colúvio-alúvios e alúvios, sobretudo pelo fato da morfoestratigrafia não revelar paleocanais enterrados, como documentado por Paisani et al. (2016) para a área planáltica do Sul do Brasil. Igualmente, para o mesmo contexto morfoestratigráfico, longitudinalmente espera-se maior número de unidades estratigráficas no setor distal do que para o setor proximal (Bigarella e Mousinho, 1965), decorrente tanto do adelgadamento das unidades com o aumento da declividade quanto do retrabalhamento

longitudinal de unidades coluviais (Meis e Moura 1979; Corrêa, 2001; Paisani et al., 2016; Paisani et al., 2023a).

Como os levantamentos dos depósitos de colúvio estão na dependência da disponibilidade de afloramentos, os depósitos podem ocorrer na zona próxima à área fonte ou na zona final do depósito, ou mesmo estarem aflorando em detrimento da disposição de cortes de estradas, revelando seções estratigráficas transversais, longitudinais e até oblíquas à disposição do depósito, cujo último caso foi detectado por Ribeiro (2016) em área planáltica do Sul do Brasil. Supondo que essas disposições das seções podem estar revelando características sedimentológicas distintas decorrentes da dinâmica dos fluxos que geraram os depósitos. A presente tese buscou justamente detectar se há distintas assinaturas sedimentológicas nos setores proximal a distal de depósitos de colúvio gerados por fluxos de lama, fluxos de detritos coesivos e fluxos de detritos arenosos, este último fundamentado no conceito de Shanmugam (2021), em contexto morfoestratigráfico de rampa de colúvio/encosta coluvial.

Essa dúvida se justifica pelo fato da física dos fluxos de detritos coesivos mostrar que é comum os clastos maiores, como seixos e blocos, concentrarem-se na cabeça do fluxo (Iverson, 2015; Haas et al., 2015). Igualmente, é de se esperar que haja diluição do fluxo em direção a sua cauda, implicando em membros finais com clastos proporcionalmente mais finos (Sohn et al., 1999; 2002). A análise microestratigráfica/microsedimentológica potencializa a compreensão dessa dinâmica e se mostra como ferramenta útil no aprofundamento da compreensão da dinâmica dos depósitos de colúvio (Paisani et al., 2023a,b).

Ao aplicar apenas o critério macroestratigráfico, depósitos com litofácies similares podem ser individualizados como única camada. Se aplicadas de forma conjunta com outros critérios estratigráficos, inclusive a microestratigrafia, as litofácies similares podem ser distinguidas e revelar múltiplos eventos deposicionais. Por fim, mas não menos importante a partir da determinação do significado paleoambiental, este trabalho pretende contribuir com pesquisas que visam a compreensão de eventos de coluvionamento em escala regional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

- Verificar a dinâmica deposicional de depósitos de colúvio em modelados de encosta coluvial/rampa de colúvio contendo diversidade de litofácies entre lama, cascalho a areia em regime climático semiárido.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar o contexto macrogeomorfológico de ocorrência dos depósitos de encosta com potencial para análise processual contidos na área de estudo;
- Correlacionar macrolitofácies com microlitofácies;
- Inferir as propriedades dos agentes deposicionais de unidades coluviais conforme sua litofácies;
- Prover classificação de unidades coluviais na perspectiva reológica e de mecânica dos fluídos;
- Verificar se há diferentes assinaturas macro e microsedimentológicas para unidades coluviais entre setores deposicionais - proximal a distal;
- Determinar o significado paleoambiental das unidades coluviais.

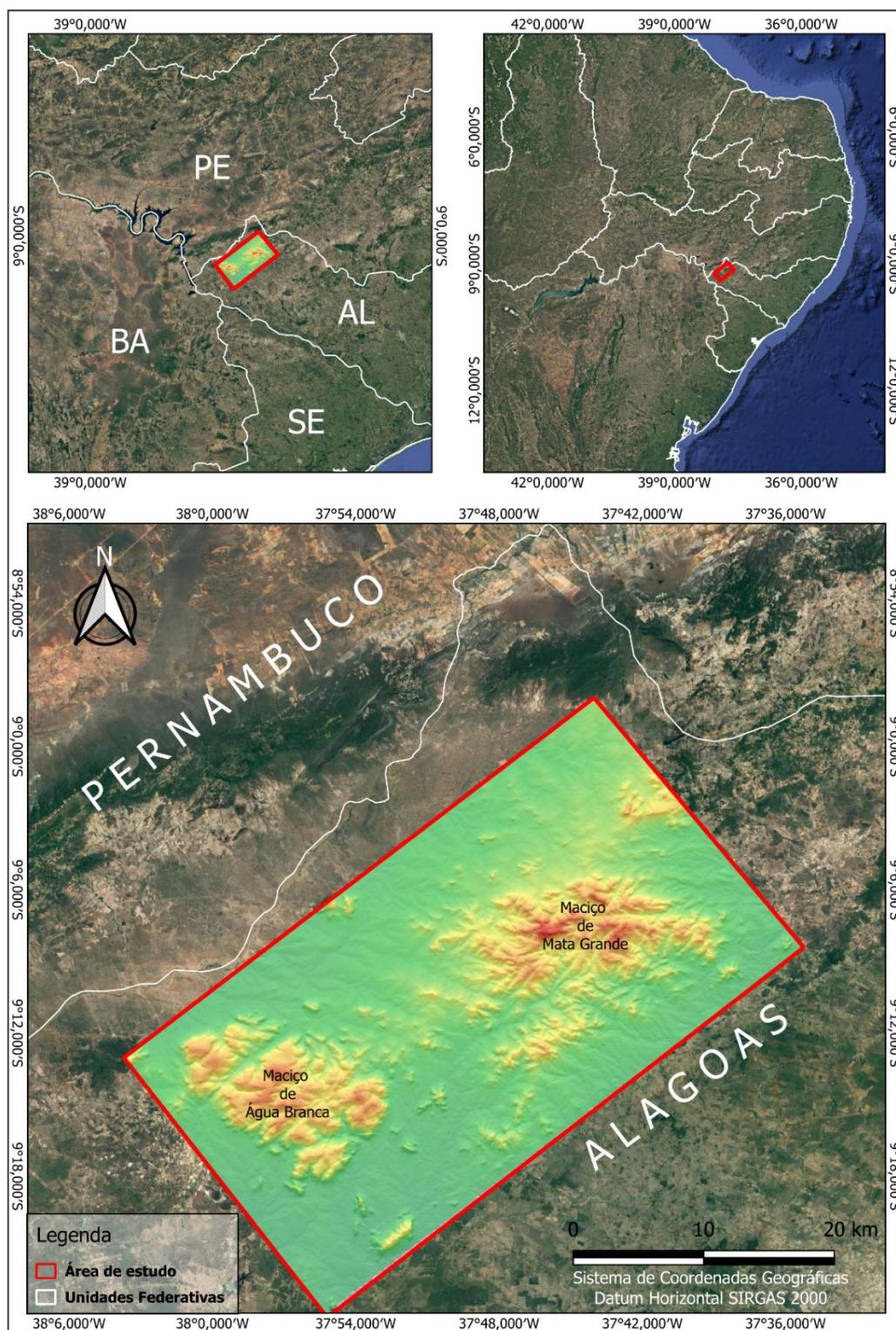
1.3 CENÁRIO DA ÁREA DE ESTUDO

1.3.1 Localização da Área de Estudo

A área de estudo, localizada na faixa leste da zona semiárida do Nordeste brasileiro (Figura 1.1), encontra-se na porção oeste do estado de Alagoas. Nessa porção do Estado estão situados os maciços de Água Branca e Mata Grande, respectivamente nos municípios homônimos.

Os maciços são feições geomorfológicas que se destacam na paisagem semiárida pela sua amplitude topográfica que favorece a ocorrência de clima com temperaturas mais baixas e maior índice pluviométrico em relação ao seu entorno. Tais características possibilitam o amadurecimento/aprofundamento do regolito com o desenvolvimento de solos da classe dos Argissolos – solos pedologicamente mais profundos e não muito comuns de ocorrerem em áreas semiáridas. Por conseguinte, passam a se comportar como áreas fornecedoras de materiais para os processos erosivos.

Figura 1.1 – Mapa de localização da área de estudo



Elaboração: Autora (2025)

1.3.2 Contexto Geológico

Geologicamente, a área está inserida na Província Borborema que compreende grande parte do substrato litólico do território nordestino, mantida por diferentes segmentos tectônicos

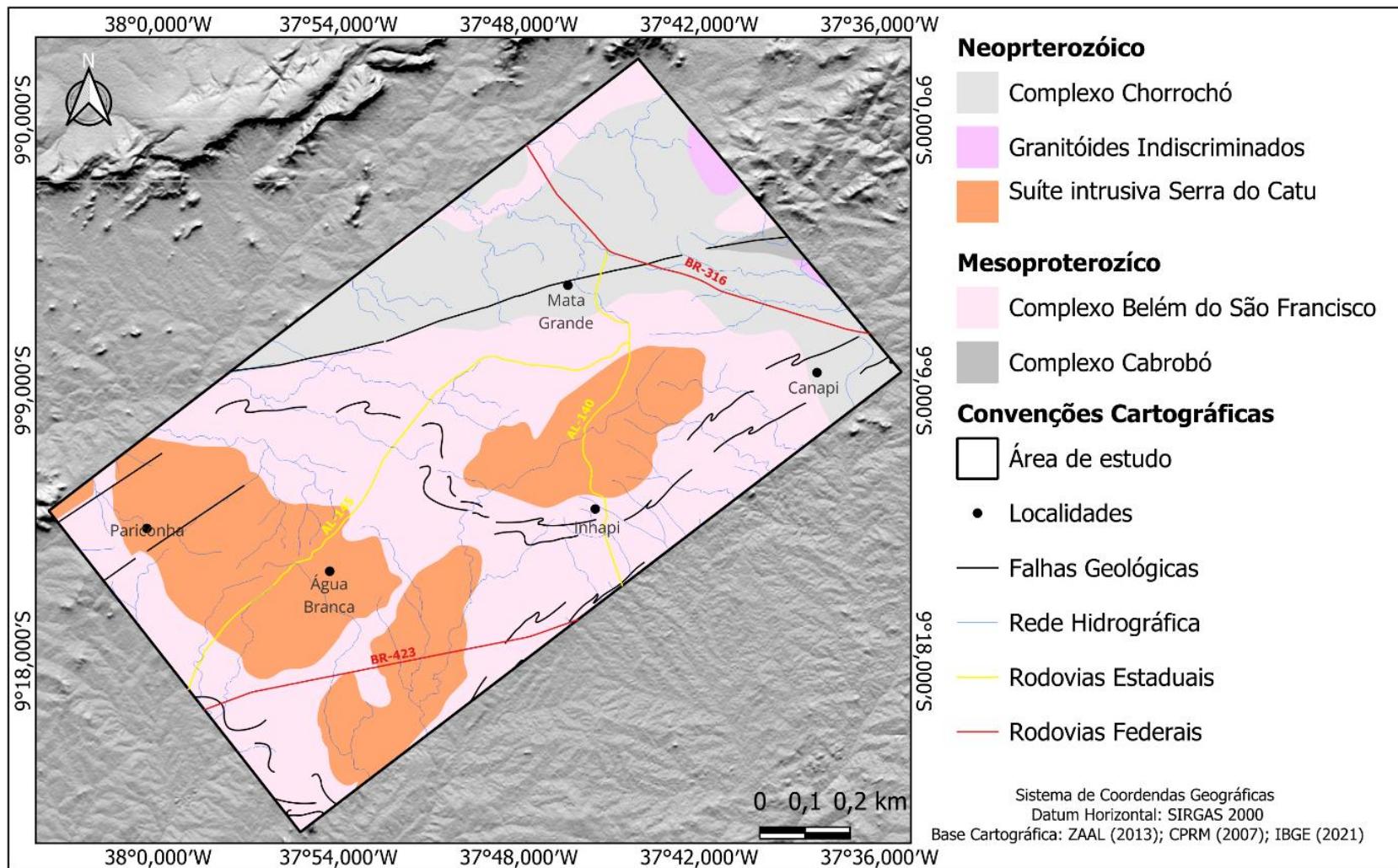
e separada por falhas ou zonas de cisalhamento. A Região Nordeste apresenta substrato litológico diversificado e disposto em contexto de bacias sedimentares, maciços cristalinos e Depressão Sertaneja, respectivamente mantidas por rochas sedimentares, ígneas e metamórficas (CPRM, 2007; MAIA e BEZERRA, 2014; SANTOS et al. 2021).

Com base na Carta Geológica SC.24-X Aracaju-NE, na escala 1:500.000 e da Companhia de Recursos Minerais – CPRM (2007), a área de estudo é mantida pelos Litótipos: Complexo Cabrobó, Complexo Belém do São Francisco, Suíte Intrusiva Chorrochó, Suíte Intrusiva Serra do Catu (Plutón Água Branca e Plutón sem denominação) e Granitoídes Indiscriminados (Figura 1.2).

Dentro do período Mesoproterozóico, datado aproximadamente entre 1,6 bilhões e 1 bilhão de anos antes do presente, tem-se a unidade Complexo Belém do São Francisco que recobre a maior parte do substrato litológico da área e é mantida principalmente por rochas de embasamento cristalino do tipo metamórficas e ígneas, como: ortognaisses, migmatitos metagranotóides, granodiorítos, gnaisses, granitoides migmatizados, quartzitos e sienito. O Complexo Cabrobó, distribuído pela porção Sul e Oeste da área, é mantido por rochas metamórficas como gnaisses, e intrusão de granitoides como granitos e granodioritos (CPRM, 2007).

No período do Neoproterozóico encontra-se a Suíte Intrusiva de Chorrochó composta por metagranitóides, metadiorito, sienogramitos, sienito e ortognaisse granodiorítico. Os Plutóns Água Branca e Plutón sem denominação estão inseridos na Suíte Intrusiva da Serra do Catú, caracterizada por quartzo alcalifeldspato, quartzo monzonitos e mozongranitos, quartzo sienitos e os Granitoídes Indiscriminados compostos por sienitos, sienogramitos, granodioritos e monzogramitos (CPRM, 2007).

Figura 1.2 – Mapa de geologia da área de estudo



Elaboração: Autora (2025)

1.3.3 Aspectos Climáticos

A região do Nordeste do Brasil caracteriza-se climatologicamente por uma estação chuvosa, temporalmente curta e irregular, e outra seca, que varia entre pouco e muito prolongada. De acordo com Nimer (1989), a região Nordeste possui quadro climático marcado por temperaturas muito elevadas e com poucas variações ao longo do ano, possuindo assim, grandes oscilações na distribuição pluviométrica no tempo e no espaço, o que torna o clima nordestino muito complexo. Essa complexidade é reflexo da posição geográfica que a região ocupa em relação aos sistemas de circulação atmosférica, associados a fatores como continentalidade, maritimidade, relevo e latitude.

Entre os principais sistemas atmosféricos produtores de tempo que interferem na dinâmica climática da região semiárida do Nordeste brasileiro destacam-se, sobretudo, os que produzem precipitação, são eles: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Vórtices Ciclônicos de Ar Superiores (VCA'S), Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL's)/Ondas de Leste. Os ENOS entram para o campo das tele conexões que modulam o clima da região Nordeste com as anomalias globais os quais também são chamados de autorreguladores que podem interferir diretamente na temporalidade de ocorrência de condições mais secas ou mais úmidas.

A ZCIT é formada pela convergência dos ventos alísios de Nordeste e Sudeste próximo a linha do Equador, e se destaca como uma das principais responsáveis pela distribuição de chuvas, exercendo o papel de grande divisor das circulações atmosféricas dos hemisférios Norte e Sul, com interferência direta na pluviosidade das Regiões Norte e Nordeste do Brasil, incluindo a área de estudo, cujo encontro desses ventos úmidos e quentes geralmente resulta em chuvas torrenciais (Ferreira e Melo, 2005).

Os Vórtices Ciclônicos de Ar Superior VCA's, correspondem a um conjunto de nuvens originadas no Atlântico entre os meses de outubro e março, chegando ao continente através de um movimento de leste para o oeste. Esses sistemas estão associados a áreas de baixa pressão atmosférica e desempenham um importante papel na dinâmica climática do semiárido nordestino, pois influenciam na distribuição das chuvas. A ZCIT, que se move para o Sul durante as quadras chuvosas, também interage com os VCA'S, contribuindo com a ocorrência de chuvas torrenciais (Alves et al., 2006; Cavalcanti et al, 2009).

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste geralmente são causados pela interação de sistemas atmosféricos complexos como a ZCIT e as variações na circulação atmosférica, sendo dominada pelos ventos alísios. Eles se manifestam como ondas dentro da atmosfera se movimentando da costa

leste para o interior e trazendo consigo mudanças nas condições climáticas. Esses sistemas possuem um impacto significativo na região semiárida do Nordeste, pois ao se aproximarem aumentam a precipitação de áreas quentes e secas (Oliveira et. al, 2010).

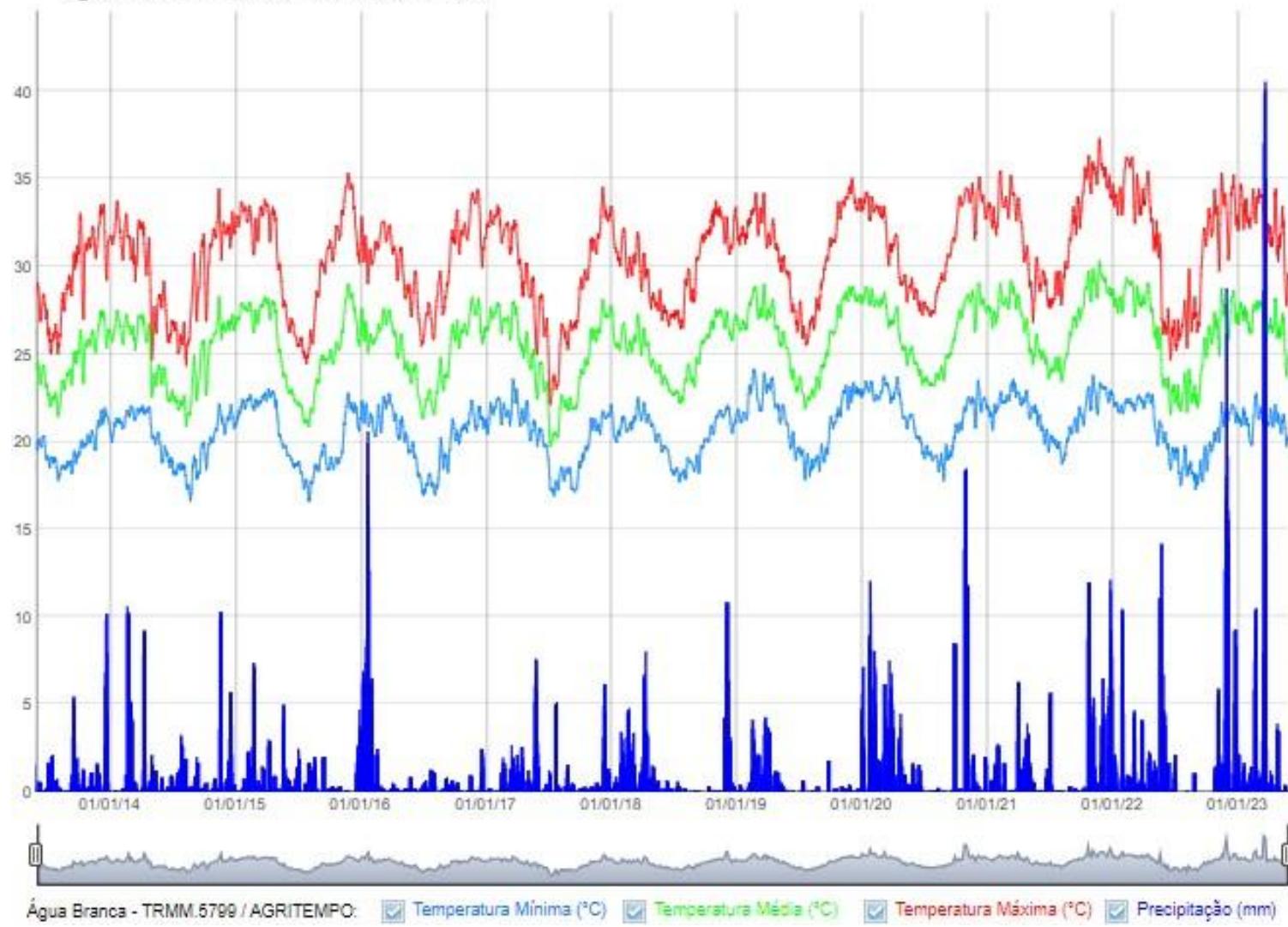
O Dipolo do Atlântico possui duas fases principais: positiva e negativa. A fase positiva corresponde às fases em que as águas do Atlântico Norte ficam mais quentes que o normal, enquanto as águas na região do Atlântico Sul, próximo à costa brasileira, tornam-se mais frias. Na fase negativa ocorre o oposto, enquanto as águas do Atlântico Sul aquecem, as águas do Atlântico Norte esfriam. Dessa forma, os Dipolos do Atlântico caracterizam-se por um padrão de anomalias de temperatura da superfície do mar, esses responsáveis por provocar mudanças na circulação meridional atmosférica, inibindo ou aumentando a formação de nuvens no Nordeste, reduzindo ou intensificando as chuvas (Souza e Nobre, 1998; Aragão, 1998).

Os Complexos Convectivos de Mesoescala caracterizam-se por conjuntos de nuvens cumulus nimbus cobertos por uma densa camada de nuvens cirrus, assinalados pelo forte desenvolvimento vertical e produção de precipitações intensas (Alves, 2011). Essas nuvens podem facilmente ser identificadas por meio de imagens de satélite em decorrência do seu formato levemente arredondado.

O ENOS é composto por dois principais estados opostos: El-Ninô que se manifesta em períodos que incluem condições climáticas quentes e secas, e La-Ninã que é caracterizada por temperaturas mais frias que o normal. Os ENOS são originados através do aquecimento das águas do Oceano Pacífico Tropical. Trata-se de um evento climático cíclico que possui interferências em escala mundial e, consequentemente, altera a pressão atmosférica em diferentes zonas, e isso acontece em decorrência da mudança de direção e velocidade dos ventos alísios, fazendo o deslocamento das chuvas da região tropical para a costa da América do Sul (Nóbrega, 2000).

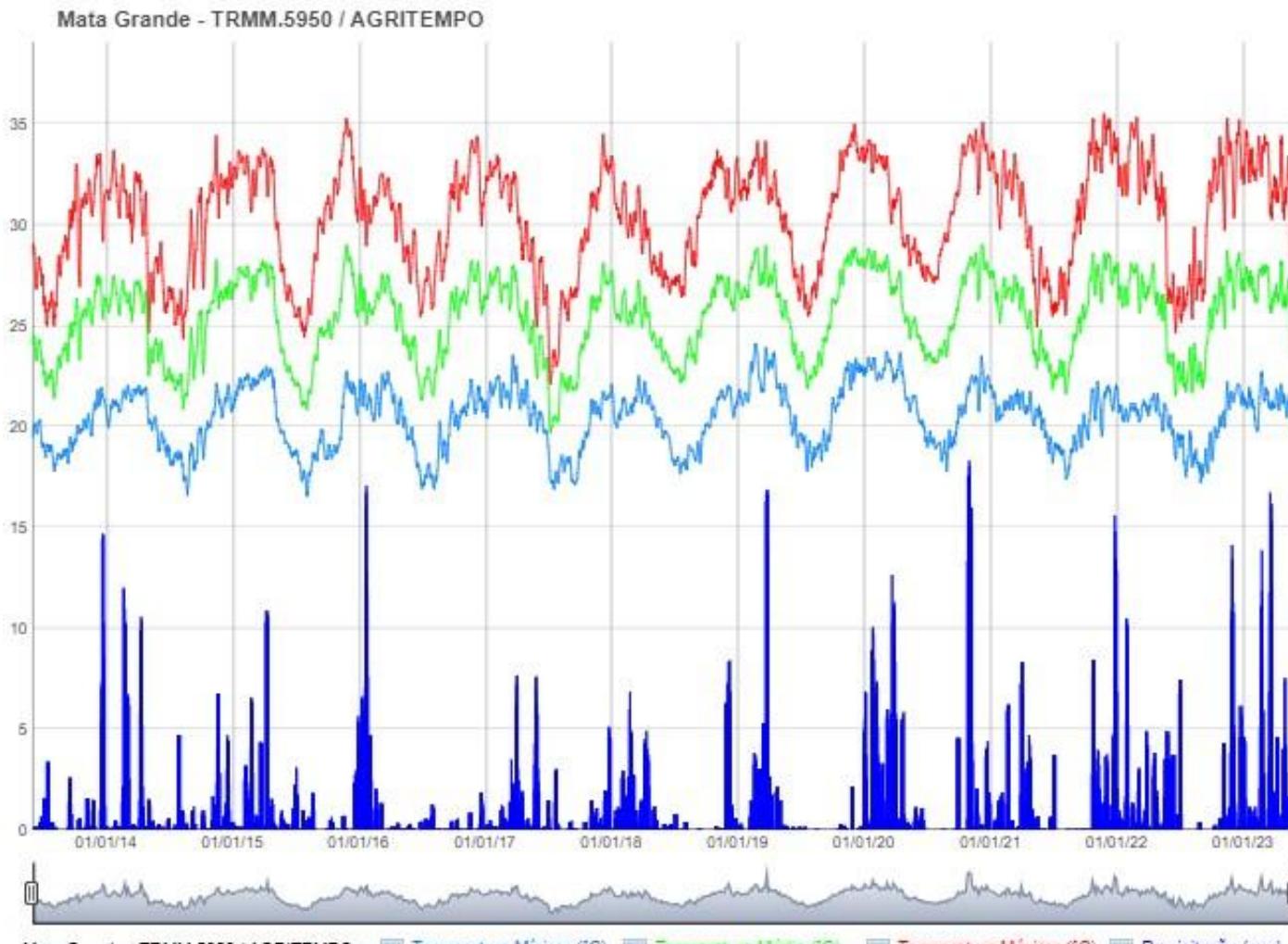
Na perspectiva de classificação climática de Köppen, a área de estudo está inserida na região semiárida do estado de Alagoas que, por sua vez, está classificada como BShw. Tal classe corresponde a Clima Semiárido quente com chuvas de verão. Os dados de temperatura e pluviometria das estações meteorológicas dos municípios em que a área de estudo está inserida - Água Branca e Mata Grande - AL (Figura 1.3 e 1.4), demonstram essas características.

Figura 1.3: Temperatura média, mínima, máxima e pluviosidade média Água Branca – AL de janeiro de 2013 a janeiro de 2023
Água Branca - TRMM.5799 / AGRITEMPO



Fonte: Agritempo, acessado: 10/02/2023

Figura 1.4: Temperatura média, mínima, máxima e pluviosidade média Mata Grande – AL, janeiro de 2013 a janeiro de 2023



Fonte: Agritempo, acessado: 10/02/2023

Com exceção do ano de 2023, em que Água Branca registrou a maior pluviosidade dos últimos 10 anos, é possível perceber que há semelhança entre os padrões pluviométricos para a área de estudo, cujo maior acumulado de chuvas ocorre entre o final de dezembro e meados de janeiro. São chuvas torrenciais que, em alguns anos, estendem-se até fevereiro ou meados de março. Já os meses de abril/maio indicam os menores índices pluviométricos. Os meses de junho, julho e agosto são os meses mais frios e com menor pluviosidade. Entre os meses de setembro e janeiro são registradas as temperaturas mais elevadas.

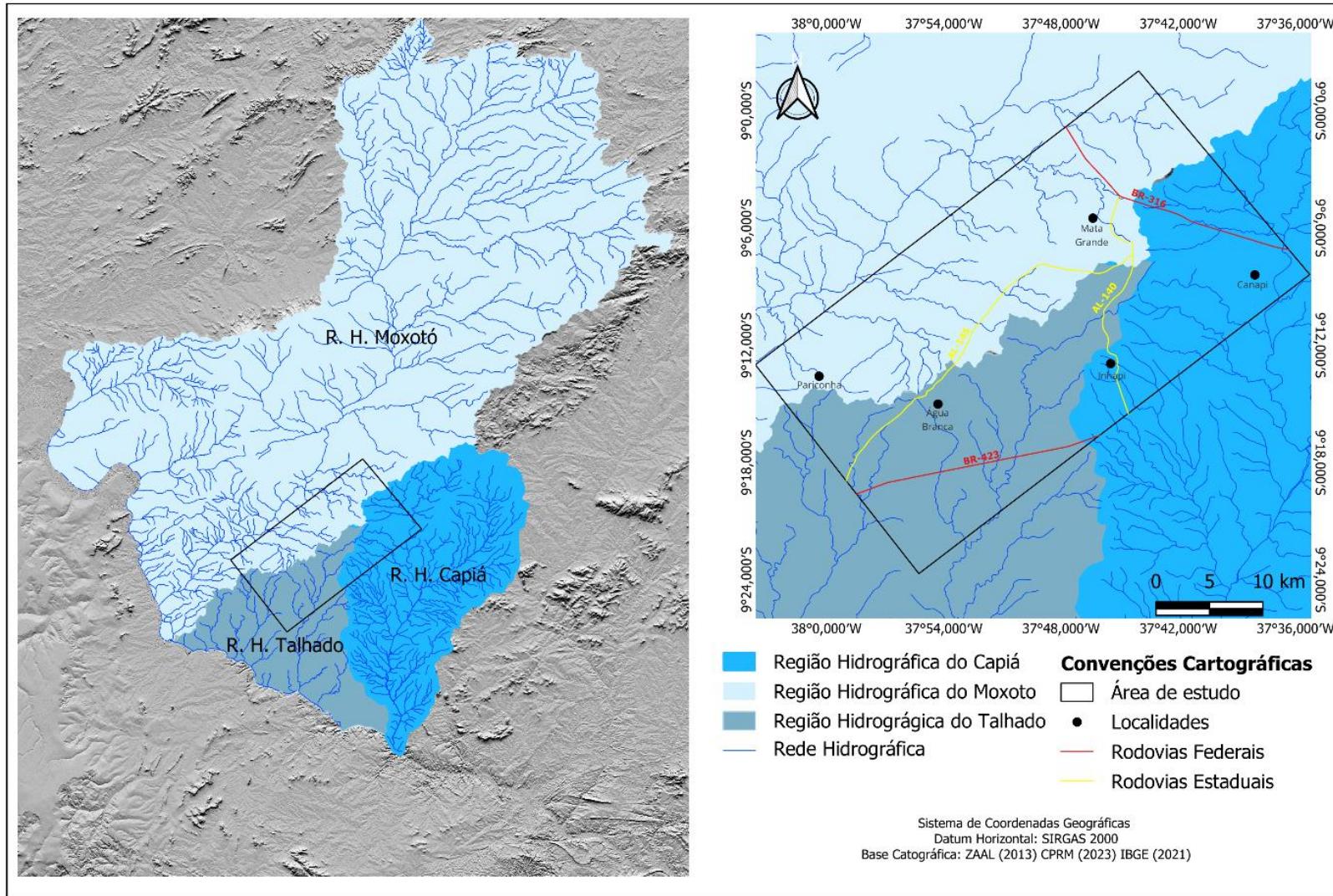
Vale ressaltar que esses dados podem variar de acordo com a influência de fenômenos de escala local ou global como, por exemplo, a influência dos fenômenos El-Niño e La-Niña. O fenômeno El Niño é um dos responsáveis pelos anos mais secos, pois quando esse fenômeno acontece, a depender da sua intensidade, sobretudo, quando acontece com o Dipolo do Atlântico na fase positiva, é desfavorável para a ocorrência de chuvas. Já o fenômeno La Niña, quando acontece associado ao Dipolo do Atlântico na fase negativa, é favorável às chuvas.

1.3.4 Rede de Drenagem

A área de estudo está inserida dentro de três Regiões Hidrográficas (Figura 1.5), a saber: Região Hidrográfica do Talhado (bacias Riacho Grande da Cruz, Riacho do Maxixe, Riacho Olho D'Água, Riacho Talhada, Riacho Uruçu e Riacho Boa Vista); Região Hidrográfica do Capiá (bacias Canapi, Ribeira do Capiá e Capiá); e Região Hidrográfica do Moxotó (bacias do Moxotó, Riacho Coité, Riacho Brejo Seco, Riacho Pioré, Riacho do Saquinho, Riacho do Lajedo, Riacho da Custódia, Riacho do Capiti, Riacho Juazeiro, Riacho do Feliciano, Rio Piutá, Riacho Salgado, Rio Priapé e Riacho Parafuso).

A rede hidrográfica reflete resposta a características marcantes do semiárido, com grande quantitativo de rios intermitentes, que estão inteiramente associados à irregularidade das chuvas e somem durante os períodos de estiagem (Ab' Saber, 2003). A maior parte dos rios que banham a área são de regimes intermitentes apresentando cursos d'água que secam durante determinados períodos do ano. O padrão de drenagem na área de estudo desenvolve-se de forma dendrítica.

Figura: 1.5: Mapa de hidrografia da área de estudo



Elaboração: Autora (2025)

1.3.5 Aspectos Pedológicos

Apesar do aspecto climático semiárido, em que se espera encontrar solos com baixo grau de desenvolvimento pedogenético, na área, especificamente nos setores dos Maciços de Água Branca e Mata Grande, esse padrão é interrompido pela ocorrência dos solos bem desenvolvidos e profundos, como, por exemplo, os Argissolos encontrados nas incursões de campo. De acordo com a Embrapa (2018), na área de estudo predominam as seguintes classes de solos: Argissolo Vermelho-Amarelo, Argissolo Vermelho, Luvissolo Crômico, Cambissolo Háplico, Neossolo Litólico, Neossolo Regolítico e Planossolo Nátrico (Figura 1.6).

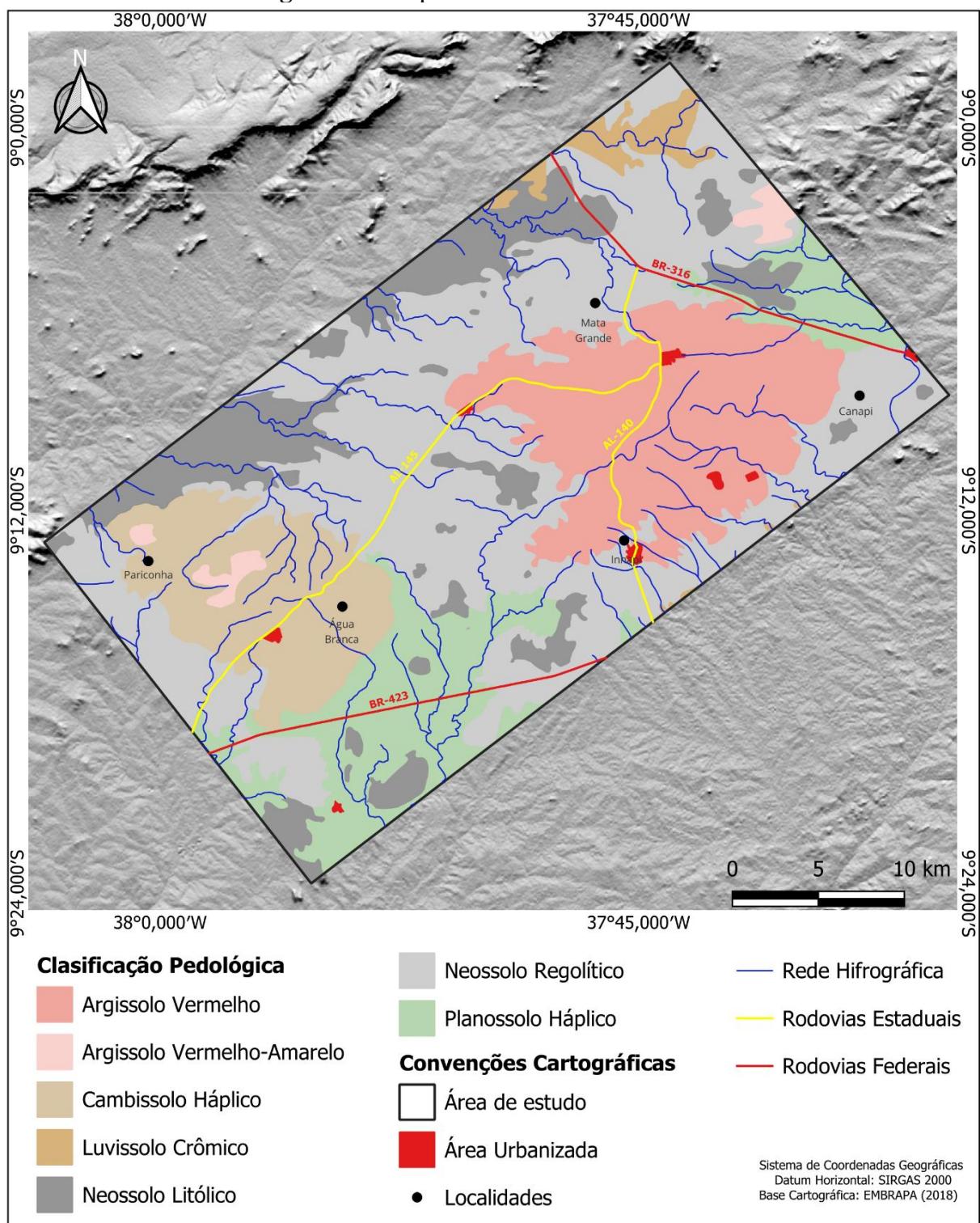
Os Argissolos Vermelho-Amarelos, que se desenvolvem sobre as rochas cristalinas, ou pela influência destas, são solos que variam de pouco a muito profundo, com horizonte de acumulação de argila, formando o B textural, e apresentam cores vermelho-amareladas em decorrência da mistura de óxidos de ferro, hematita e goethita (Embrapa op. Cit.). Esse tipo de solo está distribuído em alguns setores de cimeira do Maciço de Água Branca. No Maciço de Mata Grande, os Argissolos Vermelhos ocorrem por toda a sua extensão (EMBRAPA op cit.).

Os Luvissolos Crônicos estão distribuídos pelos setores Norte e Noroeste da área de estudo. São solos rasos ou pouco profundos, com alta atividade de argila, não hidromórficos e que apresentam horizonte A com consistência que varia de dura a muito dura quando estão secos. Exibe estrutura maciça ou em blocos fracamente desenvolvidos, marcado por horizonte B pouco espesso realçado pela cor vermelha, usualmente com mudança textural abrupta entre o horizonte A e B. São solos que apresentam uma tendência muito forte a erosão e ocorrência de forte pedregosidade na superfície (Embrapa, op cit.).

Os Cambissolos Háplicos encontram-se localizados nos limites do maciço de Água Branca, e são solos que variam de pouco profundo a muito profundo, com grande teor de minerais primários herdados da rocha, com presença significativa de fragmentos de rochas e cascalhos, com pequena variação textual ao longo do perfil. São solos pouco evoluídos, do mesmo modo apresentam grandes riscos de salinização e deficiência hídrica (Embrapa, op cit.).

Os Neossolos Litólicos são solos rasos que medem menos de 0,50 m de profundidade, poucos desenvolvidos, e que ocorrem sobre relevos que variam de plano a escarpado. A pouca profundidade e a alta presença de rochosidade, torna esse solo bastante limitado para o uso agrícola (Embrapa, op cit.). Esta classe de solos está distribuída por toda área de estudo, com maior concentração nas porções Sudeste, Noroeste e Norte.

Figura 1.6: Mapa de solos da área de estudo



Elaboração: Autora (2025)

Os Neossolos Regolíticos possuem textura arenosa ou média, com pequena variação ao longo do perfil, com baixo teor de matéria orgânica, cuja maior profundidade chega a ser em torno de 1,20m. Apesar da baixa fertilidade natural e a limitada capacidade de retenção de água, esse é um tipo de solo de manejo fácil em consequência da sua textura leve e por ocorrer em

relevos pouco accidentados (Embrapa, op cit). Esta é a cobertura pedológica predominante e que se encontra distribuída por todos os setores da área de estudo.

Os Planossolos Háplicos são solos que variam de raso a pouco profundos, caracterizados por formações colunares e horizontes A e/ou E com transição abrupta para o B plânico, cuja textura no horizonte A é do tipo franco-arenoso e médio a argilosa. Em decorrência da atividade alta de argila no horizonte B, ocorre a formação de estrutura em blocos e/ou prismas, o que torna esse horizonte muito endurecido, dificultando a penetração de raízes e da água. Pode ocorrer, também, mosqueamentos (Embrapa, op cit.). Esses solos são encontrados nos setores a Sudeste do maciço de Água Branca e a Nordeste do maciço de Mata Grande.

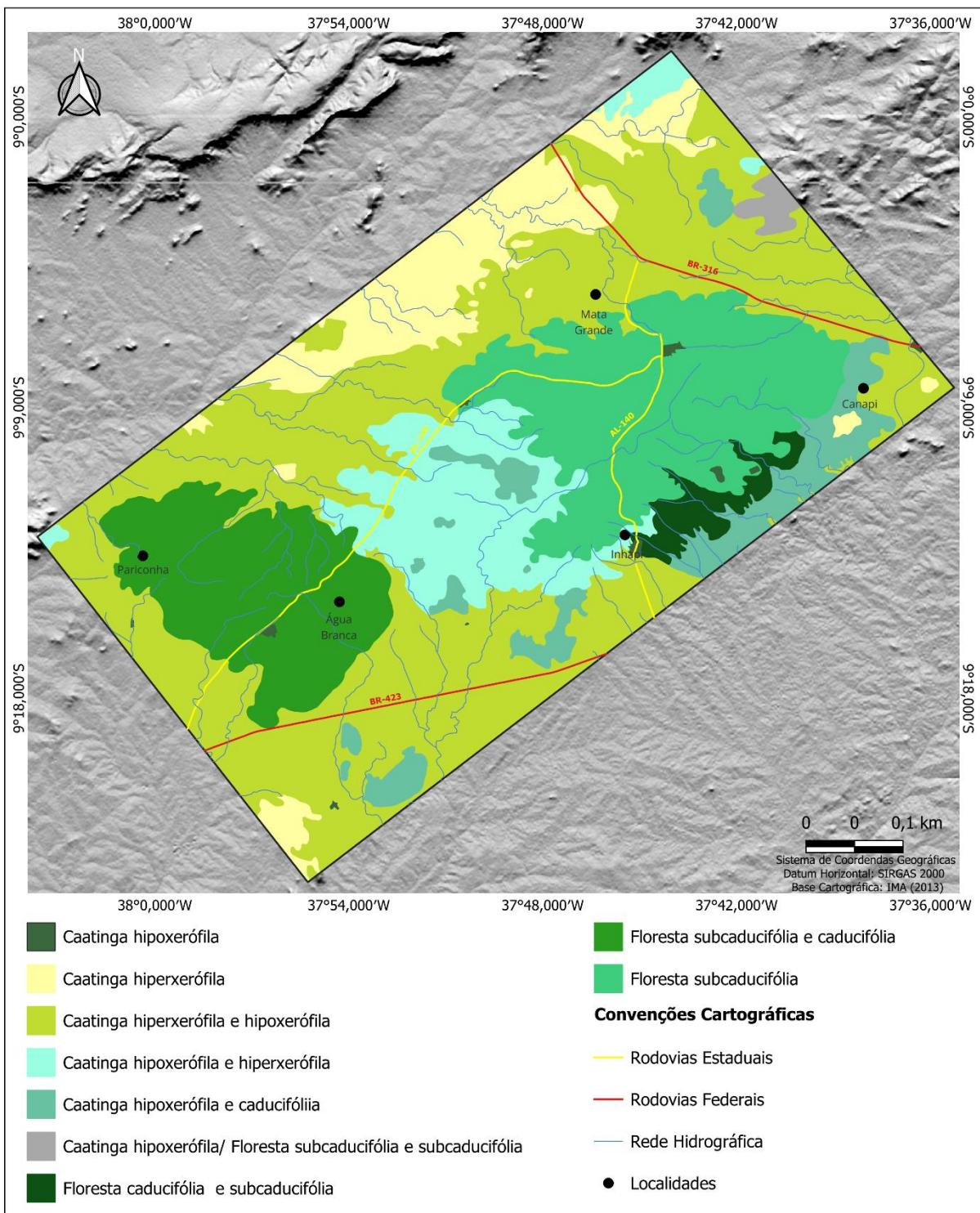
1.3.6 Cobertura Vegetal

A cobertura vegetal exerce um papel fundamental na compreensão dos processos morfogenéticos e pedogenéticos ao longo do Quaternário (Tricart, 1997). Essa relação espaço-temporal entre vegetação e relevo desempenha uma importante chave para o entendimento das paisagens atuais.

A maior parte do semiárido do Nordeste brasileiro é ocupada pelo bioma Caatinga do tipo hiperxerófila e hipoxerófila. A vegetação da Caatinga é representada por uma variedade de espécies que possuem características distintas, definidas pela relação entre clima, relevo e solo (Tricart (1997)). A área de estudo possui a cobertura vegetal ocupada pela Caatinga do tipo hiperxerófila (vegetação de menor porte e menos densa) transitando com a hipoxerófila (vegetação de maior porte e mais densa) (Figura 1.7), sendo possível encontrar restritamente nas áreas dos maciços, vegetação do tipo Floresta Caducifólia e Floresta Subcaducifólia, que são aquelas em que geralmente suas folhas caem totalmente ou parcialmente em determinado período do ano (Jacomine et al., 1975).

Cavalcanti (2010) enfatiza a presença de ambientes de exceção no interior desse domínio, como os maciços, nos quais ocorrem espécies de vegetação adaptadas a condições climáticas mais úmidas, formando paisagens com florestas caducifólias ou subcaducifólias. Essas áreas, embora inseridas em contexto semiárido, apresentam características diferenciadas devido à influência da altimetria e dos topoclimas associados à maior umidade e menores temperaturas.

Figura 1.7: Mapa de vegetação da área de estudo.



Elaboração: Autora (2025)

Uma importante característica da vegetação de Caatinga é a capacidade de sobrevivência após um longo período de seca. Para Ab'Saber (2003), o melhor termômetro para delimitar o Nordeste seco é a própria vegetação.

PARTE II

2. CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO DOS DEPÓSITOS DE ENCOSTA

2.1 Mapeamento Macrogeomorfológico do quadrante da área de estudo

O mapeamento geomorfológico é uma importante ferramenta para interpretação dos modelados terrestres, auxiliando na identificação dos compartimentos do relevo e no entendimento e compreensão da paisagem (Corrêa, 1997). Para elaboração de modelos de evolução da paisagem que sejam adaptáveis às condições de cada região deve-se buscar uma análise integrada de aspectos geomorfológicos e estratigráficos, pois assim será possível interpretar os paleoprocessos que foram responsáveis pela dinâmica evolutiva da paisagem Quaternária (Bigarella et al., 1965).

De acordo com Tricart (1969), a geomorfologia aplicada aos setores semiáridos não se diferencia tanto da geomorfologia aplicada a outros setores morfoclimáticos, porém, com algumas peculiaridades, como os aspectos climáticos, geológicos e tectônicos, solos rasos, vegetação de caatinga e a baixa pluviosidade desencadeando processos erosivos. Há décadas, as pesquisas realizadas no semiárido descrevem as suas morfologias em vertentes íngremes e planos suavemente inclinados em que o ângulo varia de acordo com a litologia e os processos atuantes na área (Ab'Saber, 1969; Christofoletti, 1980; Penteado, 1983; Corrêa, 2001; Gutiérrez, 2005; Melo, 2008; Mutzemberg, 2010; Suguio, 2010; Gurgel, 2012; Silva, 2013; Ramos, 2014; Melo, 2014; Melo, 2019; Corrêa e Monteiro, 2020; Silva, Corrêa e Lima, 2021). Para fundamentar a abordagem metodológica escolhida no mapeamento macrogeomorfológico do quadrante da área de estudo, segue uma breve revisão de trabalhos anteriores que utilizaram a técnica de mapeamento ao contexto do semiárido nordestino.

Melo (2008), por exemplo, propôs um mapeamento geomorfológico em escala de detalhe do distrito de Taboca, Brejo da Madre de Deus - PE, para auxiliar na compreensão de estudos que visam a evolução geomorfológica da área. Para a elaboração do mapa, o autor utilizou a carta topográfica SC24-X-B-III da SUDENE, folha Belo Jardim em escala de 1:100.000 e as imagens SRTM com dados topográficos 90x90 e precisão altimétrica de 1m. Por fim, foi aplicada a metodologia estabelecida por Demek (1972) para mapeamento geomorfológico.

Já Souza (2008) realizou um mapeamento geomorfológico de detalhe da folha de Belo Jardim - PE na escala de 1:50.000. Para isto, fez análise e interpretação da carta topográfica na escala de 1:100.000, imagens da SRTM e do recobrimento aerofotogramétrico da área. Todo o mapeamento seguiu as normas estabelecidas pela União Geográfica Internacional – UGI

Demek (1972). Além disso, foram realizados trabalhos de campo com auxílio de GPS e altímetro de precisão com resolução de até 3 metros para auxiliar na distribuição das propriedades espaciais das diversas formas de dissecação encontradas na área.

Reis e Vale (2010) propuseram mapeamento geomorfológico do Nordeste baiano com o objetivo de auxiliar na identificação de áreas com degradação ambiental. Para isso, foi elaborado banco de dados em ambiente SIG e aplicada a metodologia sugerida por Ross (1992), que subdivide e classifica as feições geomorfológicas em seis táxons com diferentes escalas espaciais baseada na morfologia e gênese.

Souza e Corrêa (2012) realizaram mapeamento geomorfológico de detalhe da microbacia hidrográfica do Mulungu - PE, com intuito de entender os processos geomorfológicos, assim como a relação desses processos com a atividade antrópica e quais os impactos dessas atividades no sistema fluvial. O objetivo foi propor métodos e formas para mitigação de problemas resultantes de impactos ambientais de modo a subsidiar o planejamento em escala local a partir de abordagem sistêmica. Baseado em Rodrigues e Brito (2000), os autores elaboraram o mapa na escala de 1:25.000, destacando a morfologia e a morfometria do modelado. A representação das feições e a disposição da legenda seguiram a proposta de estilos fluviais de Brierley e Fryirs (2005) e Fryirs e Brierley (2005), buscando sempre homogeneizar as compartimentações geomorfológicas visíveis para essa escala.

Melo (2014; 2019), Santos et al. (2019) e Silva (2019) produziram mapeamentos de unidades geomorfológicas para o maciço estrutural de Água Branca. Apesar de projetados em escalas diferentes, todos identificaram as mesmas formas de relevo. Melo (Op.cit.) e Silva (Op.cit) aplicaram a mesma metodologia de mapeamento geomorfológico sugerida por Demek (1972) e usaram o mapeamento como ferramenta para auxiliar na reconstrução paleoambiental de depósitos de encosta no Maciço de Água Branca. Silva et al. (2019) aplicaram a metodologia proposta pelo IBGE (2009) e tiveram como foco principal fazer uma primeira aproximação dos modelados do Maciço de Água Branca e seu entorno numa escala de 1:100.000, uma vez que para algumas unidades geomorfológicas a projeção sem distorção seria possível apenas se aplicada em escalas menores.

Lima et al. (2015) realizaram mapeamento em escala de semidetalhe (1:50.000) no setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe - CE. Todo o mapeamento foi realizado em ambiente SIG, usando imagens SRTM, cartas topográficas em escala 1:100.000 (Folha SB.24-Y-D-III, Crato) e a proposta de legenda de Demek (1972). Os autores optaram por aplicar a

escala de semidetalhe visto que outros fenômenos geomorfológicos tendem a ser representados com maior precisão numa escala de 1:25.000.

Lima e Corrêa (2016) propuseram mapeamento geomorfológico como ferramenta de caracterização ambiental para o município de Garanhuns - PE, no qual foram aplicadas as técnicas de construção e desenvolvimento propostas por Corrêa (2001) e Silva (2007). Foi elaborado um banco de dados com material obtido do Zoneamento Agroecológico de Pernambuco - ZAPE, Embrapa, Inpe, Topodata, Nasa, que resultou em cartogramas conforme metodologia de Gao et al. (2013). Por fim, seguiram a proposta de Demek (1972) para fazer o reconhecimento da forma de relevo, análise da área mapeada, estabelecimento da morfologia/morfometria e entender a gênese.

Furtado e Souza (2016) propuseram mapeamento geomorfológico para a bacia do Alto Curso do Rio Paraíba - PB, com foco nos processos responsáveis pelas atuais formas de relevo. Para tal, foram analisadas imagens SRTM e cartas topográficas do semiárido nordestino, aplicando a metodologia do IBGE (2009) em que classifica as unidades geomorfológicas a partir de níveis taxonômicos e definindo “ordens de grandeza” que podem variar de acordo com o tamanho da área.

Pinto (2019) mapeou as feições geomorfológicas de São Domingos - BA em escala de 1:25.000. O trabalho buscou contribuir com a cartografia geomorfológica da área, visto que os estudos sobre a temática ainda eram incipientes. Com esse fim, baseou-se nas propostas metodológicas de Tricart (1965), Vestappen e Zuidan (1975), IBGE (2009) e Ross (1995), sempre visando a determinação das feições geomorfológicas identificadas em campo e a classificação taxonômica das unidades geomorfológicas.

Ribeiro e Albuquerque (2019) realizaram a compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Mulato - PI, com o intuito de auxiliar na compreensão da gênese e evolução geomorfológica da área. Primeiramente, construiu-se um banco de dados com imagens SRTM, e, em seguida, realizou-se a compartimentação das unidades geomorfológicas com base na metodologia proposta por Ross (1992) para identificação dos níveis taxonômicos que se aproximassem da realidade local, e as terminologias sugeridas por Lima (1987) em que considera quatro níveis taxonômicos: domínios morfoestruturais, domínios morfoesculturais, unidades de relevo e relevo local.

Góis (2020), visando a identificação dos depósitos de colúvio do maciço de Mata Grande - AL, propôs o mapeamento geomorfológico do maciço e seu entorno para auxiliar na compreensão dos processos atuantes na área. Para tal, foram utilizados dados digitais ALOS

PALSAR - NASA, na projeção de 12,5m, e as orientações propostas por Demek (1972), que recomenda, primeiramente, mapear as morfoestruturas, e depois as morfoesculturas, sempre levando em consideração a gênese e morfologia das formas.

Para a região da Serra da Baixa Verde - PE, Corrêa e Monteiro (2020) também elaboram o mapeamento das unidades geomorfológicas com o intuito de compreender a dinâmica geomorfológica dos geossistemas elevados do Planalto da Borborema. Nesse trabalho, os autores associaram a metodologia de Demek (1972) aos dados de datação por Luminescência Opticamente Estimulada para a definição dos dados quantitativos e qualitativos do relevo, destacando atributos observáveis em escala local.

Santos et al. (2021) realizaram o mapeamento geomorfológico do Parque Nacional da Serra de Itabaiana - SE para fins de identificação de lócis deposicionais no setor de encosta a barlavento. Foram obtidas imagens SRTM, com resolução espacial de 30m, além da elaboração de perfis topográficos para a individualização das morfoesculturas. Eles seguiram a proposta taxonômica do IBGE (2009), que no 4º táxon individualiza as formas de relevo em unidades de acumulação, dissolução, dissecação e aplainamento. Por fim, foi feito o mapa de direcionamento de fluxo para indicar o caminho e a direção do fluxo canalizado.

Vital, Santos e Santos (2021) mapearam as unidades geomorfológicas da região de Seridó, semiárido do Rio Grande do Norte, na escala de 1:100.000, com intuito de auxiliar no planejamento e ordenamento territorial, uma vez que a região se encontra em fase de expansão urbana. Para realizar a compartimentação do relevo, primeiramente fizeram o levantamento cartográfico com imagens SRTM e imagens do satélite LANDSAT 8, e seguiram às recomendações de Ross (1992). No trabalho, foi possível individualizar morfologias até o 4º táxon, considerando também os modelados de aplainamento, conforme preconiza o IBGE (2009).

Santos (2021), visando a caracterização e identificação dos estilos fluviais da bacia hidrográfica Riacho Talhada – Semiárido Alagoano, realizou o mapeamento da área na escala de 1:250.000, fundamental para o estabelecimento da dinâmica fluvial atual. Para tal, o autor realizou o levantamento de dados em ambiente SIG e usou imagens do TOPODATA, com resolução de 30m. Todo o mapeamento seguiu as recomendações de Demek (1972).

Marques e Lima (2023) realizaram levantamento das modificações do relevo do município de Timon no Maranhão a partir da análise da geomorfologia antropogênica. Eles tiveram como objetivo de compreender as mudanças dos canais fluviais, lançamento de aterro e extração de materiais sedimentares de origem coluvial para uso na construção civil. Para a

viabilização desse mapeamento, primeiramente, foi realizada a análise e interpretação da carta topográfica de 1:50.000 (folha SB.23-X-D-II de Teresina-PI, de 1966, Exército Brasileiro), aerofotogrametria de Teresina - PI do ano de 1983 em escala de 1:15.000 e observações de campo. Na sequência eles elaboraram banco de dados em ambiente SIG com imagens ALOS PALSAR, SRTM e Google Earth. Posteriormente, seguiram-se as recomendações de Ross (1992), IBGE (2009) e CPRM (2011; 2021) para a compartimentação do relevo.

Além desses, temos o estudo de Silva, Nascimento e Lima (2023) aplicado à bacia hidrográfica do Canapi - AL/PE. Os autores analisaram os fatores de (des)conectividade da paisagem e produziram o mapeamento geomorfológico da área na escala de 1:150.000, conforme metodologia de Demek (1972). Esse mapeamento teve por finalidade compreender a configuração atual da paisagem e a sua relação com os setores de (des)conectividade fluvial na bacia hidrográfica.

No que concerne apresentar a clássica relação entre a Geomorfologia e a Estratigrafia do Quaternário, pode-se destacar o trabalho de Corrêa e Monteiro (2020). Esse viés interpretativo dos processos é consistente e aplicado aos estudos da geomorfologia desde a década de 1960 em diversos contextos geográficos do Brasil, com importante enfoque nos eventos de coluvionamento (Bigarella et al., 1965; Meis e Monteiro, 1979; Moura e Meis, 1980; Meis e Moura, 1984; Moura e Mello, 1991; Modenesi-Gauttieri, 2000; Melo et al., 2003; Oliveira et al., 2006; Paisani et al., 2019b). Diante disso, nós optamos por utilizar a legenda do trabalho de Corrêa e Monteiro (2020), pois se mostra a mais adequada na compreensão da macrogeomorfologia do quadrante da área de estudo, figurando como documento temático balizador do contexto geomórfico dos depósitos de colúvio no semiárido nordestino do ponto de vista processual

2.2 Métodos

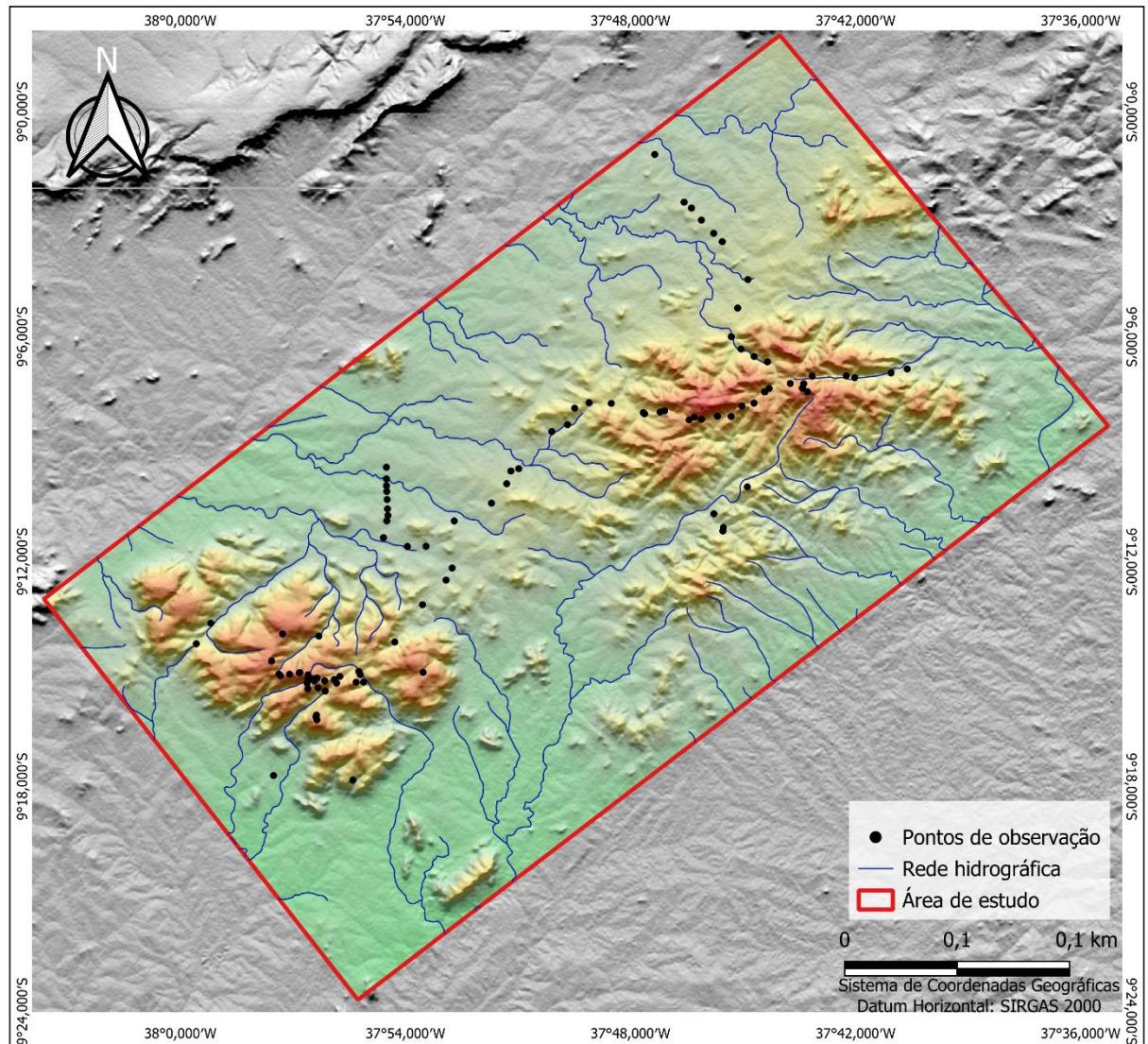
Para a compreensão da macrogeomorfologia da área, utilizou-se, enquanto abordagem, a individualização de modelados e superfícies geomorfológicas. Para tanto, foram realizados trabalhos de campo e em gabinete. Primeiramente, foi construído o Banco de Dados Georreferenciados no Sistema de Informações Geográficas (SIG) com as bases geomorfológica e geológica do Serviço Geológico do Brasil - CPRM (2007), que estão disponíveis no GEOBANK, imagens Shuttle Radar Topography Mission SRTM ALOS PALSAR – (2015), com uma definição espacial ajustada a 12,5m e disponibilizada no banco de dados Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS), da Agência Espacial norte-americana

(NASA), *Google Earth*, Zoneamento Agroecológico de Alagoas – ZAAL (2013), IBGE (2015) e Embrapa Solos (2018).

O tratamento dos dados foi realizado no software *Quatum Gis* (3.14), pelo qual foram obtidos os seguintes produtos: delimitação da área de estudo, declividade, geologia, rede hidrográfica, intervalos hipsométricos, geomorfologia, visualização de imagens orbitais do Google Earth Pro e Modelo Digital de Elevação - MDE. A partir da integração desses dados foi possível determinar os modelados e superfícies geomorfológicas.

Para validação dos dados, foram realizadas quatro incursões de campo, das quais registramos: 119 pontos de observação (Figura 2.1), coordenadas geográficas com auxílio de GPS da marca Garmin (Oregon 700), imagens fotográficas e imageamento com drone.

Figura 2.1: Pontos de observação em campo



Elaboração: Autora (2025)

Para elaboração do mapa, seguiu-se a metodologia proposta pela Comissão de Mapeamento Geomorfológico de Detalhe da União Internacional – UGI, descrita por Demek (1972), que estabelece distribuições quantitativas para classificação do relevo, sendo estas adaptadas para o contexto regional do semiárido do Nordeste brasileiro. Para fins de construção da legenda, adotou-se a mesma utilizada por Corrêa e Monteiro (2020).

2.3 Resultados e Discussões

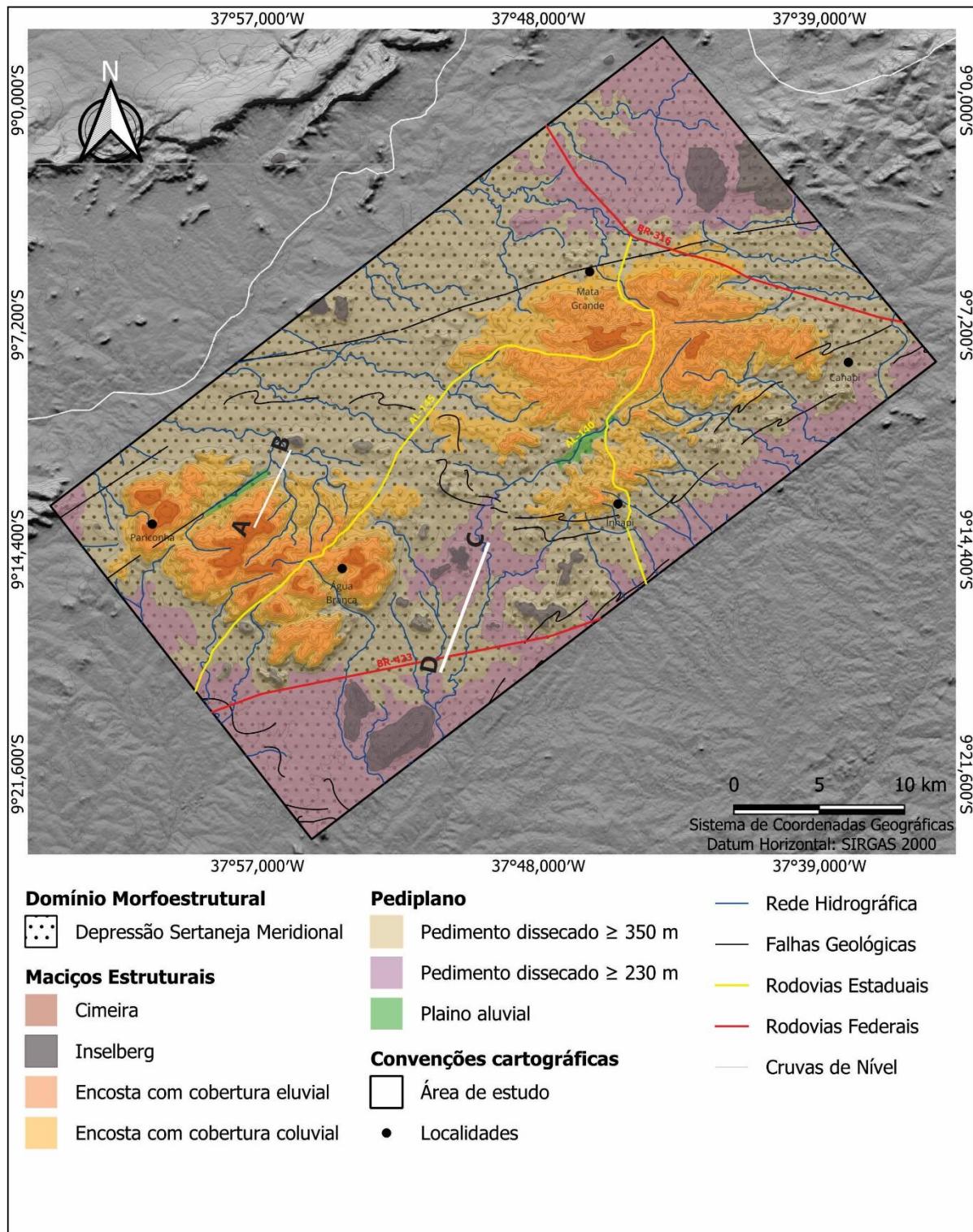
A partir da integração dos dados litológicos, pedológicos, declividade, imagens do Google Earth, imagens da SRTM e dos levantamentos realizados em campo gerou-se o mapeamento de modelados e superfícies geomorfológicas (Figura 2.2), no qual foi possível identificar o domínio morfoestrutural Depressão Sertaneja Meridional, recortado por unidades morfoesculturais denominadas de maciços e pediplanos (Quadro 2.1).

Quadro 2.1 – Hierarquização Geomorfológica

Domínio Morfoestrutural - Morfoescultural	Unidade Morfoescultural	Modelados
Depressão Sertaneja Meridional	Maciços	Cimeiras ≥ 800 m (I) $e \geq 700$ m (II)
		Inselberg
		Encosta com Cobertura Eluvial
		Encosta com Cobertura Coluvial
	Pediplano	Pedimentos Dissecados ≥ 350 m (I) $e \geq 230$ m (II)
		Plaino Aluvial

Elaboração: Autora (2023)

Figura 2.2: Mapeamento de modelados e superfícies geomorfológicas



Elaboração: Autora (2025)

2.3.1 Depressão Sertaneja Meridional

A Depressão Sertaneja Meridional (DSM) abrange todo recorte da área de estudo. Esse é um domínio morfoestrutural-escultural do Nordeste brasileiro constituída, em linhas gerais, por relevos planos a suavemente ondulados (IBGE, 2009). Nesse domínio há *maciços litoestruturais*, exumados pela erosão diferencial, inscritos em uma ampla superfície aplainada, aqui designada de *Pediplano*, subdividida em escala mesolocal em diferentes *pedimentos* (Quadro 2.1; Figura 2.3). A DSM é mantida por rochas cristalofilianas e cristalinas pertencentes ao Complexo Belém do São Francisco do período Mesoproterozóico e Suíte Intrusiva de Chorrochó do Neoproterozóico (CPRM, 2007). Os maciços estão modelados em cimeira, inselbergs e encostas com coberturas eluvial e/ou coluvial; enquanto o pediplano tem dois níveis de pedimentos, além do plaino aluvial moderno (Quadro 2.1).

Figura 2.3: Depressão Sertaneja Meridional vista de cima do inselberg “Morro do Craunã” em Água Branca



Fonte: Autora (Abril/2017)

2.3.2 Superfícies de Cimeira

As superfícies de cimeira, aqui reportadas de Cimeiras, correspondem às áreas de topo com cotas altimétricas acima de 700 m para Água Branca, e acima de 800 m para Mata Grande (Figura 2.4 e 2.6). As cimeiras dos maciços de Água Branca e Mata Grande são mantidas por rochas cristalinas e cristalofilianas, sendo elas pertencentes a Suíte Intrusiva Serra do Catu e Complexo Belém do São Francisco dos períodos Mesoproterozóico e Neoproterozóico. No maciço de Água Branca, a área de cimeira é constituída principalmente por metaxistos

tonalíticos, ortognaisses tonalíticos, sienitos e granitos, e no Maciço de Mata Grande por leuco-ortognaisses graníticos e migmatitos (CPRM, 2007). Localmente há remanescentes de saprolito delgado em ambos os maciços, aqui designados de coberturas eluviais.

A morfologia varia entre plana e suavemente ondulada, suavemente convexa a tabulares e em sela (Figura 2.5). Em direção às bordas dos maciços, percebe-se as menores cotas altimétricas das cimeiras, sugerindo escalonamento em relação às mais elevadas que lembram ombreiras. Nos primeiros, ocorrem caos de blocos e boulders; nas cimeiras suavemente convexas a tabulares afloram, ora o substrato, ora coberturas eluviais; e nas ombreiras há remanescentes de rampas de colúvios (Figura 2.5).

Figura 2.4: Superfície de cimeira suavemente convexa do maciço de Mata Grande.



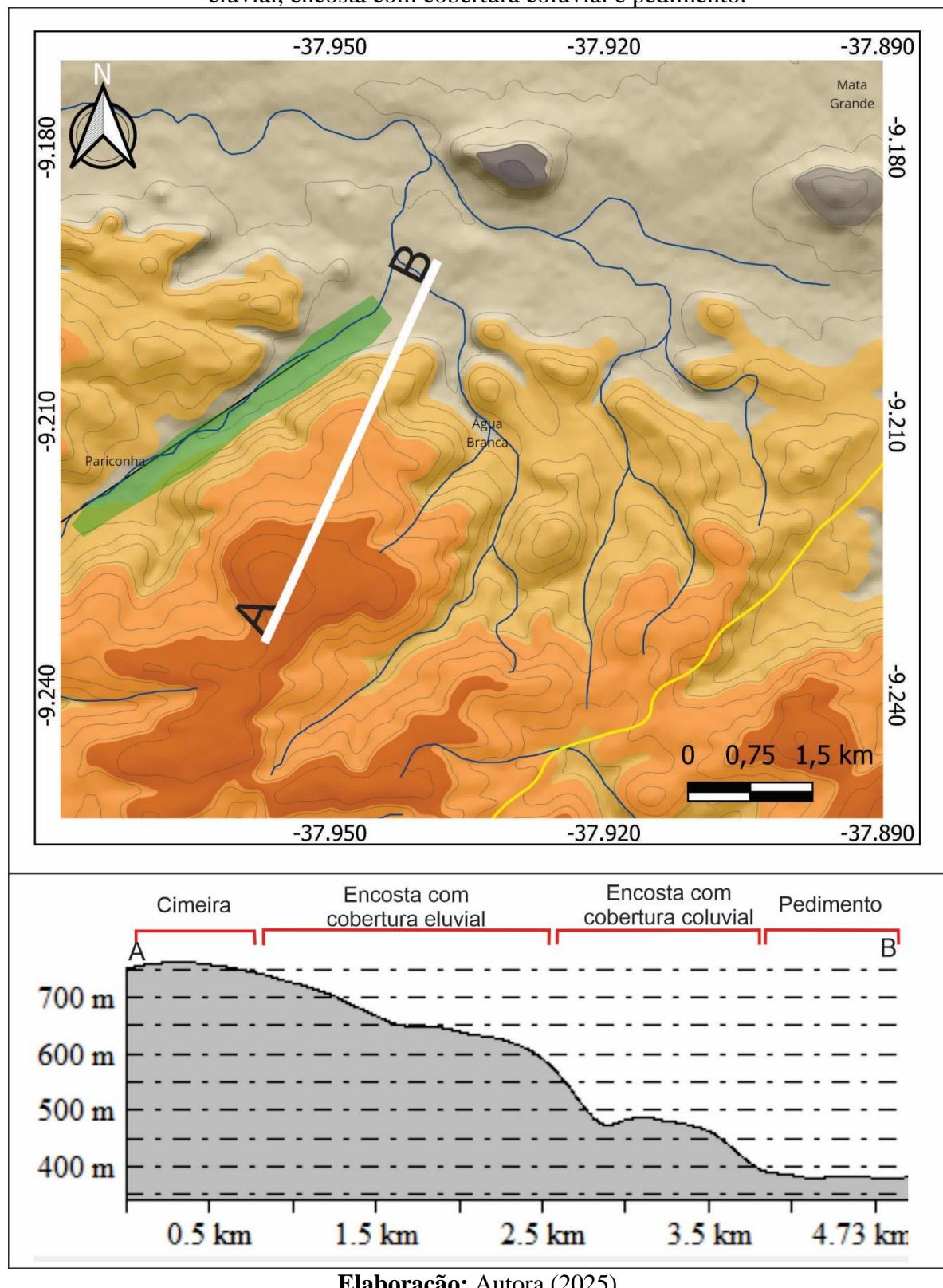
Fonte: Autora (junho/2023)

Figura 2.5: Ombreira com remanescente de rampa de colúvio



Fonte: Autora (junho/2023)

Figura 2.6: Perfil longitudinal do maciço de Água Branca: cimeira, encosta com cobertura eluvial, encosta com cobertura coluvial e pedimento.



Elaboração: Autora (2025)

Na perspectiva pedológica, os afloramentos das cimeiras são classificados como Neossolos Litólico e Neossolos Rególicos, enquanto os elúvios e os colúvios variam conforme os maciços: Argissolos Vermelho-amarelos e Cambissolos Háplicos para Água Branca e Argissolos Vermelhos para Mata Grande (Embrapa, 2018).

2.3.3 Inselberg

Os inselbergs são feições isoladas localizadas dentro da DSM (Depressão Sertaneja Meridional), facilmente identificados na paisagem, cuja morfologia é de topo convexo. Eles estão distribuídos por toda área de estudo, e exibem cota altimétrica acima de 500m, em Água Branca, e acima de 800m em Mata Grande. O inselberg “Serra da Onça” (Figura 2.7) se destaca por ser um dos pontos mais altos do estado de Alagoas com aproximadamente 860 m de altitude. O substrato rochoso é mantido por rochas cristalinas do período Neoproterozóico pertencentes à Formação da Suíte Intrusiva Serra do Catu (CPRM, 2007), similarmente as cimeiras. Esses relevos residuais apresentam rugosidade muito forte o que indica a resistência do material litológico ao longo do tempo e declividade fortemente ondulada, implicando no estabelecimento de depósitos de talus na sua base (IBGE, 2009).

Figura 2.7: Inselberg Serra da Onça próximo a Mata Grande.



Fonte: Autora (Junho/2023)

2.3.4 Encostas com Cobertura Eluvial

As encostas mantidas por coberturas eluviais localizam-se entre os topões e as encostas de cobertura coluvial (Figura 2.8 e 2.6). Elas possuem cota altimétrica acima de 500 m para Água

Branca, e acima de 650 m em Mata Grande, apresentando morfologia convexa. Na perspectiva pedológica, essas formações superficiais são classificadas como Argissolos Vermelho-amarelo e Cambissolos Háplicos, similar ao sugerido para os elúvios das cimeiras. A ausência da cobertura vegetal nesses setores de encosta deixa essas unidades mais vulneráveis aos processos erosivos e à ocorrência de depósitos de tálus. Identificou-se a presença pontual de depósitos de colúvio/elúvio.

Figura 2.8: Encosta com cobertura eluvial no maciço de Água Branca.



Fonte: Autora (Junho/2023)

2.3.5 Encosta com Cobertura Coluvial

As encostas com cobertura coluvial estão modeladas em rampas suaves a moderadamente inclinadas em direção aos fundos de vales de canais intermitentes ou diretamente ao Pediplano (Figura 2.3 e 2.6). Essas encostas são mantidas por colúvios, por vezes recobrindo terraços aluviais e reentrâncias (hollows) ou depressões em anfiteatro, o que permitiu muitos autores designarem a décadas como Rampas de Colúvios (Paisani et al., 2017).

Esses modelados estão localizados na transição entre encostas rochosas e/ou eluviais e os pedimentos dissecados (Figuras 2.9 e 2.10), com cotas altimétricas acima de 360m em Água Branca e acima de 420m em Mata Grande. Na perspectiva pedológica, os colúvios são classificados como Argissolos Vermelho-amarelo, Cambissolos Háplicos e Argissolos Vermelhos, sendo os primeiros em Água Branca e o último em Mata Grande. Em Água Branca são classificados como solos muito profundos ou profundos, bem estruturados e drenados. Os solos que variam de pouco a muito profundos, apresentam alto nível de minerais primários herdados da rocha e fragmentos de rochas e cascalhos na composição. Já no maciço de Mata Grande não são vistos como solos profundos que apresentam diferença textural entre o

horizonte A e B. Nas pesquisas de Silva (2019) e Melo (2019), em que são descritos alguns perfis de depósitos coluviais no maciço de Água Branca, os depósitos foram classificados granulometricamente como arenosos.

Figura 2.9: Encosta com cobertura coluvial no maciço de Água Branca.



Fonte: Autora (Junho/2023)

Figura 2.10: Encosta com cobertura coluvial no maciço de Água Branca.



Fonte: Autora (Junho/2023)

2.3.6 Pedimentos Dissecados

Como mencionado anteriormente, a DSM apresenta duas unidades morfoesculturais: Maciços e Pediplano. No Pediplano foi possível individualizar dois níveis de Pedimentos

Dissecados (Figura 2.2 e 2.12): um a partir de 350m (Pedimento I) (Figura 2.11), e outro a cerca de 230m (Pedimento II). A rugosidade varia entre muito fraca a fraca, enquanto a declividade varia de plana a suavemente ondulada. Essa suave inclinação deixa a área propicia para o escoamento superficial de material detritico, realizando o transporte de sedimentos das áreas mais elevadas para áreas mais rebaixadas. Esses setores no entorno dos maciços são mantidos por substratos cristalofiliano e cristalino pertencentes aos Complexos Belém do São Francisco e Suíte Intrusiva de Chorrochó (CPRM, 2007), os quais se enquadram na clássica definição de *pedimento rochoso* (Bigarella et al., 1965).

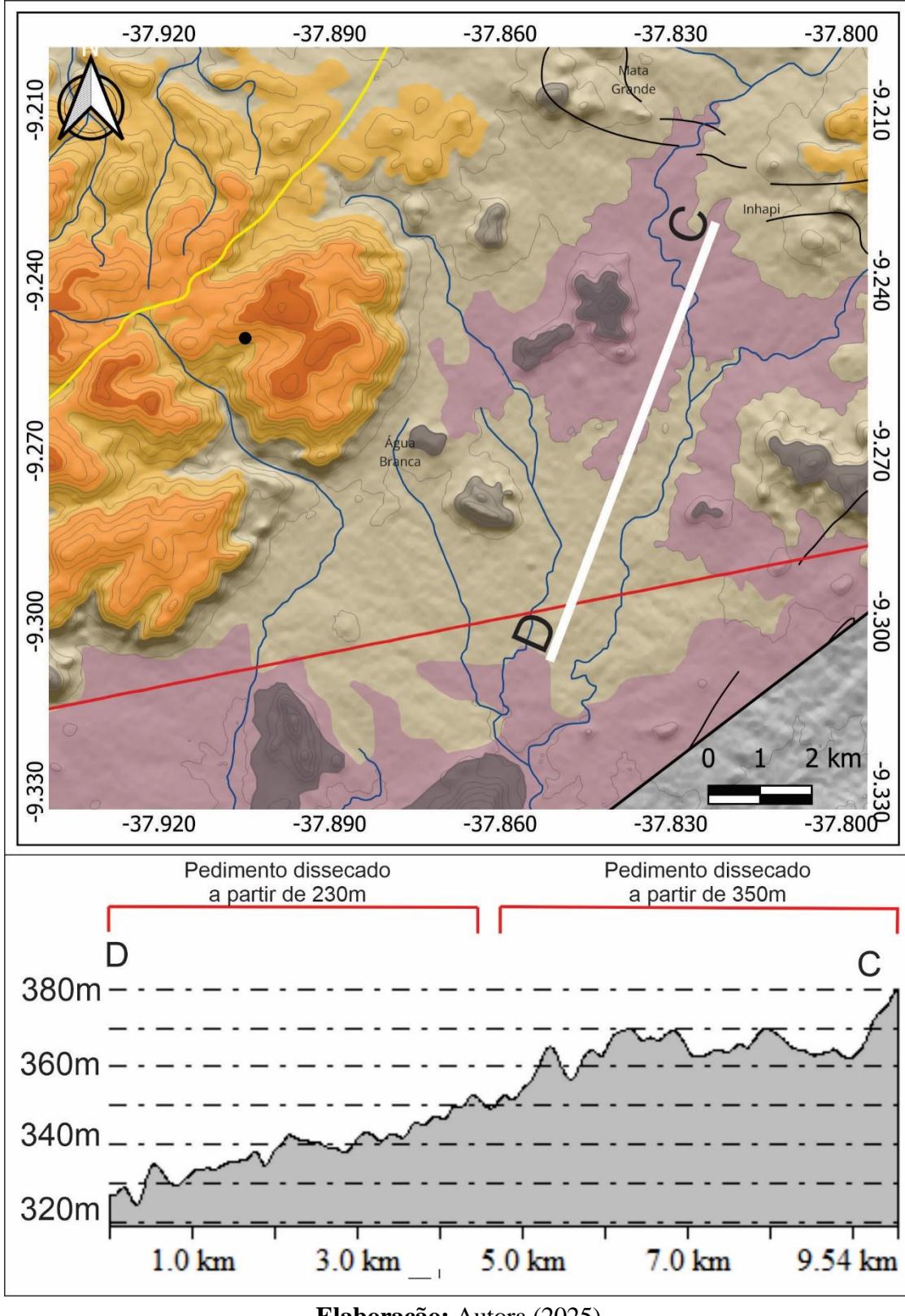
Nos pedimentos dissecados não foi possível individualizar depósitos de colúvios em relação a depósitos aluviais, em que ambos se mostram como sedimentos arenosos maciços. Os interflúvios das drenagens intermitentes são mantidos por afloramentos rochosos que, em sua grande maioria, apresentam-se como caos de blocos (Figura 2.13). Nessas unidades também foram encontrados afloramentos pontuais de sedimentos aluviais concrecionados, supostamente carbonáticos que é o mais comum para esse tipo de ambiente (Nichols, 1999). Esses estão vinculados a terraço fluvial estabelecido junto a drenagem moderna intermitente. (Figuras 2.14).

Figura 2.11: Vista do Pedimento Dissecado (Pedimento I) estabelecido nas vizinhanças do maciço de Mata Grande



Fonte: Autora (Junho/2023)

Figura 2.12: Perfil longitudinal dos Pedimentos I e II



Elaboração: Autora (2025)

Figura 2.13: Caos de blocos no pedimento dissecado do maciço de Água Branca



Fonte: Autora (Junho/2023)

2.3.7 Plainos Aluviais

Os plainos aluviais possuem formas alongadas, planas ou suavemente planas, localizadas nos pedimentos dissecados, e são encontrados ao longo de rios com regimes intermitentes. Esses setores apresentam o entrincheiramento da drenagem sobre depósitos fluviais arenosos a conglomeráticos inconsolidados (Figura 2.15). Nessa unidade também foram encontrados afloramentos pontuais de sedimentos aluviais concrecionados, supostamente por carbonatos (Nichols, 1999) (Figura 2.14), e, igualmente ao anterior, estão vinculados a drenagem moderna.

Figura 2.14: Depósito aluvial concrecionado, supostamente por carbonato no Rio Santa Cruz, Mata Grande. No canto superior direito foto de detalhe do depósito aluvial concrecionado.



Fonte: Autora (Junho/2023)

Figura 2.15: Plaino aluvial em canal intermitente de 4^a ordem conhecido como “Riachão” localizado no Pedimento II próximo a Água Branca.



Fonte: Autora (Junho/2023)

2.4 Conclusões Parciais

O mapeamento da macrogeomorfologia da área de estudo permitiu espacializar os seguintes modelados e superfícies geomórficas: Depressão Sertanejas Meridional, suas respectivas unidades morfoesculturais (Pediplano e Maciço) e modelados (cimeiras, relevo residual, encosta com cobertura coluvial, inselberg, encosta com cobertura eluvial, pedimentos dissecados I e II e plaino aluvial). Quanto ao objeto da presente tese, depósitos de colúvio, o referido mapeamento mostrou que os depósitos coluviais passíveis de compreensão de seus processos se encontram junto à morfoesculturas dos Maciço e da Depressão Sertanejas Meridional, respectivamente. Os depósitos estão vinculados a encostas que, na sua ampla maioria, preservam a morfologia de rampa. Contudo, há casos de remanescentes de rampas em ombreiras dissecadas situadas nas adjacências de superfície de cimeira. Nos Pedimentos Dissecados não foi possível individualizar os depósitos de colúvios dos depósitos aluviais, haja vista que ambos se mostram como sedimentos arenosos maciços.

PARTE III

3. ESTRATIGRAFIA E SEDIMENTOLOGIA DOS DEPÓSITOS DE COLÚVIOS

3.1 Abordagens estratigráficas aplicadas a depósitos de colúvio da faixa Leste da zona Semiárida do Nordeste brasileiro – Trabalhos Prévios

Existem algumas pesquisas no semiárido nordestino que tratam da descrição estratigráfica de depósitos de colúvio em contexto de encosta da região semiárida nordestina. Dentre os mais importantes, e constituindo uma referência, a tese de Corrêa (2001) traz a descrição e abordagem metodológica que baliza trabalhos subsequentes nessa temática até a contemporaneidade. O autor descreve quatro seções colunares de depósitos de encosta no Maciço da Serra da Baixa Verde. A descrição e análise sedimentológica foi fundamentada na granulometria, morfoscopia, mineralogia de argilas e análises micromorfológicas dos sedimentos coluviais. A cronologia dos depósitos se baseou principalmente na Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), técnica pouco difundida para esses tipos de depósitos no Brasil à época, e uma amostragem de carvão vegetal submetida ao método do Carbono 14 (^{14}C).

Corrêa, Silva e Melo (2008) em sua pesquisa “Utilização dos Depósitos de Encostas dos Brejos Pernambucanos como Marcadores Paleoclimáticos do Quaternário Tardio no Semiárido Nordestino”, descreveram depósitos de colúvio, em contexto de rampas e avenais dos Maciços da Serra da Baixa Verde e Brejo da Madre de Deus em Pernambuco. Além das descrições estratigráficas, foram realizadas datações por LOE. Segundo os autores, a sedimentação basal dos depósitos descritos tanto no Maciço da Serra da Baixa Verde quanto no Brejo da Madre de Deus ocorreu entre 20.400 e 20.100 anos AP, o que leva a entender que houve evento espacialmente amplo de coluvionamento, associado à reumidificação geral do Último Máximo Glacial na região Nordeste do Brasil. De todo modo, houve diferença estratigráfica dos depósitos de colúvio em ambas as áreas, levando a entender que durante o evento climático o Maciço da Serra da Baixa Verde esteve mais exposto aos sistemas atmosféricos. Quanto aos processos de sedimentação, a análise litoestratigráfica sugeriu que os colúvios foram gerados por fluxos detritos e fluxo de lama.

Silva e Corrêa (2009a) aplicaram a análise micromorfológica para descrever sedimentos Quaternários, com intuito de reconstrução da paisagem dos paleoambientes. A pesquisa foi realizada na Fazenda Nova, município de Brejo da Madre de Deus e no Maciço da Serra da Baixa Verde, ambos no estado de Pernambuco. De acordo com os autores, alguns depósitos derivaram-se de fluxo de detritos e outros por erosão em lençol. A gênese de ambos os registros

foi associada a ciclos de pedogênese/morfogênese derivados de processos de semiaridez atuantes desde o Pleistoceno Superior.

Silva e Corrêa (2009b), na pesquisa sobre evolução paleoambiental dos depósitos de tanques em Fazenda Nova - PE, realizaram a descrição morfoestratigráfica e sedimentológica dessas feições deposicionais que estavam associadas ao preenchimento de tanques. Aplicaram, ainda, a análise micromorfologia e datação por LOE para melhor entender os eventos responsáveis pela deposição dos materiais. A partir dessa análise integrada de dados, os autores propuseram que houve a remoção de manto de intemperismo com picos temporalmente bem marcados, ou seja, a sedimentação do material ocorreu durante episódios de entrada de maior energia no sistema climático, que interferiram nos processos erosivos e deposicionais, ficando guardados desde pelo menos o penúltimo máximo glacial.

Melo et al. (2014a) utilizaram análises morfoestratigráficas para descrever um plaino aluvial no riacho Malaquias em Água Branca, Alagoas. Segundo os autores, a partir das análises granulométricas e de morfoscopia, foram identificadas duas unidades estratigráficas, a unidade basal composta de areia muito grossa com presença de grânulos, e a segunda unidade composta por cascalhos. Dessa forma, estimou-se que a sedimentação do depósito ocorreu em dois momentos distintos. A unidade basal apresenta semelhança a momentos climáticos semiárido, com grânulos grossos resultantes de fluxo bidirecional e de hidrodinâmica muito alta. E a segunda unidade apresenta semelhança a fluxo unidirecional, com hidrodinâmica moderada e de baixa energia.

Ramos et al. (2014) aplicaram a abordagem morfoestratigráfica em depósitos de encosta da Bacia Hidrográfica do Riacho Piancozinho, Pernambuco e Paraíba. De acordo com os autores, os sedimentos identificados são oriundos da litologia dominante na área, gerando materiais predominantemente argilo-siltoso. Os dados de morfoscopia dos grãos mostraram que os sedimentos foram transportados através de movimentos de massa.

Melo et al. (2014b) utilizam a micromorfologia dos solos como ferramenta para reconstrução paleoambiental de um plaino aluvial em Água Branca, Alagoas. Segundo os autores, a gênese desses registros sedimentares foi correlacionada a ciclos de pedogênese e morfogênese de diversos processos de semiaridez atuantes na área desde o Pleistoceno Superior. A partir da análise micromorfológica foi possível identificar que o depósito é resultado de processo de sedimentação lateral, e por vezes sedimentação gravitacional, possivelmente gerado sob condições torrenciais.

Lima, Corrêa e Fônseca (2016) estudaram os depósitos coluviais no município de Garanhuns - PE, sobre o macrocompartimento morfoestrutural classificado por Corrêa et al. (2010) como Cimeira Pernambuco-Paraíba, os quais foram caracterizados de forma quantitativa e qualitativa. Posteriormente foi realizada a correlação com os demais dados de estudos paleoambientais disponíveis para o Planalto da Borborema. Com isso, constataram que o comportamento deposicional é semelhante a algumas unidades já estabelecida para outros setores do Planalto da Borborema e que houve influência da dinâmica ambiental global, e de flutuações climáticas regionais como importante chave na evolução do relevo da área de estudo.

Lima et al. (2017) realizaram a descrição micromorfológica de depósitos de colúvio em sequências pedoestratigráficas e litoestratigráficas. Os autores realizaram a comparação de uma seção estratigráfica do Planalto Sedimentar do Araripe – Nordeste do Brasil, com os elementos micromorfológicos de uma seção da superfície de Palmas/Água Doce – Sul do Brasil, depósitos formados na transição de condições paleoclimáticas de ambientes secos para úmidos. Com isso, identificaram a existência de propriedades micromorfologicas semelhantes nos depósitos coluviais de ambas as áreas, e que as condições paleoambientais dos materiais que estruturam os depósitos são semelhantes, ou seja, foram formados na passagem de ambiente mais seco para mais úmido.

Lima e Corrêa (2018) realizaram correlação cronoestratigráfica dos depósitos do Quaternários Tardio do Planalto Sedimentar do Araripe, mais especificamente, de materiais sedimentares encontrados nos municípios de Crato e Barbalha – Sul do Ceará. Para tanto, os autores aplicaram a abordagem morfoestratigráfica associada à datação por Luminescência Opticamente Estimulada - LOE. A pesquisa concluiu que o preenchimento das concavidades das encostas durante o Pleistoceno Superior e início do Holoceno ocorreu em decorrência de perturbações climáticas que refletiu no equilíbrio geomorfológico das superfícies, resultando na atual morfologia das superfícies deposicionais do tipo encostas convexas e colinas alongadas, feições típicas de inversão de relevo.

Amorim et al. (2020) realizaram pesquisa sobre a evolução Holocênica das encostas da Bacia Hidrográfica do Riacho das Bruxas, Paraíba. Para isso, os autores aplicaram os critérios morfoestratigráficos, sedimentológicos e datação por Luminescência Opticamente Estimulada - LOE, visando estabelecer a sequência de eventos deposicionais. De acordo com os autores, os depósitos descritos dataram do Pleistoceno/Holoceno até a Pequena Idade do Gelo. Afirmando ainda que os depósitos resultantes da reumidificação do final do Pleistoceno são recorrentes no semiárido nordestino, e que os depósitos do Holoceno médio e superior

ocorrem pontualmente em setores mais elevados do Planalto da Borborema, os quais podem estar associados a eventos pluviais mais intensos.

Silva, Lima e Corrêa (2021), ao analisarem os depósitos de encosta do maciço de Água Branca - AL, usando como suporte a análise granulométrica, morfoscópica e datação por Luminescência Opticamente Estimulada - LOE, perceberam que, embora os depósitos sejam sedimentologicamente semelhantes e formados, em sua maioria, por fluxos de lama, com exceção de uma seção que apresentou fluxo de detritos, os dados mostraram que os depósitos coluviais foram gerados em três fases deposicionais distintas, circunscritas respectivamente no Holocene Inferior, Médio e Superior.

Lima, Listo e Arruda (2021) realizaram a análise de depósitos coluviais na Serra dos Cavalos em Caruaru, Pernambuco. Para tanto, foram realizadas análises de granulometria e morfoscopia dos sedimentos coluviais. Segundo os autores, a aplicação dessa metodologia permitiu avaliar a dinâmica superficial desses setores e associar a sistemas de modelo-resposta que podem estar ligados a diferentes ciclos climáticos. Com isso, identificaram que esses depósitos sedimentares são resultantes da remobilização de mantos eluviais de alteração cristalina que foram remodelados em depósitos coluviais de variadas espessuras, ligados a variações climáticas e mediados por padrões de vegetação distintos.

Góis et al. (2021), usando como suporte metodológico a análise granulométrica e a morfoscopia dos grãos, analisaram os colúvios do maciço de Mata Grande - AL e compararam com outros maciços da Região Nordeste do Brasil - Serra da Baixa Verde - PE, Brejo Madre de Deus - PE (Distrito Tabocas), Pereiro - RN e Água Branca - AL. Segundo os autores, os dados revelam similaridade das propriedades sedimentológicas desses depósitos de encosta com os depósitos descritos no maciço de Mata Grande e demonstraram que esses processos deposicionais podem ter ocorrido de forma simultânea nessas áreas.

Lima et al. (2023) realizaram estudo sobre a dinâmica e evolução geomorfológica durante o Quaternário Tardio no Planalto Sedimentar do Araripe, Nordeste brasileiro. Os autores, com o intuito de compreender a dinâmica geomorfológica do setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe, aplicaram critérios estratigráficos e geocronológicos, e compararam com um conjunto de idades já reconhecidas para a região semiárida do Nordeste brasileiro. Segundo os autores, os registros paleoambientais descritos estão compreendidos no intervalo de aproximadamente 72,0 ka PB até o Holocene superior. Com exceção de uma única seção, todos fluxos de detritos encontrados não excedem a idade do MIS 3/LMG. Desse modo,

as formações das rampas coluviais do Planalto Sedimentar do Araripe ocorreram em momentos de grande instabilidade climática

Ranulpho et al. (2024) também estudou os registros coluviais do Planalto do Araripe, agora aplicando a análise fitolítica associada à descrição estratigráfica, geocronologia e a micromorfologia dos solos. Os dados revelaram depósitos do Último Máximo Glacial, recobertos por vegetação arbórea/arbustiva que foi substituída por cobertura vegetal herbácea. As leituras dos siliconofitolitos indicaram também períodos de climas mais secos, com vegetação mais aberta e composta por gramíneas, que ao serem correlacionados aos dados cronológicos datados do Último Máximo Glacial, coincidiu com eventos geomorfológicos menos intensos.

Corrêa et al. (2024) publicaram, recentemente, estudo tratando dos depósitos coluviais do Planalto da Borborema (Nordeste do Brasil) por meio do emprego de microscopia eletrônica de varredura. Na análise, foram usados os grãos de quartzo, tamanho 200-250 μm , contidos nos registros deposicionais para avaliar os processos subaéreos aos quais estiveram submetidos. Os autores identificaram a presença de controles climáticos (mecânicos e intempéricos) variando do semiárido ao subúmido nos arredores da cimeira do maciço da Serra da Baixa Verde – Planalto da Borborema - desde, pelo menos, o Último Máximo Glacial.

Embora esses trabalhos sejam importantes, como mencionado na justificativa/problemática (item 1.1), alguns aspectos dos depósitos de colúvio merecem ser aprofundados sob a luz de outra abordagem metodológica: a) os colúvios podem ter características sedimentológicas diferentes conforme sua proximidade ou distância da área fonte, implicando em peculiaridades sedimentológicas que expressariam justamente seu setor deposicional, bem como as propriedades de fluxos com diferentes concentrações de sedimentos (Paisani et al., 2023a,b); b) lateralmente os depósitos de colúvios podem se interdigitar com colúvio-alúvios e alúvios, sobretudo pelo fato da morfoestratigrafia não revelar paleocanais enterrados; c) longitudinalmente espera-se maior número de unidades estratigráficas no setor distal do que para o setor proximal (Bigarella e Mousinho, 1965), decorrente tanto do adelgadamento das unidades com o aumento da declividade quanto do retrabalhamento longitudinal de unidades coluviais (Meis e Moura 1979; Correa, 2001; Paisani et al., 2016; Paisani et al., 2023a); d) os afloramentos dos depósitos de colúvios podem estar revelando características sedimentológicas que representem mais a anatomia deposicional de um único fluxo do que indique classes de fluxos específicos (Paisani et al., 2023b); e) a conjugação do uso de critérios macro- e microestratigráficos/microsedimentológicos potencializa identificar diferentes fluxos deposicionais, além de ampliar a compreensão da dinâmica deposicional.

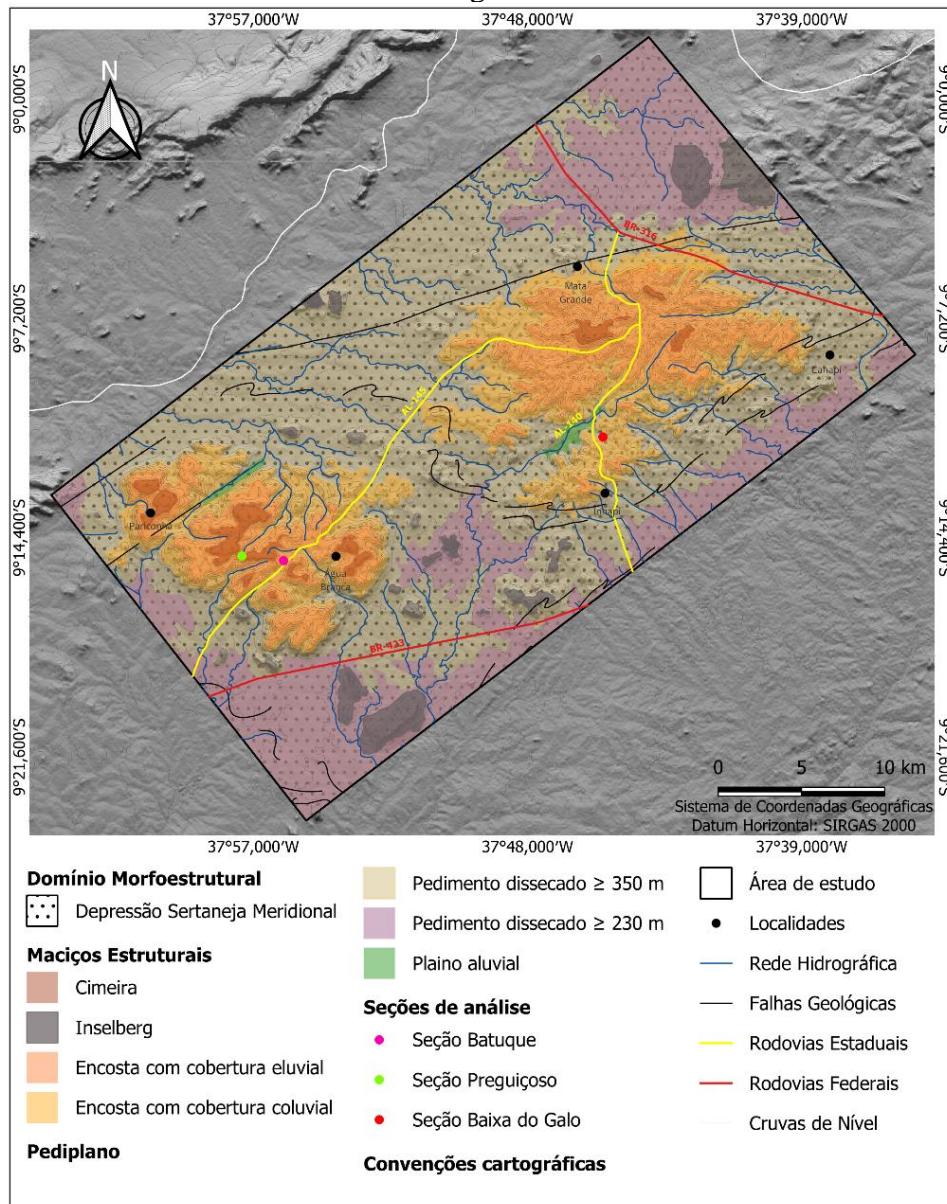
3.2 Métodos

3.2.1 Abordagem Metodológica

Os afloramentos de depósitos de colúvios em modelados de encosta coluvial/rampas de colúvio, previamente identificados por ocasião do mapeamento da macrogeomorfologia da área de estudo (Parte II), foram classificados conforme o potencial de individualização de seus registros estratigráficos. Entre os 34 afloramentos individualizados, foram selecionados três afloramentos (seções: Baixa do Galo, Preguiçoso e Batuque) com maior potencial para descrever seus registros estratigráficos (Figura 3.1). As referidas seções são representativas de setores de acumulação proximal (seção Batuque), mediano (seção Preguiçoso) e distal (seção Baixa do Galo) de modelados de diferentes encostas coluvial/rampas de colúvio nos maciços de Água Branca e Mata Grande, ricos em fração lama. A seção Preguiçoso foi descrita inicialmente por Silva (2019) em uma perspectiva morfoestratigráfica, contudo, aqui ela foi reanalisada em uma perspectiva microsedimentológica, como será mencionado logo abaixo.

Para individualização de camadas foi aplicado o critério litológico e se fundamentou em descrições de campo, tendências granulométricas conforme a profundidade e análise microsedimentológica. As descrições de campo levaram em consideração: espessura, limite superior, textura, cor (carta de Munsell) e fábrica (organização interna). No caso de camadas lama arenosa, a fábrica observada em campo foi aferida com a análise microsedimentológica (item 3.2.3). Tendências granulométricas conforme a profundidade (diagrama granulométrico) para todos os litótipos contribuíram para aferir os limites verticais e identificar descontinuidades em litologias lama arenosa. As tendências se basearam nos percentuais de tamanho de grão da matriz (argila, areia, grânulo e seixo - escala Wentworth, 1922) (item 3.2.2), igualmente ao aplicado por Paisani et al. (2023a) para depósitos coluviais de litótipos similares a esse. A soma dos referidos critérios descritivos permitiu identificar fácies e subfácies, cujos códigos foram simplificados levando em consideração a litologia e estrutura adaptando-se critérios e códigos adaptados da proposta de Ghibaudo (1992) para depósitos de fluxo de gravidade de sedimentos subaquosos. Por fim, foram determinadas as idades pelo método de luminescência (LOE) (item 3.2.4).

Figura 3.1: Pontos de observação e dos afloramentos descritos enquanto seções estratigráficas



Elaboração: Autora (2024)

3.2.2 Granulometria

A granulometria foi realizada em amostras deformadas coletadas de forma sistemática a cada 10 cm de profundidade em cada seção estratigráfica dispostas em janelas individuais. Para a realização da granulometria da seção Baixa do Galo (Mata Grande) foram contratados os serviços do Centro de Ciências Agrarias – CECA/UFAL e teve a divisão da escala granulométrica em argila, silte e \geq areia. A seção Preguiçoso (Água Branca) foi realizada no Laboratório de Formações Superficiais da UNIOESTE utilizando o protocolo do Núcleo de Estudos Paleoambientais – NEPA/UNIOESTE, que consiste na pipetagem para a fração fina ($< 0,062$ mm) e peneiramento para a fração grossa ($> 0,062$ mm), com separação via úmida

(Paisani, 1998) cujo resumo do protocolo se encontra no (Apêndice A) e seguiu-se a escala granulométrica de Wentworth, (1922) dividida em argila, silte, areia, grânulo e seixo. Já o processamento granulométrico da seção Batuque (Água Branca) foi realizado no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Alagoas - UFAL/Campus Sertão e aplicado o mesmo protocolo do NEPA/UNIOESTE.

3.2.3 Análise microsedimentológica

Um total de 22 amostras indeformadas foram coletadas para análise microsedimentológica. Dessas, 10 amostras correspondem às profundidades de: 290 – 280 cm, 260 – 250 cm, 230 – 220 cm, 210 – 200 cm, 190 – 180 cm, 170 – 160 cm, 130 – 120 cm, 110 – 100 cm, 90 – 80 cm e 60 – 50 cm da seção Baixa do Galo (Mata Grande). Na seção Preguiçoso (Água Branca) foram coletadas 8 amostras, com as seguintes profundidades: 195 – 185 cm, 180 – 170 cm, 130 – 120 cm, 110 – 100 cm, 70 cm, 70 – 60 cm, 30 cm e 20 – 10 cm. Já a seção Batuque (Água Branca) foram coletadas 4 amostras, com as seguintes profundidades: 210 – 200 cm, 140 -130 cm, 100 – 90 cm e 40 – 30 cm. As amostras foram submetidas ao Laboratório de Laminação da USP para impregnação e laminação.

A microssedimentologia aplicada aos processos de encostas continua sendo um campo científico em desenvolvimento, com novas descobertas surgindo à medida que um número crescente de pesquisadores se aprofunda na compreensão das características dos materiais de origem, processos de sedimentação e modificações sin e pós-depositionais em vários contextos ambientais e geográficos (Paisani e Manica, 2025). Diante disso, os critérios descritivos microsedimentológicos adotados no presente trabalho se fundamentam em Paisani et al. (2023a,b) e foram definidos conforme as fácies das seções estratigráficas. Eles compreendem a organização interna (fábrica, código da unidade, limite superior, fundo matricial, fábrica geral), composição do fundo matricial para fino e grosso, com respectiva fábrica, e modificações pós-depositionais (poros, pedalidade e microfeições induzidas pela água). A interpretação se baseou na identificação de propriedades sedimentológicas passíveis de identificar heranças da área fonte, aquelas resultantes do processo de sedimentação e de transformações pós-depositionais (Paisani e Pontelli, 2012; Paisani e Manica, 2025), com destaque para aquelas indicativas dos processos de sedimentação.

Para comparar a ocorrência dos atributos microsedimentológicos e verificar possível assinatura microsedimentológica dos setores proximal, mediano e distal, foram calculados o índice de concentração de constituintes da fração grossa (IMci) proposto por Paisani e Manica

(2025) para as microestruturas da fração grossa, bem como a amplitude (diferença entre máximo e mínimo) desse índice (ΔIMci) para cada microestrutura. Diante da ocorrência de microestrutura galáxia, foi calculado os diâmetros médio e máximo (dmédio e dmáximo) e amplitude de cada um deles ($\Delta\text{dmédio}$ e $\Delta\text{dmáximo}$). Enfim, foram estabelecidas comparação entre esses índices utilizando modelo de regressão linear simples.

3.2.4 Determinação da Geocronologia por Luminescência Opticamente Estimulada – LOE

A determinação da geocronologia das unidades coluvionais é fundamental para situar os fenômenos de coluvionamento no tempo e permite estabelecer correlações cronológicas como eventos paleoambientais regionais e globais (SILVA, 2013). Diante disso, a datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) é a mais adequada para datar sedimentos coluvionais Quaternários. Ela abrange uma grande variedade de técnicas que são baseadas no acúmulo de cargas radioativas, produzidas por uma população de elétrons que estão presos em minerais cristalinos. Estes métodos nos darão respostas sobre o período de tempo transcorrido desde a população presa por elétrons foi liberada pela última vez (Corrêa, 2001). A luminescência é a emissão de luz através de elementos que anteriormente foram expostos a uma radiação ionizante, posteriormente foram submetidos a um agente excitante, neste caso da LOE, o agente é a luz.

A coleta de material para datação foi realizada utilizando tubos de ferro galvanizados, medindo 30 cm de comprimento cada um, os quais foram inseridos em pontos estratégicos sem que houvesse contato com a luz solar, e recobertos com plástico preto e fita isolante. Foram coletadas três amostras na seção Baixa do Galo e duas amostras nas seções Batuque e Preguiçoso. Posteriormente, foram encaminhados para análises laboratoriais no Laboratório de Datação, Comércio e Prestação de Serviço Ltda (Brasil), seguindo o método SARs (Single Aliquot Regenerative-dose) com 10 alíquotas para as seções Baixa do Galo e Preguiçoso e com 15 alíquotas para a seção Batuque.

3.2.5 Determinação da Taxa Aparente de Acumulação das Fáceis (Taxa de Acumulação Média Efetiva)

Após identificar as fácies sedimentares nos depósitos dos setores Distal, Mediano e Proximal, buscou-se determinar quais dessas fácies contribuíram com maior volume de sedimento ao longo do tempo. Em ambientes de encosta, caracterizados por hiatos erosivos e deposicionais e por retrabalhamentos significativos, é complexo calcular a taxa de acumulação

de sedimentos efetiva (R), definida como o ritmo de deposição de sedimento bruto sem considerar perdas ou compactação pós-deposicional (van der Meij et al., 2019).

Como alternativa, utilizou-se a Taxa Aparente de Acumulação ou Taxa de Acumulação Média Efetiva (R_{aparente}), que estima a acumulação de sedimentos com base apenas no material preservado no depósito. Essa taxa não distingue deposição real de hiatos, erosões ou retrabalhamentos, incorporando tanto a incerteza laboratorial, decorrente da mensuração do sinal de luminescência, da *dose rate* e da presença de *outliers*, quanto a incerteza do ambiente deposicional, como branqueamento incompleto dos grãos ou mistura de grãos com diferentes exposições à luz.

A R_{aparente} é útil como elemento de síntese dos fenômenos deposicionais em um mesmo contexto sedimentar, permitindo observar tendências de acumulação das fácies ao longo do tempo. Assim, ela foi empregada para comparar a sedimentação das fácies identificadas nos três setores de encosta e inferir quais delas contribuíram com maior volume de sedimento. Considerou-se que os efeitos de erosão e não deposição atuam de forma semelhante entre e dentro das fácies analisadas, e que o retrabalhamento e a compactação são desprezíveis, cujo último, presumivelmente ínfimo, dado o bom estado de preservação das estruturas laminadas em sedimentos de lama arenosa presentes em todos os perfis estratigráficos em variadas profundidades.

A R_{aparente} foi calculada individualmente para cada fácie, a partir da razão entre a espessura da sucessão sedimentar de interesse, representada pela diferença de profundidade entre dois níveis no perfil estratigráfico ($\Delta z = z_2 - z_1$), e o intervalo de tempo correspondente ($\Delta t = t_2 - t_1$), conforme a equação:

$$R_{\text{aparente}} = \frac{\Delta z}{\Delta t} (\text{mm/ano})$$

Os níveis de controle correspondem a dois pontos datados no perfil estratigráfico ou a um ponto datado e à superfície atual (considerada de tempo zero). Assim, a taxa aparente de acumulação por fácie ($R_{\text{aparente-fácie}}$) foi obtida pela diferença de espessura e de tempo entre dois níveis datados ou entre um nível datado e a superfície. O intervalo de tempo dos níveis datados se baseou em idades de LOE.

A idade de cada fácie ($a_2 - a_1$) foi estimada por interpolação linear entre os controles estratigráficos datados. Para cada profundidade situada entre dois pontos de controle (d_1, a_1) e

(d_2, a_2) , calculou-se um peso (w) proporcional à distância relativa da profundidade em relação aos controles, permitindo estimar a idade $a(d)$ segundo:

$$a(d) = a_1 + w \cdot (a_2 - a_1), \text{ com } w = \frac{d - d_1}{d_2 - d_1}$$

A incerteza associada à idade interpolada (σ_a) foi obtida considerando a propagação das incertezas dos controles superior e inferior (σ_1 e σ_2), pela expressão:

$$\sigma_a = \sqrt{(1 - w)^2 \sigma_1^2 + w^2 \sigma_2^2}$$

Com as idades interpoladas, o intervalo de tempo (Δt) correspondente à espessura que cada fácies foi determinado pela diferença entre as idades do topo e da base do intervalo, e sua incerteza estimada como:

$$\sigma_{\Delta t} = \sqrt{\sigma_{\text{top}}^2 + \sigma_{\text{bot}}^2}$$

Por fim, a $R_{\text{aparente-fácies}}$ foi obtida pela razão entre a espessura do depósito (h , em mm) e o intervalo de tempo correspondente (em anos):

$$R_{\text{aparente-fácies}} = \frac{h}{\Delta t}$$

A incerteza associada (σ^R) foi considerada apenas em função do intervalo temporal, conforme:

$$\sigma_{R_{\text{aparente-fácies}}} = R_{\text{aparente-fácies}} \cdot \frac{\sigma_{\Delta t}}{\Delta t}$$

3.3 Resultados

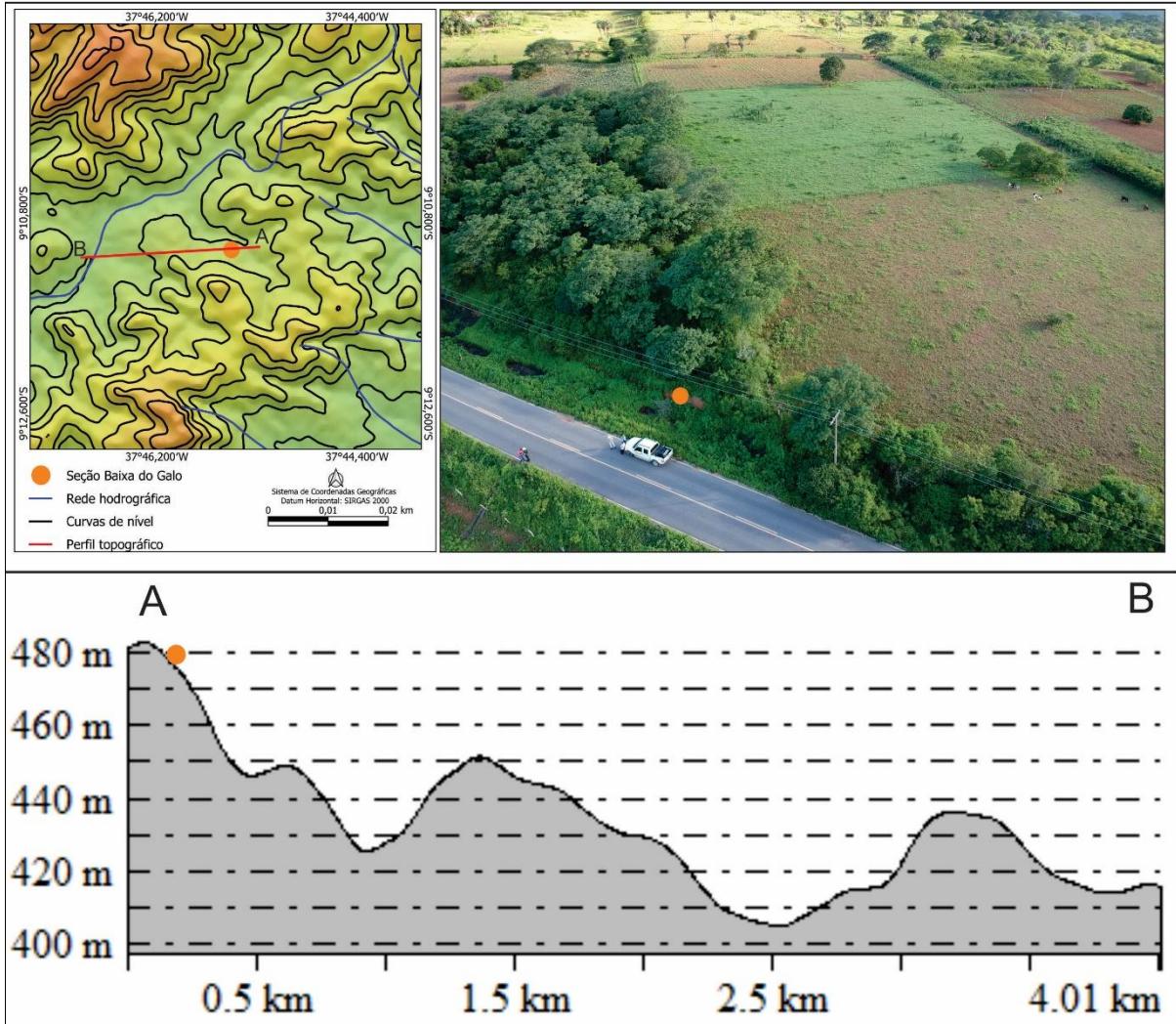
3.3.1 Seção Baixa do Galo (Mata Grande)

3.3.1.1 Macroestratigrafia

A seção estratigráfica Baixa do Galo encontra-se localizada no maciço de Mata Grande - AL, em contexto de encosta, no setor distal. A seção possui média de 400 cm de profundidade e está exposta em corte de estrada na rodovia estadual AL-140 (Figura 3.2). O perfil estratigráfico correspondente sintetiza às informações do afloramento (Figura 3.3). A granulometria detalhada pela construção de diagrama granulométrico permite individualizar camadas de litologia similar, lama arenosa, e confirmar o limite das camadas lama cascalhenta e cascalho lamoso, totalizando doze camadas. Enquanto fácies, o registro estratigráfico é composto por lama arenosa laminada. Em campo a litologia lama arenosa se mostra maciça, mas a análise microsedimentológica revelou ser constituída de laminações (laminação horizontal) (Quadro 3.1).

A seção colunar desse local revelou três fácies sedimentares (Figura 3.3). A primeira fácie, com 40 cm de espessura, está situada na seção colunar no intervalo 390 a 350 cm de profundidade, é caracterizada por cascalho lamoso maciço (código MGm), com cor 5YR 5/8 (vermelho amarelado). A segunda fácie, com 50 cm de espessura e disposta no intervalo de 350 e 300 cm de profundidade da seção colunar, é constituída por lama cascalhenta maciça (GMm) com cor similar a anterior (5YR 5/8 – vermelho amarelado). Já a terceira fácie, possui 300 cm de espessura, chegando até o topo do afloramento, e se individualiza como lama arenosa maciça segundo observação em campo, contudo, diante da microsedimentologia mostra-se com fábrica laminada (laminação horizontal) (SMd) (item 3.3.1.3), e tem cor similar aos níveis estratigráficos anteriores (5YR 5/8 – vermelho amarelado). Próximo à superfície, devido à melanização, essa fácie passa a ter cor bruno-avermelhada escura (5YR 3/3). Em geral, as três fácies sedimentares exibem coloração fortemente influenciada pela presença de óxido-hidróxido de ferro.

Figura 3.2: Localização da Seção Baixa do Galo



Elaboração: Autora (Foto: Junho/2023)

Os limites verticais das fácies foram confirmados a partir do diagrama granulométrico das matrizes (Figura 3.3). Esse diagrama evidenciou que a fácie lama arenosa laminada (SMd) apresenta variações significativas nos tamanhos de grãos, permitindo distinguir subfácies internas. Essas subfácies foram codificadas por números romanos e tratadas como camadas, de modo a inseri-las no contexto estratigráfico geral da sucessão sedimentar. A seguir, descrição das características granulométricas das matrizes de todas as camadas.

A matriz da camada I, fácie MGm, é marcada pela elevada concentração de frações grossas, > 50% das frações em sua base, sugerindo que se trata, de fato, de fácie única do tipo cascalho lamoso maciço com tendência de redução da fração grossa da base para o topo. Em outros trabalhos que estudaram os colúvios encontrados na região semiárida nordestina, esse tipo de material foi denominado “cascalheira” (Corrêa, 2002; Fonsêca et al., 2020; Lima et al., 2023). A característica de fácie única também é percebida para a fácie GMm (camada II),

cuja concentração de cascalho é reduzida sutilmente para < 50% (Figura 3.3). Contudo, difere da subjacente pelo súbito aumento de silte em sua base, ao mesmo tempo em que decrescem as frações grossas. As frações grossas tornam-se predominantes no centro e topo da camada, chegando a cerca de 48%. Esse dado é importante, pois expressa propriedades genéticas distintas entre as fácies GMm e MGm.

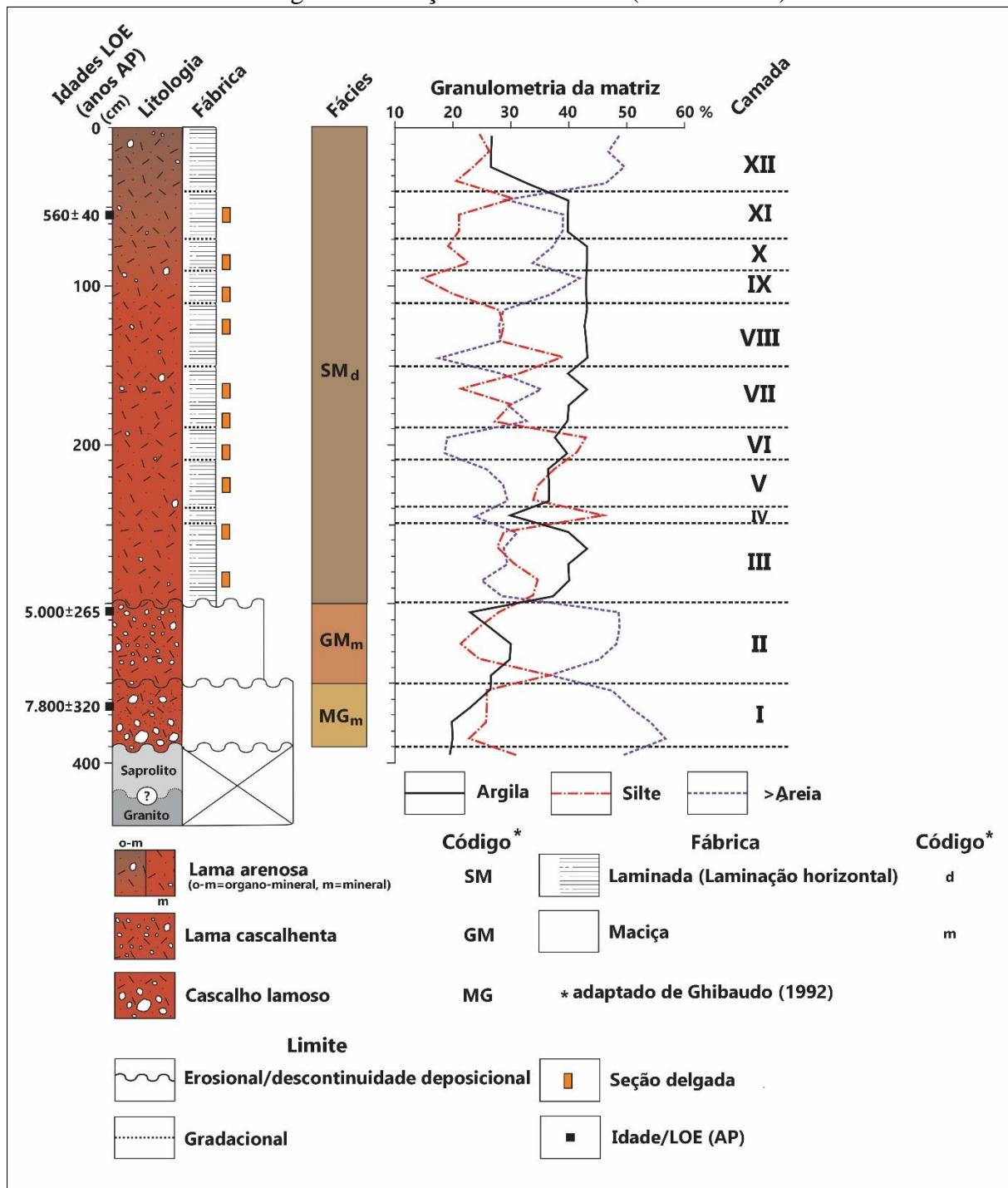
A camada III (subfácies SMd) tem 50 cm de espessura e se encontra entre as profundidades de 300 a 250 cm da seção colunar. Ela apresenta uma diminuição súbita de areia da base acompanhada pelo aumento de silte e, sobretudo, argila. Essa última fração tende a aumentar gradualmente em direção ao topo da unidade. De acordo com a perspectiva pedológica, esse gradiente de argila pode ser visto como indicativo de argiluviação (Schaetzl e Thompson, 2015). Contudo, as seguintes características são desfavoráveis a essa hipótese: a) não foi possível perceber a cerosidade em campo; b) ausência de pedalidade; c) preservação de laminações horizontais decorrentes de processos geogenéticos (item 3.3.1.3).

A camada IV (subfácies SMd) é delgada, com 10 cm de espessura e está situada no intervalo de 250 a 240 cm de profundidade na seção colunar. Ela apresenta aumento abrupto de silte seguido pela redução expressiva de argila e das frações grossas (Figura 3.3). A camada V (subfácies SMd) situada no intervalo de 240 a 210 cm de profundidade da seção colunar, destoa da anterior pela maior espessura, cerca de 30 cm, bem como pelo aumento das frações grossas na base seguido de sua redução em direção ao topo. Esse último aspecto é acompanhado pelo aumento gradual de silte e argila. A camada VI (subfácies SMd), com 20 cm de espessura e situada no intervalo de 210 a 190 cm de profundidade da seção colunar, apresenta elevados percentuais de silte 40% e redução da fração grossa (Figura 3.3). A camada VII (subfácies SMd), individualizada entre 150 a 190 cm de profundidade na seção colunar, possui 40 cm de espessura e se caracteriza pela variabilidade nos percentuais de fração grossa e silte, acompanhado pelo domínio de argila < 40%. As camadas XIII, IX e X (subfácies SMd) têm em comum a constância e predomínio de argila cerca de 43%, porém com expressiva variabilidade nos teores de frações grossas e silte (Figura 3.3). Inicialmente pensou-se ser de gradiente textural vinculado à iluviação, mas, a variabilidade nos teores de silte em anti-fase com os teores da fração grossa e diante das mesmas características observadas na camada III, refutou-se essa hipótese.

A camada XI (subfácies SMd), situada no 150 a 180 cm de profundidade na seção colunar, possui 30 cm de espessura e individualiza-se pela redução no teor de argila acompanhado pelo significativo aumento nos teores de frações grossas e silte. A exceção é o

material do topo, onde essas frações mudam de tendência, aumentando o teor de silte e reduzindo o teor de areia (Figura 3.3). Enfim, a camada XII (subfácies SMd), individualizada nos últimos 50 cm de profundidade a partir da superfície, é marcada pelo expressivo teor de frações grossas < 50% acompanhado pela redução expressiva da fração argila.

Figura 3.3: Seção colunar, perfil faciológico e diagrama granulométrico do registro estratigráfico da seção Baixa do Galo (Mata Grande)



3.3.1.2 Geocronologia

Foram obtidas três idades dos sedimentos por LOE, conforme expostos na tabela 3.1. Os sedimentos do nível 50 – 60 cm tem idade média de 560 ± 40 anos AP. As doses equivalente/paleodose (Gy) obtidas em cada uma das 10 alíquotas apresentam variações entre o mínimo de 465 anos AP e o máximo de 705 anos AP, para o conjunto de alíquotas analisadas, o que exprime, desse modo, aceitabilidade do valor estabelecido.

A idade obtida para os sedimentos do nível 300 cm é de 5.000 ± 265 anos AP. As doses equivalente/paleodose (Gy) obtidas nas alíquotas analisadas apresentam variações entre o mínimo de 3.961 anos AP e o máximo de 5.783 anos AP, para o conjunto das 10 alíquotas, o que denota aceitabilidade do valor obtido.

Já a idade obtida para os sedimentos do nível 360 cm é de 7.800 ± 320 anos AP. As doses equivalente/paleodose (Gy) obtidas nas alíquotas analisadas apresentam variações entre o mínimo de 7.011 anos AP e o máximo de 8.233 anos AP, para o conjunto das 10 alíquotas. Dessa forma, assim como as amostras anteriores, o valor obtido exprime aceitabilidade para o método.

Tabela 3.1: Resultados das datações por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) em grãos de quartzo pelo protocolo SARs (Single Aliquot Regenerative-dose) com 10 alíquotas da seção Baixa do Galo (Mata Grande).

Prof. (cm)	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Umidade (%)	Dose Anual (uGy/ano)	Dose Equivalente (Gy) ky	Desvio Padrão Idade (anos AP)
50– 60 cm	$15,675 \pm$ 0,718	$4,799 \pm$ 0,236	$10,046 \pm$ 0,366	5,2	11.625 ± 295	6,5	560 ± 40
300 cm	$15,431 \pm$ 0,719	$4,329 \pm$ 0,238	$8,707 \pm$ 0,357	7,1	10.150 ± 285	50,4	5.000 ± 265
360 cm	$19,136 \pm$ 0,863	$5,660 \pm$ 0,272	$9,445 \pm$ 0,360	5,7	11.490 ± 290	89,4	7.800 ± 320

3.3.1.3 Microsedimentologia

Foram realizadas dez análises microssedimentológicas em oito subfácies SMd, camadas III, V, VI, VII, VIII, IX, X e XI, cuja camadas III e VII tiveram duas lâminas analisadas (base e topo). De acordo com os critérios sedimentológicos em campo a litologia lama arenosa teria fábrica maciça. Em escala microscópica foi possível checar a fábrica identificada em

afloramento, bem como individualizar atributos remanescentes da área fonte dos depósitos de colúvio e decorrentes dos processos deposicionais, bem como modificações pós-deposicionais (Paisani e Pontelli, 2012; Paisani e Manica, 2025). Contudo, foi dada maior ênfase aos atributos passíveis de identificar os processos deposicionais.

O Quadro 3.1 traz os atributos sedimentológicos descritos em afloramento e atributos microsedimentológicos. A análise microsedimentológica permitiu individualizar na área da seção delgada de duas a seis laminações com contatos superiores paralela-ondulada-contínua (dominante) a não-paralela-ondulado-contínua e matriz (microfábrica) granular a densa (Paisani et al., 2023a), na maioria das vezes com ambas em diferentes proporções. A matriz granular (macroagregados; > 0,25mm) é constituída de pedosedimentos do tipo pedes (dominante), nódulos pedomórficos de forte impregnação e pápulas.

A fração grossa da matriz densa é constituída de minerais anisotrópicos dominado por quartzo (estima-se feldspato, biotita, homblenda, monzonito, dentre outros) e magnetita e/ou ilmenita (isotrópico). Esses constituintes apresentam predomínio de baixa esfericidade e variam entre muito angulares a sub-angulares com raros grãos sub-arredondado, com frações que variam de grânulo a areia muito fina (Figura 3.4 – a; Figura 3.5 – a e Apêndice B). A fração fina dessa matriz, por sua vez, estima-se ser constituída de diferentes proporções de argilominerais 2:1, 1:1, e óxi-hidróxidos de ferro.

A microestrutura da fração fina (b-fabric) é formada por salpicada (dominante), indiferenciada, paralelaestriada e granoestriada. A microestrutura da fração grossa (c-fabric) é dominada por microestrutura deformacional tipo galáxia. Também se regista diferentes proporções de bandeamento, empilhamento de grãos, cometa e randômica. Modificações pós-deposicionais ou sin-deposicionais se destacam poros tipo intergranular, cavidade, canal e fissural, além de microfeições induzidas pela água (quaserevestimentos de depleção ou de impregnação de grão ou poro). A microestrutura galáxia, também denominada *turbate*, *rotate*, *rotation* e *microcircle*; é definida como alinhamento circular ou elipsoidal da fração grossa (mineral ou pedosedimentos) com ou sem um *core stone* (van der Meer, 1993; Phillips, 2006; Paisani et al., 2023a,b; Paisani; Manica, 2025). Já a microestrutura cometa é caracterizada enquanto disposição arqueada da fração grossa (Paisani et al., 2023a). A microestrutura bandeamento corresponde aos teores modestos de areia em relação a matriz lamosa cujo grãos estão alinhados. Enquanto a microestrutura empilhamento de grãos é definida como teores modestos de areia em relação a matriz lamosa, cujos grãos estão em contato pontual e/ou

côncavo-convexo e/ou longitudinal. Enfim, a microestrutura randômica se refere à ausência de alinhamento dos grãos da fração grossa.

Desses atributos, as frações fina e grossa que compõem a matriz, bem como os pedosedimentos são remanescentes dos materiais da área fonte, dominado pela fração fina. Já os atributos das microestruturas da fração grossa (c-frabric) são indicativos das características dos fluxos responsáveis pela sedimentação.

Quadro 3.1: Descrição Microestratigráfica/Microsedimentológica da seção Baixa do Galo (Mata Grande)

Macroestratigrafia				Microsedimentologia/Microestratigrafia										
Organização da camada em afloramento				Organização interna da camada										
Camada	Profundidade (m)	Litologia	Fábrica em afloramento	Organização interna geral da camada				Composição e Fábrica da matriz				Modificações sin- e pós-deposicionais		
				Micro-fábrica	Laminação	Limite Superior	Tipo de matriz	Composição das Frações Granulométricas		Fábrica das Frações Granulométricas		Poros	Microfeições induzidas pela água	Pedalidade
								Fino	Grosso	Micro-estrutura da fração fina	Micro-estrutura da fração grossa			
XI	0,6 – 0,5	Lama organo-mineral arenosa	Maciça	Laminada	II	-	Granular > denso	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (pápula > nódulo > agregado de solo)	Salpicada > indiferenciada > poroestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub horizontal > sub vertical > empilhamento de grãos > cometa	Intergranular > cavidade > canal > fissural	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos > quaserevestimento de depleção de poros	Ausente
				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > pápula)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > sub horizontal > randômico	Intergranular > cavidade > canal	Depleção mátrica > impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	
				Laminada	II	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² >	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > vertical > sub horizontal > cometa	Intergranular > cavidade > fissuras	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente

X	0,9 – 0,8	Lama organo-mineral arenosa	Maciça	Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (pápula > nódulo > agregado de solo)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub horizontal > sub vertical > cometa	Intergranular > cavidade	Quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente
				Laminada	III	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > empilhamento de grãos > cometa	Intergranular > cavidade > fissural	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
IX	1,1 – 1,0	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > granoestriada > poroestriada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical	Intergranular > fissural > cavidade	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos > quaserevestimento de depleção de poros	Ausente

				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > poroestriada > granoestriada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > sub horizontal > cometa > randômico	Intergranular > fissural > cavidade > canal	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de poros > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
VIII	1,3 - 1,2	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > poroestriada > granoestriada > indiferenciada	Galáxia > randômico > bandeamento imbricado > sub vertical > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade > fissural > canal	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de poros > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada > poroestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > cometa	Intergranular > cavidade > fissural > canal > câmara	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos > quaserevestimento de depleção de poros	Ausente
				Laminada	III	-	Granular > denso	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita	Salpicada > Indiferenciada > granoestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical	Intergranular > cavidade > fissural	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos >	Ausente

								hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimen- mentos (agregado de solo > pápula)				quaserevestimento de depleção de grãos		
VII	1,7 – 1,6	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimen- mentos (agregado de solo)	Salpicada > indiferen- cia- da > granoestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > fissural > cavidade	Quaserevestimento de impregnação de grãos > depleção mátrica > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
VII	1,9 – 1,8	Lama arenosa	Maciça	Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimen- mentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferen- cia- da > granoestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > cometa	Intergranular > fissural > cavidade	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos >	Ausente
VII	1,9 – 1,8	Lama arenosa	Maciça	Laminada	III	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimen- mentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferen- cia- da	Galáxia > bandeamento sub horizontal > cometa	Intergranular > fissura > cavidade	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente

				Laminada	II	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical	Intergranular > cavidade > fissural	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Randômico > galáxia > cometa	Intergranular > cavidade > fissural > câmara > canal	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
VI	2,1 – 2,0	Lama arenosa	Maciça	Laminada	III	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > cometa > randômico	Intergranular > cavidade > canal	Qauserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
				Laminada	II	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² >	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade > canal	Qauserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente

									pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo)					
				Laminada	I	Não-paralela- ondulada- contínua	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada	Randômico	Intergranular	Quaserevestim- ento de impregnação de grãos	Ausente
				Laminada	III	-	Granular > denso	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada	Bandeamento sub horizontal > randômico	Intergranular > cavidade	Quaserevestim- ento de impregnação de grãos	Ausente
V	2,3 – 2,2	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	Paralela- ondulada- contínua	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > Indiferencia- da	Bandeamento sub horizontal > sub vertical > randômico > galáxia	Intergranular > cavidade > fissural	Quaserevestim- ento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
				Laminada	I	Paralela- ondulada- contínua	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos -	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato,	Salpicada > Indiferencia- da > granoestriada	Galáxia > bandeamento sub horizontal >	Intergranular > cavidade > câmara > canal	Quaserevestim- ento de impregnação de grãos	Ausente

							hidróxidos de ferro ¹	biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)		sub vertical > cometa			
			Laminada	VI	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > empilhamento de grãos > cometa	Intergranular > cavidade > canal	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente
			Laminada	V	Paralela-ondulada-contínua	Granular > denso	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > pápula)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > empilhamento de grãos > bandeamento sub horizontal > cometa	Intergranular > cavidade	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção dos grãos	Ausente
			Laminada	IV	Não-paralela-ondulada-contínua	Granular > densa	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo >	Salpicada > indiferenciada	Randômico > empilhamento de grãos > galáxia	Intergranular > cavidade	Quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente

								nódulo)						
III	2,7 - 2,6	Lama arenosa	Maciça	Laminada	III	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > granoestriada > indiferenciada	Galáxia > empilhamento de grãos > bandeamento sub horizontal > cometa	Intergranular > cavidade > fissural	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção dos grãos	Ausente
				Laminada	II	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > empilhamento de grãos > bandeamento sub horizontal	Intergranular > cavidade > fissural	Quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de depleção de grãos	Ausente
				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Granular > denso	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > granoestriada > indiferenciada	Galáxia > randômico	Intergranular > cavidade > fissural > canal	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente
				Laminada	III	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ²	Salpicada > granoestriada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento sub horizontal >	Cavidade > fissura > intergranular > canal > câmara	Depleção mátrica >	Ausente

								> magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > pápula)		imbricado > cometa > empilhamento de grãos		quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimentos de impregnação de grãos		
III	2.9 - 2,8	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	Paralela- ondulada- contínua	Granular > denso	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > pápula)	Salpicada > granoestriada > indiferencia- da	Randômico > empilhamento de grãos	Intergranular > câmara > canal > cavidade > fissural	Quaserevestiment o de impregnação de grãos > revestimentos de impregnação de grãos	Ausente
				Laminada	I	Paralela- ondulada- contínua	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > pápula)	Salpicada > indiferencia- da> Paralelo- estriada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > cometa > empilhamento de grãos	Cavidade > canal > fissural > intergranular	Quaserevestiment o de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente

¹ Estimado mediante da birrefringência; ² Muito anguloso > anguloso > sub-anguloso > sub-arredondado

Figura 3.4: Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada (SMd) em depósitos de colúvio camada III base – seção Baixa do Galo. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Microestrutura do tipo Galáxia em laranja (1). Microestrutura do tipo Empilhamento de grãos (2). Fundo matricial salpicado (3). Microestrutura do tipo cometa em fundo matricial denso e pontilhado verde indicando a divisão entre fundo matricial denso e granular (4). Microestrutura do tipo randômica/aleatória (5).

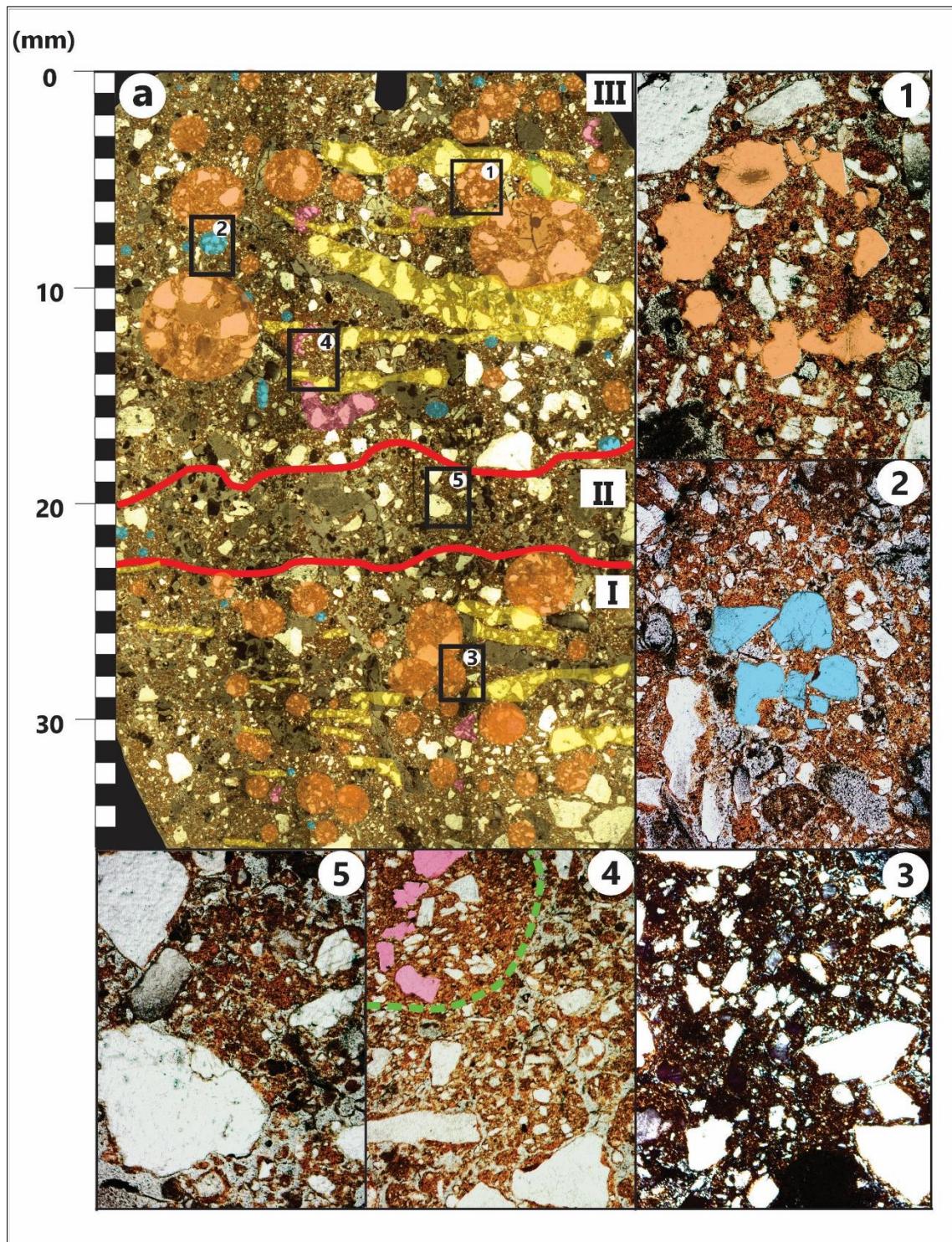
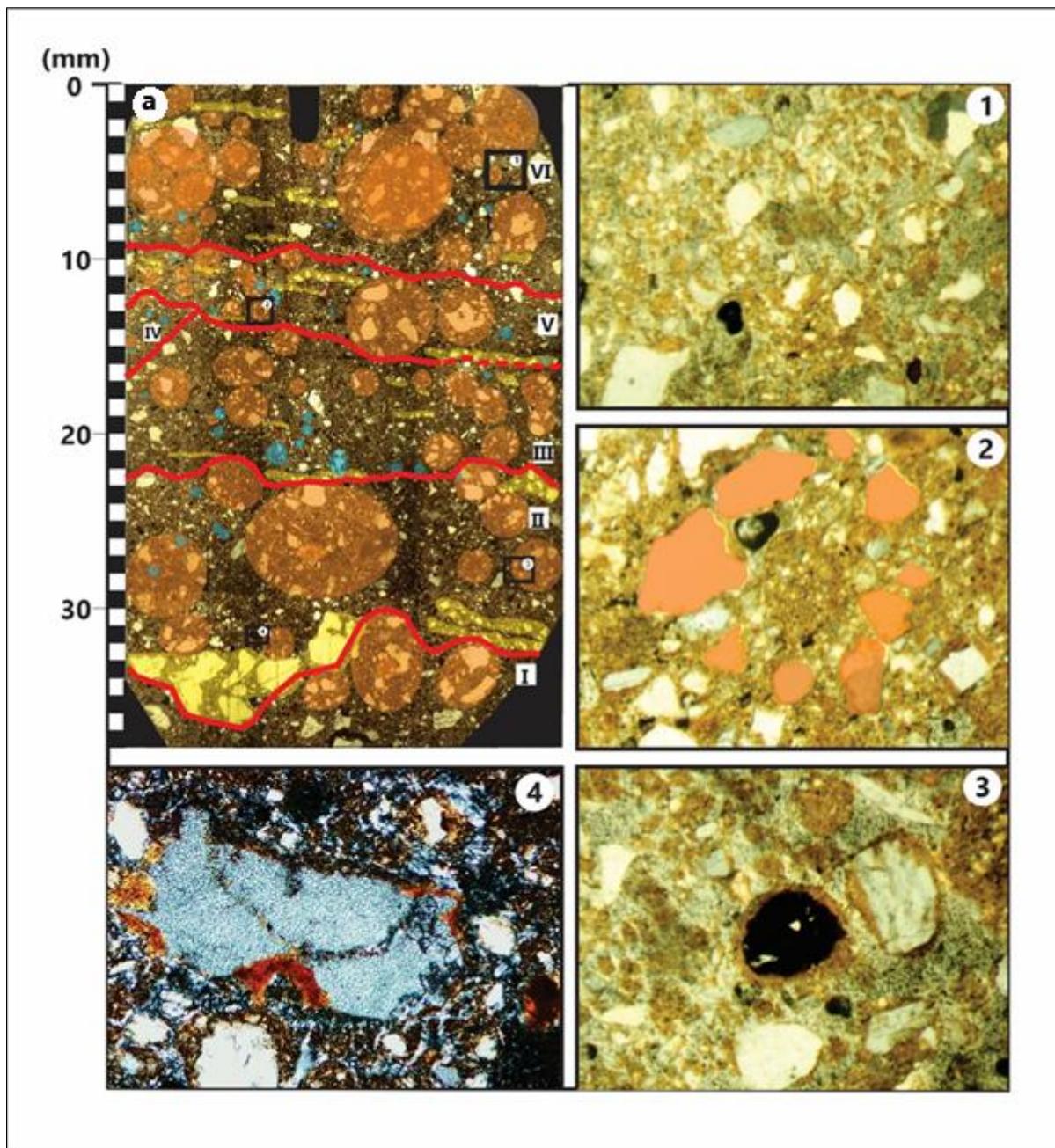


Figura 3.5: Microestruturas sedimentares identificadas na fácies lama arenosa laminada (SMd) em depósitos de colúvio camada III topo – seção Baixa do Galo. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Poros do tipo intergranulares (1). Microestrutura do tipo Galáxia em laranja (2). Pedofeição do tipo nódulo (3). Microfeição induzida pela água do tipo quaserevestimento de impregnação de grão (4).



3.3.2 Seção Preguiçoso (Água Branca)

3.3.2.1 Macroestratigrafia

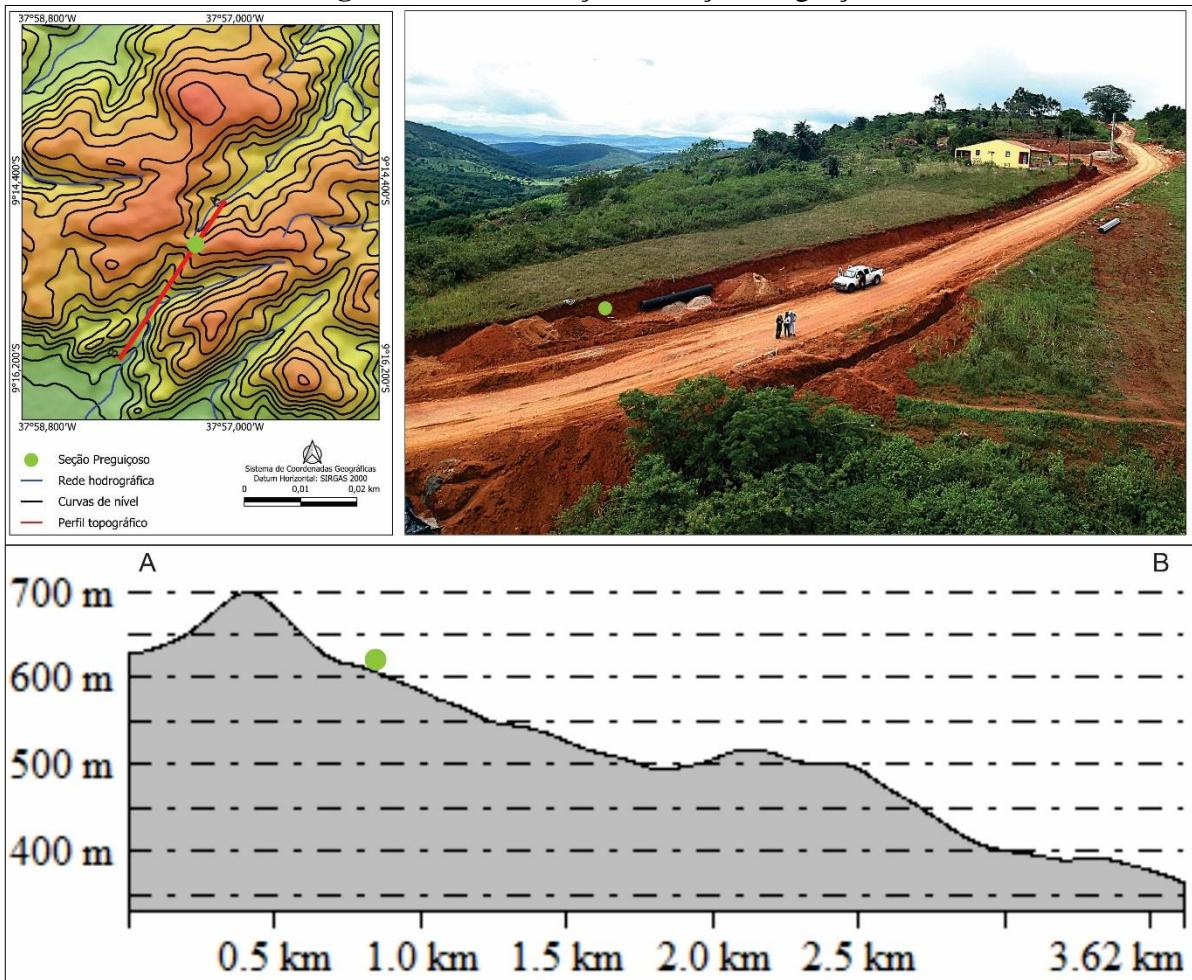
A seção Preguiçoso está localizada no maciço de Água Branca - AL, em contexto de paleoencosta, no setor mediano. A seção possui aproximadamente 200 cm de profundidade e está exposta em corte de estrada vicinal da zona rural do município de Água Branca (Figura 3.6). O perfil estratigráfico correspondente a essa seção sintetiza às informações do afloramento e pode ser observado por meio da figura 3.7. O registro estratigráfico é composto por lama arenosa laminada (laminação horizontal) (SMd), lama cascalhenta maciça (GMm) e cascalho lamoso maciço (MGm), similarmente ao identificado para a seção Baixa do Galo (Setor Distal). Em campo, a litologia lama arenosa aparenta ser maciça, mas a análise microsedimentológica mostrou ser constituída por laminações (Quadro 3.2).

Ao aplicar os mesmos critérios já mencionados para a seção Baixa do Galo (Setor Distal), a primeira fácie estratigráfica, situada na seção colunar entre 200 e 170 cm de profundidade, possui em média 30 cm de espessura, e se individualiza como lama arenosa laminada (SMd) com cor 5YR 4/2. A segunda fácie, compreendendo as profundidades de 170 e 140 cm da seção colunar, possui 30 cm de espessura média, e se individualiza como cascalho lamoso maciço (MGm) cor 5YR 6/2. A terceira fácie, situada no intervalo de 140 e 130 cm de profundidade na seção colunar, possui em média 10 cm de espessura, e se individualiza enquanto lama arenosa laminada (5YR 6/4). Já a quarta fácie, possui 20 cm de espessura média, estando na seção colunar entre 130 e 110 cm de profundidade, e se individualiza como lama cascalhenta maciça (5YR 6/4).

A quinta fácie, possui em média 10 cm de espessura, compreendendo as profundidades de 110 e 100 cm na seção colunar, e se individualiza como areia lamosa maciça (5YR 5/2). A sexta fácie, representada na seção colunar no intervalo de 100 e 80 cm de profundidade, possui 20 cm de espessura e se individualiza como lama cascalhenta maciça (5YR 5/2). A sétima fácie, possui uma espessura média de 20 cm, compreendendo as profundidades de 80 e 60 cm da seção colunar, e se individualiza como lama arenosa laminada (5YR 5/2). Já a oitava fácie, presente na seção colunar no intervalo de 60 e 40 cm de profundidade, possui uma espessura média de 20 cm e apresenta textura lama cascalhenta maciça (5YR 5/2). A nona fácie possui espessura média de 40 cm, compreendendo as profundidades entre 40 e 0 cm de profundidade na seção colunar e individualiza-se como lama organo-mineral arenosa laminada (5YR 5/2).

No geral, percebe-se que o registro estratigráfico corresponde a uma sucessão de fácies que se repetem, com destaque para SMd.

Figura 3.6: Localização da Seção Preguiçoso



Elaboração: Autora (Foto: Junho/2023)

Igualmente ao aplicado para o perfil estratigráfico da seção anterior, os limites verticais das fácies foram confirmados a partir do diagrama granulométrico das matrizes (Figura 3.7). Esse diagrama evidenciou que a fácie lama arenosa laminada (SMd) apresenta variações significativas nos tamanhos de grãos, tanto no depósito da base quanto do topo da sucessão sedimentológica (Figura 3.7), permitindo distinguir subfácies internas. A seguir, descrição das características granulométricas das matrizes de todas as camadas.

A matriz da camada I (subfácie SMd) tem espessura média de 20 cm e encontra-se entre as profundidades de 200 a 180 cm da seção colunar. Ela apresenta uma diminuição gradual de silte, acompanhada de uma súbita diminuição de argila 30%, sobretudo, de areia 35%. As frações tendem a aumentar gradativamente no topo da unidade. Já a camada II (subfácie SMd)

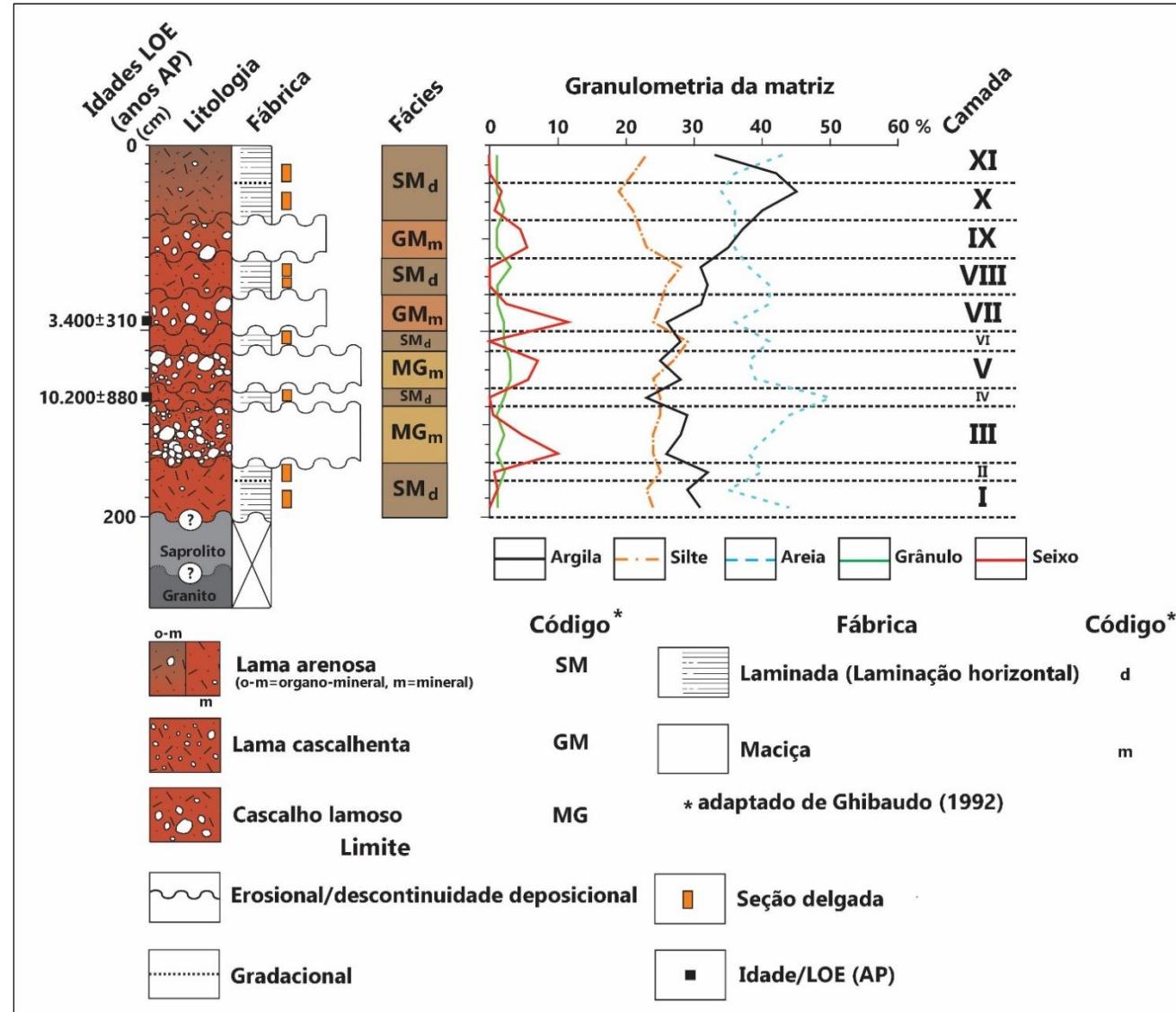
possui espessura média de 10 cm e está situada no intervalo de 180 e 170 cm de profundidade na seção colunar. Essa camada apresenta um aumento gradual das frações seixo e granulo, com aumento súbito das frações silte 28%, areia 34% e argila 42%.

A camada III (fácies MGm) foi reconhecida com 30 cm de espessura média, disposta na seção colunar entre 170 e 140 cm de profundidade, e apresenta um aumento súbito da fração seixo na base 12%, que segue diminuindo gradualmente até desaparecer, na base. As frações areia 47% e argila 32% aumentam de forma gradativa da base até o topo, enquanto as frações granulo e silte seguem um padrão com pouca oscilação. Já a camada IV (fácies SMd) tem espessura média de 10 cm e está na seção colunar entre 140 e 130 cm de profundidade. Ela apresenta aumento gradual da fração grânulo 3% com diminuição abrupta da fração argila 25% e aumento súbito da fração areia 50%.

A camada V (fácies MGm) foi reconhecida com 20 cm de espessura média, entre as profundidades de 130 e 110 cm na seção colunar, e se individualiza diante do aumento súbito de seixos 9%, aumento gradual da fração silte 28% seguido da diminuição das frações areia e argila. Já a camada VI (fácies SMd) apresenta espessura de 10 cm e está presente entre 110 e 100 na seção estratigráfica colunar, destoa-se da anterior apresentando aumento abrupto das frações silte, areia e argila, enquanto a fração seixo diminui subitamente.

As camadas VII (GMm) e VIII (SMd) têm matriz caracterizada pelo aumento abrupto da fração seixo 13% na base e diminuição abrupta das frações silte, argila e areia. Após esse pico, as frações silte, argila e areia aumentam gradativamente, enquanto a fração seixo diminui também gradativamente. A fração grânulo apresenta um aumento súbito na base da camada VIII. As camadas IX (GMm) e X (subfácies SMd) têm em comum a constância do aumento gradual da fração argila 46%, enquanto as frações silte 19% e areia 31% diminuem gradativamente, e a fração seixo tem aumento abrupto na base 7%, com a fração grânulo seguindo um padrão de pouca oscilação 1%. Por fim, a camada XI (subfácies SMd) é reconhecida com espessura média de 20 cm e exposta nos últimos 20 cm da colunar, se individualiza pelo aumento das frações silte 22% e areia 42%, enquanto a fração argila diminui 32% e as frações seixo 0% e grânulo 1% seguem sem oscilações.

Figura 3.7: Seção colunar, perfil faciológico e diagrama granulométrico do registro estratigráfico da seção da seção Preguiçoso (Água Branca)



3.3.2.2 Geocronologia

As idades dos sedimentos por LOE dessa seção foram reanalisadas do trabalho de Silva (2019) que, na ocasião, coletou amostras nos intervalos de 97 e 140 cm (tabela 3.2). Os sedimentos do nível 97 cm tem idade média de 3.400 ± 310 anos AP. As doses equivalente/paleodose (Gy) obtidas em cada uma das 10 alíquotas apresentam variações entre o mínimo de 2.245 anos AP e o máximo de 4.558 anos AP, para o conjunto de alíquotas analisadas, expondo aceitabilidade do valor estabelecido.

Já a idade obtida para os sedimentos do nível 140 cm é de 10.200 ± 880 anos AP. As doses equivalente/paleodose (Gy) obtidas nas alíquotas que foram analisadas apresentam variações entre o mínimo de 6.884 anos AP e o máximo de 12.148 anos AP, para o conjunto das 10 alíquotas, conforme aceitabilidade para o método.

Tabela 3.2: Resultados das datações por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) em grãos de quartzo pelo protocolo SARs (Single Aliquot Regenerative-dose) com 10 alíquotas da seção Preguiçoso (Água Branca).

Prof. (cm)	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Umidade (%)	Dose Anual (uGy/ano)	Dose Equivalente (Gy) ky	Desvio Idade (anos AP) Padrão
97 cm	$22,953 \pm 1,023$	$4,978 \pm 0,253$	$9,681 \pm 0,373$	6,3	11.760 ± 300	39,7	3.400 ± 310
140 cm	$14,914 \pm 0,676$	$4,227 \pm 0,211$	$6,251 \pm 0,263$	5,2	7.960 ± 215	81,2	10.200 ± 880

3.3.2.3 Microsedimentologia/Microestratigrafia

Foram realizadas oito análises microssedimentológicas em sete camadas I, II, IV, VI, VIII, X e IX (fácies e subfácies SMd), cuja camada VII teve duas lâminas analisadas (base e topo). Segundo os critérios sedimentológicos aqui também se percebe que em campo a fábrica aparenta ser maciça, mas foram identificadas laminationes em microescala. O Quadro 3.2 traz os atributos sedimentológicos descritos em afloramento e pela Microssedimentologia. Igualmente ao reconhecido para seção Baixa do Galo a matriz granular (macroagregados: $>0,25\text{mm}$) é constituída de pedosedimentos do tipo pedes (dominante), pápulas e nódulos pedomórficos de forte impregnação (Figura 3.8 – 3).

A fração grossa da matriz densa é constituída de minerais anisotrópicos, principalmente por quartzo (estima-se feldspato, biotita, homblenda, monzonito, dentre outros) e magnetita

e/ou ilmenita (isotrópico). Esses constituintes apresentam-se majoritariamente com baixa esfericidade variando entre muito angulares a sub-angulares, com raros grãos sub-arredondados, essas frações variam de grânulo a areia muito fina (Figura 3.8 – a, 3.9 - a e Apêndice – C). A fração fina dessa matriz, estima-se ser constituída de diferentes proporções de argilominerais 2:1, 1:1 e oxi-hidróxidos de ferro.

A microestrutura da fração fina (b-fabric) é constituída por salpicada (dominante), indiferenciada, granoestriada e poroestriada. A microestrutura da fração grossa (c-fabric) é dominada por microestrutura deformacional do tipo galáxia, foi registrado também diferentes proporções de bandeamento, cometa, empilhamento de grãos e randômica. Entre as modificações pós-depositionais ou sin-depositionais se destacam os poros do tipo intergranular, cavitário, câmara, canal e fissural, além de microfeições induzidas pela água (impregnação mátrica, depleção mátrica, quaserevestimento de impregnação ou de depleção de grão ou poro).

De modo geral, as frações fina e grossa que compõem a matriz, bem como os pedosedimentos são remanescentes dos materiais da área fonte, dominado pela fração fina. Já os atributos das microestruturas da fração grossa são indicativos dos fluxos responsáveis pela sedimentação.

Quadro 3.2: Descrição Microestratigráfica/Microsedimentológica da seção Preguiçoso (Água Branca)

Macroestratigrafia				Microsedimentologia/Microestratigrafia										
Organização da camada em afloramento				Organização interna da camada										
Camada	Profundidade (m)	Litologia	Fábrica em afloramento	Organização interna geral da camada				Composição e Fábrica da matriz				Modificações sin- e pós-deposicionais		
				Micro-fábrica	Laminação	Limite Superior	Tipo de matriz	Composição das Frações Granulométricas		Fábrica das Frações Granulométricas		Poros	Microfeições induzidas pela água	Pedalidade
								Fino	Grosso	Micro-estrutura da fração fina	Micro-estrutura da fração grossa			
XI	0,2 – 0,1	Lama organo-mineral arenosa	Maciça	Laminada	II	-	Denso ≥ granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > pápula)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub horizontal > sub vertical > cometas	Intergranular > cavidade > canal	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos >	Ausente
				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso ≥ granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > sub horizontal > cometa > empilhamento de grãos			
X	0,3	Lama organo-mineral arenosa	Maciça	Laminada	II	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > sub horizontal > cometa	Intergrnular > cavidade > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente

								(agregado de solo > nódulo > pápula)						
				Laminada	I	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > sub horizontal	Intergranular > canal > cavidade > fissural	Impregnação mátrica > depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
				Laminada	III	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicado > indiferenciada > granoestriada > poroestriada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade	Impregnação mátrica > depleção mátrica > quaserevestimento de depleção de grãos > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente
VIII	0,7 – 0,6	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > pápula)	Salpicada > granoestriada > poroestriada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical	Intergranular > cavidade	Impregnação mátrica > depleção mátrica > quaserevestimento de depleção de grãos > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente
				Laminada	I	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais	Minerais anisotrópicos (quartzo,	Salpicada > granoestriada >	Galáxia >	Canal > câmara > intergranular >	Impregnação mátrica >	Ausente

								2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹ 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosídimentos (agregado de solo > nódulo > pálula)	poroestriada > indiferenciada	bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa	cavidade > fissural	quaserevestimento de depleção de grãos > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	
VIII	0,7	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosídimentos (agregado de solo > nódulo > pálula)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa	Intergranular > cavidade > fissural	Impregnação mátrica > revestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente
				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosídimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa> empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos >	Ausente
VI	1,1 – 1,0	Lama cascalhenta	Maciça	Laminada	II	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ²	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > Bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa	Intergranular > cavidade > câmara > canal > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente

								pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)						
			Laminada	I	Paralela- ondulada- contínua	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferencia- da	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade > câmara > canal > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente	
			Laminada	III	-	Denso> granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferencia- da	Galáxia > bandeamento imbricado > sub horizontal > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente	
IV	1,3 – 1,2	Lama cascalhen- ta	Maciça	Laminada	II	Não-paralela- ondulada- contínua	Denso> granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferencia- da > granoestriada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente

				Laminada	I	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso>granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa	Intergranular > cavidade > canal	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente
II	1,8 – 1,7	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	-	Denso>granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento > sub horizontal > sub vertical > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade > canal > câmara > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente
				Laminada	I	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso>granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > Bandeamento sub horizontal > granoestriada	Intergranular > cavidade > canal > fissural > vesícula	Depleção mátrica > impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
	1,95 – 1,85	Lama arenosa	Maciça	Laminada	III	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos – hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ²	Salpicada > Indiferenciada	Galáxia > bandeamento sub horizontal > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade > cana l > câmara > fissural	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente

							> magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)						
I			Laminada	II	Não-paralela- ondulada- contínua	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferencia- da	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > randômico	Intergranular > cavidade > fissural > canal > câmara	Depleção mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente
			Laminada	I	Não-paralela- ondulada- contínua	Granular > denso	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferencia- da	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > empilhamento de grãos > cometa	Intergranular > cavidade > canal > fissural	Depleção mátrica > impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de impregnação de poros>	Ausente

¹ Estimado mediante da birrefringência; ² Muito anguloso > anguloso > sub-anguloso > sub-arredondado

Figura 3.8: Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada em depósito de colúvio camada VI – seção Preguiçoso. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Pedofeição do tipo pápula (1). Microfeição induzida pela água do tipo depleção mátrica (2). Pedofeição do tipo nódulo (3). Microestutura do tipo Galáxia sem core central em laranja (4).

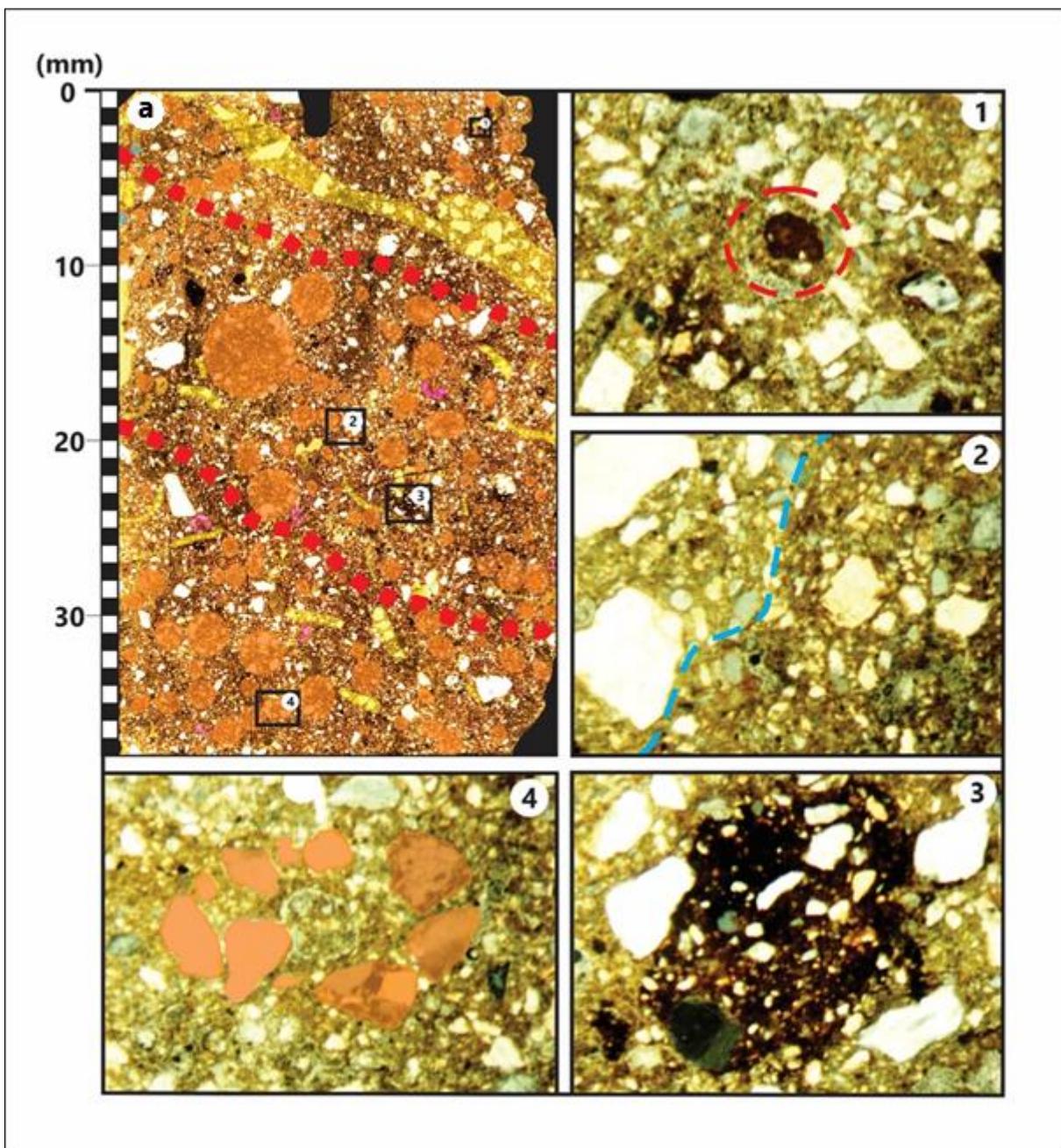
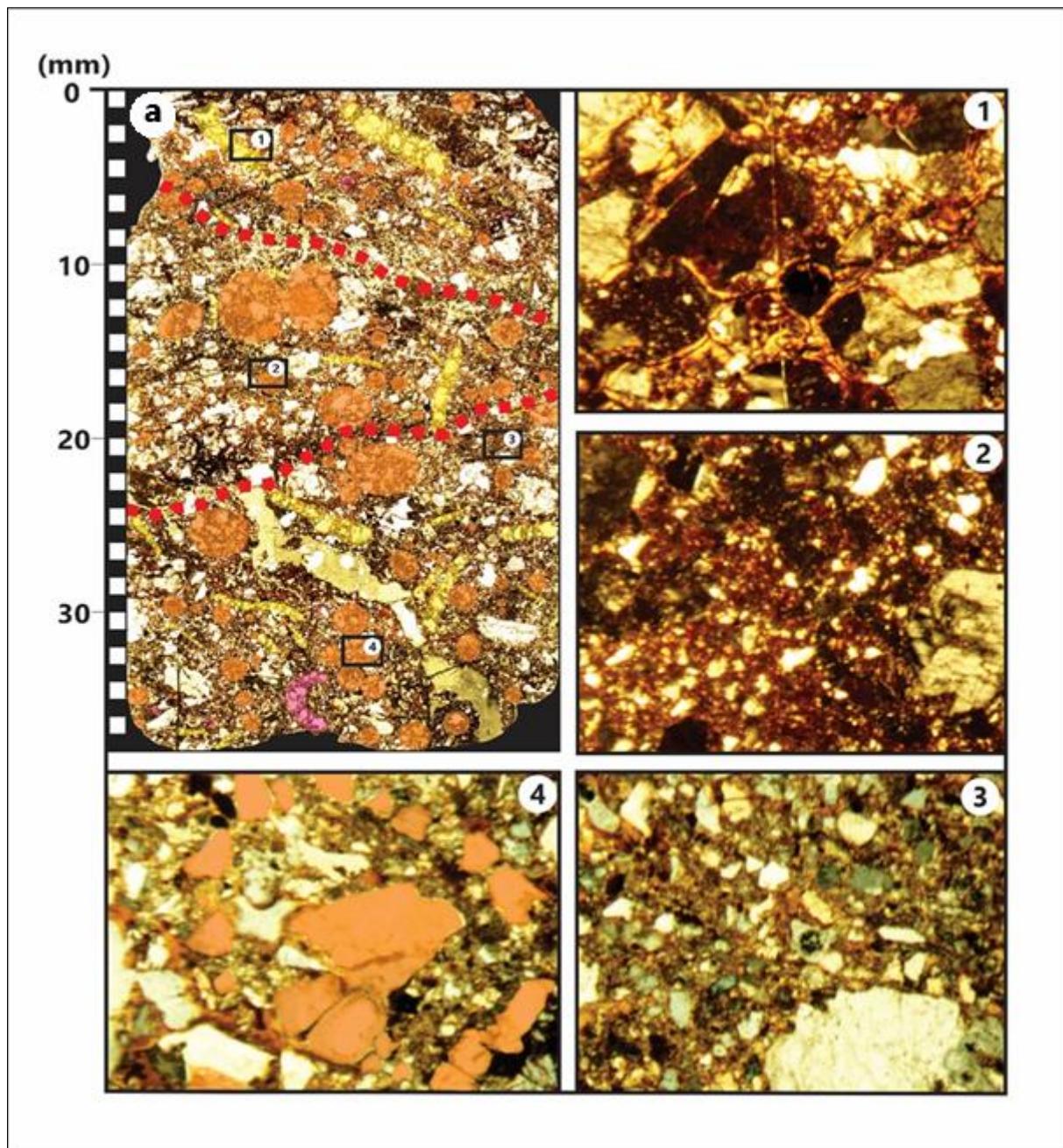


Figura 3.9: Microestruturas sedimentares identificadas na fácies de lama arenosa laminada em depósito de colúvio unidade VIII – seção Preguiçoso. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Fundo matricial do tipo granoestriada (1). Fundo matricial do tipo salpicado (2). Fundo matricial do tipo granular (3). Microestrutura deformacional do tipo galáxia com core central (4).



3.3.3 Seção Batuque (Água Branca)

3.3.3.1 Macroestratigrafia

A seção Batuque está localizada no maciço de Água Branca – AL, em contexto de encosta, no setor proximal. A seção possui aproximadamente 240 cm de profundidade e está exposta em corte de uma estrada vicinal, na zona rural do município de Água Branca (Figura 3.10). O perfil estratigráfico revela que igualmente às seções anteriores existe uma sucessão de fácies lama arenosa laminada (SMd), lama cascalhenta maciça (GMm) e cascalho lamoso maciço (MGm) (Figura 3.11). Seguindo a descrição da base para o topo, a primeira fácie (SMd), com três subfácies, se situa entre 240 e 180 cm de profundidade, com espessura de 70 cm e tem cor 7.5YR 6/8.

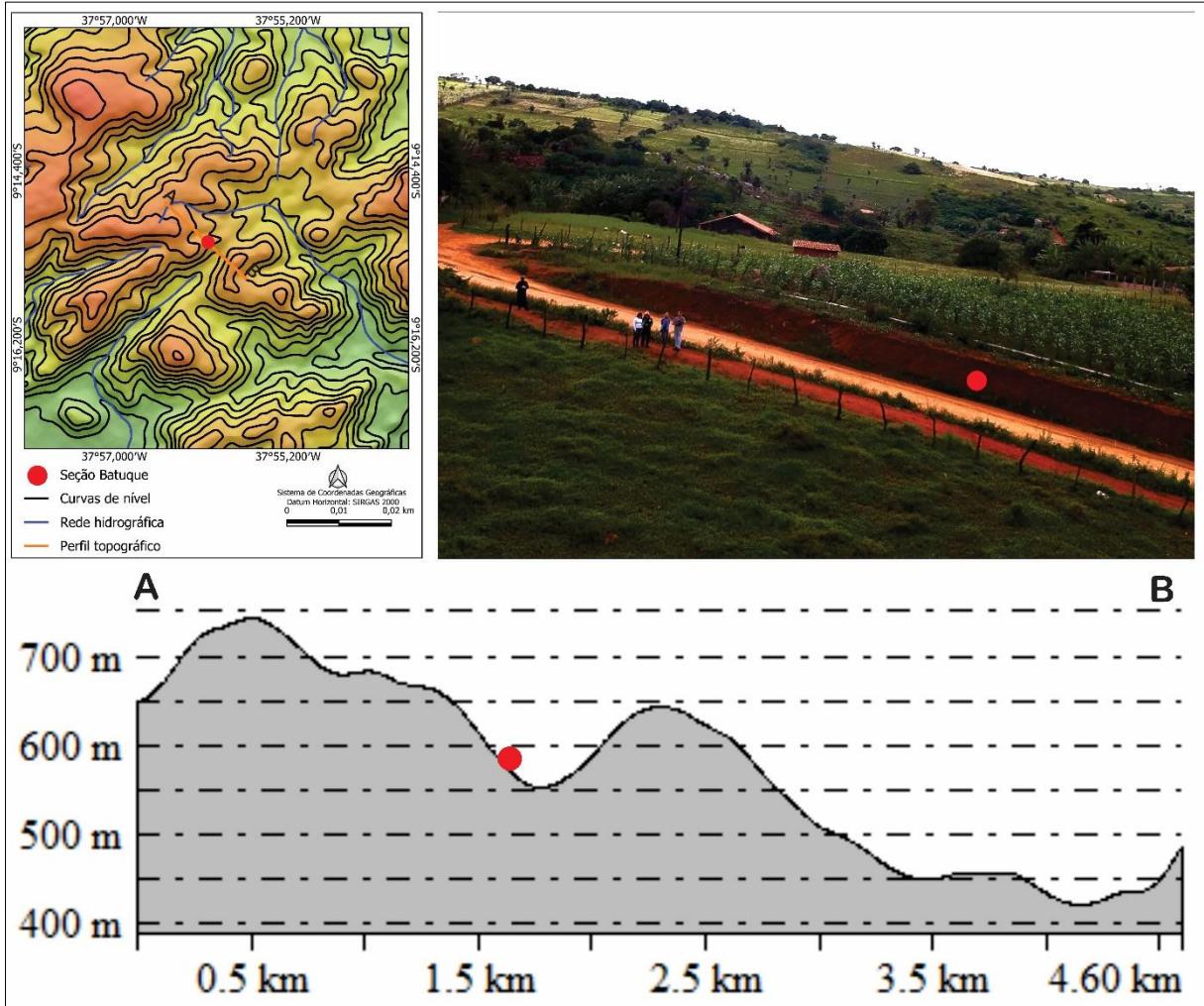
A segunda fácie (GMm), presente entre as profundidades 170 e 150 cm da seção colunar, possui 30 cm de espessura, e cor 5YR 5/8. Nesta profundidade foram encontrados clastos “flutuantes” medindo em média 8 a 10 cm. A terceira fácie (SMd) tem duas subfácies e se localizada na seção colunar entre as profundidades 150 e 120 cm, com média 30 cm de espessura com cor 7.5YR 4/6. A quarta fácie (MGm) apresenta 20 cm de espessura e está situada na seção colunar entre as profundidades 120 e 100 cm com clastos suportados e matriz cor 7.5YR 5/8. Já a quinta fácie (SMd) tem quatro subfácies e se encontra entre 100 e 0 cm de profundidade com matriz organo – mineral laminada cor 7.5YR 4/3.

Como observado na figura 3.11 percebe-se diferentes tendências na granulometria das matrizes com a profundidade. A camada I (subfácie SMd) possui espessura de 20 cm e está localizada entre as profundidades 240 e 220 cm da seção colunar. Ela apresenta um súbito aumento na fração silte 35% enquanto as demais frações diminuem, sobretudo, a fração areia 42% seguida da argila 20%, grânulo 1% e seixo 0%. À medida que a unidade se aproxima do topo, a fração silte diminui abruptamente 20%, enquanto as frações areia 52%, argila 22% e grânulo 3% aumentam.

Já a camada II (subfácie SMd) possui espessura de 30 cm e se encontra entre as profundidades de 220 e 190 cm. Essa camada é marcada pela elevada concentração da fração argila >50% enquanto a fração areia diminui de forma súbita 27%, já as frações grânulo 2% e silte 20% oscilam sutilmente, e a fração seixo permanece com o mesmo padrão da unidade anterior. A camada III (subfácie SMd) está situada entre as profundidades 195 e 175 cm, medindo aproximadamente pouco mais de 20 cm de espessura, apresenta uma diminuição da fração argila 40% que tende a aumentar à medida que se aproxima do topo da unidade

acompanhada pelo aumento das frações seixo 6% e silte 24%, que também diminuem próximo ao topo. Já a fração areia 29% permanece estável em toda extensão da camada.

Figura 3.10: Localização da Seção Batuque



A camada IV (fácie GMm) está situada no intervalo de 180 e 150 cm, com aproximadamente 30 cm de espessura, apresenta uma gradativa diminuição da fração silte 14%, acompanhada pelo aumento gradativo da fração areia e um pico da fração argila >50%. As frações grânulo e seixo permaneceram estáveis próximos a 0%, mas vale ressaltar que em campo, durante a coleta, nesta profundidade foram localizados clastos “flutuantes” medindo cerca de 8 e 10cm de eixo maior.

A camada V (fácie MGm), localizada entre os intervalos 150 e 130 cm de profundidade, apresenta 20 cm de espessura. Esta camada se individualiza por um acentuado pico da fração areia 41% que tende a diminuir gradativamente juntamente com a fração silte, enquanto a argila 56% aumenta gradativamente. A frações grânulo e seixo permanecem nos mesmos padrões

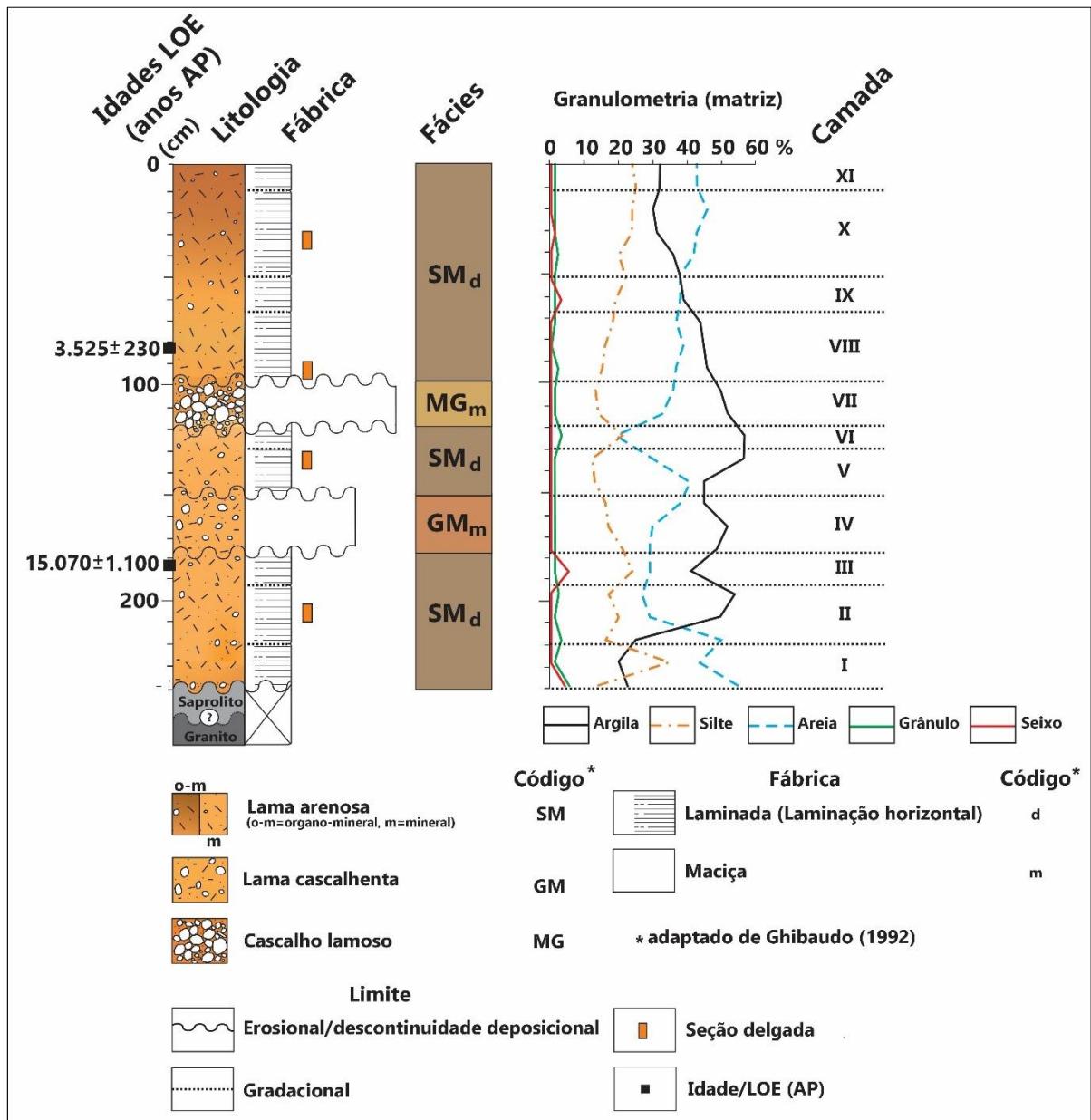
estáveis variando entre 0% e 1%. Já a camada VI (fácies SMd) é encontrada entre as profundidades 130 e 120 cm, possui em média 10 de espessura. Ela apresenta um aumento das frações silte 21% e grânulo 4%, acompanhada pela diminuição da fração areia 20%. A fração argila se manteve estável 55%, tendo uma leve queda ao se aproximar do topo da camada.

A camada VII (fácies MGm) está situada na seção colunar entre os intervalos de 120 a 70 cm, possui em média 50 cm de espessura, sendo a unidade mais espessa da seção. Ela apresenta um aumento gradativo da fração areia 39%, ao mesmo tempo que tem uma perda gradativa das frações silte 18% e argila 41%. A fração grânulo apresentou leves alterações variando entre 0% e 1%, enquanto a fração seixo permaneceu em 0%.

As camadas VIII (subfácies SMd) está localizada entre as profundidades 100 e 70 cm da seção colunar, medindo aproximadamente 30 cm de espessura, e a IX (fácies GMm) se encontra entre os intervalos 70 e 50 cm de profundidade e tem espessura de 20 cm. A camada VIII apresenta um aumento sutil das frações silte 21% e areia 38%, seguido da diminuição gradativa da fração argila 38%. A fração seixo exibiu um leve pico de aumento 3% e a fração grânulo 1% permaneceu estável. A camada IX (fácies GMm) apresenta o mesmo padrão de comportamento, com as seguintes concentrações das frações: areia (43%), argila (31%), silte (24%) e seixos e grânulos variando entre 0% e 2%.

A camada X (subfácies SMd) está situada entre 50 e 10 cm de profundidade, com média de 40 cm de espessura, manteve seu padrão estável, com cerca de 49% de fração areia, 37% de fração argila e 24% da fração silte e 1% da fração grânulo. Por fim, a camada XI (subfácies SMd), situada entre 10 e 0 cm de profundidade (10 cm de espessura), tem uma mudança nos percentuais de areia e silte em relação a subjacente, com cerca de 42% de fração areia, 32% de fração argila e 25% da fração silte e 1% da fração grânulo.

Figura 3.11: Seção colunar, perfil faciológico e diagrama granulométrico do registro estratigráfico da seção da seção Batuque (Água Branca)



3.3.3.2 Geocronologia

Foram obtidas duas idades dos sedimentos por LOE, conforme expostos na tabela 3.3. Os sedimentos do nível 90 – 80 cm de profundidade apresentou uma média de idade de 3.525 ± 230 anos AP. As doses equivalente/paleodose (Gy) obtidas em cada uma das 15 alíquotas apresentaram variações entre o mínimo de 2.871 anos AP e o máximo de 4.778 anos AP, para o conjunto de 15 alíquotas, denotando aceitabilidade no valor obtido.

Já a idade obtida para os sedimentos do nível 190 – 180 cm de profundidade é de 15.070 ± 1.100 anos AP, sendo esta, até então, a idade mais antiga para a área de estudo. As doses equivalentes/paleodose (Gy) obtidas em cada uma das 15 alíquotas apresentam variações entre o mínimo 10.931 anos AP e o máximo 20.515 anos AP, para o conjunto das 15 alíquotas. Deste modo, assim como a amostra anterior, o valor obtido exprime aceitabilidade para o método.

Tabela 3.3: Resultados das datações por Luminescência Oticamente Estimulada (LOE) em grãos de quartzo pelo protocolo SARs (Single Aliquot Regenerative-dose) com 15 alíquotas da seção Batuque (Água Branca).

Prof. (cm)	Th (ppm)	U (ppm)	K (%)	Umidade (%)	Dose Anual (uGy/ano)	Dose Equivalente (Gy) ky	Desvio Padrão Idade (anos AP)
80 - 90 cm	20,57 ± 0,91	5,299 ± 0,212	2,76 ± 0,17	6,4 ± 0,64	5.190 ± 180	18.29 ± 1	3.525 ± 230
180 -190 cm	22,88 ± 1,01	4,948 ± 0,208	1,47 ± 0,12	6,7 ± 0,67	4.080 ± 150	61,5 ± 3,9	15.070 ± 1.100

3.3.3.3 Microssedimentologia/Microestratigrafia

Foram realizadas quatro análises microssedimentológicas uma para cada camada (II, V, VIII e X). Todas elas têm como destaque a individualização de laminações (laminação horizontal). O Quadro 3.3 traz as características sedimentológicas descritas em afloramento e mediante a Microssedimentologia. A microssedimentologia permitiu a individualização de duas a três laminações com contatos superiores não-paralela-ondulada-contínua (dominante) a paralela-ondulada-contínua e matriz (microfábrica) variando entre granular (Figura 3.13 – 2) a densa (Figura 3. 12 – 3) (Paisani et al., 2023a), ambas se apresentam em diferentes proporções. A matriz granular (macroagregados: >0,25mm) é constituída de pedosedimentos do tipo pedes (dominante), nódulos pedomórficos de forte impregnação (Figura 3.13 – 3) e pápulas.

A fração grossa da matriz densa é constituída de minerais anisotrópicos, principalmente por quartzo (estima-se feldspato, biotita, homblenda, monzonito, dentre outros) e magnetita e/ou ilmenita (isotrópico). Esses constituintes apresentam-se majoritariamente com baixa esfericidade variando entre muito angulares a sub-angulares, com raros grãos sub-arredondados, essas frações variam de grânulo a areia muito fina (Figura 3.12 – a, 3.13 - a e Apêndice – D). A fração fina dessa matriz, estima-se ser constituída de diferentes proporções de argilominerais 2:1, 1:1 e oxi-hidróxidos de ferro.

A microestrutura da fração fina (b-fabric) é constituída por salpicada (dominante) (Figura 3.12 – 1), indiferenciada e granoestriada. A microestrutura da fração grossa (c-fabric) é dominada por microestrutura deformacional do tipo galáxia. Também registrados em diferentes proporções bandeamento (Figura 3.12 – 2), cometa e empilhamento de grãos. Entre as modificações pós-depositacionais ou sin-depositacionais se destacam os poros do tipo intergranular (Figura 3.12 – 1), cavitário, canal (Figura 3.13 - 4) e fissural, além de microfeições induzidas pela água (impregnação mátrica, quaserevestimento de impregnação ou de depleção de grão ou poro e revestimento de impregnação de grão).

Desses atributos, as frações fina e grossa que compõem a matriz, bem como os pedosídimentos são remanescentes dos materiais da área fonte, dominado pela fração fina. Já os atributos as microestruturas da fração grossa são indicativos dos fluxos responsáveis pela sedimentação.

Quadro 3.3: Descrição Microestratigráfica/Microsedimentológica da seção Batuque (Água Branca)

Macroestratigrafia				Microsedimentologia/Microestratigrafia										
Organização da camada em afloramento				Organização interna da camada										
Camada	Profundidade (m)	Litologia	Fábrica em afloramento	Organização interna geral da camada				Composição e Fábrica da matriz				Modificações sin- e pós-deposicionais		
				Micro-fábrica	Laminação	Limite Superior	Tipo de matriz	Composição das Frações Granulométricas		Fábrica das Frações Granulométricas		Poros	Microfeições induzidas pela água	Pedalidade
								Fino	Grosso	Micro-estrutura da fração fina	Micro-estrutura da fração grossa			
X	0,4 – 0,3	Lama organo-mineral arenosa	Maciça	Laminada	II	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso ≥ granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub horizontal > sub vertical > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente
				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso ≥ granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > cometa	Intergranular > cavidade > canal	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos >	Ausente
VIII	1,0 – 0,9	Lama arenosa	Maciça	Laminada	III	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ²	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > Bandeamento sub horizontal > sub vertical	Intergranular > cavidade > canal > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente

								> magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)						
			Laminada	II	Ondulada paralela continua	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferencia- da	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente	
			Laminada	I	Não-paralela- ondulada- contínua	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferencia- da	Galáxia > bandeamento sub horizontal > sub vertical > cometa	Intergranular > cavidade > canal > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos > revestimento de impregnação de grãos	Ausente	
V	1,4 – 1,3	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	-	Denso > granular	Argilo- minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedi- mentos (agregado de solo >	Salpicada > indiferencia- da	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos	Ausente

								nódulo > pápula)						
				Laminada	I	Não-paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferenciada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical	Intergranular > cavidade > fissural	Impregnação mátrica > quaserevestimento de impregnação de grãos >	Ausente
II	2,1 - 2,0	Lama arenosa	Maciça	Laminada	II	-	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > nódulo > pápula)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub vertical > sub horizontal > cometa	Intergranular > cavidade > fissural	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos	Ausente
				Laminada	I	Paralela-ondulada-contínua	Denso > granular	Argilo-minerais 2:1; 1:1, óxidos - hidróxidos de ferro ¹	Minerais anisotrópicos (quartzo, feldspato, biotita hornblenda e monzonito) ² > magnetita ² > pedosedimentos (agregado de solo > pápula)	Salpicada > indiferenciada > granoestriada	Galáxia > bandeamento imbricado > sub horizontal > sub vertical > cometa > empilhamento de grãos	Intergranular > cavidade > fissural	Quaserevestimento de impregnação de grãos > quaserevestimento de depleção de grãos >	Ausente

¹ Estimado mediante da birrefringência; ² Muito anguloso > anguloso > sub-anguloso > sub-arredondado

Figura 3.12: Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada em depósito de colúvio camada II – seção Batuque. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Poro do tipo intergranular (1). Microestrutura deformacional do tipo bandeamento (2). Fundo matricial denso (3). Fundo matricial do tipo salpicado (4).

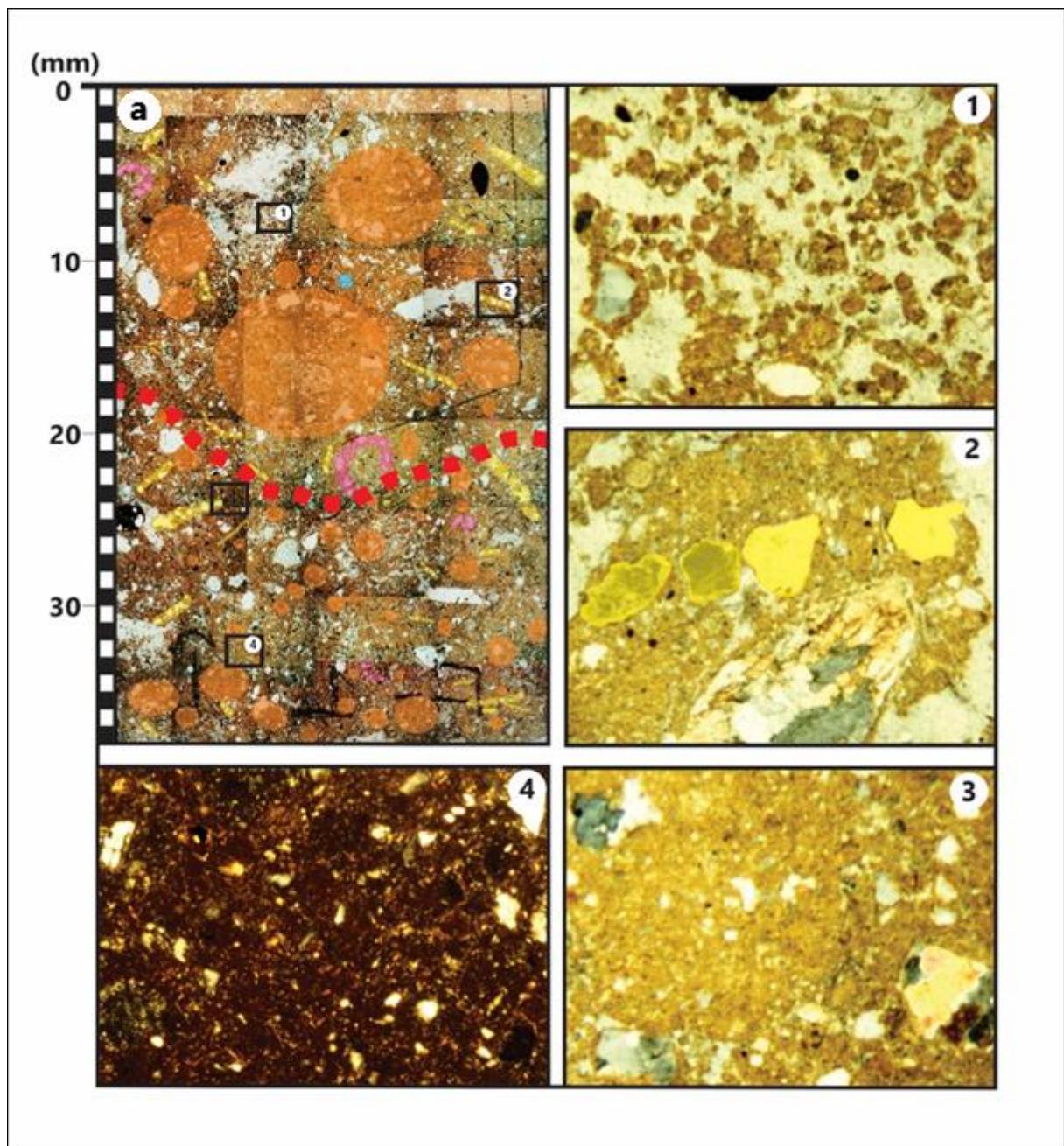
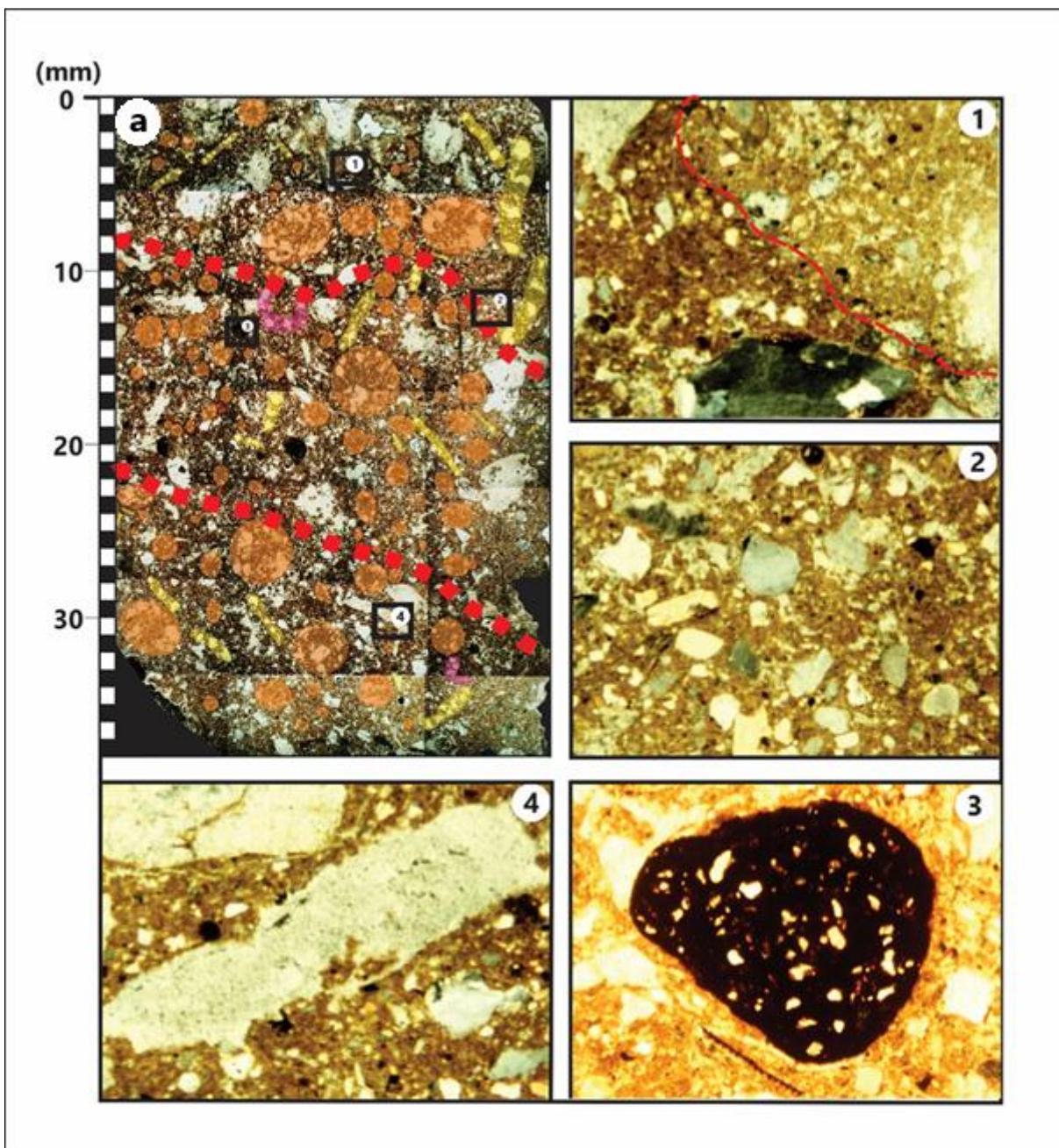


Figura 3.13: Microestruturas sedimentares identificadas na fácie de lama arenosa laminada em depósito de colúvio camada VIII – seção Batuque. Microestruturas do tipo galáxia em laranja; empilhamento de grãos em azul; cometa em rosa e alinhamento de grãos em amarelo (a). Depleção mátrica (1). Fundo matricial granular (2). Pedofeição do tipo nódulo (3). Poro do tipo canal (4).

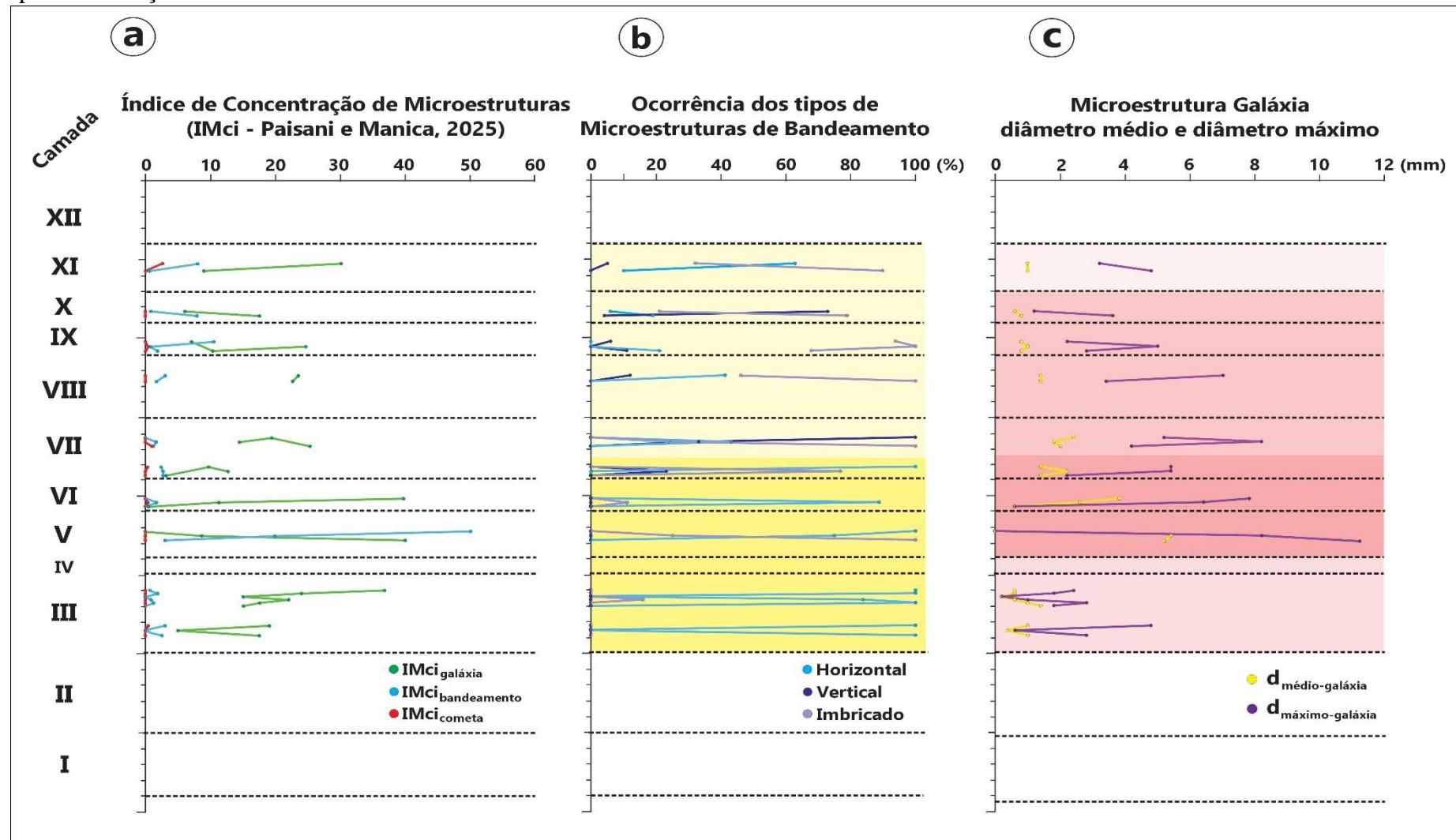


3.3.4 Índices Microsedimentológicos Aplicados as Seções Baixa do Galo, Preguiçoso e Batuque

3.3.4.1 IMci_{Galáxia}, Bandeamento e Cometa, d_{médio-galáxia} e d_{máximo-galáxia} para Seção Baixa do Galo

A quantificação de microestruturas sedimentológicas vinculadas à fração grossa é importante como chave interpretativa dos processos de sedimentação dos depósitos de colúvio. Aplicando-se o índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) para estabelecer o grau de ocorrência das microestruturas sedimentares gálaxia ($IMci_{galáxia}$), bandeamento ($IMci_{bandeamento}$) e cometa ($IMci_{cometa}$), este variou entre 0 e 50. No geral, a microestrutura galáxia é dominante enquanto a microestrutura cometa é rara. A Figura 3.14 - a traz a distribuição desses índices conforme a profundidade aplicada as camadas III, V, VI, VII, VIII, IX, X e XI da seção Baixa do Galo. Percebe-se o domínio de galáxia em todos os níveis analisandos, com exceção a elevado valor de bandeamento no nível 210 - 220 cm de profundidade que leva em consideração o limite inferior de uma laminação marcada por bandeamento. Os bandeamentos são do tipo horizontal, vertical e imbricado. Os percentuais de ocorrência desses tipos de bandeamentos com a profundidade mostram domínio de bandeamento imbricados entre 50 a 175 cm de profundidade, camadas XII a VII, e de bandeamentos horizontais entre 175 a 300 cm de profundidade (camadas base VII a III) (Figura 3.14 - b).

Figura 3.14: Índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) aplicado a microestruturas galáxia, bandeamento e cometa (a), percentual de ocorrência dos tipos de microestrutura de bandeamento (b) e diâmetro máximo e médio de microestruturas galáxia (c) aplicadas a seção Baixa do Galo.

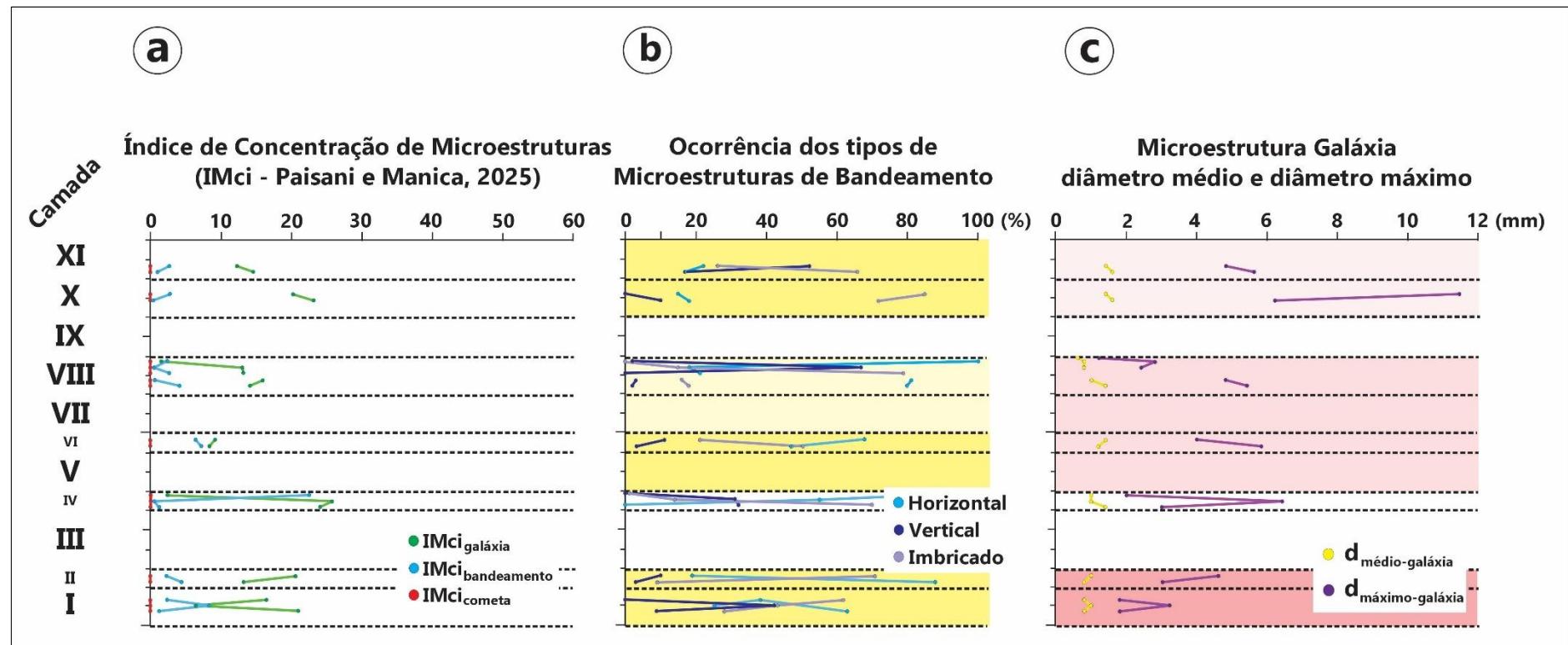


O diâmetro médio ($d_{\text{médio-galáxia}}$) das microestruturas galáxia variou de 0,2 a 5,4 mm, enquanto o diâmetro máximo ($d_{\text{máximo-galáxia}}$) dessa microestrutura está entre 0,2 e 11,2 mm. No geral, as microestruturas galáxia têm $d_{\text{máximo-galáxia}}$ que variam dentro do mesmo nível estratigráfico. Por outro lado, registra-se diferentes tendências de aumento de $d_{\text{máximo-galáxia}}$ com a profundidade entre 80 a 170 cm, 180 a 230 cm e 260 a 300 cm profundidade, com maiores valores de $d_{\text{máximo-galáxia}}$ 230 cm de profundidade (Figura 3.14 - c).

3.3.4.2 IMci_{Galáxia}, Bandeamento e Cometa, $d_{\text{médio-galáxia}}$ e $d_{\text{máximo-galáxia}}$ para Seção Preguiçoso

Aplicando-se o índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) para se estabelecer o grau de ocorrência das microestruturas sedimentares galáxia ($\text{IMci}_{\text{galáxia}}$), bandeamento ($\text{IMci}_{\text{bandeamento}}$) e cometa ($\text{IMci}_{\text{cometa}}$), este variou de entre 0 e 26. Igualmente à seção anterior, a microestrutura galáxia é dominante, enquanto a microestrutura cometa é rara. A figura 3.15 – a, traz a distribuição desses índices conforme a profundidade das camadas I, V, VI, VIII, X e IX. Percebe-se o domínio de galáxia em todos os níveis analisados, com destaque ao elevado valor de bandeamento no nível 130 - 140 cm de profundidade. Os bandeamentos são do tipo horizontal, vertical e imbricado. Os percentuais de ocorrência desses tipos de bandeamentos com a profundidade mostram domínio de bandeamento horizontal entre os níveis I ao VIII, com tendência decrescente nas profundidades de 160 - 100 cm e 180 - 200 cm e crescente entre 100 - 130 cm de profundidade (camadas V e VI) (Figura 3.15 - b). Registra-se domínio de bandeamento imbricado entre os níveis X e XI, de 0 - 40 cm de profundidade.

Figura 3.15: Índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) aplicado a microestruturas galáxia, bandeamento e cometa (a), percentual de ocorrência dos tipos de microestrutura de bandeamento (b) e diâmetro máximo e médio de microestruturas galáxia (c) aplicadas a seção Preguiçoso

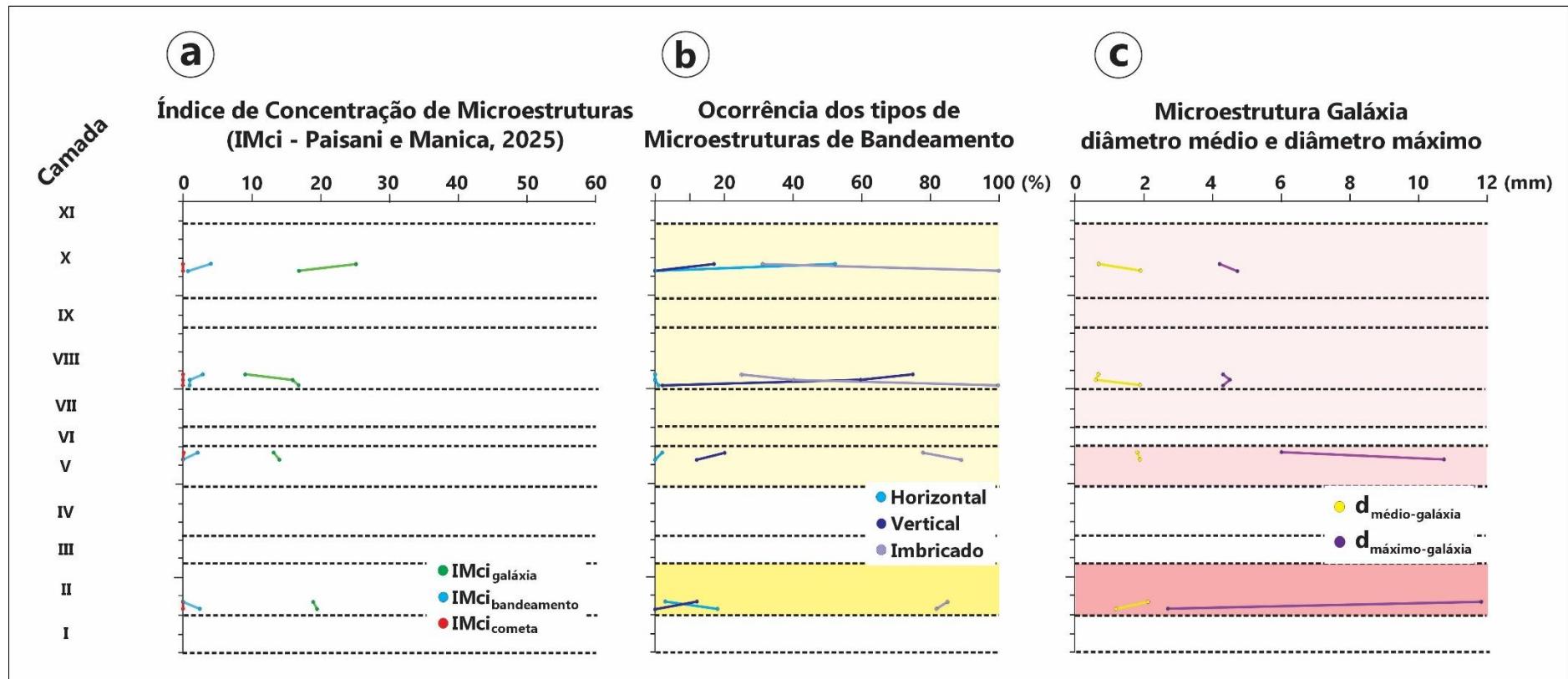


O diâmetro médio ($d_{\text{médio-galáxia}}$) das microestruturas galáxia variou de 0,6 a 1,6 mm, enquanto o diâmetro máximo ($d_{\text{máximo-galáxia}}$) dessa microestrutura está entre 1,4 e 11,2 mm. No geral, as microestruturas galáxia têm $d_{\text{máximo-galáxia}}$ que variam dentro do mesmo nível estratigráfico. Por outro lado, registra-se diferentes tendências de aumento de $d_{\text{máximo-galáxia}}$ com a profundidade entre 10 – 40 cm (camadas X e XI), 60-130 cm (camadas VIII a V) e 170 - 200 cm de profundidade (camadas I e II, com $d_{\text{máximo-galáxia}}$ a 20-30 cm de profundidade (Figura 3.15 - c).

3.3.4.3 IMci_{Galáxia}, Bandeamento e Cometa, $d_{\text{médio-galáxia}}$ e $d_{\text{máximo-galáxia}}$ para Seção Batuque

Aplicando-se o índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) para se estabelecer o grau de ocorrência das microestruturas sedimentares galáxia ($\text{IMci}_{\text{galáxia}}$), bandeamento ($\text{IMci}_{\text{bandeamento}}$) e cometa ($\text{IMci}_{\text{cometa}}$), este variou de entre 0 e 25. A (Figura 3.16 - a) traz a distribuição desses índices conforme a profundidade das camadas II, V, VIII e X. Percebe-se o domínio de galáxia em todos os níveis analisados, enquanto a microestrutura cometa é rara. Os bandeamentos são do tipo horizontal, vertical e imbricado. Os percentuais de ocorrência desses tipos de bandeamentos com a profundidade mostram domínio de bandeamento imbricado em todos os níveis analisados, a exceção do topo da seção delgada de 90-100 cm de profundidade onde domina bandeamento horizontal. Registra-se tendência crescente nas profundidades de 10 – 150 cm (camadas X a V) e decrescente entre 190-220 cm de profundidade (camada II) (Figura 3.16 - b).

Figura 3.16: Índice de concentração de microestruturas – IMci de Paisani e Manica (2025) aplicado a microestruturas galáxia, bandeamento e cometa (a), percentual de ocorrência dos tipos de microestrutura de bandeamento (b) e diâmetro máximo e médio de microestruturas galáxia (c) aplicadas a seção Batuque

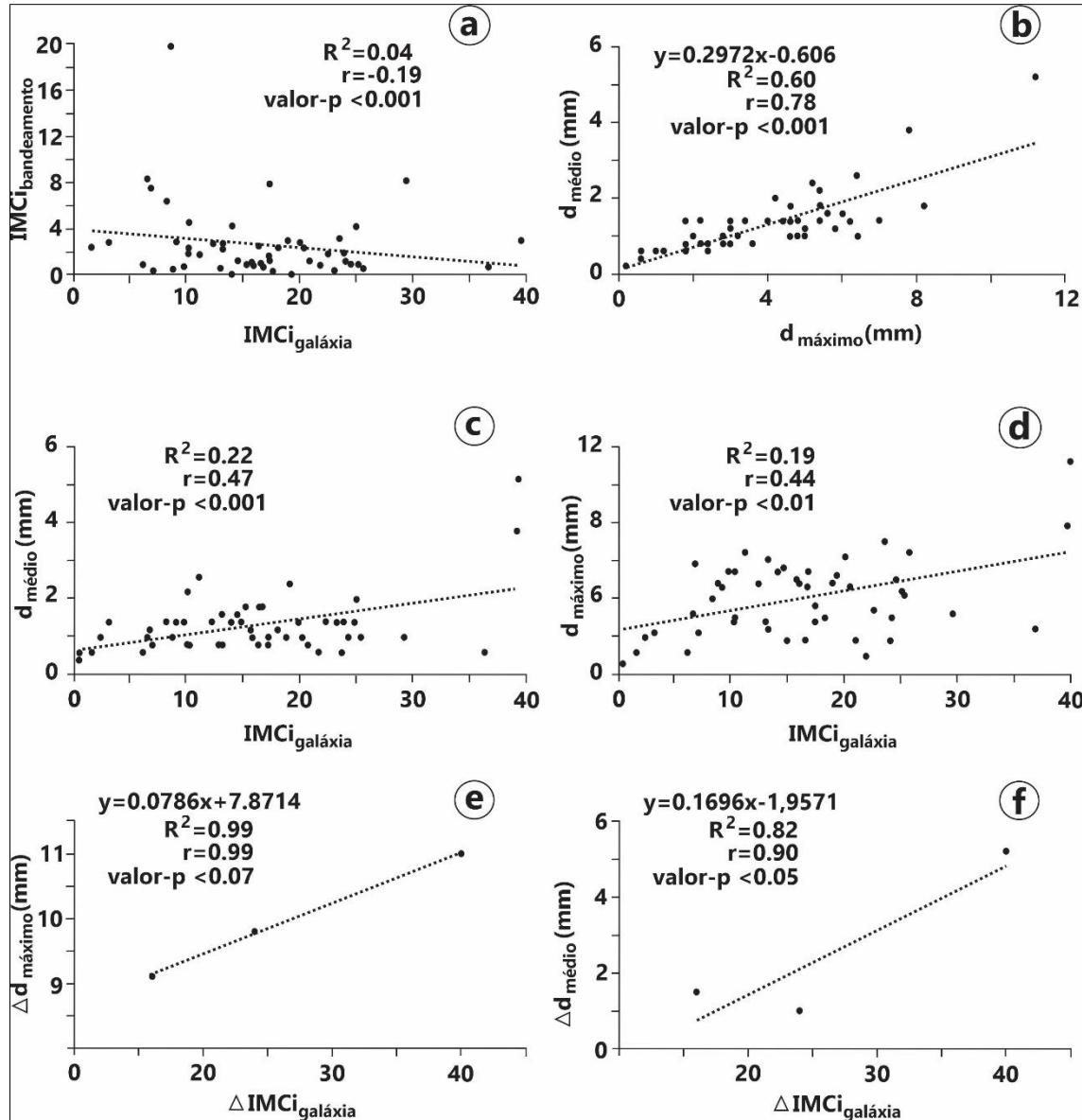


O diâmetro médio ($d_{\text{médio-galáxia}}$) das microestruturas galáxia variou de 0,6 a 2,1 mm, enquanto o diâmetro máximo ($d_{\text{máximo-galáxia}}$) dessa microestrutura está entre 2,7 e 11,8 mm. No geral, as microestruturas galáxia têm $d_{\text{máximo-galáxia}}$ que variam dentro do mesmo nível estratigráfico. Por outro lado, registra-se diferentes tendências de aumento de $d_{\text{máximo-galáxia}}$ com a profundidade entre 10 – 130 cm (camadas X a VI), 130 – 150 cm (camada V) e decréscimo entre 190 - 220 cm de profundidade (camada II) (Figura 3.16 - c).

3.3.4.4 Correlações Estatísticas $\text{IMci}_{\text{Galáxia}}$, $d_{\text{médio-galáxia}}$ e $d_{\text{máximo-galáxia}}$ das Seções Batuque, Preguiçoso e Baixa do Galo

A correlação estatística entre o conjunto dos índices microsedimentológicos $\text{IMci}_{\text{Galáxia}}$, $d_{\text{médio-galáxia}}$ e $d_{\text{máximo-galáxia}}$ das três seções estratigráficas é importante para verificar o grau de dependências entre essas variáveis e o grau de atuação dos processos de sedimentação conforme os setores das encostas (proximal, mediano e distal). A comparação entre $\text{IMci}_{\text{galáxia}}$ e $\text{IMci}_{\text{bandeamento}}$ de todas as seções delgadas para as três seções estratigráficas mostra ausência de correlação estatística (R^2 0,04; r -0,19; valor- p <0,001) entre elas (Figura 3.17 - a). Por outro lado, a amplitude do $\text{IMci}_{\text{galáxia}}$ ($\Delta\text{IMci}_{\text{galáxia}} = \text{diferença entre máximo e mínimo IMci}_{\text{galáxia}}$) das seções estratigráficas registra aumento progressivo da seção Batuque (setor proximal) para a seção Baixa do Galo (setor distal) ($\Delta\text{IMci}_{\text{galáxia-Batuque}}$ 16, $\Delta\text{IMci}_{\text{galáxia-Preguiçoso}}$ 24, e $\Delta\text{IMci}_{\text{galáxia-Baixa do Galo}}$ 40). A amplitude do $d_{\text{máximo-galáxia}}$ segue essa tendência de aumento progressivo da seção Batuque (setor proximal) para Baixa do Galo (setor distal) ($\Delta d_{\text{máximo-galáxia-Batuque}}$ 9,1, $\Delta d_{\text{máximo-galáxia-Preguiçoso}}$ 9,8, e $\Delta d_{\text{máximo-galáxia-Baixa do Galo}}$ 11). A comparação entre ambas mostra correlação estatística (R^2 0,99; r 0,99; valor- p >0,05) (Figura 3.17 - e). Apenas a amplitude do $d_{\text{médio-galáxia}}$ não segue essa tendência, sendo menor na seção Preguiçoso (setor mediano) ($\Delta d_{\text{médio-galáxia-Preguiçoso}}$ 1, $\Delta d_{\text{médio-galáxia-Batuque}}$ 1,5 e $\Delta d_{\text{médio-galáxia-Baixa do Galo}}$ 5,2), mas o maior valor é registrado para a seção Baixa do Galo (setor distal), porém, denota significativa correlação estatística quando comparadas $\Delta\text{IMci}_{\text{galáxia}}$ e $\Delta d_{\text{médio-galáxia}}$ (Figura 3.17- f). No geral, a seção Baixa do Galo tem os maiores valores de $\Delta\text{IMci}_{\text{galáxia}}$, $\Delta d_{\text{máximo-galáxia}}$ e $\Delta d_{\text{médio-galáxia}}$.

Figura 3.17: Correlações estatísticas entre IMCi_{galáxia} e IMCi_{bandeamento} (a), d_{médio-galáxia} e d_{máximo-galáxia} (b), IMCi_{galáxia} e d_{médio-galáxia} (c), IMCi_{galáxia} e d_{máximo-galáxia} (d), ΔIMCi_{galáxia} e Δd_{máximo-galáxia} (e) e ΔIMCi_{galáxia} e Δd_{médio-galáxia} (f).



Enfim, existe uma correlação positiva muito significativa entre d_{máximo-galáxia} e d_{médio-galáxia} de microestruturas galáxia de todas as seções delgadas (R^2 0,60; r 0,76; $\text{valor-p} < 0,001$) (Figura 3.17 - b). Por outro lado, comparando IMCi_{galáxia} com d_{máximo-galáxia} e d_{médio-galáxia} percebe-se ausência de correlação tanto entre IMCi_{galáxia} e d_{médio-galáxia} (R^2 0,22; r 0,47; $\text{valor-p} > 0,05$) quanto entre IMCi_{galáxia} e d_{máximo-galáxia} (R^2 0,19; r 0,44; $\text{valor-p} < 0,01$) (Figura 3.17 - e - d).

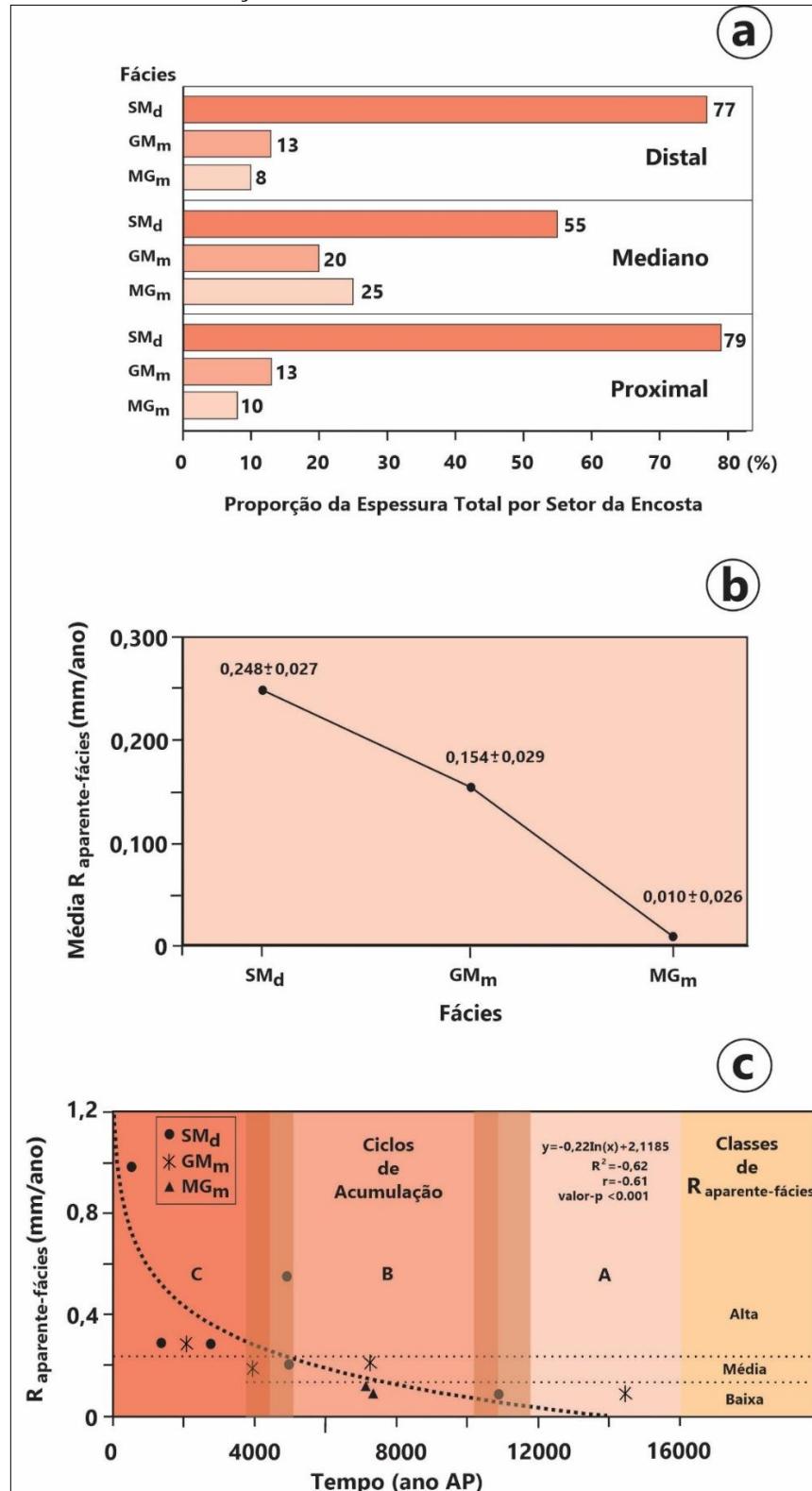
3.3.5 Taxa de Aparente de Acumulação das Fácies (Taxa de Acumulação Média Efetiva)

A espessura das fácies lama arenosa laminada (SMd), lama cascalhenta maciça (GMm) e cascalho lamoso maciço (MGm) variam de 10 a 300 cm. A SMd tem espessura acumulada em proporção ao pacote sedimentar maior nos três setores, 55 a 79%, enquanto as demais variam de 8 a 25%, com predomínio de GMm nos setores Distal e Proximal e MGm no setor Mediano (Figura 3.18 - a). Assim, SMd tem as maiores espessuras de cada pacote sedimentar.

A média da taxa aparente de acumulação por fácie (Média $R_{\text{aparente-fácie}}$), expressa essa tendência de maiores taxas para SMd ($0,248 \pm 0,027$), seguida de GMm ($0,154 \pm 0,029$) e MGm ($0,010 \pm 0,026$) (Figura 3.18 - b). A amplitude temporal de ocorrência das fácies individualmente foi expressiva variando do presente (superfície lítica) a 15.070 anos (Setor Mediano). Isso permitiu obter uma amplitude temporal de todo o Holoceno ao final do Pleistoceno.

A taxa aparente de acumulação por fácie ($R_{\text{aparente-fácie}}$) interpolada variou de $0,0632 \pm 0,015$ (MGm – Setor Mediano) a $0,9821 \pm 0,070$ (SMd – Setor Distal). A correlação entre $R_{\text{aparente-fácie}}$ e o tempo geológico mostra decréscimo da taxa logaritmicamente do presente para o passado nos três setores e permite identificar três tendências da taxa alta ($>0,25$ mm/ano) do presente até 4486 anos AP (com banda de incerteza entre 4166 - 4810 anos AP), 4486 a 7331 anos AP (incerteza 6955-7707 anos AP) e > 7331 anos AP até o final do Pleistoceno (Figura 3.18 - c). Percebe-se presença da fácie MGm no intervalo na classe de baixa taxa, enquanto as fácies com matriz lamosa (SMd e GMm) se encontram nas classes baixa e média taxa, sendo que a SMd predomina na classe de altas taxas.

Figura 3.18: Sedimentação das fácies nos setores Distal, Mediano e Proximal das encostas analisadas. (a) Proporção da espessura total das fácies por setor da encosta. (b) Média da taxa aparente de acumulação por fácie (Média $R_{\text{aparente-fácie}}$) para todos os setores de encosta. (c) Correlação entre Taxa aparente de acumulação por fácie ($R_{\text{aparente-fácie}}$) e a idade média estimada para cada tipo de fácie, com indicação de intervalo de classes (baixa, média e alta), e diagrama de ciclos de acumulação de sedimentos definidos com base em cronofácies.



PARTE IV

4. PROCESSOS DE SEDIMENTAÇÃO DOS DEPÓSITOS DE COLÚVIO

Os processos de sedimentação dos depósitos de colúvio podem ser analisados com base em suas fácies e respectivas propriedades microsedimentológicas. A dinâmica deposicional dos depósitos de colúvios investigada nos setores proximal (Seção Batuque), mediano (Seção Preguiçoso) e distal (Seção Baixa do Galo) mostrou similaridade de fácies descritas em campo, com domínio de lama arenosa laminada impregnada de matéria orgânica próxima à superfície lítica (lama organo-mineral laminada). Fácies de lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço são comuns.

4.1 Gênese de Litofáceis Coluvial

4.1.1 Fácies lama arenosa laminada (laminação horizontal)

A espessura da fácie lama arenosa laminada varia de 30 a 300 cm, com média de 100 cm. À primeira vista, ambas as fácies podem ser interpretadas como decorrentes de fluxo de lama espesso, porém as diagramas granulométricas mostram que essas fácies têm sutis variações texturais passíveis de serem individualizadas enquanto estratos delgados de mesma litologia, com espessura média variando entre 60 e 20 cm. Essa tendência denota se tratar de estratos delgados de fácie similares, as quais apresentam correspondência com a descrição microsedimentológica.

As descrições microesedimentológicas revelaram que as camadas fácie lama arenosa laminada tem propriedades similares, porém com ocorrência heterogênea. A similaridade é, sobretudo, quanto a fábrica (organização interna) laminada, cujas laminações têm espessura média 1,3 a >1,8 cm, limites superiores dominantes ondulada-paralela-contínua, no setor distal, e não-paralela-ondulado-contínua, nos setores proximal e mediano, matriz densa > granular e localmente granular > densa e mistura de minerais primários e pedosedimentos. Se destaca o fato de microestrutura da fração grossa ser dominada por galáxia (minerais primários > pedosedimentos), seguida de bandeamento tipo horizontal, vertical e imbricado, e rara microestrutura cometa. Soma-se a essas propriedades a microestrutura da fração fina ser mais homogênea, composta de salpicada, indiferenciada e localmente poroestriada e granoestriada, com fraca transformação pós-deposicional dada ausência de pedalidade. Essas propriedades são comuns a depósitos de colúvios Quaternários do Sul do Brasil de fácie lama arenosa laminada tanto com matriz densa quanto com matriz granular (Paisani et al., 2023a), contudo não distinguíveis quanto ao setor das encostas coluviais diante da expressiva dissecação do relevo.

Aqui, pode-se pensar que o processo hidrológico de sedimentação dessas fácies para os setores proximal (Seção Batuque), mediano (Seção Preguiçoso) e distal (Seção Baixa do Galo) de encostas coluviais foram similares, fluxo de alta-densidade dominantemente coesivo (matriz densa) e eventualmente não coesivo (matriz granular) com espessura compatível com a formação de cada laminação. Assim, com base na espessura média das laminações pode-se estimar a profundidade do fluxo de alta-densidade em cerca de 7 a > 9 cm (cálculo cotejando espessura média das laminações com espessura e profundidade de fluxo em experimentação de Paisani et al., 2023b), isto é, fluxo de alta-densidade-raso. Isso implica com a esperada transformação expressiva de movimentos de massa (deslizamento ou escorregamento) no setor proximal em fluxo de lama à medida que ocorre a transferência dessa massa ao longo dos demais setores de encosta (Coussot e Meunier, 1996), não se aplica as fácies lama arenosa das encostas coluviais estudadas justamente diante da fábrica laminada com matriz ora densa ora granular.

Diante disso, fluxos de alta-densidade-rasos, responsáveis pelas fácies lama arenosa, só podem ter sido gerados pelo escoamento superficial com alta concentração de sedimentos desde a área fonte, haja vista que a seção Batuque (setor proximal) já apresenta propriedades microsedimentológicas similares aos dos depósitos dos setores mediano (seção Preguiçoso) e distal (seção Baixa do Galo), embora em concentrações diferentes. Essa interpretação vai ao encontro dos achados tanto em depósitos de colúvio Quaternários fácies lama arenosa laminada (matriz densa e granular) quanto de depósitos de colúvio moderno (matriz granular) descritos no Sul do Brasil (Paisani et al., 2023a, b).

As microestruturas da fração grossa galáxia e bandeamento (horizontal, vertical e imbricado), sobretudo a galáxia, são propriedades fundamentais para se compreender a dinâmica de fluxo de alta-densidade-raso gerado a partir do escoamento superficial. A microestrutura galáxia é dominante, enquanto microestrutura bandeamento é menos frequente e a cometa é rara, como demonstrou o IMci. Embora as microestruturas galáxia, cometa e bandeamento ocorram concomitantemente, como previsto na literatura (Paisani et al., 2023), apenas a galáxia e a cometa podem ter mecanismos de formação similares. A microestrutura cometa tem morfologia circular semelhante a microestrutura galáxia, contudo com arqueamento incompleto de grãos de areia, diferindo dessa última apenas na disponibilidade incompleta de fração grossa para completar a morfologia circular. Assim, o mecanismo de formação de ambas supostamente é o mesmo (Phillips, 2006; Pawelec e Ludwikowska-Kedzia, 2016), enquanto a microestrutura bandeamento deve ter mecanismo de formação independente. De fato, a

ausência de correlação estatística $IMci_{galáxia}$ e $IMci_{bandeamento}$ mostra que galáxia e bandeamento são microestruturas sedimentares formadas por mecanismos independentes.

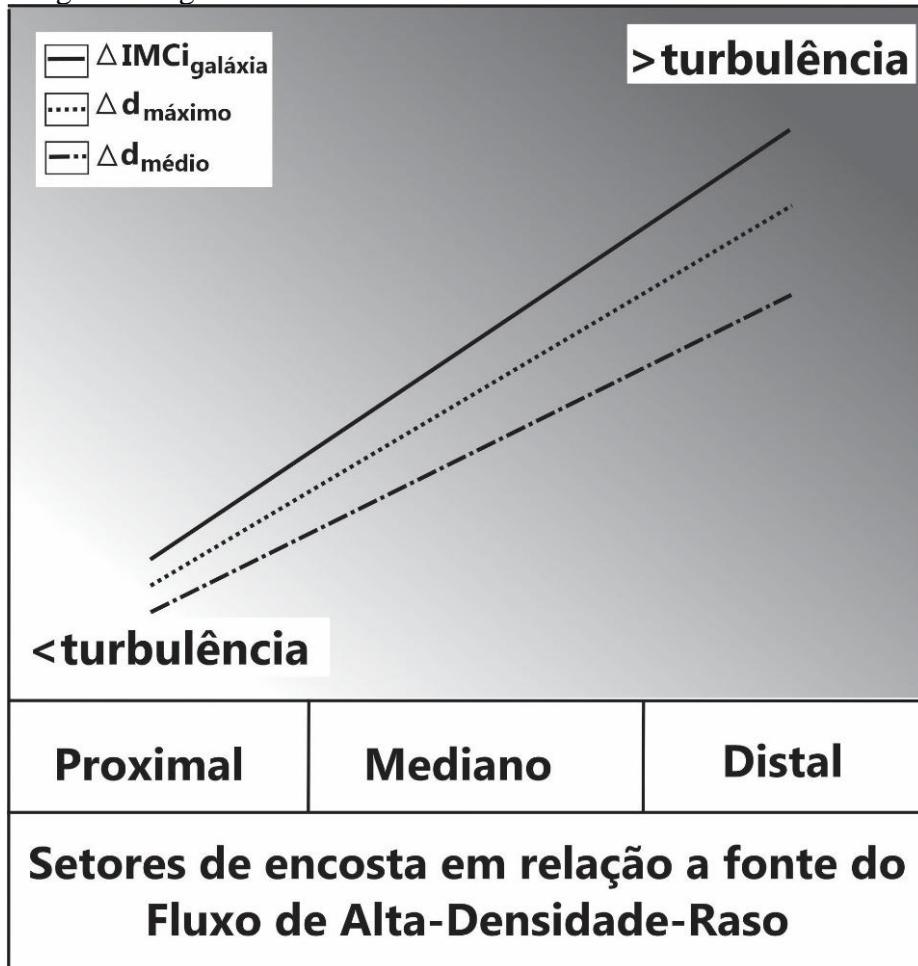
A ocorrência de microestrutura galáxia indica alta deformação interna do fluxo de alta-densidade-raso, onde o aumento da tensão de cisalhamento deve ter sido superior ao aumento da taxa de cisalhamento. Isso implica em um decréscimo da viscosidade aparente com aumento da taxa de cisalhamento, como ocorre com fluxos pseudoplásticos (não-Newtonianos). A alta deformação interna foi comandada pela turbulência haja vista que a mesma controla a formação de microestrutura galáxia (Paisani et al., 2023a, b), bem como a turbulência, é esperada em fluxos carregando sedimentos areno-argilosos e argilo-arenosos (Sumner et al., 2009). A turbulência rompe a rede estrutural contínua formada pela agregação de partículas coloidais reduzindo a tensão de cisalhamento e a viscosidade do fluxo (Sumner et al., 2009). Assim, a microestrutura galáxia é o principal indicativo da deformação de fluxo de alta-densidade-raso pela turbulência.

Os diferentes graus de turbulência entre as camadas estratigráficas podem ser verificados pelos valores relativos do diâmetro máximo das microestruturas galáxia ($d_{máximo-galáxia}$). Igualmente pode ser verificado o grau de turbulência entre seções estratigráficas diante da comparação entre os valores da amplitude de ocorrência dessa microestrutura ($\Delta IMci-galáxia$) e da amplitude dos diâmetros máximo e médio das microestruturas galáxia ($\Delta d_{máximo-galáxia}$ e $\Delta d_{médio-galáxia}$). Camadas coluviais exibiram valores do $d_{máximo-galáxia}$ com a profundidade que expressa tendência de aumento ($> d_{máximo-galáxia}$) ou decréscimo ($< d_{máximo-galáxia}$) da turbulência de forma cíclica, como exemplo as quatro mudanças de tendência nos valores desse índice com a profundidade na seção Baixa do Galo.

Comparando a amplitude de ocorrência da microestrutura galáxia ($\Delta IMci-galáxia$) entre os setores da encosta onde se encontram as seções estratigráficas, a turbulência foi crescente do setor proximal ($<\Delta IMci-galáxia$) para distal ($>\Delta IMci-galáxia$). Essa tendência é reforçada pela correlação positiva entre $\Delta IMci-galáxia$ e $\Delta d_{máximo-galáxia}$ e $\Delta d_{médio-galáxia}$ que aumentam progressivamente da seção Batuque (setor proximal) para a seção Baixa do Galo (setor distal). Assim, as propriedades morfométricas da microestrutura galáxia atua como assinatura sedimentológica tanto do grau de turbulência de fluxo de alta-densidade-raso quanto na distinção do setor da encosta em que foi gerado depósito de colúvio (Figura 4.1). Enfim, descobriu-se que é possível estimar o $d_{médio-galáxia}$ das microestruturas galáxia a partir do $d_{máximo-galáxia}$, como mostrou a correlação positiva muito significativa. Por outro lado, o diâmetro das

microestruturas galáxia independem do grau de ocorrência dessas feições dada a ausência de correlação estatística ao se comparar $\Delta IMCi_{galáxia}$ com $d_{máximo-galáxia}$ e $d_{médio-galáxia}$.

Figura 4.1: Modelo conceitual da relação crescente entre propriedades morfométricas da microestrutura galáxia e grau de turbulência conforme os setores de encosta coluvial



A microestrutura de bandeamento corresponde ao alinhamento horizontal, imbricado e vertical de grãos da fração grossa descontínuos lateralmente. Nos níveis estratigráficos das três seções descritas os bandeamentos são menos frequentes. O bandeamento imbricado domina os níveis da seção Batuque (setor proximal), enquanto nas seções Preguiçoso (setor mediano) e Baixa do Galo (setor distal), os níveis basais são dominados por bandeamento horizontal e as camadas superiores são dominados por bandeamento imbricado. O bandeamento vertical é raro em todas as seções.

Os bandeamentos podem resultar do destacamento da base de fluxos com tendência bipartida, em decorrência do retrabalhamento pelo corpo ou pela cauda do fluxo. Nesse contexto, a cabeça de um fluxo de alta-densidade pode desenvolver uma zona basal mais coesiva (zona friccional), onde a turbulência é atenuada, sobre a qual se sobrepõe uma zona

com significativa turbulência (Postma; Nemec; Kleinspehn, 1988; Sohn, 1997; Sohn; Rhee; Kim, 1999; Cartigny et al., 2013). Durante o deslocamento, o corpo e/ou a cauda do fluxo destacaria fragmentos dessa zona coesiva, incorporando-o ao fluxo de modo que o depósito final contém bandeamentos com diferentes disposições. A separação interna do fluxo em duas regiões com comportamento dinâmico distintos é comum em fluxo de alta-densidade subaquosos que sofreram transformação devido à diluição progressiva por perda de material ou incorporação de água (Sohn; Rhee; Kim, 1999; Sohn; Choe; Jo, 2002; Shanmugam, 2021).

O retrabalhamento por partes anatômicas do próprio fluxo é um fenômeno comum aos fluxos de alta-densidade-diluídos subaquosos (Sohn, 1997; Sohn; Choe; Jo, 2002). Esse mecanismo também foi observado experimentalmente na formação de microestruturas galáxia em fluxos de alta-densidade (matriz granular) decorrentes do escoamento superficial (Paisani et al., 2023b). Portanto, as microestruturas de bandeamento podem representar registros de eventos híbridos, combinando deposição e destacamento de fluxos de alta-densidade-rasos em estado diluído, com tendência a comportamento bipartido.

4.1.2 Lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço

A espessura da fácies lama cascalhenta maciça varia de 20 a 50 cm, com média de 28 cm. Enquanto a fácies cascalho lamoso maciço variou de 20 a 30 cm de espessura, com média 23 cm de espessura. Essa última geralmente apresenta distribuição randômica dos seixos e tem sido designada nas pesquisas de geomorfologia do Quaternário na região semiárida do Nordeste do Brasil como “cascalheira” (Corrêa, 2001; Fonsêca et al., 2020; Lima et al., 2023). A exceção é a camada V da seção Preguiçoso, cuja fácies cascalho lamoso maciço assume disposição típica de linha de pedras. Nesse caso, à primeira vista, esse nível de cascalho com disposição de linha de pedras poderia ser interpretado enquanto paleopavimento detrítico como postula a literatura clássica (Bigarella et al., 1965; Ab’Saber 1969), contudo a concentração crescente de seixo em direção ao topo, gradação inversa, demonstrada na diagrafia granulométrica, é sugestiva de fluxo de alta-densidade-coesivo, comumente designado de fluxo de detrito coesivo (Paisani et al., 2023a). A gradação inversa é esperada em fluxos de detritos coesivos com baixo grau de diluição, cujos cascalhos de maior tamanho podem ser transportados por flutuação dentro da matriz até o topo do fluxo diante de forças matriciais (Postma et al., 1988).

A lama cascalhenta maciça é interpretada aqui como decorrente de fluxo de detrito coesivo (fluxo de alta-densidade-coesivo), porém mais diluído de modo que os seixos assumem uma distribuição randômica dentro da matriz. Já o cascalho lamoso maciço ainda não se pode

determinar a gênese. Ele deve ter decorrido de fluxo de detritos não-coesivo, cujo mecanismos de suporte dos grãos é, sobretudo, pressões dispersivas (Middleton e Hampton, 1973; Lowe, 1982; Paisani et al., 2023a), ou atribuído ao retrabalhamento de fluxo de detrito coesivo pré-existente (Paisani et al., 2023a). Nesse último caso, a incidência da retirada da matriz de um depósito de fluxo de detrito coesivo é pré-existente, pelo escoamento superficial e promove uma resedimentação dos seixos enriquecendo, relativamente, o depósito em fração grossa (Nemec e Kazani, 1999).

Assim, a fácies lama cascalhenta maciça é interpretada como decorrente de fluxo de detritos coesivo (fluxo de alta-densidade-coesivo) enquanto a fácies cascalho lamoso maciço pode ter sido gerada por fluxo de detritos não-coesivo (fluxo de alta-densidade-não-coesivo) ou por retrabalhamento de fluxo de detrito coesivo pré-existente.

4.2 Processo dominante na acumulação de sedimentos nas encostas coluviais

A interpretação do processo dominante na acumulação de sedimentos nas encostas coluviais pode ser inferida a partir da análise da fácies mais espessa e recorrente nas sucessões estratigráficas dos três perfis analisados. A dinâmica deposicional observada nos Setores Distal (Baixa do Galo), Mediano (Preguiçoso) e Proximal (Batuque) revela similaridade notável de fácies, constituída de lama arenosa laminada (laminação horizontal), lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço. Entre elas, a lama arenosa laminada se destaca apresentando maiores espessuras nos Setores Distal e Proximal e o maior número de camadas em todos os perfis estratigráficos (7 a 9 camadas). Ao passo que, lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço são mais delgadas e com menor ocorrência (2 a 5 camadas), denotando papel secundário na deposição coluvial.

Em contraste, os fluxos de detritos (coesivo e/ou não coesivo) são originários de eventos hidrológicos de alta magnitude e baixa recorrência relativa em comparação ao escoamento superficial, mas não geraram depósitos espessos nas encostas da área de estudo. Para as encostas estudadas o escoamento superficial, com comportamento dinâmico de fluxo de alta-densidade, foi recorrente nos últimos 15.070 anos AP, acumulando cerca de 300 cm de sedimentos no Setor Distal, demonstrando elevado poder relativo de transporte e deposição de sedimentos.

A preservação da fácies lama arenosa laminada parece depender não apenas de áreas de acomodação favoráveis, mas, também, do comportamento dinâmico do escoamento superficial com alta densidade de sedimentos (fluxo de alta-densidade). Essa constatação diverge do entendimento tradicional, que interpreta o escoamento superficial como fluxo fluído de baixa densidade (baixa concentração de sedimentos), considerado de limitada contribuição para a

sedimentação em encostas. Diante do exposto, fica evidente que, independentemente do setor da encosta coluvial, o escoamento superficial com comportamento dinâmico de fluxo de alta-densidade foi o principal processo hidrológico responsável pela formação dos depósitos de colúvio na área de estudo ao longo dos últimos 15.000 anos AP.

5. IMPLICAÇÕES PALEOAMBIENTAIS

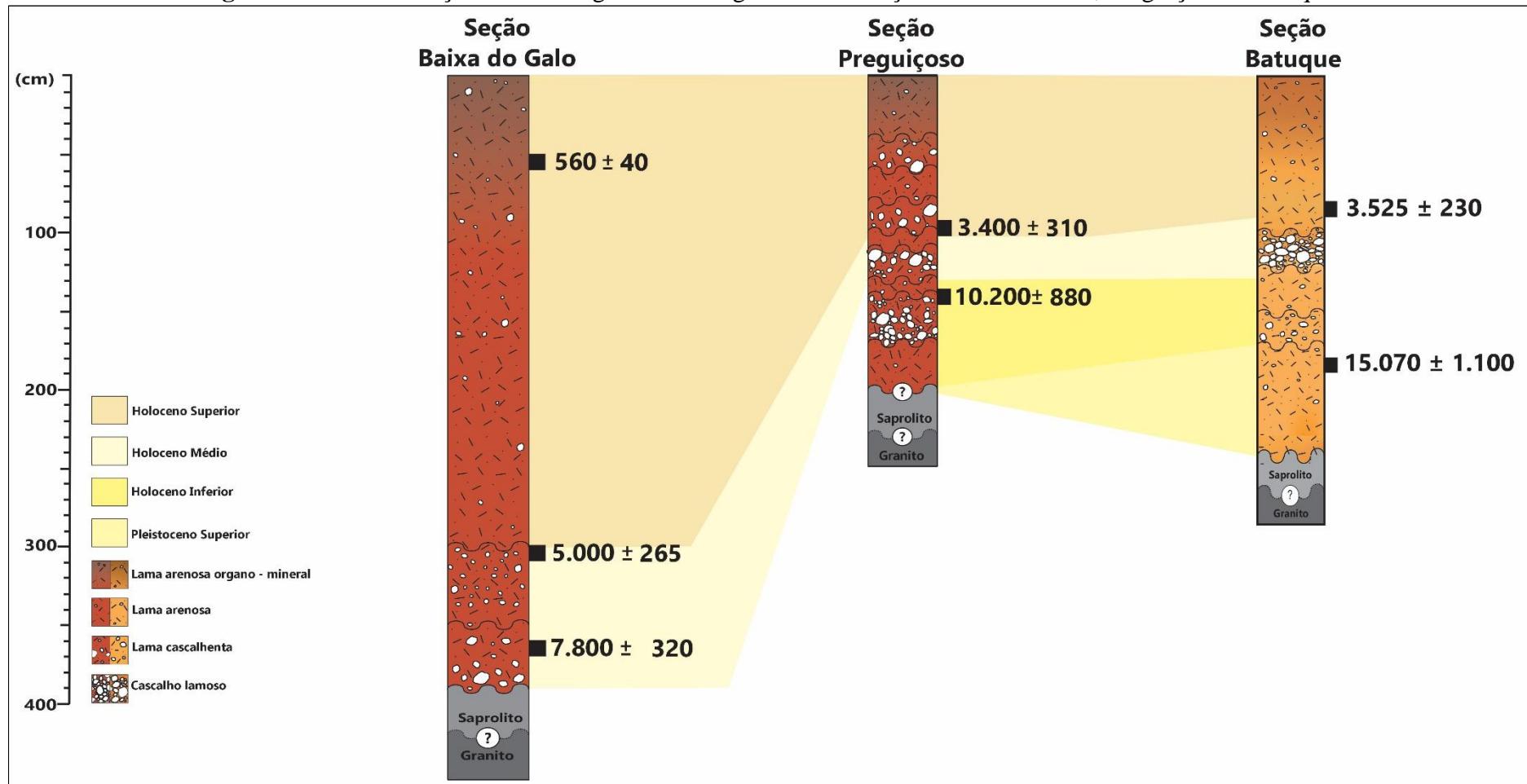
As assinaturas estratigráficas documentadas por esta pesquisa evidenciam que pelo menos desde os últimos 15.000 anos, a área esteve submetida a eventos de coluvionamento, com momentos de forte atividade morfogenética reguladas pela ação dos sistemas climáticos regionalmente conhecidos para o Nordeste Semiárido (Corrêa, 2001; Melo, 2019; Lima et al., 2018; 2023; Silva et al, 2021).

Os sedimentos coluviais mapeados, descritos e que estruturam a paisagem atual estão compreendidos nos seguintes intervalos de tempo: final do Pleistoceno (15.070 AP), Holocene Inferior (10.200 AP), Ótimo Climático do Holocene/Holocene Médio (7.800 a 5.000 AP) e Holocene Superior/presente (3.525 a 560 AP) (Figura 4.2). Apenas um registro com idade do Pleistoceno. Tais idades documentam os períodos de maior instabilidade nas encostas, com remobilização dos mantos de intemperismo preenchendo as áreas rebaixadas e redefinindo a morfologia das encostas, formando as rampas de colúvio.

A unidade estratigráfica datada de 15.070 ± 1.110 AP (Seção Batuque), situada no setor proximal da encosta, testemunha o evento mais antigo de instabilidade e remobilização do manto de intemperismo com formação de colúvio até agora registrado para o Maciço de Água Branca. Essa unidade é crono-correlata com o intervalo paleoclimático MIS-2 (Marine Isotope Stage).

De acordo com os trabalhos de Barreto (1996), Behling et al. (2000), Mutzenberg (2007, 2010), Galvão (2012), Silva (2013), Cabral (2014), Lima (2015) e Ranulpho (2016), o referido período foi marcado por chuvas torrenciais de alta magnitude, de baixa recorrência, em razão das condições climáticas da época que predominavam sobre a região Nordeste, cujas condições eram de clima mais frio e seco. Esses eventos climáticos desencadearam sucessivos processos de remobilização de material nas encostas (movimentos de massa), alterando a dinâmica das encostas antes da estabilização da vegetação gramíneas/herbáceas, gerando fluxos de lama e de detrito de alta densidade.

Figura 4.2: Cronorrelação entre os registros estratigráficos das Seções Baixa do Galo, Preguiçoso e Batuque



Tal aspecto é validado a partir dos dados de microsedimetologia/microestratigrafia dessa unidade em que se verificou a presença de microestruturas deformacionais do tipo galáxia (Figuras 3.9 e 3.10). Na análise microsedimentológica também foram encontrados registros de material intrusivos (remobilização do ferro e formação de nódulos) que, de acordo com Lima et al. (2017), embora a área de estudo estivesse condicionada por clima mais frio e seco, ela se manteve úmida o suficiente para a remobilização desse material intrusivo, sugerindo que a área teve continuidade de água no sistema e não vivenciou momento de semiaridez severa.

Por volta de 10.200 AP, na seção Preguiçoso, setor mediano da encosta, verifica-se o retorno dos processos responsáveis pela desestabilização das encostas, assinalando o único registro do Holoceno Inferior e rompendo o hiato deposicional de quase 5.600 anos. Não obstante, novos registros foram datados de 7.800 AP e 5.000 AP, na seção Baixa do Galo, setor distal da encosta, ambos circunscritos no Holoceno Médio. Esses depósitos possuem cronocorrelação com o período paleoclimático MIS 1.

A distribuição temporal dessas unidades coluviais em contextos geomórficos diferentes documentam a continuidade dos processos responsáveis pela remobilização dos mantos de intemperismo, desarticulando o estado de equilíbrio morfogenético da paisagem. Ao longo dos últimos 8.500 AP, Corrêa (2001) e Tavares (2015) atestaram período de reumidificação que se estendeu até aproximadamente os últimos 6.000 AP, com remobilização maciça do regolito no Maciço da Serra da Baixa Verde - PE, período marcado por uma abrupta mudança climática em que a cobertura vegetal não conseguiu se adaptar tão rapidamente para que conseguisse estabilizar os mantos de intemperismo das encostas. De acordo com Corrêa (2001), a umidificação do período deposicional está relacionado a chuvas torrenciais da ZCIT.

Existem outros registros de eventos deposicionais do Holoceno Médio para o Maciço de Água Branca nos trabalhos de Silva (2019) e Melo (2019). Segundo as autoras, a dinâmica processual de deposição dos colúvios pode estar relacionada a condições climáticas e chuvas torrenciais que ocasionaram picos de umidificação durante e/ou logo após o Ótimo Climático. Cabe destacar que as idades obtidas para os depósitos da Seção Baixa do Galo, Maciço de Mata Grande, rompe o hiato deposicional para a região atestado pelas autoras em epígrafe, indicando sucessiva fase de instabilidade nas encostas no decorrer do Holoceno Superior e Médio, aqui compreendidos no intervalo de 10.200, 7.800 e 5.000 AP.

Por fim, nos intervalos entre 3.525 ± 230 , na Seção Batuque, 3.400 ± 310 , na Seção Preguiçoso, e 560 ± 40 , na Seção Baixa do Galo, também foram constatados eventos erosivos/deposicionais responsáveis pela formação de depósitos coluviais compreendidos no

período mais recente - Holoceno Superior, todos crono-correlato com o período paleoclimático MIS – 1.

Para esse intervalo de tempo, os registros sedimentológicos atestaram gradativa diminuição da umidade, compatíveis aos ENOs no Nordeste brasileiro, sugerindo o retorno do processo de semiaridez, com temperaturas elevadas e diminuição dos níveis de precipitação (Mutzenberg, 2007; Gurgel et al., 2013 e Lira 2014). Partindo desse pressuposto, os eventos deposicionais aqui discutidos podem ser frutos de chuvas torrenciais, que estão vinculadas a eventos regionais e locais como: Dipolo do Atlântico durante a fase negativa, ondulações a Sul da ZCIT, linhas de estabilidade e os Complexos Conectivos de Mesoescala. Pela proximidade das datas entre as Seções Preguiçoso e Batuque, é possível que as duas sejam resultantes do mesmo evento deposicional. Existem outros registros cronológicos no Maciço de Água Branca nas pesquisas de Silva (2019) e Melo (2019), nas quais indicam que os depósitos foram gerados por fluxos de lama de alta densidade. Até o presente momento, não existem registros cronológicos precedentes para o Maciço de Mata Grande, sendo a seção da Baixa do Galo a primeira seção com idades estabelecidas para a área.

Em linhas gerais, todas as fácies coluviais se estabelecem crono-correlatas ao MIS-2 e MIS1 (Último Máximo Glacial e Holoceno). Paisani et al. (2019) também documentou fácies coluviais na Superfície de Cimeira de Palmas/Caçador - Sul do Brasil, que foram geradas por flutuações climáticas úmidas em regimes climáticos secos, provavelmente em fase com “Dansgaard-Oeschger events” (Fonsêca et al., 2020). O modelo de Knox (1972) já indicava que a flutuação climática mais úmida em um regime seco aumenta significativamente o “trabalho geomórfico”. Tais condições foram atestadas para a área de estudo a partir análise microsedimentológica/microestratigráfica dos depósitos de colúvio/rampas coluviais, uma vez que foram identificadas fácies sedimentares/elementos que são característicos de fluxos de alta densidade. Sobre os fluxos de alta densidade, Paisani et al. (2023) destacam que para a sua formação é necessário que o regolito esteja saturado o suficiente para criar as condições de fluxo liquefeito.

6. CONCLUSÕES

A dinâmica deposicional de depósitos de colúvios em modelados de encosta coluvial/rampa de colúvios contendo diversidade de textura, de lama a cascalho, em regime climático semiárido foi verificada por meio da caracterização macro- e microsedimentológicas de depósitos de colúvio. Primeiramente estabeleceu-se o mapeamento da macrogeomorfologia da área de estudo. Tal mapeamento permitiu espacializar os seguintes modelados e superfícies geomórficas: Depressão Sertaneja Meridional, suas respectivas unidades morfoesculturais (Pediplano e Maciço) e modelados (cimeiras, relevo residual, encosta com cobertura coluvial, inselberg, encosta com cobertura eluvial, pedimentos dissecados I e II e plaino aluvial). Quanto ao objeto da presente tese, depósitos de colúvio, o referido mapeamento mostrou que os depósitos coluviais passíveis de compreensão de seus processos se encontram junto à morfoesculturas dos Maciço e da Depressão Sertanejas Meridional, respectivamente. Os depósitos estão vinculados a encostas que, na sua ampla maioria, preservam a morfologia de rampa. Contudo, há casos de remanescentes de rampas em ombreiras dissecadas situadas nas adjacências de superfície de cimeira. Nos Pedimentos Dissecados não foi possível individualizar os depósitos de colúvios dos depósitos aluviais, haja vista que ambos se mostram como sedimentos arenosos maciços. Diante desse mapeamento pode-se selecionar três encostas coluviais com potencial para análise processual na área de estudo.

Considerando o pressuposto de que os colúvios podem ter características sedimentológicas diferentes conforme sua proximidade ou distância da área fonte, implicando em peculiaridades sedimentológicas que expressariam justamente seu setor deposicional, bem como apresentar propriedades de fluxos com diferentes concentrações de sedimentos, foram estudadas seções estratigráficas representativas de setores distal (seção Baixa do Galo), mediano (seção Preguiçoso) e proximal (seção Batuque). As janelas de descrição, bem como observação direta em campo, não permitiram verificar se lateralmente os depósitos de colúvios se interdigitaram com alúvios, e nem foi identificado presença de paleocanais enterrados. O setor distal mostrou depósito com maior espessura, quase 400 cm, como esperado, enquanto os setores mediano e proximal apresentam menores espessuras dos depósitos, 200 e 230 cm, respectivamente. As fácies dos depósitos foram similares: lama arenosa laminada, lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço. A fácies lama arenosa laminada é dominante nos três setores e apresenta a maior espessura no setor distal.

A análise microsedimentológica aplicada às fácies lama arenosa laminada mostrou que o aspecto homogêneo identificado em campo preponderante na classificação da fábrica enquanto maciça não representa a verdadeira fábrica, caracterizada por laminações milimétricas. Esse tipo de fábrica e a respectiva microfábrica densa (dominante) e granular, denotaram que referidas litofácies foram geradas por fluxo de alta-densidade coesivo (matriz densa) e não-coesivo (matriz granular) rasos, isto é, fluxo de alta-densidade-raso típico de escoamento superficial com alta concentração de sedimentos. O escoamento superficial foi gerado desde a área fonte, haja vista que a seção Batuque (setor proximal) tem propriedades microsedimentológicos similares aos dos depósitos dos setores mediano (seção Preguiçoso) e distal (seção Baixa do Galo), embora em concentrações diferentes.

Por outro lado, os fluxos responsáveis pelas laminações não foram similares. A microestrutura da fração grossa tipo galáxia é dominante em todas as laminações. Em menor proporção ocorrem bandeamentos tipo horizontais, vertical e imbricado. Microestruturas cometa são raras. A concentração da microestrutura galáxia nas fácies lama arenosa laminada expressa o grau de turbulência do fluxo. De modo que, a microestrutura galáxia se mostra como principal indicativo da deformação de fluxo de alta-densidade-raso pela turbulência. A ocorrência de microestrutura galáxia é crescente do setor proximal para o distal. Assim, as propriedades morfométricas da microestrutura galáxia atuam como assinatura sedimentológica tanto do grau de turbulência de fluxo de alta-densidade-raso quanto na distinção do setor da encosta em que foi gerado depósito de colúvio. Esse aspecto é importante para caracterização do setor de encosta coluvial aflorante em circunstâncias em que o relevo passou por dissecação e foi remodelada a morfologia de rampa de colúvio.

A associação entre microestruturas galáxia e bandeamento horizontal é sugestiva de fluxo de alta-densidade-raso tendendo a bipartido por conta do feedback positivo entre a diluição do fluxo e a turbulência. Bandeamento tipo imbricado dominante pode expressar fluxo de alta-densidade-raso com grau insuficiente de diluição para gerar tendência a bipartido ou pode expressar o retrabalhamento de fluxo bipartido pela cauda, cujo bandeamento horizontal seria retrabalhado e sedimentado em bandeamento imbricado.

A gênese das fácies lama cascalhenta maciça e cascalho lamoso maciço foi interpretada com base nas descrições macroestratigráficas. Elas são sugestivas de que a primeira fácie tenha decorrido de fluxo de detritos coesivo (fluxo de alta-densidade-coesivo). Já a segunda pode ter sido gerada por fluxo de detritos não-coesivo (fluxo de alta-densidade-não-coesivo) ou por retrabalhamento de fluxo de detrito coesivo preexistente.

As espessuras médias da fácies e respectivas taxas de acumulação média efetiva evidenciam que independente do setor das encostas coluviais da área de estudo o escoamento superficial com comportamento dinâmico de fluxo de alta-densidade foi o principal processo hidrológico responsável pela formação das rampas de colúvio ao longo dos últimos 15.000 anos AP.

Enfim, a conjugação do uso de critérios macro- e microsedimentológicos potencializaram identificar os fluxos responsáveis pela formação dos depósitos (end-member) e compreender os mecanismos vinculados a dinâmica deposicional.

Quanto ao significado paleoambiental dos níveis coluviais as assinaturas estratigráficas documentadas permitiram reconhecer que ao longo dos últimos 15.000 AP, a paisagem esteve submetida a repetidos episódios de instabilidade das encostas, associados a flutuações paleoclimáticas. As datações obtidas demostram que os eventos deposicionais coincidem com o Marine Isotope Stage MIS-2 e MIS-1. Sugerindo a influência das oscilações climáticas sobre a dinâmica geomorfológica do semiárido do Nordeste.

A seção Batuque testemunha o evento mais antigo de processo de remobilização do manto de intemperismo com remodelação de encosta e formação coluvial, datada de 15.070 ± 1.110 AP, sendo esse o único registro do Pleistoceno Superior, até então. Tais eventos, muitas vezes desencadeados por chuvas torrenciais de alta magnitude, estiveram associados à geração de fluxos de lama e detrito de alta densidade, mesmo em contextos climáticos predominantemente frios e secos. A continuidade desses processos ao longo do Holoceno indica a alternância entre fases de reumidificação e semiaridez, moduladas por sistemas atmosféricos regionais como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o Dipolo do Atlântico e complexos convectivos de mesoescala.

Por volta de 10.200 AP, a seção Preguiçoso registra o único registro do Holoceno Inferior na área de estudo, rompendo o hiato deposicional de quase 5.600 anos. Outros registros foram datados de 7.800 AP e 5.000 AP na seção Baixa do Galo, ambos inseridos cronologicamente no Holoceno Médio, esse período foi marcado por mudanças climáticas abruptas. Esses registros documentam a continuidade dos processos responsáveis pela remobilização dos sedimentos, rompendo o estado de equilíbrio morfogenético da paisagem.

Foram obtidas idades entre os intervalos 3.525 ± 230 , na Seção Batuque, 3.400 ± 310 , na Seção Preguiçoso, e 560 ± 40 , na Seção Baixa do Galo, em que também foi atestado eventos erosivos/deposicionais responsáveis pela formação de rampas coluviais, compreendidos no período mais recente – Holoceno Superior. Os registros sedimentológicos dentro desse

intervalo de tempo, indicam gradativa diminuição da umidade, sendo compatível aos ENOs no Nordeste brasileiro. Sugerindo que esses eventos deposicionais podem ser resultantes de chuvas torrenciais vinculadas a eventos regionais e locais como: Dipolo do Atlântico durante a fase negativa, ondulações a Sul da ZCIT, linhas de estabilidade e os Complexos Conectivos de Mesoescala. Pela proximidade das datas entre as Seções Preguiçoso e Batuque é possível que as duas sejam resultantes do mesmo evento deposicional.

7. REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. IGEOG-USP, **Boletim de Geomorfologia**, São Paulo, n 19, p. 40, 1969.
- AB'SABER, Aziz. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, p. 9-26. 2003.
- AB'SABER, A. N. Contribuição ao estudo das "stone lines" do Sul do Brasil. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 10, p. 11-12, 1969.
- ALVES, J. M. B. et al. Mecanismos atmosféricos associados à ocorrência de precipitação intensa sobre o Nordeste do Brasil durante janeiro/2004. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 1, p. 56-76, 2006.
- ALVES, K. M. A. S. et al. **Estudo de caso de aspectos dinâmicos de um Complexo Convectivo de Mesosescala (CCM)**. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba: [s.n.]. 2011.
- AMORIM, R. F. ; CORRÊA, A. C. B. ; MUTZEMBERG, D. S. ; MEIRA, D. A. Evolução holocênica das encostas da bacia do riacho Bruscas, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 39, p. 112-125, 2020.
- ARAGAO, J. O. R. O Impacto do ENSO e do Dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. **Bull. Inst. Fr. Études Andines**, 27 (3), p. 839-844, 1998.
- AZAMBUJA, R. N; MISSURA, R.; ARAÚJO, H. M. Geomorphology of Sergipe State. In: **Geomorphology of the Northeast Region of Brazil**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 223-251.
- BARRETO, A. M. F. **Interpretação Paleoambiental do Sistema de Dunas Fixadas do Médio São Francisco, Bahia**. 1996. 174 f. Tese (Doutorado em Geologia) – Universidade de São Paulo, SP, 1996.
- BEHLING, H. et al. Late Quaternary vegetational and climatic dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1. **Quaternary Science Reviews**, v.19, p. 981-994, 2000.
- BERTRAN, P. Deformation-induced microstructures in soils affected by mass movements. **Earth Surf. Process. Landforms** 18, 645–660. 1993.
- BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; Silva, J. X. Pediplanos, pedimentos e seus depósitos correlativos no Brasil. **Boletim Paranaense de Geografia**, 16/17, p. 117-151, 1965.
- BIGARELLA, J. J; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Contribuições a respeito evolução das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**, n. 16/17, p. 85-116, 1965.
- CABRAL, C. J. **Caracterização paleoclimática e paleoambiental do campo de dunas de Petrolina em Pernambuco: um subsídio para a reconstituição do submédio São Francisco**. 2014. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2014.

- CARTIGNY, M.J.B., EGGENHUISEN, J.T., HANSEN, E.W.M. and POSTMA, G. Concentration-dependent flow stratification in experimental high-density turbidity currents and their relevance to turbidite facies models. **J. Sediment.** Res., 83, 1047–1065. 2013.
- CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J.; DIAS, M. A. F. S.; **Tempo e Clima no Brasil.** Ed. Oficina de Textos. 2009.
- CAVALCANTI, L. C. S. **Geossistemas no Estado de Alagoas: uma contribuição aos estudos da natureza em geografia.** Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 132f. 2010.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- CLAUDINO-SALES, V.; MAIA, R. P; BASTOS, F. H. Geomorphology of Ceará State. In: **Geomorphology of the Northeast Region of Brazil.** Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 83-121.
- CORRÊA, A. C. B. & MENDES, I. A. O problema das superfícies de erosão: novas abordagens conceituais e metodológicas. **Revista de Geografia**, v. 19, n. 2, p. 17-28, 2002.
- CORRÊA, A. C. B. **Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil.** 2001. 386 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 2001.
- CORRÊA, A. C. B. **Mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço da Serra da Baixa Verde, Pernambuco: estudo da relação entre a compartimentação geomorfológica e a distribuição dos sistemas geoambientais.** Recife. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. 1997. 183p.
- CORRÊA, A. C. B.. Dinâmica Geomorfológica dos Compartimentos Elevados do Planalto da Borborema. In: IV Simpósio Nacional de Geomorfologia, 2002, São Luis. **Anais do IV Simpósio Nacional de Geomorfologia.** São Luis: Editora da UFMA, 2002. v. 1. p. 30-32.
- CORRÊA, A. C. B.; TAVARES, B. A. C.; LIRA, D.R.;MUTZENBERG, D. S.; CAVALCANTI, L. C. S. The Semi-arid Domain of the Northeast of Brazil. In: Salgado A; Santos L;Paisani J. (Org.). **Geography of the Physical Environment.** 1ed.: Springer International Publishing, 2019, v., p. 119-150.
- CORRÊA, A. C. B.; MONTEIRO, K. A. Geomorphological Dynamics of the Elevated Geosystems of the Borborema Highlands, Northeast of Brazil, From Optically Stimulated Luminescence Dating of Hillslope Sediments. **Revista Willian Morris Davis**, v. 01, p. 162-185, 2020.
- CORRÊA, A. C. B.; SILVA, D. G. DA ; MELLO, J. S. Utilização dos depósitos de encostas dos brejos pernambucanos como marcadores paleoclimáticos do Quaternário tardio no Semiárido Nordestino. **Mercator**, v. 7, p. 99-125, 2008.
- CORRÊA, A. C. D. B., TAVARES, B. D. A. C., SILVA, D. N. F. D., LIRA, D. R. D. (2024). Geomorphology of Pernambuco State. In: **Geomorphology of the Northeast Region of Brazil.** Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 175-204.
- CORRÊA, A. C. de B.; SANTOS , J. D. da C .; SILVA , D. N. F. da; LIRA , D. R. de; SILVA , T. M. da. Dinâmica geomorfológica de depósitos coluviais do Planalto da

Borborema (Nordeste do Brasil) através do emprego de microscopia eletrônica de varredura em fração de 200-250 µm. **Revista de Geociências do Nordeste**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 363–385, 2024.

COUSSOT, P., MEUNIER, M. **Recognition, classification and mechanical description of debris flows**. Earth Sci. Rev. 40, 209–227. 1996.

DEMEK, J. (Ed) **Manual of detailed geomorphological mapping**. Praga: Comm. Goomorph. Surv. Mapping. IGU, 1972. 368p.

DINIZ, M. T. OLIVEIRA, G. P.; MAIA, R. P.; FERREIRA, B. Mendonça et al. Geomorphology of Rio Grande do Norte State. In: **Geomorphology of the Northeast Region of Brazil**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 123-144.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** / Humberto Gonçalves dos Santos [et al.]. – 5. edição revisada e ampliada. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356p.

FERREIRA, A. G. e MELLO, N. G. S. Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos pacífico e atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.1, n. 1, p. 15-28, 2005.

FONSECA, D. N; CORRÊA, A. C. B; LIRA, D. R.; TAVARES, B. A. C. Chemical, physical and mineralogical attributes as markers in the identification of depositional events in the Eastern Northeast of Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 104, p. 102805, 2020.

FURTADO, A. V. B. D.; SOUZA, P. O. J. Mapeamento geomorfológico para a bacia do Alto Curso do Rio Paraíba de acordo com as normas do Manual Geomorfológico do IBGE. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 2, p. 83-91, 2016.

GALVÃO, D. C. **Reconstrução paleoambiental a partir dos colúvios do entorno da lagoa do Puiu, município de Ibiimirim-Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco. 2012.

GHIBAUDO, G. Subaqueous sediment gravity flow. deposits: practical criteria for their field description and classification. **Sedimentology**, v.39 p. 423-454, 1992.

GÓIS, L. S. S. **Caracterização de Materiais Quaternários no Ambiente de Exceção em Mata Grande - Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Alagoas. 2020.

GOIS, L. S. S; CORRÊA, A. C. B ; FALCÃO, N. A. M; MONTEIRO, K. A. Caracterização Sedimentológica dos Colúvios do Maciço de Mata Grande - AL: Uma Comparação entre Brejos de Altitude do Nordeste do Brasil. **REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE**, v. 7, p. 01-12, 2021.

GÓIS, L. S. S; FALCÃO, N. A. M; MONTEIRO, K. A. Mapeamento de unidades morfoestruturais e morfoesculturais no maciço de Mata Grande, Alagoas e entorno. **Geosul**, v. 36, p. 414-430, 2021.

GURGEL, S. P. P.; BEZERRA, F. H. R.; CORRÊA, A. C. DE B.; MARQUES, F. O.; MAIA, R. P. Cenozoic uplift and erosion of structural landforms in NE Brazil. **Geomorphology**, v. 186, p. 68–84, 2013.

GURGEL, S. P.P. **Evolução Morfotectônica do Maciço Estrutural Pereiro, Província Borborema**. Tese de Doutorado, Departamento de Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2012.

GUTIÉRREZ, M. Climatic Geomorphology. **Elsevier Science & Technology**, 2005.

HAAS, T., BRAAT, L., LEUVEN, J.R.F.W. and Lokhorst, I.R. Effects of debris flow composition on runout, depositional mechanisms, and deposit morphology in laboratory experiments. **Case Rep. Med.**, **120**, 1949–1972. 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2. ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2009. 182 p.

IVERSON, R. M. Scaling and design of landslide and debris-flow experiments, **Geomorphology**, 244, 9–20. 2015.

JACOMINE, P. K. et al. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Alagoas**. 1. ed. Recife: EMBRAPA, 1975,532 p.

LIMA, E. M.; CORREA, A. C. B.; FONSECA, D. N. Dinâmica geomorfológica Quaternária da cimeira estrutural Pernambuco-Alagoas, Planalto da Borborema. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 142-155, 2016.

LIMA, E. M; CORRÊA, A. C. B. Mapeamento geomorfológico como ferramenta de caracterização ambiental do município de Garanhuns-PE. **Geosul**, v. 31, n. 62, p. 317-336, 2016.

LIMA, F. J.; CORREA, A. C. B. Correlação Cronoestratigráfica dos Depósitos Quaternários do Planalto Sedimentar do Araripe: Um Estudo de Caso a Partir dos Materiais Encontrados no Município de Crato e Barbalha: Sul do Ceará. **REVISTA DE GEOGRAFIA (RECIFE)**, v. 35, p. 173-184, 2018.

LIMA, F. J. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido do Planalto sedimentar do Araripe: um estudo a partir dos depósitos coluviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha/CE**. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco. 193p. 2015.

LIMA, F. J. ; PAISANI, J. C. ; CORREA, A. C. B. ; Pontelli, M. E. Micromorfologia de Colúvios em Sequencias Pedoestratigráfica e Litoestratigráfica: O Caso das Superfícies de Palmas/Água Doce (Sul) e Planalto Sedimentar do Araripe (Nordeste Do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, p. 329-348, 2017.

LIMA, F. J.; LIMA, G. G.; CORREA, A. C. B.; MARÇAL, M. S. Mapeamento geomorfológico em escala de semi-detalhe e a flexibilização de manuais de mapeamento: breves considerações a partir de um estudo de caso-setor subúmido do planalto sedimentar do Araripe/CE/Brasil. **Ensaios de Geografia**, v. 3, n. 6, p. 61-78, 2014.

LIMA, F. J.; CORREA, A. C. B. Correlação cronoestratigráfica dos depósitos quaternários do Planalto Sedimentar do Araripe: um estudo de caso a partir dos materiais encontrados no município de Crato e Barbalha - Sul do Ceará. **Revista de Geografia (Recife)**, v. 35, p. 173-184, 2018.

LIMA, F. J.; CORRÊA, A. C. B; LIMA, G. G; MARÇAL, M. S ; PAISANI, J. C; PONTELLI, M. E. Late quaternary geomorphological evolutionary dynamics of the Araripe sedimentary plateau, northeast of Brazil. **Journal Of South American Earth Sciences**, v. 1, p. 104244-104275, 2023.

LIMA, G. R.; LISTO, D.G.S ; ARRUDA, Í. R. P. . Análise dos Depósitos de Colúvio na Serra dos Cavalos-Caruaru/Pernambuco. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 7, p. 1-10, 2021.

LIRA, D. R. **Evolução geomorfológica e paleoambiental das bacias do riacho do pontal e GI-8 no sub-médio São Francisco/PE**. 2014. 234 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2014.

LOWE, D. R. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special, reference to the deposits of high-density turbidity currents. **Journal of Sedimentary Research**, n. 52, 279-297, 1982.

MAIA, R. P; BEZERRA, F. H. R. Condicionamento Estrutural do Relevo no Nordeste Setentrional Brasileiro. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, p. 127-141, jan./abr. 2014. ISSN 1984-2201. 2002.

MARQUES, R. J.; LIMA, I. M. M. F. Modificações no Relevo da Cidade de Timon, Maranhão: uma Análise a Partir da Geomorfologia Antropogênica. **Revista Geotemas**, v. 13, p. e02308-e02308, 2023.

MEIS, M. R. M.; MONTEIRO, A. M. F. Upper quaternary “rampas”: Doce river valley, Southeastern Brazilian plateau. **Z.Geomorph. N.F.**, v.23 , n.2, p.131-151, 1979.

MEIS, M.R.M.; MOURA, J.R.S. Upper quaternary sedimentation and hillslope evolution: southeastern brazilian plateau. **American Journal of Science**, v.284, p.241-254, 1984.

MELO, J. S. **Dinâmica geomorfológico do ambiente de encosta em Belo Jardim – PE: Uma análise a abordagem a partir da perspectiva morfoestratigráfica aplicada aos depósitos coluviais**. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2008.

MELO, M.S., MEDEIROS, C.V., GIANNINI, P.C.F., GARCIA, M.J., PESSENDA, L.C.R. Sedimentação quaternária no espaço urbano de Ponta Grossa, Pr. **Geociências**, 22, 33-42, 2003.

MELO, R. F. T. **Evolução dos Depósitos de Encosta no Leque Malaquias e Lagoa das Pedras no Entorno do Maciço Estrutural da Serra de Água Branca**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco. 2014.

MELO, R. F. T. **Evolução geomorfológica em bases paleoclimáticas do maciço estrutural de Água Branca – AL**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. 205p. 2019.

MELO, R. F. T. ; RAMOS, D. A. M. C. ; SILVA, D. G. ; CORREA, A. C. B. Aplicação da

micromorfologia de solos como ferramenta para a reconstrução paleoambiental na serra de Água Branca/ AL. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 26-31, 2014.

MELO, R. F. T. ; RAMOS, D. A. M. C. ; SILVA, D. G. ; CORREA, A. C. B. . Análise morfoestratigráfica do plaino aluvial do riacho Malaquias, Serra de Água Branca. **Revista Geonorte**, v. 10, p. 13-19, 2014.

MENZIES, J., van der Meer, J.J.M., and Ravier, E. A kinematic unifying theory of microstructures in subglacial tills. *Sed. Geology*. 244, 57-70p. 2016.

MIDDLETON, G.V., HAMPTON, M. Sediment gravity flows: mechanics of flow and deposition. In: Middleton, G.V., Bouma, A. (Eds.), **Turbidites and Deep Water Sedimentation**. Los Angeles, SEPM (Pacific Section) Short Course 1, Anaheim, Lecture Notes, pp. 1–38. 1973.

MODENESI-GAUTIERI, M. C. Hillslope deposits and the quaternary evolution of the Altos Campos – Serra da Mantiqueira, from Campos do Jordão to the Itatiaia massif. **Revista Brasileira de Geociências**, v.30, n.3, p.504-510, 2000.

MONTEIRO, K. A.; CORRÊA, A. C. B. Geomorphology of Alagoas State. In: **Geomorphology of the Northeast Region of Brazil**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 205-222.

MOURA, J. R. S. e MELLO, C. L. Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior na região de Bananal (SP/RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 3. p. 236-254, 1991.

MOURA, J. R. S; MEIS, M. R. M. Litoestratigrafia Preliminar Para os Depósitos de Encosta do Ouaternário Superior do Planalto SE Do Brasil (MG-RJ). **Revista Brasileira de Geociências** volume, v. 10, p. 259, 1980.

MÜCHER, H.J., MOROZOVA, T.D. **The application of soil micromorphology in quaternary geology and geomorphology**. In: Bullock, P., Murphy, C.P., org (Eds.), *Soil Micromorphology: Techniques and Applications*. Rothamsted. A B Academic Publishers, pp. 151–194. 1983.

MUTZENBERG, D. S. **Ambientes de Ocupação Pré-Histórica no Boqueirão da Pedra Furada, Parque Nacional Serra da Capivara - PI**. 2010. 256 f. Tese (Doutorado em Arqueologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2010.

MUTZENBERG, D. S. **Gênese e ocupação pré-histórica do Sítio Arqueológico Pedrado Alexandre: uma abordagem a partir da caracterização paleoambiental do Vale do Rio Carnaúba – RN**. 2007. 142 f. Dissertação (Mestrado em Arqueologia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2007.

NEMEC, W; KAZANCI, N. Quaternary colluvium in west-central Anatolia: sedimentary facies and palaeoclimatic significance. **Sedimentology**, n. 46, 139-170, 1999.

NICHOLS, G. **Sedimentology & stratigraphy**. Blackwell Science Ltd, 355p.,1999.

NIMER, E., Climatologia do Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ; 421 p. 1989.

- NOBREGA, R. S. **O fenômeno El Niño e a influência conjunta do dipolo do Altântico no estado do Ceará.** Congresso Brasileiro de Meteorologia. Florianópolis: [s.n.]. 2000.
- OLIVEIRA, G. C. S.; ALVES, K. M. A. S.; NOBRÉGA, R. S. **Principais mecanismos responsáveis pela ocorrência de chuva no Semiárido nordestino.** II Workshop de Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos de Pernambuco. Recife: [s.n.]. 2010.
- OLIVEIRA, M. A. T.; PESSENCIA, L. C. R.; BEHLING, H.; LIMA, G. L.; FERREIRA, G. M. S. S. Registro de mudanças ambientais pleistocênicas e holocênicas em depósitos de cabeceira de vale: Campo Alegre, Planalto Norte catarinense (SC). **Revista Brasileira de Geociências**, v.36, n.3, p.474-487, 2006.
- PAISANI J.C. **Descontinuidades hidrológicas, escoamento superficial e desenvolvimento de incisões erosivas em áreas de cabeceira de drenagem: estudo de caso na Colônia Quero-Quero, Palmeira (PR).** Centro de Filosofia e Ciências Humanas. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Dissertação de Mestrado, 184p. 1998.
- PAISANI, J. C. Utilização de diagrafias granulométricas no estabelecimento da lito e pedoestratigrafia de rampa arenosa costeira – o caso Praia Mole (Ilha de Santa Catarina). **Geografia**, v. 13, n. 2, 2004.
- PAISANI, J. C.; LOPES-PAISANI, S. D.; LIMA, S.; RIBEIRO, F. D. J.; PONTELLI, M. E.; FUJITA, R. H. Paleoenvironmental dynamics of low-order paleovalleys in the Late Quaternary – Palmas/Caçador Summit Surface – Southern Brazil. **Catena**, 182:104171, 2019b.
- PAISANI, J. C.; MANICA, R. ; SANTOS, M.C.P. ; RODRIGUES, R. A. R. Modern soil aggregates-colluvium generated by overland flow - stratigraphy and physical experiments. **Sedimentology**, v. 70, p. 2150-2174, 2023.
- PAISANI, J. C.; MANICA, R. Constituent and microstructure concentration indexes for microsedimentological analysis in thin sections. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 26, p. 1-10, 2025.
- PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E. Propriedades micromorfológicas de colúvios em encosta no médio vale do Rio Marrecas (SW PR) – bases para distinção de formações superficiais alóctones e autóctones em substrato basáltico, **Pesquisas em Geociências**, UFRGS, v.39 (1), p.53-62, 2012.
- PAISANI, J. C.; PEREIRA, J. S. ; SORDI M. V. de ; MANICA, R. . Pleistocene-Holocene colluvial facies from the Volcanic Plateau of the Paraná Sedimentary Basin (Rio Grande do Sul, Brazil) ? sedimentation processes and paleoenvironmental implications. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 126, p. 104344-16, 2023.
- PAISANI, J. C.; PONTELLI, M. E. ; CORREA, A. C. B. ; RODRIGUES, R. A. R. . Pedogeochimistry and micromorphology of oxisols - A basis for understanding etchplanation in the Araucárias Plateau (Southern Brazil) in the Late Quaternary. **Journal of south american earth sciences**, v. 48, p. 1-12, 2013.
- PAISANI, J. C; LOPES-PAISANI, S. D.; OSTERRIETH, M. L; PONTELLI, M. E; FUJITA, R. H. Dinâmica de rampa de colúvio na superfície de Palmas/Água Doce durante o quaternário tardio – bases para compreender a evolução das encostas no Planalto das Araucárias. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 18:783 - 799. 2017.

- PAISANI, J.C, FACHIN A, PONTELLI M.E, OSTERRIETH M.L, LOPES-PAISANI S.D.L, FUJITA, R.H Evolução de paleocabeceira de drenagem do rio Chopinzinho (Sul do Brasil) durante o Quaternário Superior. **Revista Brasileira Geomorfologia**, 17(1):43-59, 2016.
- PAISANI, J.C, SANTOS, L.J.C., GOUDARD, G., GOULART, A.A, BIFFI, V.H.R. Subtropical Araucarias Plateau. In: Salgado, A.A.; Santos, L.J.C.; Paisani, J.C. **Physical Geographic of Brazil**, Springer, p.21-39, 2019.
- PAISANI. J. C. Estrutura de Dissipação: Uma Revisão Conceitual. **Pesquisas em Geociências** (UFRGS. Impresso), UFRGS - Porto Alegre-RS, v. 28, n.2, p. 133-140, 2001.
- PAWELEC, H.; LUDWIKOWSKA-KEDZIA, M. Macro- and Micromorphologic interpretation of Relict Periglacial Slope Deposits from the Holy Cross Mountains, Poland. Permafrost and Periglac. **Process. 27**: 229–247. 2016.
- PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.
- PHILLIPS, E. **Micromorphology of a debris flow deposit: evidence of basal shearing, hydrofracturing, liquefaction and rotational deformation during emplacement**. Quat. Sci. Rev. 25, 720–738. 2006.
- PINTO, B. L. Mapeamento de Feições Geomorfológicas do Município de São Domingos, Semiárido Baiano. **Revista Geoaraguaia**, v. 9, n. 1, 2019.
- POSTMA, G., NEMEC, W. AND KLEINSPEHN, K.L. Large floating clasts in turbidites: a mechanism for their emplacement. **Sediment. Geol.**, 58, 47–61. 1988.
- RAMOS, D. A. M. C. **Os depósitos de encosta na reconstrução da dinâmica geomorfológica na bacia do riacho Piancozinho (Pernambuco/Paraíba)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Pernambuco, 149p, 2014.
- RAMOS, D. A. M. C.; MELO, R. F. T.; SILVA, D. G.; CORREA, A. C. B. . Aplicação da Abordagem Morfoestratigráfica nos Depósitos de Encosta da Bacia do Riacho Piancozinho (Pernambuco/Paraíba). **Revista Geonorte**, v. 10, p. 20-25, 2014.
- RANULPHO, R. S. **Fitólitos em depósitos de colúvio do quaternário superior na face nordeste da Bacia Sedimentar do Araripe/CE: significado paleoambiental** / Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 102p. 2016.
- RANULPHO, R.; CORRÊA, A. C. B.; LIMA, F. J.; PAISANI, J. C. Quaternary geomorphological dynamics of colluvial deposits from silicophytoliths and soil micromorphology, Araripe plateau, northeast of Brazil. In **Quaternary International**. Elsevier 697, p. 1 – 18, 2024.
- REIS, S. L. S.; VALE, R, M, C. Mapeamento Geomorfológico do Nordeste Baiano Como Subsídio à Identificação de Áreas Com Degradação Ambiental. **VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia**. 14p. 2010.
- RIBEIRO, F.J. **Evolução da rede de drenagem na superfície de Palmas/Água Doce durante o Quaternário Tardio: o caso dos Córregos do Salto e Vigia**. Dissertação, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, 2016.

RIBEIRO, K. V.; ALBUQUERQUE, E. L. S. Compartimentação geomorfológica da bacia hidrográfica do Rio Mulato, estado do Piauí, Brasil. **Revista da ANPEGE**, v. 15, n. 26, p. 67-88, 2019.

SANTOS, F.G.; PINÉO, T. R. G.; MEDEIROS, V.C.; SANTANA, J. S.; MORAIS, D.M.F.; VALE, J. A. R.; WANDERLEY, A. A. **Mapa Geológico da Província Borborema. Projeto Geologia e Potencial Mineral da Província Borborema.** Escala 1:1.000.000. Recife: SGB - CPRM, 2021,1 mapa.

SANTOS, J. D. C.; SANTOS, P. V. S.; SANTOS, J. L.; CARVALHO, I. T.; LIRA, D. R. Contribuições do Mapeamento Geomorfológico para Análise Integrada da Paisagem do Parque Nacional Serra de Itabaiana e Identificação de Espaços de Acomodação de Sedimentos na Encosta a Barlavento. **Revista Contexto Geográfico**, v. 6, n. 11, p. 31-43, 2021.

SANTOS, J. M. Geomorphology of Bahia State. In: **Geomorphology of the Northeast Region of Brazil**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 255-292.

SANTOS, J. P. A.; SILVA, A. F.; SILVA, C. V.; SANTOS, W. V.; LIMA, F. J. Caracterização geomorfológica do maciço de Água Branca e seu entorno: uma primeira aproximação. **REGNE**. Volume 5, Número Especial. 2019.

SANTOS, W. V. **Caracterização dos estilos fluviais da bacia hidrográfica Riacho Talhada-semiarido alagoano: contribuições à gestão hidrogeomorfológica.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Alagoas. 87 p. 2021.

SCHAETZL, R. J.; THOMPSON, M. L. **Soils**. Cambridge university press, 2015.

SCHAETZL, R.J.; ANDERSON, S. **Soils: Genesis and Geomorphology**. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 833p. 2005.

SHANMUGAM, G. Chapter 3 - Gravity flows: debris flows, grain flows, liquefied/fluidized flows, turbidity currents, hyperpycnal flows, and contour currents. Em: SHANMUGAM, G. (Ed.). **Mass Transport, Gravity Flows, and Bottom Currents**. [s.l.] Elsevier, 2021b. p. 89–148.

SHANMUGAN, G. Mass transport, gravity flows, and bottom currents – downslope and alongslope processes and deposits. **Elsevier**. 2021.

SILVA, A. F.; NASCIMENTO, M. C.; LIMA F. J. Mapeamento e Caracterização de Terraços Fluviais na Bacia Hidrográfica do Canapi–AL/PE, A Partir da Análise de (Des) Conectividade da Paisagem. **Caminhos de Geografia**. Uberlândia-MG v. 24, n. 94. 256–274p. ago/2023.

SILVA, D. G. DA ; CORREA, A. C. B. **EVOLUÇÃO PALEOAMBIENTAL DOS DEPÓSITOS DE TANQUES EM FAZENDA NOVA, PERNAMBUCO - NORDESTE DO BRASIL**. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 2, p. 43-56, 2009.

SILVA, D. G. da. **Reconstrução da dinâmica geomorfológica do semiárido brasileiro no Quaternário superior a partir de uma abordagem multiproxy**. 2013. 277 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Penambuco, Recife, PE, 2013.

SILVA, D. G. **Dinâmica Geomorfológica do Complexo de Cacimbas de Fazenda Nova, Brejo da Madre de Deus, Pernambuco.** Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco. 2013.

SILVA, D. G. **Dinâmica Geomorfológica do Complexo de Cacimbas de Fazenda Nova, Brejo da Madre de Deus, Pernambuco.** Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco. 2013.

SILVA, D. G. **Reconstrução da dinâmica geomorfológica do semiárido brasileiro no Quaternário superior a partir de uma abordagem multiproxy.** 2013. 277 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Penambuco, Recife, PE, 2013.

SILVA, D. G.; CORREA, A. C. B. Aplicação da micromorfologia de solos aos estudos de sedimentos quaternários: uma ferramenta para a reconstrução paleoambiental (application of soils micromorphology to the study of Quaternary sediments: a tool for paleoenvironmental reconstruction). **Mercator** (Fortaleza. Online), v. 8, p. 111-138, 2009.

SILVA, M. L. G. ; CORREA, A. C. B. ; LIMA, F. J. Reconstrução Paleoambiental do Maciço de Água Branca, Semiárido de Alagoas, A Partir da Análise dos Sedimentos de Encosta. **Geosul**, v. 36, p. 454-478, 2021.

SILVA, M. L. G. **Evolução da Paisagem Geomorfológica no Semiárido Alagoano a Partir do Estudo dos Modelados de Acumulação e Denudação do Município de Água Branca.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

SOHN, Y.; CHOE, M. Y.; JO, H. R. Transition from debris flow to hyperconcentrated flow in a submarine channel (the Cretaceous Cerro Toro Formation, Southern Chile). **Terra Nova**, 14, 405 – 415. 2002.

SOHN, Y.; RHEE, C. W.; KIM, B. C. Debris flow and hyperconcentrated flood-flow deposits in na aluvial fan, Nothwestern Parti f the Cretaceous Yongdong Basin, **Central Korea. J. Geol.**, 107. 111 – 132. 1999.

SOHN, Y.K. On traction-carpet sedimentation. **J.Sediment. Res.**, 67, 502–509. 1997.

SOHN, Y.K., CHOE, M. Y. and JO, H.R. Transition from debris flow to hyperconcentrated flow in a submarine channel (the Cretaceous Cerro Toro Formation, Southern Chile. **Terra Nova**, 14, 405–415. 2002

SOHN, Y.K., Rhee, C.W. and KIM, B.C. Debris flow and hyperconcentrated flood-flow deposits in an alluvial fan, Northwestern Part of the Cretaceous Yongdong Basin, Central Korea. **J. Geology**, 107, 111–132. 1999.

SOUZA, A. O. **Mapeamento geomorfológico de detalhe da carta de Belo Jardim-PE: uma análise a partir dos padrões morfométricos do relevo.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, 85p. 2008.

SOUZA, E. B.; NOBRE, P. Uma revisão sobre o Dipolo no Atlântico Tropical. **Revista Brasileira de Meteorologia.**, v. 13, n. 1, p. 31-44, 1998.

SOUZA, J. J. L. L.; SOUZA, B. I.; XAVIER, R. A.; CARDOSO, E. C. M.; MEDEIROS, J. R.; FONSECA, C. F.; SCHAEFER, C. E. G. R. Organic carbon rich-soils in the brazilian semiarid region and paleoenvironmental implications. **Catena**, v. 212, p. 106101, 2022.

SOUZA, J. O. P. ; CORREA, A. C. B. Sistema fluvial e planejamento local no semiárido. **Mercator** (Fortaleza. Online), v. 11, p. 149-168, 2012.

STOOPS, G. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections. **Soil Science Society of America**, Madison, WI, p. 184, 2003.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

SUMNER, E.; TALLING, P.J.; AMY, L.A. Deposits of flow transitional between turbidity current and debris flow. **Geology** 37, 991-994. 2009.

TAVARES, B. A. C. **Evolução Morfotectônica dos Pedimentos Embutidos no Planalto da Borborema**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco. 252p. 2015.

TAVARES, B. D. A. C., CORRÊA, A. C. D. B., OLIVEIRA, G. P. D., LIRA, D. R. D. Geomorphology of Paraíba State. In: **Geomorphology of the Northeast Region of Brazil**. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. p. 145-171.

TRICART, J. Cartographic aspects of geomorphological surveys in relation to development programmes. **UN/ECOSOC**, v. 9, p. 7583, 1969.

TRICART, Jean. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro, IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VAN DER MEIJ, W. M. et al. Reconstructing rates and patterns of colluvial soil redistribution in agrarian (hummocky) landscapes. **Earth Surface Processes and Landforms**, v. 44, n. 12, p. 2408-2422, 2019.

VITAL, S. R. O.; SANTOS, A. S.; SANTOS, C. L. Mapeamento Geomorfológico da Região do Seridó, Estado do Rio Grande do Norte. **William Morris Davis - Revista de Geomorfologia**, v. 2, n. 2, p. 1-15. 30 de setembro de 2021.

APÊNDICE A

Protocolo de Granulometria do NEPA

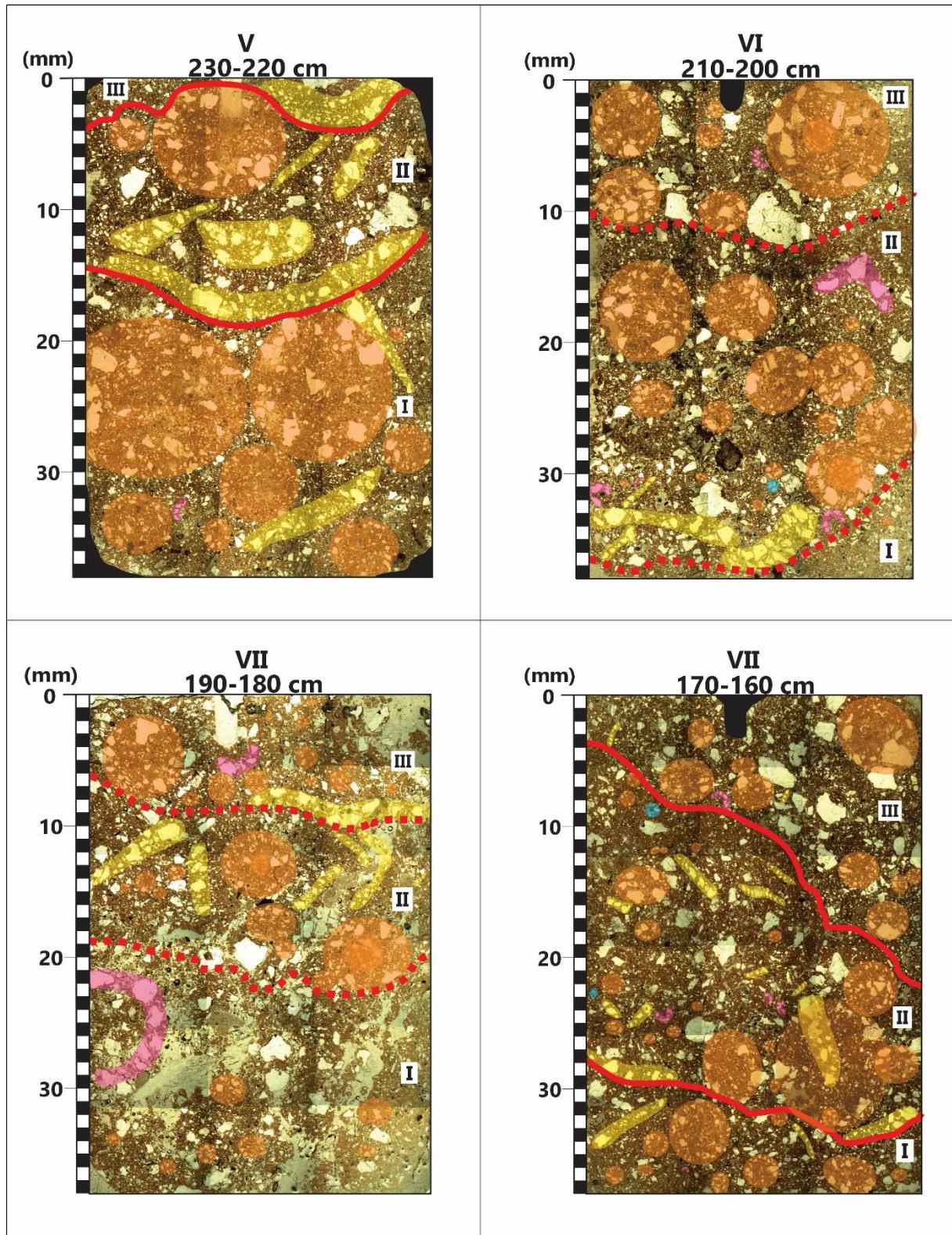
Para realização da análise granulométrica, primeiramente, com a amostra seca é realizado o quarteamento de 20 a 30 gramas quando o material é arenoso e 10 gramas quando o material for argiloso, em seguida é acrescentado 10ml de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) dissolvido em 40ml de água destilada para que seja realizada a queima da matéria orgânica, e o material é levado para secar na estufa a 90° por cerca de 48 horas.

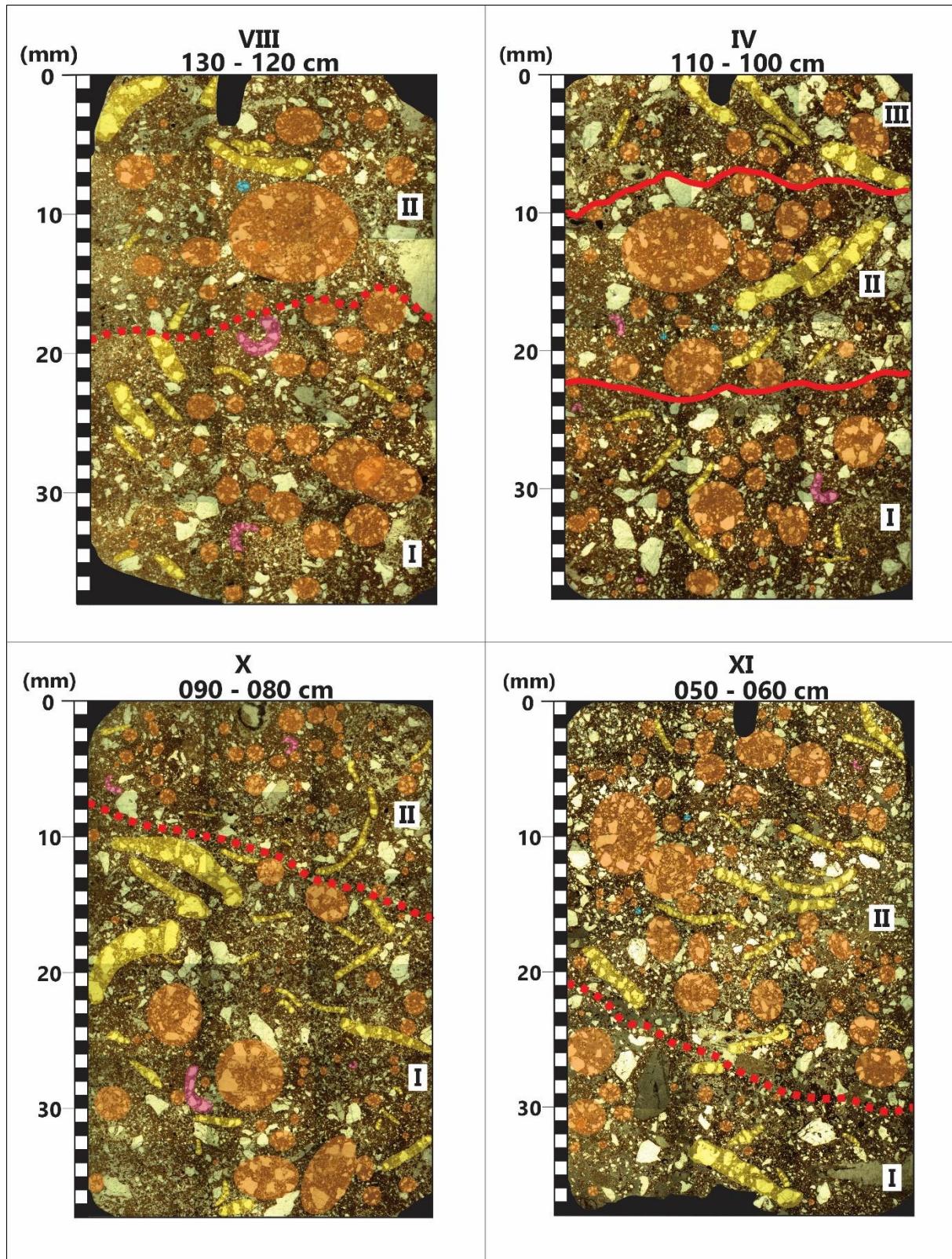
Após a secagem foi adicionado 50ml de defloculante (Hexametafosfato de Sódio + Carbonato de Sódio Anidro) para cada 10g de amostra, e a amostra foi colocada para decantada por 24 horas. Após o período de repouso as amostras são levadas ao agitador magnético e agitada por cerca de 15 minutos e submetida a lavagem por via úmida, passando por uma peneira de 0,062 μm com o auxílio de água destilada. A fração grossa fica retida na peneira foi transferida para um Becker e levado para secar na estufa a 100°, o material em suspensão da proveta foi completado 1000ml de água destilada e levada para repousar por 24 horas para que seja feita a separação via úmida da fração fina.

Após o período de repouso da fração fina foi realizada a pipetagem, de acordo com a lei de Stokes e seguindo as recomendações de Carvalho (2008), sobre o controle de temperatura do ambiente, profundidade de retirada e diâmetro de partículas. A fração fina foi dividida em silte grosso, silte médio, silte fino, silte muito fino e argila. Já a fração grossa, após secar na estufa foi levada ao agitador de peneiras eletromagnético e dividido em seixo, grânulo, areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina e areia muito fina. Por fim, em posse dos resultados granulométricos, foram elaboradas diagramas granulométricas seguindo as recomendações de Paisani (2004), com intuito de reconhecer as unidades estratigráficas baseando-se nas mudanças das tendências granulométricas.

APÊNDICE B

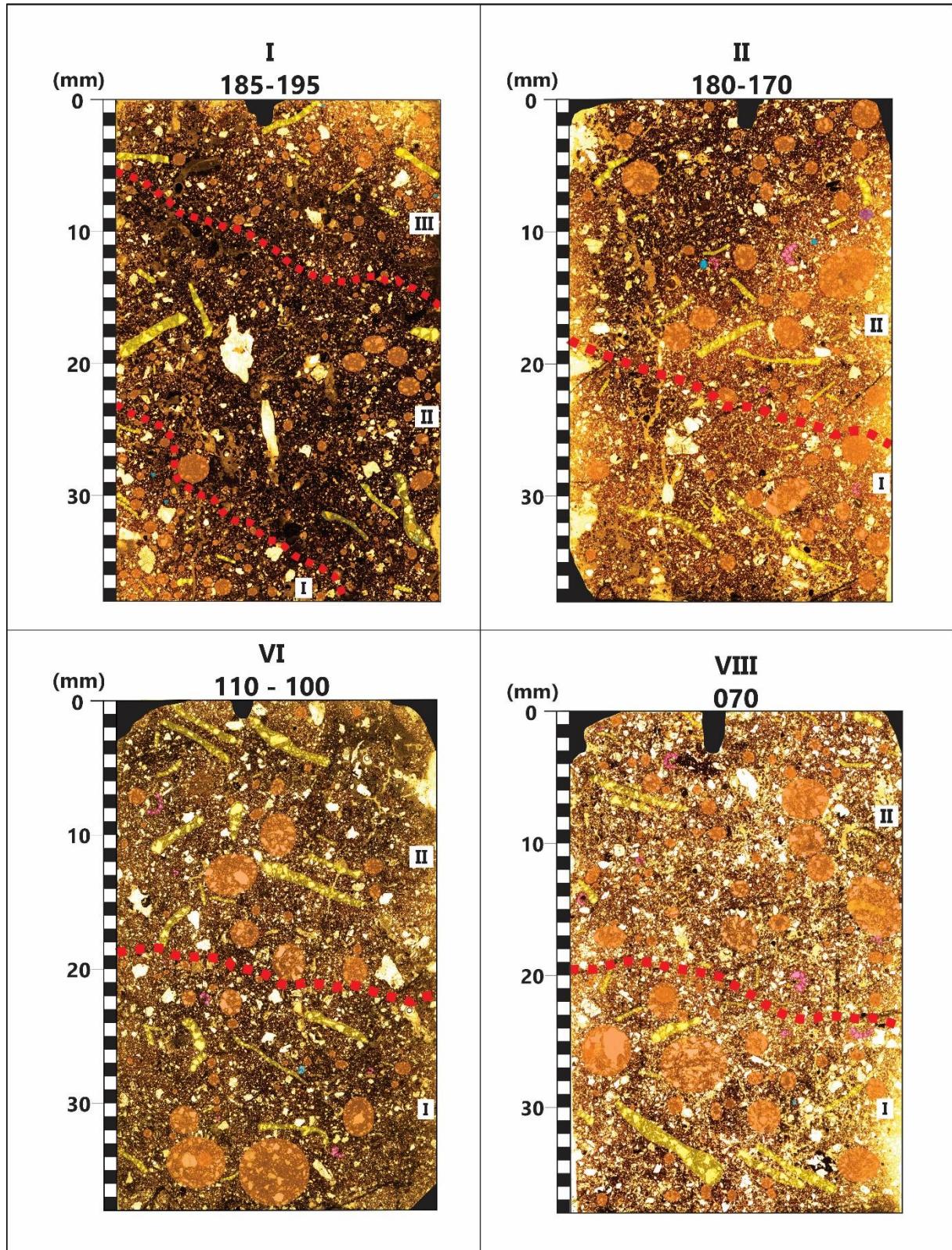
Microestruturas sedimentares identificadas nas fácies de lama arenosa laminada em depósito de colúvio da seção Baixa do Galo (Mata Grande).

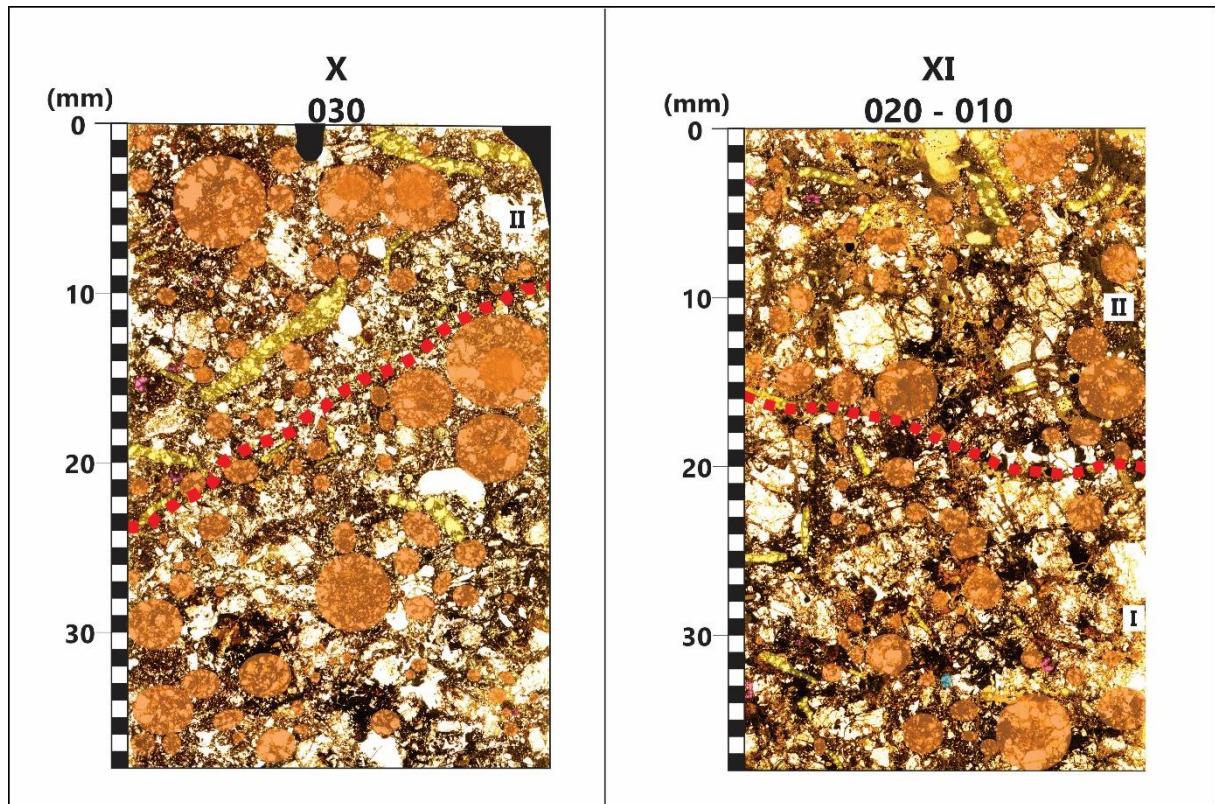




APÊNDICE C

Microestruturas sedimentares identificadas nas fácies de lama arenosa laminada em depósito de colúvio da seção Preguiçoso (Água Branca).





APÊNDICE D

Microestruturas sedimentares identificadas nas fácies de lama arenosa laminada (mineral e orgânica) em depósito de colúvio da seção Batuque (Água Branca).

