

**Evolução dos
Depósitos de
Encosta no Leque
Malaquias e Lagoa
das Pedras no
Entorno do Maciço
Estrutural da Serra
de Água Branca**

**Rhaissa Francisca Tavares
de Melo**



CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

EVOLUÇÃO DOS DEPÓSITOS DE ENCOSTA NO LEQUE MALAQUIAS E
LAGOA DAS PEDRAS NO ENTORNO DO MACIÇO ESTRUTURAL DA SERRA
DE ÁGUA BRANCA

Rhaissa Francisca Tavares de Melo

Recife,
2014

RHAISSA FRANCISCA TAVARES DE MELO

**EVOLUÇÃO DOS DEPÓSITOS DE ENCOSTA NO LEQUE MALAQUIAS E
LAGOA DAS PEDRAS NO ENTORNO DO MACIÇO ESTRUTURAL DA SERRA
DE ÁGUA BRANCA**

Dissertação de Mestrado elaborada junto ao Programa de Pós-graduação em Geografia - Área de concentração em Dinâmica das paisagens naturais e ecossistemas, Linha de pesquisa em Dinâmica superficial e climática das paisagens naturais tropicais úmidas e semiáridas - como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre. em Geografia.

Orientador: Antonio Carlos de Barros Corrêa

Recife,
2014

Catálogo na fonte

Bibliotecária Maria do Carmo de Paiva, CRB4-1291

M528e Melo, Rhaissa Francisca Tavares de.

Evolução dos depósitos de encosta no Leque Malaquias e Lagoa das Pedras no entorno do maciço estrutural da Serra de Água Branca / Rhaissa Francisca Tavares de Melo. – Recife: O autor, 2014.

155 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Carlos de Barros Corrêa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco.

CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2014.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Geomorfologia. 3. Morfologia. 4. Relevo (Geografia) – Água Branca (AL). 5. Geocronologia. I. Corrêa, Antônio Carlos de Barros (Orientador). II. Título.

910 CDD (22. ed.)

UFPE (CFCH2014-27)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO - UFPE
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS - CFCH
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS GEOGRÁFICAS - DCG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PP GEO**



RHAISSA FRANCISCA TAVARES DE MELO

**EVOLUÇÃO DOS DEPÓSITOS DE ENCOSTA NOS LEQUES MALAQUIAS E LAGOA DAS PEDRAS
NO ENTORNO DO MACIÇO ESTRUTURAL DA SERRA DE ÁGUA BRANCA.**

Dissertação aprovada, em 28/02/2014, pela comissão examinadora:

Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa
(1º examinador – orientador – PP GEO/UFPE)

Profa. Dra. Silvana Praxedes Gurgel
(2º examinador – UERN)

Prof. Dr. Demétrio da Silva Mutzenberg
(3º examinador – Arqueologia/UFPE)

**RECIFE – PE
2014**

*Aos meus amores: Milton, Gildete, Marlene, Francisca
Pedro, Netinho, Leonas, Joana e Miguel.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois sem ele nada disso seria possível. Aos meus pais, Milton e Gildete, por todo o amor, esforço, carinho, incentivo, e por terem me guiado, desde os meus primeiros passos, para alcançar os meus objetivos! Painho e Mainha, vocês são o meu alicerce, muito obrigada por tudo! Amo vocês!

A Marlene (naninha), minha segunda mãe, pelo amor, carinho e cuidados ininterruptos.

À minha avó Francisca, por sempre me mostrar o que é realmente importante na vida.

Ao meu amor, Pedro Balder, por ser um exemplo de força e superação. Muito obrigada por todo amor, carinho, dedicação e estímulo, e por apoiar e compreender toda minha empreitada para chegar até aqui. Obrigada por sempre estar ao meu lado.

Aos meus irmãos, Milton Neto, Leonia e Joana, por se fazerem presentes em cada momento desta pesquisa.

Aos meus sogros, Geovanete Balder e Mario Balder, pelo constante incentivo e apoio.

À Dona Lourdes e Seu Eriosmar, por abrir sua casa e cuidarem de mim como filha, muito obrigada por todo carinho.

Ao meu querido orientador, Prof. Dr. Antonio Carlos de Barros Corrêa, por ter me apresentando a Geografia Física de forma tão apaixonante, e por ser este orientador fantástico! Agradeço pela confiança, paciência, oportunidade e ajuda para a conclusão desta pesquisa.

À minha amiga e maior colaboradora, Danielle Gomes, por simplesmente tudo! Por cada campo, ensinamento, ombro amigo! Você é a maior responsável pela profissional que me tornei, e nestas linhas não caberiam tantos agradecimentos! Muito obrigada!

Ao Prof. Osvaldo Girão e a Renata Azambuja, por toda contribuição dada na qualificação, esta foram inestimáveis.

Ao Prof^o Valdomiro Souza coordenador do Laboratório de Fertilidade do Solo - UFRPE, e ao Prof^o Edval Santos coordenador do Laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas - UFPE, pela grande colaboração na obtenção dos resultados de Difractometria de raio-X e MEV respectivamente.

Aos técnicos de laboratório, Maurilio Amâncio, Lucas Sartor e Rodrigo Alves por toda colaboração e boa vontade em ajudar, muitas vezes em horários fora dos seus expedientes.

À Diogo Galvão, por toda colaboração nas coletas de campo.

À todos que fazem o GEQUA.

Aos meus companheiros de intempéries geográficas, Mariana Agra e Thiago Machado, por me
mostrarem o valor da amizade.

A minha companheira de peripécias geomorfológicas, Débora Meira, por compartilhar comigo
todos os estágios desta pesquisa, e sentir na pele as dores e delícias, mais delícias do que dores,
de se trabalhar com geomorfologia. Como dizemos: A gente arrasa!

As minhas amigas, Richelly Penha e Vivian Lacet, que apesar da distância, sempre estiveram
presentes, e me ensinaram que o poder da amizade é muito maior do que qualquer pedra que
se ponha no caminho.

Aos Coordenadores e secretários do Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGEO),
pelo auxílio sempre que necessário, especialmente à Eduardo, por sempre resolver as questões
burocráticas com tanta eficiência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela
concessão da bolsa de Mestrado.

À todos o meu muito obrigado, esta vitória é nossa!

Nada do que é humano me é alheio.

Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

O estudo do relevo, sobretudo dos modelados deposicionais, vem permitindo identificar eventos desestabilizadores da estrutura superficial da paisagem, de grande magnitude, capazes de reorganizar o comportamento dos processos geomórficos. Desta forma, a paisagem geomorfológica e sua evolução dependem da atuação em conjunto de diversos fatores, representados em diferentes escalas de espaço e tempo, que influenciam os processos superficiais tendendo a gerar uma multiplicidade de resultados complexos e interconectados na morfologia da paisagem. A análise das formas do relevo, na busca da compreensão dos aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável pela esculturação da paisagem, ganha relevância mediante o auxílio que oferece ao entendimento do modelado terrestre, como elemento do sistema natural e condicionante da atividade humana e seus arranjos espaciais. Desta forma, fazendo-se uso dos aspectos morfológicos e geomorfológicos presentes no município de Água Branca, esta pesquisa busca definir elementos, em bases empíricas diversas, que propiciem a reconstrução da dinâmica geomorfológica dos depósitos sedimentares, contemplando a elucidação da sua gênese, desenvolvimento, estabilização e conexão com os demais sistemas de superfície terrestre presentes na área: domínios fluviais e de encostas. A partir de um enfoque voltado à dinâmica geomorfológica, a pesquisa lança mão de uma série de procedimentos voltados à análise da distribuição espacial e morfológica dos compartimentos de relevo associados à estocagem de sedimentos, bem como à caracterização sedimentológica e geocronológica dos depósitos encontrados.

Palavras-Chave: Quaternário Tardio; Morfoestratigrafia; Geocronologia; Colúvio; Água Branca – AL.

ABSTRACT

The study of relief, especially of the depositional models, are allowing to identify destabilizing events of landscape's superficial structure, these are of great magnitude capable of reorganizing the behaviour of geomorphic processes. Thereby, the geomorphic landscape and its evolution depend on a set of many factors, represented in different time and space scales, influencing the superficial's processes tending to grow a complex result's multiplicity connected to the landscape morphology. The analysis of relief forms, in the search of understanding the morphologic aspects of the topography and the dynamics responsible for the landscape's modelling, gains relevance due to the help that it offers to the understanding of the terrestrial model, as a element of the natural system, human's activity condition and its spacial disposition. By that, using the morphologic and geomorphologic aspects present in the city of Água Branca, this research pursuit element definition, on empiric diverse bases, that allows the geomorphic dynamics of sedimental deposit reconstruction, contemplating its genesis elucidation, development, establishment and connection with the other terrestrial surface systems on the area: riverine and sides domain. Focusing on the geomorphologic dynamics, the research develops a series of procedures on the analysis of morphologic and spacial distribution of the relief compartments associated to the sedimentary deposit, characterising the found deposits in sedimentological and geochronological ways as well.

Keywords: Late Quaternary; Morphostratigraphy; Geochronology; colluvium; Água Branca - AL.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	15
INTRODUÇÃO.....	16
2. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA.....	18
2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	18
2.2 O ARCABOUÇO GEOLÓGICO.....	20
2.3 GEOMORFOLOGIA.....	23
2.4 SISTEMA CLIMÁTICO.....	29
2.5 ASPETOS PEDOLÓGICOS.....	35
2.6 A REDE DE DRENAGEM.....	38
2.7 A VEGETAÇÃO.....	40
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	42
3.1 O QUATERNÁRIO.....	42
3.1.1 Origem Semântica.....	42
3.1.2 História Crítica.....	43
3.2 DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS.....	47
3.2.1 A Fácies Eluvial.....	48
3.2.2 A Fácies Coluvial.....	49
3.2.3 Processos Formadores dos Depósitos Coluviais.....	51
3.2.4 A Importância dos Colúvios para o Quaternário.....	52
3.2.5 Depósitos em Depressões Fechadas.....	54
3.2.6 O Ambiente Aluvial Semiárido do Nordeste.....	56
3.2.6.1 Depósitos em Barras de Canal.....	56
3.2.6.2 Leques Aluviais na Perspectiva Semiárida.....	57

3.3 A ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA E A RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL.....	60
3.3.1 Morfoestratigrafia.....	60
3.3.2 Aloestratigrafia.....	61
3.3.3 Micromorfologia dos Solos e os Estudos Morfoestratigráficos.....	63
3.4 DEPÓSITOS SEDIMENTARES COMO RESPOSTA AS MUDANÇAS AMBIENTAIS NO NORDESTE DO BRASIL.....	65
4. MÉTODOS.....	72
4.1 BASES CARTOGRÁFICAS.....	72
4.2 A ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA.....	72
4.3 O TRABALHO DE CAMPO E AS COLETAS DE MATERIAIS.....	73
4.3.1 Pontos de Coleta.....	74
4.3.2 Chave para a Nomenclatura das Amostras.....	75
4.4 TRABALHOS DE LABORATÓRIO.....	76
4.4.1 Análises Sedimentológicas.....	76
4.5 ANÁLISE MICROMORFOLÓGICA DOS SOLOS.....	77
4.6 DIFRATOMETRIA DE RAIO-X.....	79
4.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA – MEV.....	79
5. RESULTADOS.....	81
6. CONCLUSÕES E DISCURSÕES.....	143
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	148
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	150

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Mapa de Localização do município de Água Branca – AL.....	19
Figura 02 – Encontro entre o complexo Belém do São Francisco e o Plúton sem Denominação na Lagoa das Pedras.....	21
Figura 03 – Porção do Plúton Água Branca na Propriedade Malaquias.....	21
Figura 04 – Mapa geológico do município de Água Branca – AL.....	22
Figura 05 – Unidade pedimentar.....	23
Figura 06 – Unidade Residual.....	24
Figura 07 – Unidade Cimeira.....	24
Figura 08 – Encosta sem cobertura coluvial.....	25
Figura 09 – Encosta com cobertura coluvial.....	26
Figura 10 – Plaino Aluvial.....	27
Figura 11 – Mapa Geomorfológico do município de Água Branca.....	28
Figura 12 – Climograma de Água Branca no ano de 2006 (ano sem influência de El Niño ou La Niña).....	32
Figura 13 – Climograma de Água Branca no ano de 1998 (forte El Niño). Fonte: Agritempo.....	33
Figura 14 - Climograma de Água Branca no ano de 2008 (forte La Niña). Fonte: Agritempo.....	34
Figura 15 – Planossolo encontrado na área de coleta 1 (Propriedade Malaquíás).....	36
Figura 16 – Mapa de Solos do município de Água Branca.....	37
Figura 17 – Área 1: Propriedade Malaquias, com destaque para as duas áreas de coleta, o Leque Malaquíás e o Plaino Malaquíás.....	74
Figura 18 – Área 2: Lagoa das Pedras. Ênfase a área já escavada.....	75
Figura 19 – ÁREA 1: (A) Propriedade Malaquias; (B) ênfase para as áreas de coleta no Leque e Plaino.	82
Figura 20 – Perfil Topográfico do Leque Malaquias (LM).....	83
Figura 21 – Perfil Topográfico do Plaino Malaquias (PM).....	84

Figura 22 – Leque Malaquias com marcação de seu cone, zona de espraiamento e corte promovido pela drenagem.....	86
Figura 23 – Trincheira do Leque Malaquias, com marcação da zona de espraiamento e drenagem.....	86
Figura 24 – Seção Vertical do Leque Malaquias (LM).....	87
Figura 25 – Histograma das classes granulométricas para os sedimentos do Leque Malaquias (LM).....	88
Figura 26 – Diagrama Triangular de Folk e Ward para o Leque Malaquias (LM).....	88
Figura 27 – Amostra LM 20.....	91
Figura 28 - Amostra LM 60.....	91
Figura 29 – Amostra LM 85.....	91
Figura 30 – Amostra LM 110.....	91
Figura 31 – Amostra LM 125.....	91
Figura 32 – Perfil demonstrando os fluxos formadores do Leque Malaquias (LM).....	93
Figura 33 – Curva Cumulativa para os sedimentos do Leque Malaquias (LM).....	93
Figura 34 – Diagrama de Pejrup dos sedimentos do Leque Malaquias (LM).....	94
Figura 35 – Lâmina da amostra LM 20.....	96
Figura 36 – Lâmina da amostra LM 60.....	97
Figura 37 – Lâmina da amostra LM110.....	98
Figura 38 – Lâmina da amostra LM 125.....	99
Figura 39 – Grãos da amostra LM 20, sub-arredondado e subanguloso, respectivamente.....	100
Figura 40 – Grãos da amostra LM 60 demonstrando os dois grupos distintos encontrados na amostra, à esquerda, grão pertencente ao grupo 1, com pouquíssima abrasão e arestas vivas; à direita, grão pertencente ao grupo 2, com presença de abrasão, com certo grau de arredondamento.....	101
Figura 41 – Grãos da amostra LM 85 com presença de dissolução, o segundo grão apresenta fratura conchoidal, típica de quartzo.....	101
Figura 42 – Grão da amostra LM 110, à esquerda demonstrando estrutura de dissolução após polimento, demonstrando influência hídrica, e comprovando a reumidificação	

recorrente; à direita apresentando feições de dissolução após transporte, truncando as estruturas, preparação prévia do manto de regolito.....	102
Figura 43 – Grão da amostra LM 110 truncando estruturas de dissolução e corrosão, demonstrando um ambiente de remoção de sílica.....	102
Figura 44 – Grão da amostra LM 125, à esquerda apresentando estrutura tendendo a esfera; à direita bem arredondado com pouca dissolução.....	103
Figura 45 – Gráfico de DRX para o Plaino Malaquias (PM).....	106
Figura 46 – Plaino Malaquias com marcação do ponto de coleta.....	108
Figura 47 – Plaino Malaquias, com zoom na área de coleta.....	109
Figura 48 – Seção Vertical do Plaino Malaquias (PM).....	110
Figura 49 – Histograma das classes granulométricas para os sedimentos do Plaino Malaquias (PM).....	111
Figura 50 – Diagrama triangular de Folk e Ward para o Plaino Malaquias (PM).....	111
Figura 51 – Amostra PM 10.....	112
Figura 52 – Amostra PM 40.....	112
Figura 53 – Perfil demonstrando os fluxos formadores do Plaino Malaquias (PM).....	114
Figura 54 – Curva Cumulativa para os sedimentos do Plaino Malaquias (PM).....	114
Figura 55 – Diagrama de Pejrup dos sedimentos do Plaino Malaquias (LM).....	115
Figura 56 – Lâmina da amostra PM 10. Fotomicrografica, objetiva 4x, luz paralela, trama Porfiro-Enaulítica.....	116
Figura 57 – Lâmina da amostra PM 40. Fotomicrografica, à esquerda com luz paralela objetiva 4x, à direita com luz polarizada.....	117
Figura 58 – Grãos da amostra PM 10,tedendo a esfera.....	119
Figura 59 – Grão da amostra PM 40 com feições de dissolução indicando provável ambiente básico.....	119
Figura 60 – Grão da amostra PM 40 demonstrando o componente fluvial, com fraturas conchoidais, típicas de quartzo, arredondamento, esfericidade e dissolução.....	119
Figura 61 – Gráfico de DRX para o Plaino Malaquias (PM).....	122
Figura 62 – ÁREA 2: Lagoa das Pedras em imagem de 360°, com marcação da área de coleta.....	124
Figura 63 – Perfil topográfico da ÁREA 2.....	125

Figura 64 – Escavação realizada pelo proprietário na Lagoa das Pedras, com marcação da área de coleta.....	127
Figura 65 – Trincheira Lagoa das Pedras (LP).....	127
Figura 66 – Seção Vertical da Lagoa das Pedras.....	128
Figura 67 – Histograma das classes granulométricas para os sedimentos da Lagoa das Pedras (LP).....	129
Figura 68 – Diagrama Triangular de Folk e Ward para o Leque Malaquias (LM).....	129
Figura 69 – Amostra LP 23.....	131
Figura 70 – Amostra LP 56.....	131
Figura 71 – Perfil demonstrando os fluxos formadores da Lagoa das Pedras (LP).....	132
Figura 72 - Curva Cumulativa para os sedimentos da Lagoa das Pedras (LM).....	132
Figura 73 – Diagrama de Pejrup dos sedimentos da Lagoa das Pedras (LP).....	133
Figura 74 – Lâmina da amostra LP 23, fotomicrografica, à esquerda com luz paralela objetiva 4x, à direita com luz polarizada.....	135
Figura 75 – Lâmina da amostra LP 56, fotomicrografica, à direita com luz paralela objetiva 4x, à esquerda com luz polarizada.....	136
Figura 76 – Grão da amostra LP 23, demonstrando dissolução, com remoção de sílica...	137
Figura 77 – Grão da amostra LP 23, microclina com quebras frescas e degraus retos, indicando pouquíssimo transporte.....	137
Figura 78 – Grãos da amostra LP 56, muito fraturado com dissolução.....	138
Figura 79 – Gráfico de DRX para o Lagoa das Pedras (LP).....	141

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Análise morfoscópica da fração 0,25 mm do Leque Malaquíás (LM) - Área 1.....	90
Tabela 02 – Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose, para o Leque Malaquíás (LM).....	92
Tabela 03 – Perfil Leque Malaquíás.....	105
Tabela 04 – Análise morfoscópica da fração 0,25 mm do Planossolo Malaquíás (PM) - Área 1.....	113
Tabela 05 – Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose, para o Plaino Malaquíás (PM).....	113
Tabela 06 – Perfil Plaino Malaquíás (PM).....	121
Tabela 07 – Análise morfoscópica da fração 0,25 mm da Lagoa das Pedras (LP).....	130
Tabela 08 – Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose, para a Lagoa das Pedras (LP).....	131
Tabela 09 – Perfil Lagoa das Pedras (LP).....	140

INTRODUÇÃO

O estudo do relevo, sobretudo dos modelados deposicionais, vem permitindo identificar eventos desestabilizadores da estrutura superficial da paisagem, de grande magnitude, capazes de reorganizar o comportamento dos processos geomórficos. Desta forma, a paisagem geomorfológica e sua evolução dependem da atuação em conjunto de diversos fatores, representados em diferentes escalas de espaço e tempo, que influenciam os processos superficiais tendendo a gerar uma multiplicidade de resultados complexos e interconectados na morfologia da paisagem.

A análise das formas do relevo, na busca da compreensão dos aspectos morfológicos da topografia e da dinâmica responsável pela esculturação da paisagem, ganha relevância mediante o auxílio que oferece ao entendimento do modelado terrestre, como elemento do sistema natural e condicionante da atividade humana e seus arranjos espaciais.

O município de Água Branca foi escolhido para esta pesquisa em virtude de seu relevo, este que foi indicativo de possíveis depósitos quaternários, desta forma, a identificação e análise dos processos nas encostas foram consideradas como de importância fundamental para a determinação dos agentes modeladores das formas de relevo resultantes no município de Água Branca. Desta forma, a premissa norteadora deste estudo foi a de que as evidências geomorfológicas encontradas nas áreas de estudo (Maciço estrutural de Água Branca e Lagoa das Pedras) estão associadas a flutuações climáticas do Quaternário superior, cujas pulsações de maior energia alcançaram até mesmo o Holoceno médio e superior, com repercussões notáveis sobre o registro sedimentar e arranjos paleoambientais da região.

Diante dessa assertiva, a análise da evolução do relevo através dos depósitos correlativos, a morfoestratigrafia, caracteriza-se como um importante recurso para se identificar a dinâmica geomorfológica atual e pretérita. A importância desta abordagem reside na sua ênfase morfogenética, uma vez que cada unidade morfoestratigráfica está alicerçada sobre materiais que resgatam a história erosiva/deposicional da área.

Esta proposta de pesquisa alicerça-se sobre a carência de estudos voltados para a elucidação de eventos recentes – Quaternário tardio – estruturadores do modelado no

semiárido alagoano visando reconhecer e interpretar o significado geomorfológico de determinadas feições, de dimensões diversas, ubíquas no contexto semiárido.

A utilização de marcadores e índices de ordem geomorfológica permitiu definir as ciclicidades atuantes dentro dos sistemas morfogenéticos, sobretudo aquelas de cunho climático e entender como as paisagens respondem às mudanças regionais e globais da circulação atmosférica.

Este tipo de abordagem tem a virtude de permitir reconstruir com fidedignidade a dinâmica dos sistemas de superfície terrestre, viabilizando a modelagem de taxas e magnitudes de operação dos processos geomórficos, assim permitindo o prognóstico mais realista de cenários futuros e, portanto, servindo de instrumento básico para o próprio planejamento ambiental.

A pesquisa tem como objetivo geral definir elementos, em bases empíricas diversas, que propiciem a reconstrução da dinâmica geomorfológica dos depósitos sedimentares situados na depressão sertaneja alagoana, contemplando a elucidação da sua gênese, desenvolvimento, estabilização e conexão com os demais sistemas de superfície terrestre presentes na área: domínios fluviais e de encostas.

A partir de um enfoque voltado à dinâmica geomorfológica, a pesquisa lança mão de uma série de procedimentos voltados à análise da distribuição espacial e morfológica dos compartimentos de relevo associados à estocagem de sedimentos, bem como à caracterização sedimentológica e geocronológica dos depósitos encontrados.

Estes desenvolvimentos compõem o quadro de objetivos específicos a serem alcançados pela pesquisa, a saber: Analisar a distribuição espacial dos depósitos sedimentares na áreas de estudo; Realizar mapeamento geomorfológico e morfostratigráfico das áreas de estudo; Analisar as propriedades sedimentológicas (físico-químicas), e pedológicas dos depósitos estruturadores dos modelados agradacionais; Elucidar a evolução paleoambiental das áreas de estudo numa perspectiva macro.

2. CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ÁREA

Este capítulo tem como objetivo abordar todas as características geográficas encontradas nas áreas de estudo. Contudo, desde já, é importante frisar que a caracterização geográfica frisar a o município de Água Branca como um todo, possibilitando assim abarcar tanto características de maciço estrutural de Água Branca, quanto da área da Lagoa das Pedras..

2.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

As áreas de estudo localizam-se no município de Água Branca no extremo oeste do Estado de Alagoas, limitando-se a norte com Mata Grande e Tacaratu (PE), a sul com Delmiro Gouveia e Olho D' Água do Casado, a leste com Inhapi e Olho D' Água do Casado, e a oeste com Pariconha.

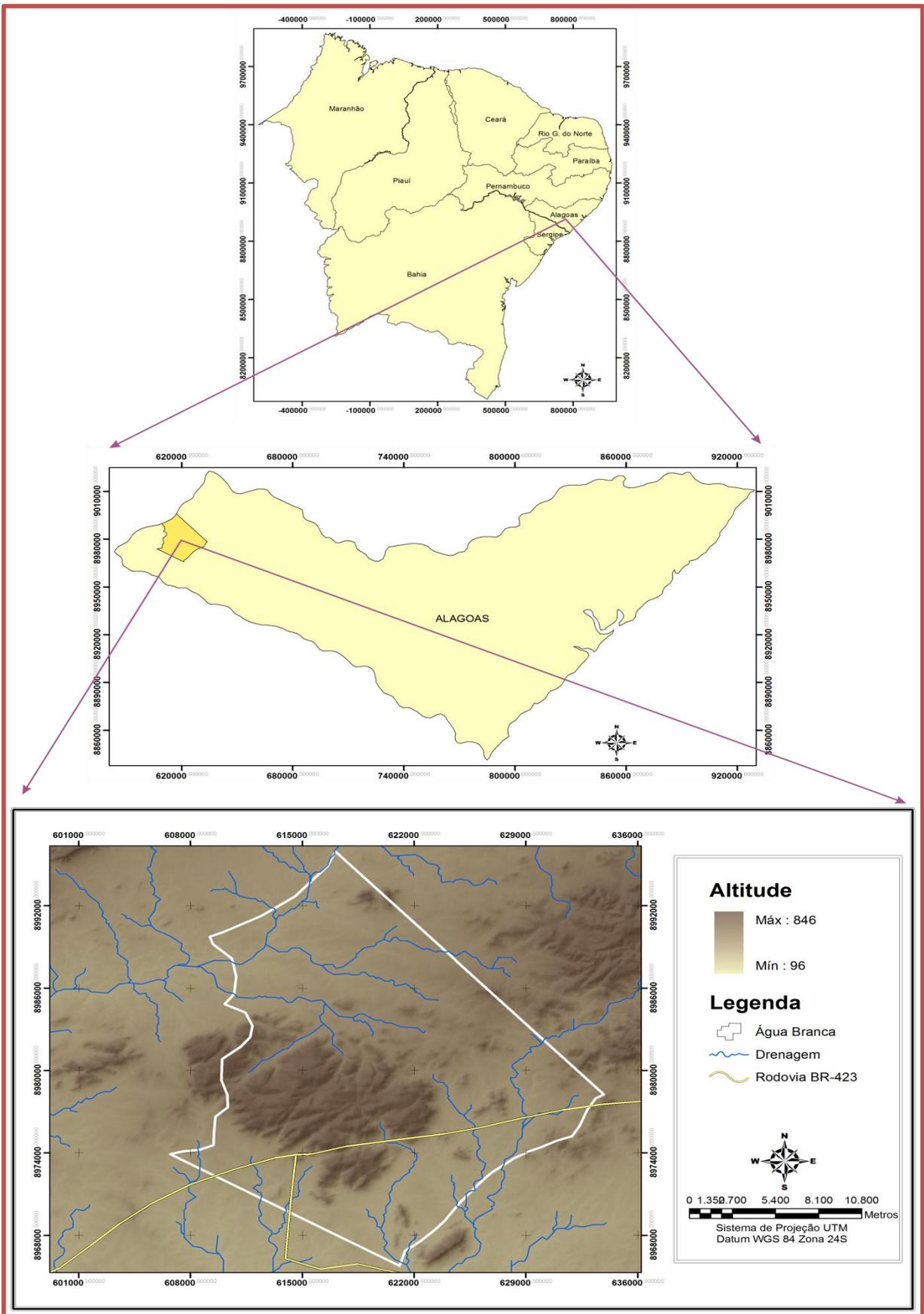
Situa-se na microregião do Sertão Alagoano, distando cerca de 304 km da capital Maceió. Estando a uma latitude 09°15'39" sul e a uma longitude 37°56'10" oeste, sua altitude média é de 570 metros.

A área do município perfaz uma superfície de aproximadamente 454,719 km² (1,64% de AL), cujo o acesso faz-se através das rodovias pavimentadas BR-316, BR-101, AL-220, AL-145, tendo seu principal acesso pela BR 423, conforme demonstra a Figura 01.

O nome do município origina-se de um conjunto de fontes naturais com límpidas águas existentes na região. Foi denominada Mata Pequena, Matinha de Água Branca, e por último, "Água Branca". Até o século XVII, o território de Água Branca fazia parte das sesmarias de Paulo Afonso (BA), que compreendiam também os atuais municípios de Mata Grande, Piranhas e Delmiro Gouveia. Primitivamente, chamava-se Mata Pequena ou Matinha de Água Branca para diferenciar de Mata Grande, do qual foi povoado.

Sua formação administrativa deu-se com a criação do distrito pela lei provincial nº 413 de 1864. Elevado à categoria de vila com a denominação de Água Branca, pela lei provincial nº 681, de 24-04-1875, desmembrada do município de Paulo Afonso.

Figura 01 – Mapa de Localização do município de Água Branca – AL.



2.2 ARCABOUÇO GEOLÓGICO

A classificação geológica do Município de Água Branca foi realizada com base nos dados da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. As áreas de estudo estão abarcadas por duas feições, o Plúton Água Branca e o Complexo Belém do São Francisco, conforme demonstra o Mapa Geológico na Figura 04, entretanto, em busca de um melhor entendimento geológico, a descrição abarcará todo o Município de Água Branca. Desta forma, este é composto por quatro complexos, oriundos do Paleoproterozóico, Mesoproterozóico e Neoproterozóico.

Unidade Paleoproterozóica

Esta é a unidade mais antiga encontrada no município de Água Branca, e abarca cerca de 50% do município, nela se localizada um dos pontos de coleta desta pesquisa, local denominado de Lagoa das Pedras, neste local é possível visualizar o encontro de duas feições, o complexo Belém do São Francisco com o Plúton sem Denominação, oriundo do Neoproterozóico (Figura 02). A unidade é composta do complexo Belém do São Francisco, este que é formado por ortognaisses e migmatitos com restos de supracrustais. Predominam metaleucogranitos róseos e migmatitos que englobam restos de ortognaisses tonalítico-granodioríticos e supracrustais do Complexo Cabrobó. Os migmatitos possuem estrutura do tipo *schlieren*, nebulítica e *raft*.

Unidade Mesoproterozóica

Esta unidade está ao norte do município, onde é separada por falha do complexo Belém do São Francisco, sendo composta da suíte intrusiva Chorrochó, esta que se caracteriza pela presença de Ortognaisse quartzo-monzodiorítico a granítico, porfiroclástico, e localmente milonítico.

Unidade Neoproterozóica

Esta unidade encontra-se tanto a leste quanto a oeste e é composta de duas feições, a oeste está o Plúton Água Branca (Figura 03), nela se localiza outro ponto de coleta, denominado de Propriedade Malaquias. O Plúton Água Branca está inserido na Suíte intrusiva Serra do Catu que compreende uma forma alongada na direção NW-SE, paralela à estruturação regional. Este batólito está encaixado, através de contatos bruscos, em litotipos do Batólito

Águas Belas-Canindé. É representado por leucogranitóides (alcalifeldspato granitos a granodiorito) inequigranulares porfiríticos (alcalifeldspato) médios a grossos, com evidências de deformação no estado sólido na direção NW-SE. Localmente, ocorre intrusivo na forma de *sheeting*, em migmatitos do Complexo Belém do São Francisco (BRITO et al 2009).

A leste encontra-se o Plúton sem Denominação, este está inserido na Suite Intrusiva Xingó, onde predominam a presença de granodioritos com biotita ou muscovita, ou por turmalina, granada e biotita granitos, localmente migmatíticos.

Figura 02 - Encontro entre o complexo Belém do São Francisco e o Plúton sem Denominação na Lagoa das Pedras.

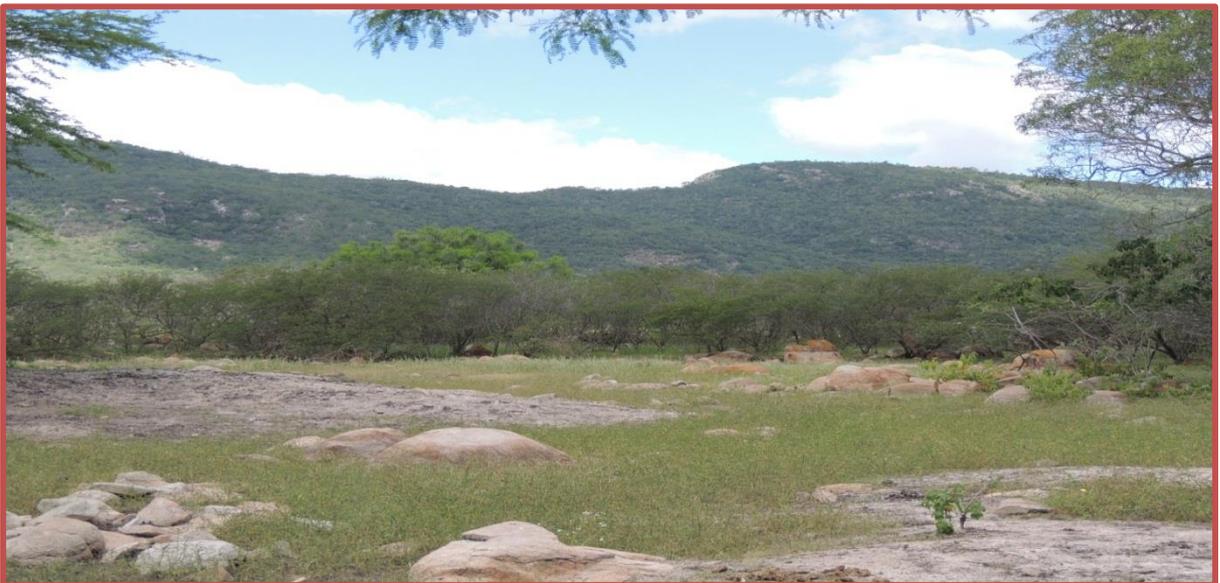
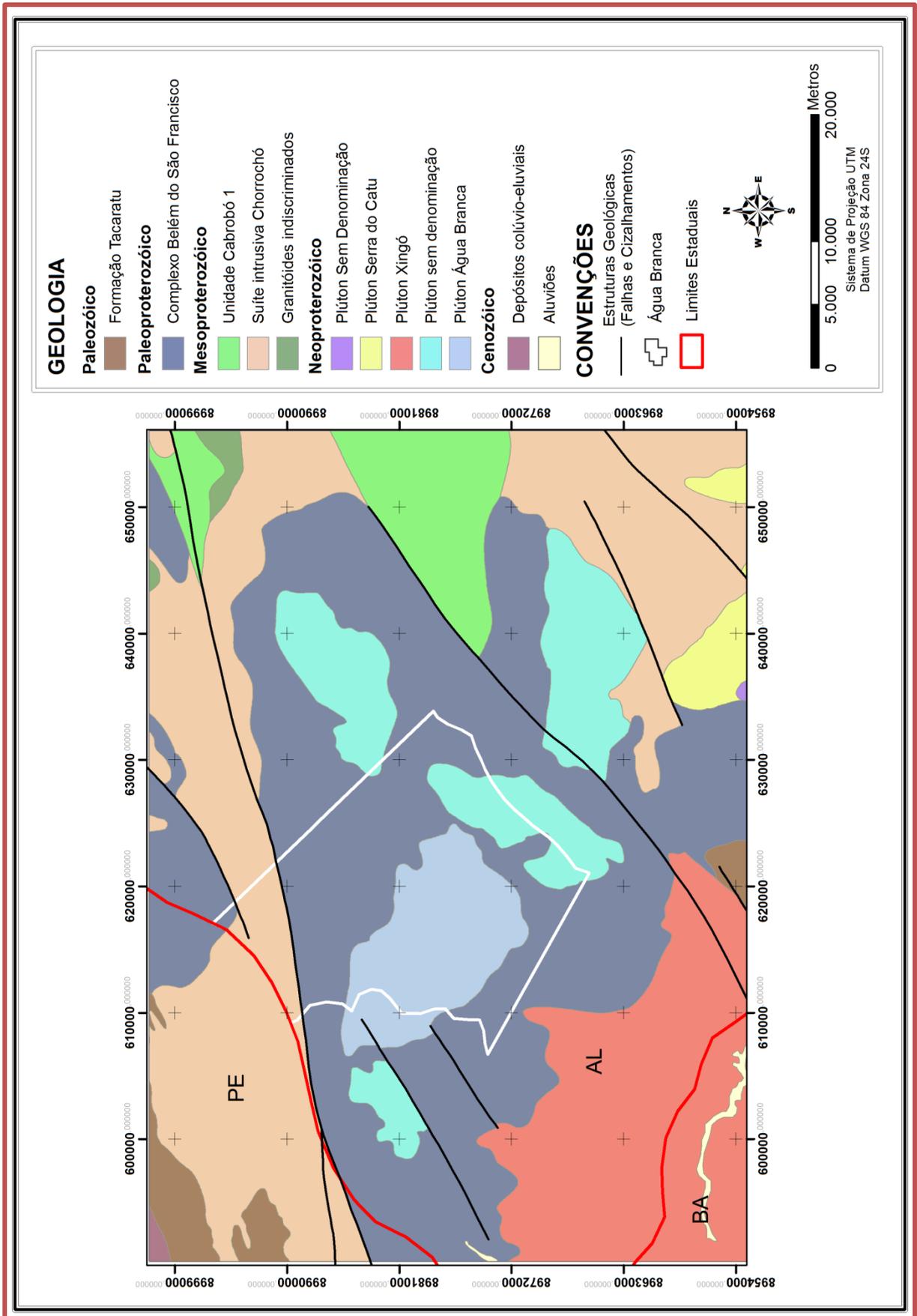


Figura 03 – Porção do Plúton Água Branca na Propriedade Malaquias.



Figura 04 – Mapa geológico do município de Água Branca – AL.



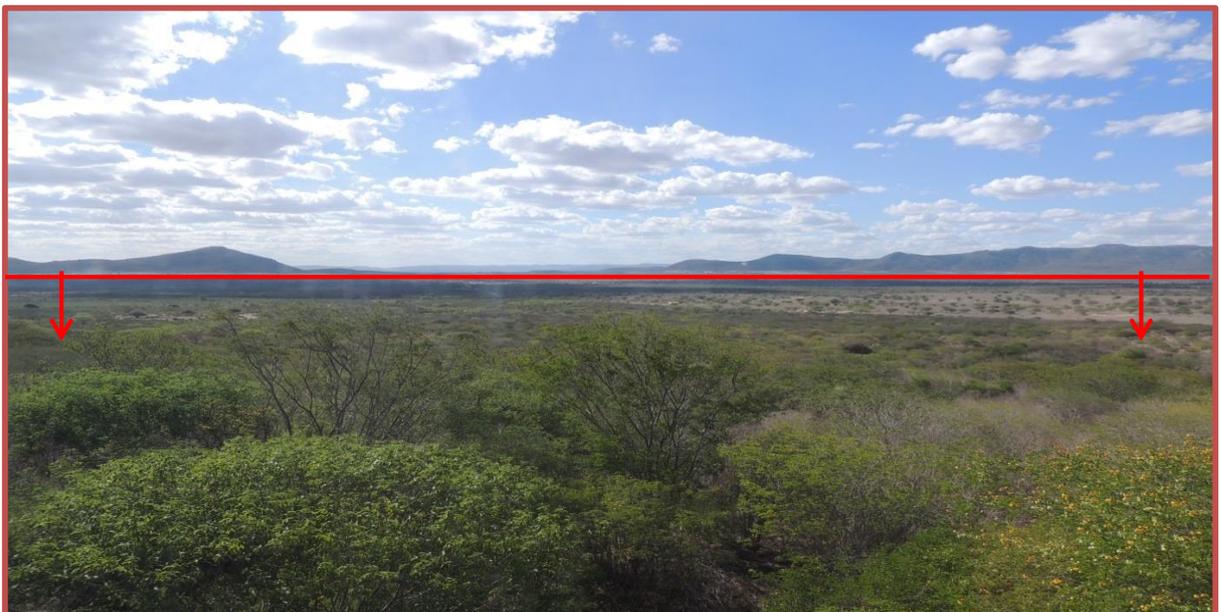
2.3 GEOMORFOLOGIA

De acordo com classificação proposta por Cavalcanti (2010), o município de Água Branca, encontra-se inserido no subdomínio da Depressão Sertaneja Meridional. Nesta unidade predominam feições de pedimentos com ou sem cobertura (arenosa e/ou detrítica), assim como a presença de inselbergs e inselguebirgues cuja ocorrência está associada à resistência de plútons neoproterozóicos. A descrição geomorfológica seguiu os padrões do mapeamento geomorfológico exposto na Figura 11, tendo suas feições divididas em modelados de denudação e modelados de acumulação.

MODELADOS DE DENUDAÇÃO

- **Unidade Pedimentar** - São áreas moderadamente planas cercado por maciços residuais, constituindo setores de remoção de sedimentos. Encontra-se quase que inteiramente circunscrita pelas isolinhas de 250 a 350 metros, truncando litologias distintas, com presença de neossolos litólicos e argissolos que formam os pavimentos detríticos, balizado por inselbergs. Esta Unidade se interpõe entre os sedimentos de encosta e as áreas colmatadas (Figura 05).

Figura 05 – Unidade pedimentar.



- **Unidade Residual** - São corpos intrusivos isolados, delimitados por encostas íngremes sob a influência, sobretudo do intemperismo físico. Em virtude do gradiente de suas

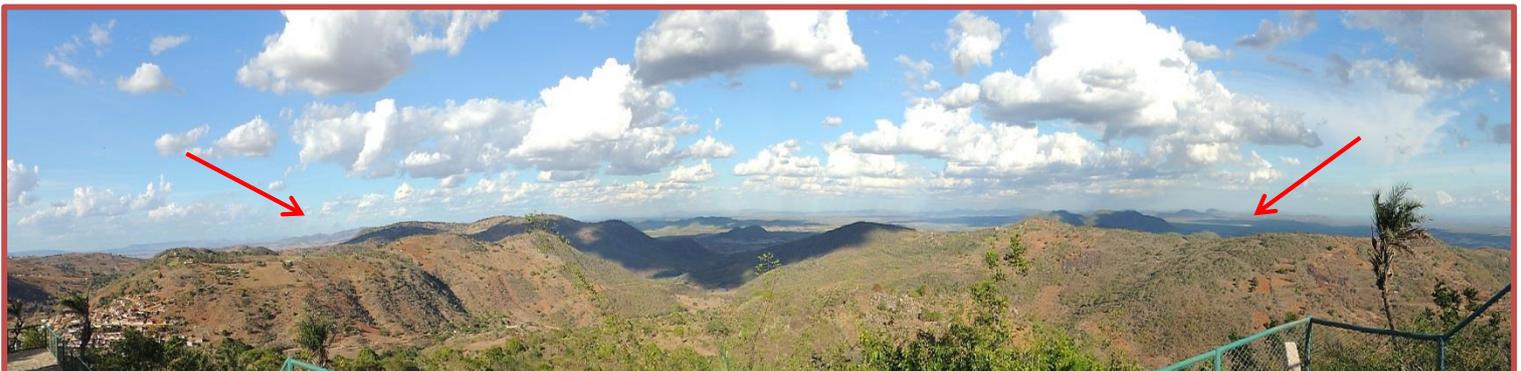
encostas, estas se encontram sujeitos a processos denudacionais com presença, por vezes, de depósito de tálus em sua base. Os inselbergs ocorrem por toda a área de estudo (Figura 06).

Figura 06 – Unidade Residual.



- **Unidade de Cimeira** - Correspondem aos níveis conservados da dissecação vertical nos topos dos compartimentos planálticos e maciços residuais com uma morfologia de topo plana ou em crista, apresentando cobertura elúvio-coluvial e vegetação. Seus rebordos encontrando-se dissecados pelas nascentes dos cursos d'água, já na inflexão para o terço superior das unidades de encosta (Figura 07).

Figura 07 – Unidade Cimeira.



- **Encosta de Degradação** – São áreas que circundam as superfícies de cimeira das serras. Estas são fortemente onduladas, com ausência de sedimentos de encosta, sujeito a intensos processos denudacionais com formação de ravinas nas coberturas inconsolidadas in situ (Figura 08).

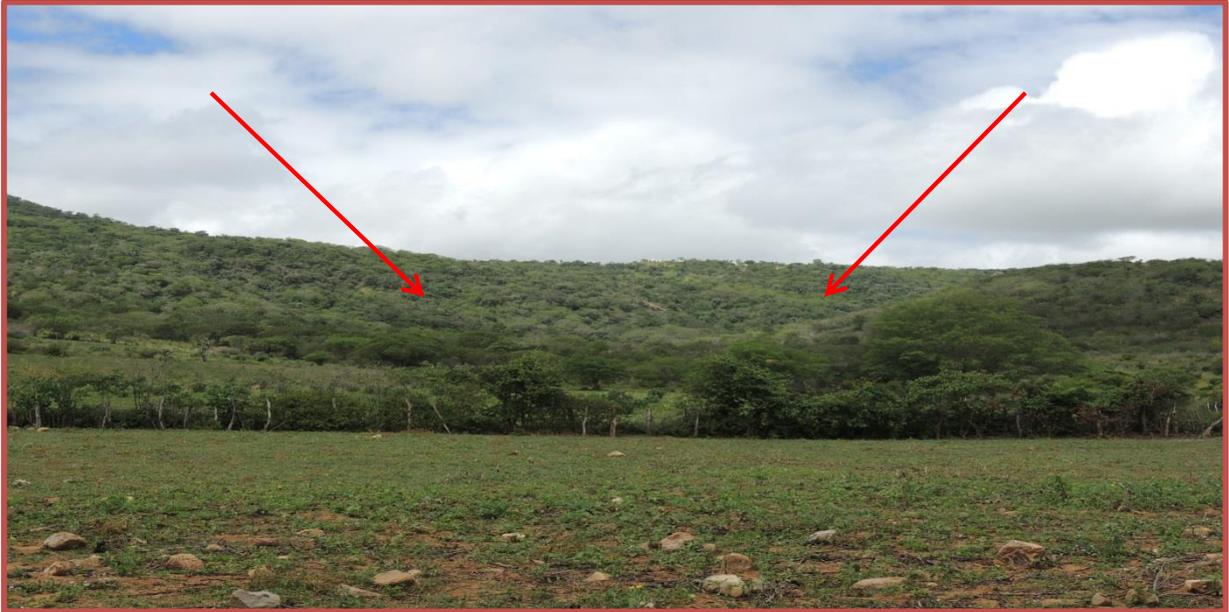
Figura 08 – Encosta sem cobertura coluvial.



MODELADOS DE ACUMULAÇÃO

- **Encosta de Agradação** - São áreas de relevo ondulado que se situam na transição entre a encosta íngremes da serra e os "pedimentos" com cobertura detrítica que as circundam. Caracterizam-se por serem feições deposicionais inclinadas, associadas à coalescência de depósitos coluviais. As rampas de colúvio demonstram a variação hidrológica e de níveis de base locais suavizando a ruptura de declividade entre o fundo plano da rampa e as encostas (Figura 09).

Figura 09 – Encosta com cobertura coluvial.



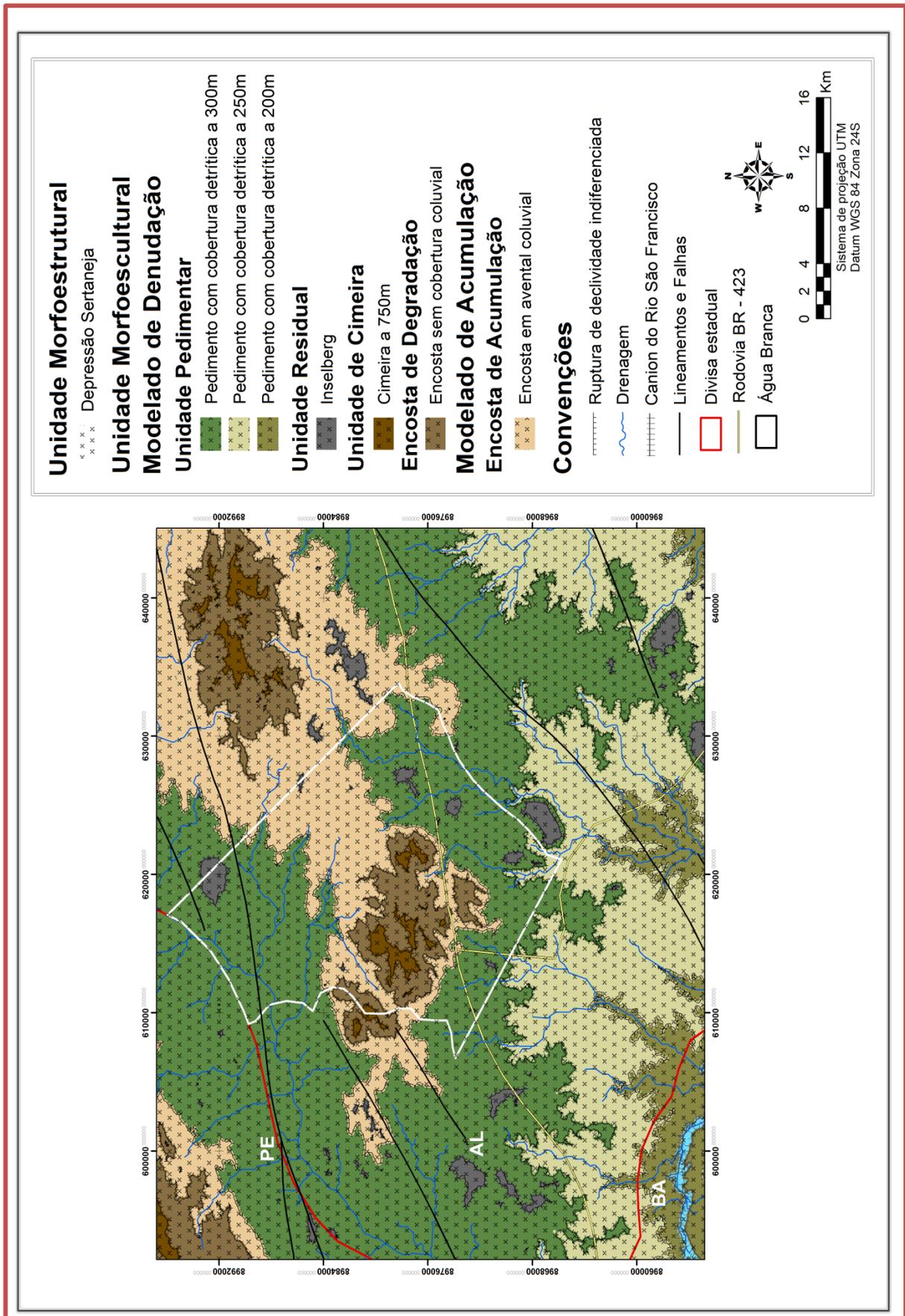
- **Plaino Aluvial** – Esta unidade, mesmo o correndo na área de estudo, não pôde ser visualizada na escala dos materiais cartográficos e de sensoriamento remoto disponível. Desta forma, este trabalho não inclui seu mapeamento em conjunto com as grandes unidades.

O plaino aluvial corresponde às áreas baixas e planas que ocorrem ao longo dos vales, englobando as formas resultantes da deposição. Trata-se de formas alongadas onde predominam o escoamento superficial e o entrincheiramento da drenagem pelas estruturas geológicas transversais, o que evidencia um forte controle epigênico da rede hidrográfica, formando planícies em bolsão. A unidade geomórfica é limitada pelas encostas, pedimentos com cobertura detrítica e, em alguns pontos, transita lateralmente para rampas de colúvio-alúvio. O compartimento subdivide-se em uma unidade de terraços erosivos composta por diferentes tipos de sedimentos depositados sob condições climáticas distintas. A outra unidade é o leito fluvial propriamente dito onde predominam barras fluviais de areia grossa e grânulos, evidenciando a atuação de eventos climáticos contemporâneos de alta magnitude e baixa recorrência, característicos do regime semiárido (Figura 10).

Figura 10 – Plano Aluvial.



Figura 11 – Mapa Geomorfológico do município de Água Branca.



2.4 O SISTEMA CLIMÁTICO

O clima de qualquer região é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera. Essa resulta, em última instância, do aquecimento diferencial do globo pela radiação solar, da distribuição assimétrica de oceanos e continentes, e também das características topográficas sobre os continentes. Padrões de circulação gerados na atmosfera redistribuem calor, umidade e momentum (quantidade de movimento) por todo o globo. No entanto, essa redistribuição não é homogênea, agindo algumas vezes no sentido de diminuir as variações regionais dos elementos climáticos, tais como, temperatura e precipitação, as quais, têm enorme influência nas atividades humanas (BOLETIM DE MONITORAMENTO E ANÁLISE CLIMÁTICA-CLIMANÁLISE-NÚMERO ESPECIAL, 1986).

Dentre os vários sistemas meteorológicos observados na região tropical, o nordeste tem vários mecanismos que governam o seu regime de chuvas. O período de chuvas no Nordeste tem início em fevereiro e termina em maio, sendo a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o principal sistema meteorológico provocador de chuva nesse período. Outros sistemas que agem sobre a região Nordeste são as frentes frias, as ondas de leste, os vórtices ciclônicos da troposfera superior, sistemas de brisas marítimas-terrestre, eventos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Todos esses sistemas são importantes na produção de chuvas sobre o Nordeste e eles agem diferentemente em anos de episódios extremos de precipitação com mudanças na época de atuação, duração, estrutura e intensidade (COSTA, *et al.*, 2004).

A ZCIT expressa-se como uma banda de nuvens convectivas que se estende em uma faixa ao longo da região equatorial, sua migração sazonal em anos normais varia de 14° N, durante agosto-setembro, para 2° S, podendo em alguns períodos atingir 5° ou 6° S durante março-abril, esta migração para o sul da Linha do Equador proporciona uma maior precipitação no primeiro semestre do ano para o nordeste brasileiro, desta forma, é neste período que ocorrem as chuvas de maiores volumes, principalmente nos meses de março e abril, quando este sistema atua de forma mais regular, atingindo sua máxima inclinação SW-NE e influenciando o aumento das chuvas, principalmente o setor norte do nordeste brasileiro. É importante ressaltar, que para a região nordeste, a ZCIT demonstra uma variabilidade interanual em seu movimento, de acordo com o seu deslocamento norte – sul, visto que, em anos de seca, a ZCIT inicia sua migração para norte em fins de fevereiro ou início de março,

enquanto que, em anos chuvosos, a ZCIT somente inicia sua migração para posições mais ao norte em fins de abril ou início de maio (CAVALCANTI et al, 2009).

As Frentes Frias expressam-se por bandas de nuvens organizadas que se formam na região de confluência entre uma massa de ar frio (mais densa) com uma massa de ar quente (menos densa). A massa de ar frio penetra a massa de ar quente, como uma cunha, fazendo com que o ar quente e úmido suba, forme as nuvens e, conseqüentemente, as chuvas. No nordeste brasileiro, as frentes frias penetram às latitudes tropicais, colaborando com as chuvas entre os meses de novembro e janeiro.

Os Distúrbios Ondulatórios de Leste se propagam deste o oeste da África até o Atlântico Tropical, e sua atividade máxima ocorre no inverno austral. Apesar de serem extremamente conhecidas no contexto africano, estas surgem no Nordeste com a ação fundamental na modulação da convecção em grande parte dos eventos de escala mesossinótica provenientes do oceano.

Os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCANs) são caracterizados por centros de pressão relativamente baixa que se originam na alta troposfera e se estendem até os níveis médios, dependendo da instabilidade atmosférica. Estes se desprendem do escoamento atmosférico associado, são quase estacionários, mas podem deslocar-se lentamente tanto para leste quanto para oeste. Caracterizam-se também por um tempo de vida de vários dias. Os efeitos desse sistema nas chuvas no nordeste do Brasil são bem evidentes, principalmente quando os VCANs se originam sobre o continente. Assim, parte do nordeste experimenta a chuva (na periferia), e parte apresenta céu claro decorrentes dos movimentos verticais subsidentes existentes no centro do VCAN. É interessante ressaltar a associação deste sistema com outros dois que atuam na América do Sul: a Alta da Bolívia e a Zona de Convergência do Atlântico Sul. Essa relação de sistemas é importante para se entender o clima do continente (CAVALCANTI et al, 2009).

As Brisas Marítimas e Terrestres resultam do aquecimento e resfriamento diferenciais que se estabelecem entre a terra e a água. Durante o dia o continente se aquece mais rapidamente que o oceano adjacente, fazendo com que a pressão sobre o continente seja mais baixa que sobre o oceano. Isto faz com que o vento à superfície sopra do oceano para o

continente, vento esse denominado de brisa marítima. A brisa marítima chega a penetrar até 100 km para dentro do continente. No período da noite o continente perde calor mais rapidamente que o oceano, fazendo com que esse fique com temperaturas mais elevadas se comparadas às do continente. Dessa forma, a pressão fica maior sobre o continente, fazendo com que o vento sopra do litoral para o oceano, vento esse chamado de brisa terrestre. A brisa terrestre também afeta até 100km para dentro do mar, entretanto, estas nem sempre são percebidas, a exemplo do nordeste do Brasil, onde os ventos alísios são persistentes e intensos durante todo o ano, quase sempre as brisas apenas contribuem para mudar um pouco a direção e a velocidade dessas. Dependendo da orientação da costa, a velocidade do vento, resultante da superposição alísio-brisa, pode ser maior ou menor que a do alísio.

Os eventos de El Niño-Oscilação Sul (ENOS) são responsáveis pelas variações interanuais do Nordeste, visto que são responsáveis por temporadas de seca. Ocorre que quando há conjuntamente El Niño e dipolo positivo do Atlântico (Dipolo do Atlântico: diferença entre a anomalia da Temperatura da Superfície do Mar-TSM na Bacia do Oceano Atlântico Norte e Oceano Atlântico Sul), instala-se uma situação desfavorável às chuvas.

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) são aglomerados de nuvens que se formam devido às condições locais favoráveis como temperatura, relevo, pressão, etc., e provocam chuvas fortes e de curta duração, normalmente acompanhadas de fortes rajadas de vento. Os CCMs, na região subtropical, ocorrem preferencialmente durante os meses de primavera e de verão no hemisfério sul, formando-se no período noturno com um ciclo de vida entre 10 e 20 horas (CAVALCANTI, 2009). Normalmente as chuvas associadas a este fenômeno meteorológico ocorrem de forma isolada.

Condições Climáticas da Áreas de Estudo

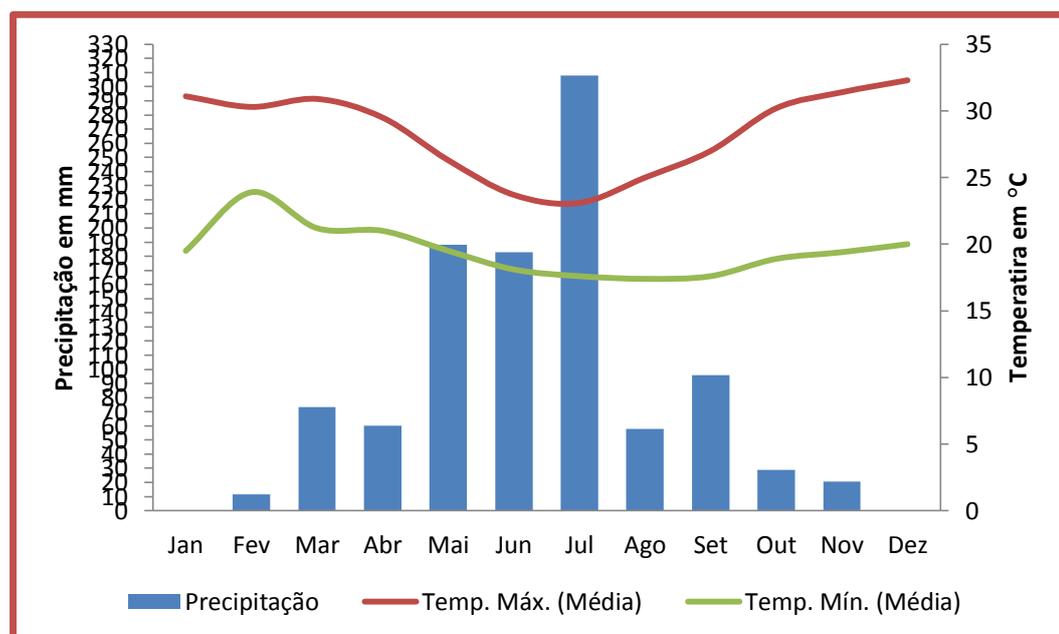
As condições climáticas em Água Branca, em linhas gerais, não diferem das existentes no semiárido nordestino, onde as condições de extrema semiaridez transitam gradualmente para condições de maior umidade em função de posições topograficamente mais elevadas dentro da região.

A fim de compreender os mesoclimas encontrado na área de estudo, foram analisados dados meteorológicos disponíveis no site do AGRITEMPO (www.agritempo.gov.br) a partir da estação Água Branca (INMET).

Tomando-se como ponto inicial à temperatura, o município mantém uma temperatura média de 23°C, que está a uma altitude média de 570m, e sua precipitação média anual é de 1021mm, com o período seco durando de 5 a 6 meses, e a precipitação concentrando-se nos meses de maio, junho e julho, totalizando mais de 50% da precipitação anual (Figura 12).

Entretanto, é importante destacar que, apesar deste município localizar-se em zona semiárida, há ocorrência de condições climáticas distintas em virtude da variedade altimétrica encontrada no relevo, observando-se que nas regiões de maior altitude (serras ou brejos) são encontrados maiores índice de umidade e precipitação, e nas áreas localizadas a sotavento pouca precipitação e baixa umidade. Esta característica é encontrada em cerca de 40% do município.

Figura 12 - Climograma de Água Branca no ano de 2006 (ano sem influência de El Niño ou La Niña). Fonte: Agritempo.

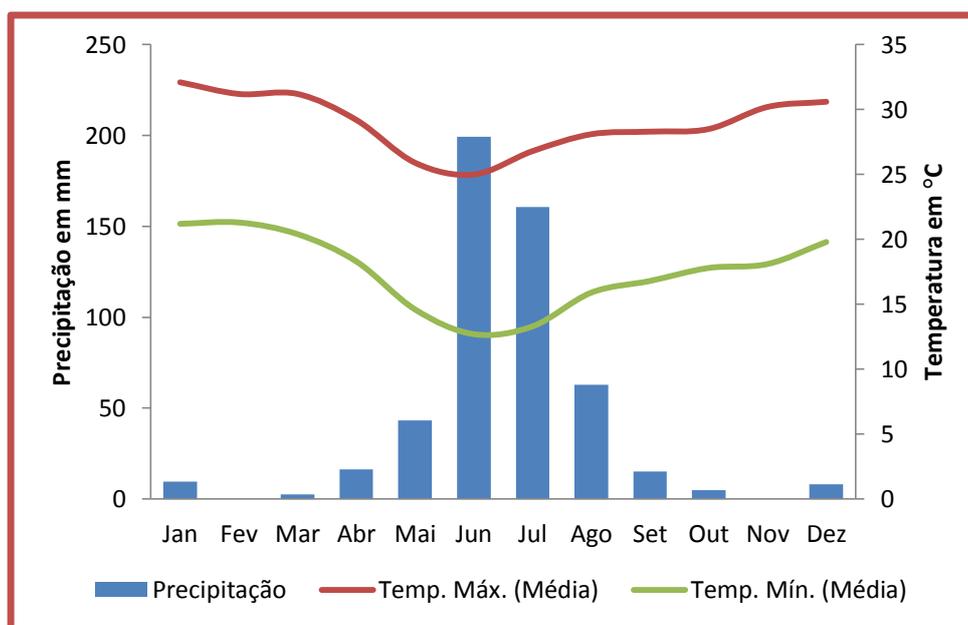


Além de sofrerem influência das condições acima supracitadas, a área de estudo também é influenciada pelos sistemas meteorológicos globais conhecidos como El Niño e La Niña. Estes influenciam diretamente no volume de precipitação na região, proporcionando

anos bastante chuvosos ou secas severas. Quando as condições meteorológicas favorecem a formação do La Niña ocorrem baixas precipitações no Peru, Sul e Sudeste do Brasil e elevadas precipitações no Nordeste brasileiro. Quando incidem condições meteorológicas inversas, favorecem a formação do sistema El Niño, que, quando ocorre de forma intensa, provoca secas severas na região Nordeste e, em consequência, na área em estudo.

Desta forma, com o intuito de demonstrar o comportamento climático do município de Água Branca em anos de El Niño e La Niña, foram confeccionados climogramas (Figura 13 e Figura 14), referentes aos anos de 1998 (forte El Niño) e 2008 (forte La Niña).

Figura 13 – Climograma de Água Branca no ano de 1998 (forte El Niño). Fonte: Agritempo.

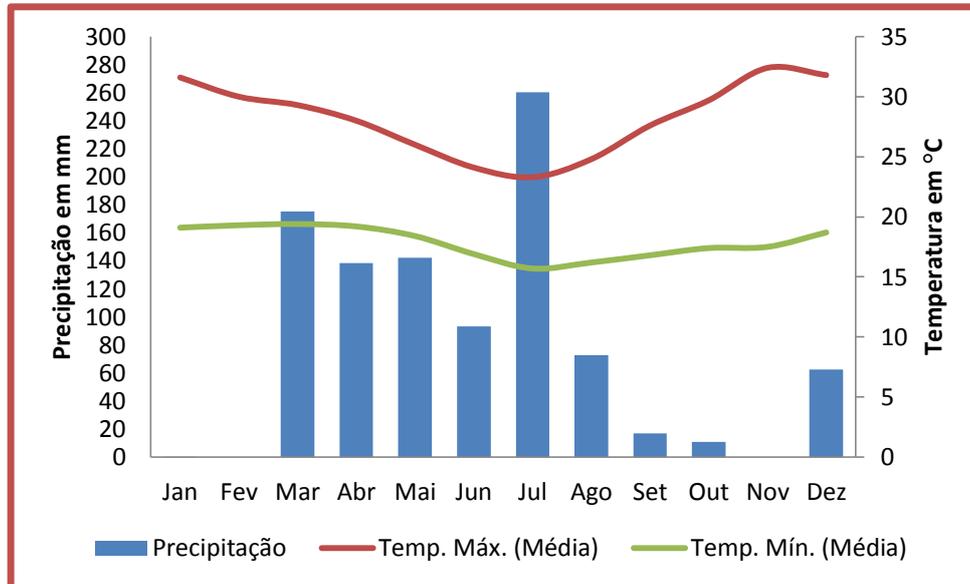


Diante deste climograma é possível observar que em anos de El Niño, a média pluviométrica nos meses de seca é ainda mais aguçada, assim como sua média anual. Esta tem o valor de 522,5mm, cerca de 50% abaixo da precipitação "normal", os meses de chuva restringem-se a junho e julho, e seca além de mais severa, concentra-se nos meses de setembro à março.

Em anos de La Niña, conforme demonstra o climograma abaixo, a situação se modifica drasticamente, promovendo chuva abundante de março a julho, estas ultrapassando 800mm. Sendo a época de seca também modificada, surgindo entre os meses de setembro à fevereiro.

É importante ressaltar que sem condições adversas, o mês mais chuvoso é julho, entretanto, com o fenômeno do El Niño, este período é antecipado para junho.

Figura 14 - Climograma de Água Branca no ano de 2008 (forte La Niña). Fonte: Agritempo.



2.5 ASPECTOS PEDOLÓGICOS

Em se tratando da cobertura pedológica, sendo esta uma resposta à quantidade de chuvas que infiltra ou excede na superfície, o município de Água Branca reflete o clima semiárido e, portanto, seu estágio de desenvolvimento está subordinado à sua posição na superfície, que por sua situação topográfica mais elevada, apresenta diferenças nos padrões fisionômicos (clima e vegetação) e estes influenciando a formação do solo.

O relevo também exerce uma função determinante para o predomínio dos processos denudacionais sobre os de intemperismo e formação do solo. Como exemplo, solos formados em encostas com declividade acima de 30° na sua linha de maior ruptura, geralmente, são considerados instáveis por estarem constantemente expostos à remoção erosiva. Ao contrário dos solos em formação, sobre encostas com pouca inclinação, mesmo sujeitos à reptação, podem permanecer tempo suficiente na paisagem até atingirem a maturidade pedológica necessária ao seu completo desenvolvimento (CORRÊA, 1997).

Tomando-se como base o mapa de solos do município de Água Branca (Figura 16), a áreas apresenta um mosaico de solos dominado por três tipos, os Neossolos Regolíticos, mais predominantes na região, os Argissolos Vermelhos-Amarelo, e os Luvisolos Crômicos. Há ainda a ocorrência Planossolos, entretanto, o surgimento destes está condicionado a aspectos paleoclimáticos ocorridos no município.

De acordo com Lepsch (2010), os Neossolos são solos com pouca ou nenhuma evidência de horizontes pedogenéticos subsuperficiais. São definidos pelo material mineral ou orgânico que os constitui, com menos de 20cm de espessura, sem qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Os regolíticos se caracterizam pelo fato de apresentarem limitações de suscetibilidade à erosão.

Ao norte de Água Branca há presença de Argissolo Vermelho-Amarelo. Este se caracteriza por serem bastante intemperizados, apresentando diferenças marcantes de horizontes, com um B de acúmulo de argila. Segundo o SiBCS¹, eles são definidos por um horizonte B textural imediatamente abaixo de um horizonte A ou E. O B textural deve

¹ SiBCS – Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos.

apresentar argila de atividade baixa ou excepcionalmente alta, se conjugada com saturação também alta por alumínio.

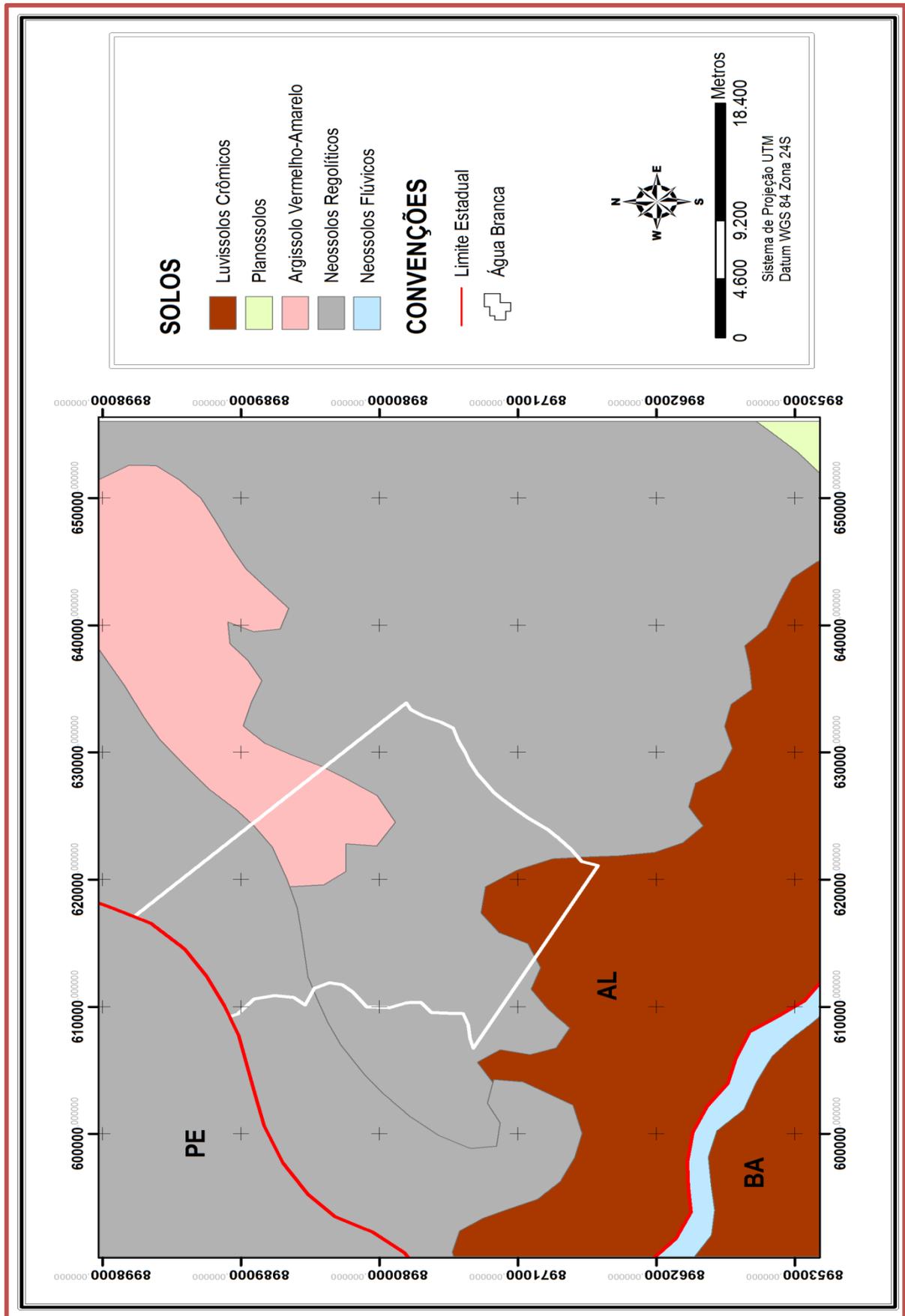
Ao sul ocorrem os Luvisolos Crômicos, tipicamente encontrados em regiões semiáridas, onde apresentam pequenas espessuras em decorrência do clima. Estes são solos pouco ou medianamente intemperizados, ricos em bases e com acumulação de argila no horizonte B. De acordo com o SiBCS, eles são definidos pelo horizonte B textural imediatamente abaixo de um horizonte A (exceto A chernozêmico) ou E. O perfil típico dos Crômicos é pouco profundo, com horizonte A delgado sobre horizonte B avermelhado, por vezes com acúmulo de carbonato de cálcio.

Os Planossolos foram encontrados nas áreas de coleta, na formas de barras longitudinais (Figura 15). Estes solos se caracterizam por apresentarem horizontes superficiais de textura mais arenosa sobre horizonte subsuperficial de constituição bem mais argilosa e adensada. Os perfis considerados mais típicos apresentam um horizonte A pouco espesso sobre um horizonte E de coloração pálida, passando abruptamente para um horizonte B pouco permeável e com considerável aumento de argila. As de mais ocorrências no semiárido brasileiro são do tipo Nátricos, e apresentam alta saturação por sódio.

Figura 15 – Planossolo encontrado na área de coleta 1 (Propriedade Malaquias).



Figura 16 – Mapa de Solos do município de Água Branca.



2.6 A REDE DE DRENAGEM

Dentre as várias funções da água, pode-se destacar o seu papel como agente modelador do relevo da superfície terrestre, controlando a formação e o comportamento mecânico dos mantos de intemperismo e rocha (SILVA, 2007).

Corrêa (1997) destaca que, para a geomorfologia, a importância dos estudos hidrológicos reside em reconhecer, localizar e quantificar o fluxo de água nas encostas, de onde se podem definir os gradientes topográficos e, portanto, o próprio relevo. Para tanto, precisa-se, primeiramente, definir as bases climáticas e geológicas da área em estudo.

Contudo, para Coelho Neto (2001) a bacia de drenagem revela-se como uma unidade conveniente ao entendimento da ação dos processos hidrológicos e geomorfológicos, a partir da definição dos mecanismos erosivo-deposicionais preponderantes, da interação de fatores bióticos, abióticos e antrópicos que compõem o respectivo ambiente de drenagem, levando-se em consideração que alterações na composição desses fatores podem induzir modificações significativas na dinâmica espaço-temporal do trabalho geomorfológico.

Dessa forma, as bacias hidrográficas são agentes de transformação da paisagem, suas águas atuam continuamente modificando o relevo. As águas que escoam tanto pelas vertentes quanto pelos leitos dos rios promovem erosão, transporte e sedimentação de materiais sólidos. Em vista disto, a drenagem constitui um dos mais importantes focos para a análise de relevo e sedimentação.

É importante frisar um sistema bastante encontrado no semiárido nordestino, os rios intermitentes, estes que característicos do semiárido nordestino. Esta característica está diretamente relacionada com a precipitação da região. Os rios e riachos são irregulares, onde o fluxo de água superficial desaparece durante seu período de estiagem. O domínio dos rios intermitentes está associado aos limites do clima semiárido; inicia-se na calha do rio Parnaíba e se estende até o sul do sertão baiano. O rio Parnaíba comporta-se como o grande divisor de água entre os rios de diferentes regimes hidrológicos. Enquanto que em sua margem esquerda estão localizados os rios de características perenes, influenciados pelo clima tropical, na margem direita inicia-se a paisagem dos rios intermitentes, sob influência do clima semiárido.

Os rios do semiárido estão assentados sobre solos rasos e pouco permeáveis (litólicos) (AB'SABER, 199), o que dificulta o armazenamento de água nesta região.

Os rios do semiárido apresentam dois tipos de regimes hidrológicos: o temporário e o efêmero. Enquanto que os rios temporários estão marcados pela presença de um fluxo de água superficial maior ao longo do seu ciclo hidrológico, e um período de seca estacional, os rios efêmeros apresentam fluxo de água superficial somente após uma precipitação não previsível. Esta marcha estacional pode variar anualmente, dependendo do modelo de precipitação anual (frequência, intensidade e duração). Um rio de características temporárias em um ano úmido, pode se tornar um rio efêmero em um ano excessivamente seco.

Os rios do semiárido brasileiro apresentam duas fases de perturbação hidrológica (a cheia e a seca). Estes dois eventos naturais têm efeitos importantes na variação do substrato, na concentração de nutrientes peixes e na população ribeirinha.

O município de Água Branca encontra-se totalmente inserido na bacia hidrográfica do Rio São Francisco, sendo banhado pela sub-bacia do Rio Moxotó, cujos principais afluentes na área, são os Riachos Dois Riachos, Riacho, Pocinho, Logradouro e do Malaquias, o padrão de drenagem predominante é o dendrítico. Todo esse sistema fluvial deságua no Rio São Francisco. É também característica do município a presença de rios efêmeros, mesmo na porção mais alta do município, a exemplo do riacho Malaquias, encontrado na área de estudo 1 (Propriedade Malaquias).

2.7 A VEGETAÇÃO

A vegetação sempre desempenhou um papel importante nos processos de intemperismo e evolução da paisagem geomorfológica. Sua importância resulta no fato desta reduzir a quantidade de energia que chega ao solo durante a chuva, minimizando o impacto das gotas, reduzindo a remoção e erosão dos solos (SILVA, 2007).

Do ponto de vista espaço-temporal, a vegetação assume importância quando se tenta elucidar os tipos de formações vegetais que atuaram na gênese do relevo, através de suas modificações cíclicas do Quaternário, com fases de morfogênese/pedogênese, como indicado por (TRICART, 1977).

Em Água Branca a cobertura vegetal encontra-se diretamente relacionada com as condições climáticas e edáficas da região. Tais condições contribuem diretamente para a distinção na estrutura destas formações vegetais, como no porte e diâmetro das espécies, o número de estratos que as mesmas desenvolvem, e o índice de diversidade e ocorrência florística.

O município de Água Branca, de acordo com Cavalcanti (2010), assim como em expressiva parte do sertão alagoano, é constituído por vegetação de caatinga. Esta é composta predominantemente por caatinga hiperxerófila. Contudo, é importante ressaltar, que a vegetação da caatinga é composta de espécies com características distintas, aspecto este que se estabelece a partir da relação entre clima, relevo e o solo.

Segundo Cavalcanti (op.cit), a proximidade geográfica e as características geomorfológicas são aspectos importantes para compreender as semelhanças florísticas da caatinga, especialmente na divisa entre Alagoas e Pernambuco.

Água Branca apresenta uma vegetação de caatinga com porte arbustivo a arbustivo-arbóreo ou raramente arbóreo. Desta forma, predominam na área espécies como o *Cereus jamacaru* (mandacaru), *Pilocereus gounellei* (xique-xique), *Prosopis* sp. (algaroba), *Ziziphus joazeiro* (juazeiro), *Hymenachne amplexicaulis* (rabo de raposa), *Opuntia* sp. (palma), *Cnidocolus* sp. (faveleiro) (EMBRAPA, 2002).

É importante ressaltar, que nas porções de maiores valores altimétricos em Água Branca, observa-se uma formação vegetal distinta, composta por uma comunidade fitológica onde predominam espécies típicas de brejo de altitude, com ocorrência de famílias melhor adaptadas às condições de maior umidade, a exemplo de *Pithecellobium polycephalum*, *Geonoma blanchettiana*, *Guettarda angélica* e *Gochinatia lúcida*.

Segundo Andrade-Lima (1957), os fatores do solo, pluviosidade e altitude fazem variar de modo apreciável o aspecto fito-fisionômico da caatinga. Esses "enclaves", com dimensões restritas, dificilmente ultrapassam 5% da área total do domínio das caatingas, contribuindo assim para enriquecer a fisionomia regional da paisagem nordestina.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, será abordado todos os temas que embasaram esta pesquisa, desde o Quaternário, perpassando pela importância dos depósitos coluvionais, e chegando nos trabalhos já realizados acerca do tema-chave desta pesquisa, a evolução paleoambiental.

3.1 O QUATERNÁRIO

3.1.1 Origem Semântica

Segundo Suguio (2010), a origem do termo Quaternário remonta do século XVIII, da revolução das ciências, quando o pensador dinamarquês N. Steno estabeleceu a lei da superimposição das camadas, lançando os alicerces da atual classificação litoestratigráfica. Contudo, coube a W. Smith, em 1816, correlacionar a classificação litoestratigráfica com a ocorrência de fósseis, o que tornou possível o estabelecimento preciso da sucessão vertical de camadas sedimentares em qualquer ponto da terra. O emprego simultâneo das pesquisas de N. Steno e W. Smith possibilitou o estabelecimento da atual classificação bioestratigráfica e dos sistemas.

Em 1759, G. Arduíno ao classificar litoestratigraficamente as rochas das regiões montanhosas do norte da Itália utilizou os termos primário, secundário e terciário, que mais tarde seriam mudados para paleozoico, mezozóico e cenozoico. Entretanto, apenas em 1829 com J. Desnoyers utilizou-se o termo Quaternário, referindo-se aos depósitos sedimentares superpostos a sedimentos terciários da Bacia de Paris, mas coube a H. Rebour, em 1833, oficializar a palavra, referindo-se aos depósitos sedimentares com associações de restos animais e vegetais.

Foram necessários vários anos para que o termo Quaternário se tornasse compreensível e sua divisão só veio a ocorrer em 1839, quando Lyell introduziu a palavra Pleistoceno ao designar os depósitos cujo os estratos continham mais de 70% dos fósseis de moluscos, correspondente as espécies viventes. Deste modo, o intervalo de tempo caracterizado por depósitos que abrigam somente espécies viventes foi denominado de Holoceno.

3.1.2 História Crítica

O período Quaternário tem sua importância ressaltada por Salgado – Labouriau (1994) e Suguio (2010), pois foi nele e a partir dele que se deu grandes mudanças climáticas, a “homonização” do homem e a compreensão da gênese da paisagem atual. Este período geológico iniciou-se à aproximadamente 2,5 M.a (a partir dos estudos de datação com potássio-argônio e paleomagnetismo) de acordo com a União Internacional para o Estudo do Quaternário (INQUA), e divide-se em dois períodos, o Pleistoceno com cerca de 2,4 M.a e o Holoceno, que inclui apenas os últimos 10 mil anos.

A bipartição deste período se baseia em função dos critérios de depósitos contendo espécies viventes, ou estrato de fósseis de moluscos com mais de 70% correspondendo à espécie viventes, visto que, quando este período se iniciou os continentes já tinham posição, formas, e floras modernas.

Para os estudos de evolução paleoambiental, a fase vinculada aos últimos 15 mil anos é de extrema importância, visto que, além de incluir todo o Holoceno e o final do Pleistoceno, Salgado – Labouriau (1994) expõe que este é o intervalo de tempo com maior número de informações paleoecológicas, extremamente importantes por incluir a história da civilização humana, e as grandes intervenções do homem sobre os ecossistemas naturais, assim como o desequilíbrio que ele pode ocasionar sobre os mesmos.

Segundo Moura (1998), foi no Quaternário que se desenvolveu muito do que hoje compõe a paisagem atual, neste período é também onde o homem surge, e se estabelece como agente modificador da Terra. A importância do Quaternário está relacionada, como já foi dito, às mudanças ambientais no espaço e no tempo nesse curto intervalo do tempo geológico. Mudanças estas que geraram as formas de relevo da paisagem atual, bem como, o substrato sedimentar que estrutura esse relevo.

Para Kramer (2002), o Quaternário tem se apresentado como o período que contém o maior número de informações paleoecológicas e, pode-se dizer que inclui a história da nossa civilização e das grandes intervenções do homem sobre os ecossistemas naturais.

Para Salgado-Labouriau (1994), o Quaternário foi um período de grandes pulsações climáticas, com longos intervalos de tempo com temperaturas muito baixas - as glaciações - intercalados por tempos mais quentes, os interglaciais.

Blum & Törnqvist (2000), atestam ter havido uma periodicidade para ciclos glaciais e interglaciais completos entre o Pleistoceno médio e o superior de alta amplitude (100.000 anos), com intervalos menores (cerca de 40.000 anos) que dominaram prioritariamente desde então. Recentemente, os autores estudando testemunhos de gelo e sedimentos de fundo oceânico, mostraram importantes flutuações climáticas em escala de 1000 a 10 000 anos que estão superpostas aos ciclos de glaciais/interglaciais de 100 000 anos, gerando um intrincado panorama do Último Máximo Glacial e da transição Pleistoceno/Holoceno.

Entre as modificações advindas pelas glaciações, as mudanças do nível do mar estão entre as mais significativas aos aspectos geomorfológicos, por controlar os processos que têm o nível de base como elemento propulsor. O efeito do recuo dos mares em relação aos continentes vincula-se ao aumento da superfície continental e expansão de biomas do interior para essas áreas, como também as espécies litorâneas, como os mangues, que se deslocaram em direção ao continente em fases transgressivas.

Para os climas regionais, o aumento da continentalidade propicia clima com índices extremados, invernos mais frios e verões mais quentes, redistribuindo assim os ecossistemas. Entretanto, estas modificações climáticas apresentam diversidades locais, pois mesmo que as glaciações não tenham interferido diretamente na paisagem brasileira, as mesmas influenciaram a temperatura e a intensidade das correntes marítimas, alterando conseqüentemente as temperaturas no continente e os processos geomorfológicos a elas associados.

Para o estudo do Quaternário se exige mais do que um estudo baseado na observação e na lógica científica, visto que, a elucidação deste período requer uma análise minuciosa dos pequenos eventos cíclicos que não podem ser compreendidos apenas pela lógica humana. Sendo assim, neste contexto de contribuição da elucidação pretérita da evolução da paisagem, os estudos sedimentológicos são imprescindíveis, pois indicam na paisagem sua evolução.

A partir deste modo de entender a superfície da terra, na escala geológica do presente estudo, os depósitos correlativos tornam-se guia na revelação da história da paisagem, e como o grande objetivo deste trabalho consiste em elucidar a evolução paleoambiental da área, buscou-se nos depósitos sedimentares o tipo de cenário que possa evidenciar esta relação, onde tais depósitos sugerem um modelo processo-resposta, cujos processos possam ser reconhecidos a partir do tipo de energia que é despendida no sistema, este que é regulado pelas características fitogeográficas da área. A intensidade da energia vai ser reconhecida pela geometria dos sedimentos, influenciando a forma da superfície deposicional. Esta influência, de acordo com Corrêa (2001), pode ser dividida em duas categorias, na primeira estariam os elementos físicos (velocidade da corrente e sua viscosidade; fatores químicos, como Ph e salinidade) e os elementos biológicos.

Sendo assim, analisar o Quaternário é compreender como os processos geomorfológicos que atuaram no passado, e deixaram evidências geológicas e geomorfológicas que ainda estão na paisagem, seja de forma parcial ou total, resistindo às intempéries e a erosão, diferentemente de outras evidências que já foram em grande parte exumada da superfície terrestres, atuam para formação da paisagem atual, visto que, o estudo dos processos atuais nos permite correlacionar com processos pretéritos prevendo a resposta do sistema, desta forma, reconstruindo a paisagem pretérita.

O histórico de pesquisas sobre o Quaternário no Brasil pode ser dividido, de acordo com Suguio (2010), em três fases distintas. A primeira fase inicia-se com a descoberta do termo até as primeiras décadas do século XX, onde as contribuições científicas foram poucas, pois inexistiam no país cursos superiores relacionados à geociências, entretanto, uma das raras contribuições veio por meio de C.R. Darwin (1809 – 1882), que mencionou a ocorrência de rochas praias em Recife. A segunda fase data das primeiras décadas do século XX até 1970, e seu grande marco está na implantação de cursos de História Natural e Geografia possibilitando assim alguns estudos relacionados ao Quaternário, desta época destacam-se pesquisadores como Aziz Nacib Ab'Saber e João José Bigarella. A terceira fase consiste de 1971 até os dias atuais. Neste período ocorreram vários marcos importantes como a realização do I simpósio do Quaternário no Brasil, a fundação da ABEQUA e o convênio da Petrobrás com o CENPES, o que possibilitou os estudos quaternários, dentre outros.

No Nordeste, os estudos acerca do Quaternário começaram a ter ênfase, primeiramente com as grandes análises de Ab'Saber, entretanto, os estudos sobre o Quaternário como conhecemos hoje, só vieram desapontar no nordeste na década de 90, contudo, tais trabalhos serão abordados com mais ênfase no capítulo 3.4, este que trata dos depósitos sedimentares como resposta as mudanças ambientais no nordeste do Brasil.

3.2 DEPÓSITOS QUATERNÁRIOS

Os sedimentos depositados durante o Quaternário e seus modelados de acumulação resultantes, tonaram-se importantes registros dos processos geomórficos que exerceram controle sobre a evolução da paisagem, principalmente nos contextos geotectônicos plataformais da zona tropical, seja sob a forma de notáveis relevos deposicionais ou de uma sequência de estratos inumados que revele a história evolutiva da paisagem (SILVA, 2013).

Desta forma, os depósitos quaternários são hoje os melhores indicadores para os estudos paleoclimáticos, pois guardam as marcas do clima passado e dos agentes formadores, e modificadores da paisagem. Corroborando com este entendimento, Suguio (2010) afirma que o valor científico de tais depósitos está no registro de grandes mudanças paleoambientais, vinculadas aos paleoclimas e as paleolinhas de costa com importantes reflexos na biosfera.

O mesmo ressalta que os depósitos quaternários possuem relação intrínseca com a topografia atual, sendo imprescindível, portanto, a distinção entre as superfícies originadas por erosão de rochas mais antigas e aquelas elaboradas pela deposição de sedimentos quaternários. A vantagem reside na possibilidade de pesquisar um material em conexão com a superfície topográfica, aspecto possível quando ocorre o soterramento da superfície.

Expondo uma abordagem sistêmica, Mabesoone (1983) expõe que os modelados de acumulação estariam ligados a uma abordagem de modelo processo-resposta, onde os processos seriam definidos pelo tipo de energia que opera o sistema, e este seria regulado pelas características fisiográficas da área. Deste modo, os sedimentos apresentariam as características dos elementos que possibilitaram a sua formação. Entretanto, para o autor, a geometria do ambiente seria o fator limitante à produção de sedimentos, influenciando o nível de energia disponível e a forma da superfície deposicional.

Segundo Corrêa (2001), o produto dos processos são as várias geometrias dos depósitos sedimentares, sua composição e distribuição espacial. No caso dos depósitos recentes, a superfície contemporânea do terreno pode ser diretamente afetada, como resposta ao sistema deposicional.

Silva (2013) ressalta que, ainda que a litologia dos depósitos possa fornecer a chave para a análise paleoambiental de determinadas áreas, é recomendável atenção aos parâmetros

mineralógicos como a fração argila autógena, no caso dos clastos terrígenos, como um possível indicador ambiental, pois os argilominerais podem fornecer informações importantes sobre os ambientes deposicionais, particularmente quando estes são sobrepostos a outros dados substanciais como a área fonte do material de origem, clima, cobertura vegetal e tempo de exposição ao intemperismo.

Desta forma, para o contexto deste trabalho, a discussão se concentrará nos sedimentos recentes do ambiente semiárido de Água Branca - AL, como respostas a processos funcionais e pretéritos. Mabesoone (1983) separa estes materiais em duas fácies, ainda que intrinsecamente interconectadas: fácies eluvial e coluvial.

3.2.1 A Fácies Eluvial

A fácies eluvial consiste no material residual oriundo da decomposição da rocha mãe através de energia química, que permanece *"in situ"*. Frisa-se que dependendo de sua posição topográfica e grau de exposição, eles podem ser prontamente atacados pela erosão, o que torna sua ocorrência restrita na paisagem. O fator limitante para o seu desenvolvimento é a ocorrência de transporte intermitente de material, principalmente, movimentos de massa.

Bigarella (2009) conceitua a fácies eluvial (elúvio ou saprólito) como o material alterado que permanece *"in situ"* formando contatos gradacionais com a rocha-mãe. Em algumas áreas, o elúvio constitui a principal estrutura superficial da paisagem recobrando os topos planos de cristas e interflúvios.

Corrêa (2001) expõe que os materiais resultantes da eluviação assumem diversas formas, sendo normalmente uma função do tipo de intemperismo e do tempo. Sendo assim, tais depósitos podem mudar sua granulometria de muito finos a grossos, e exibem minerais em fases estáveis ou instáveis, de acordo com o tipo de alteração e intervalo de tempo que estiveram submetidos a este tipo de alteração. A textura também pode variar de acordo com o tipo de material que resulta da alteração da rocha mãe. Tais depósitos não exibem estruturas sedimentares propriamente, e os perfis mais desenvolvidos podem exibir uma zonação que é consequência da pedogênese.

O mesmo autor acrescenta que o elúvio, situado entre a rocha-mãe e o solo superficial, não é uma massa uniforme, ao contrário, está subdividido em diversas zonas que não devem ser confundidas com os horizontes pedológicos.

O autor supracitado ainda chama atenção para o fato de que uma tentativa de definir a estrutura dos perfis de intemperismo é, por natureza, uma tarefa qualitativa, frequentemente influenciada pelo clima ou tipo de rocha, uma vez que a sequência evolutiva mais clara é derivada de rochas graníticas submetidas aos regimes tropicais úmidos, exibindo gradação crescente desde a rocha fresca não alterada aos horizontes pedológicos bem desenvolvidos.

3.2.2 A Fácies Coluvial

Diversos são os conceitos acerca de colúvio e diversas áreas tratam sobre o tema, entretanto, seguindo as propostas de Corrêa (2001) e Silva (2013) optou-se por ponderar os conceitos e utilizar esta definição para qualquer depósito sedimentar que se acumule ao longo de uma encosta em consequência do transporte gravitacional, a despeito do conteúdo original de água nesses materiais.

Baulig (1956 apud Bigarella, 2009) considera como colúvio apenas os materiais transportados pelo escoamento pluvial, enquanto para Derruau (1956, apud Bigarella, 2009) colúvios são os materiais que descem das vertentes.

Ruchin (1958, *apud* Mabessone, 1983) define colúvio "stricto senso" como sendo depósitos resultantes dos fluxos gravitacionais, entretanto, Plaisance & Cailleux (1958 *apud* Bigarella, 2009), definiram colúvio, em sentido genético, como materiais transportados encosta abaixo pela solifluxão e escoamento superficial. Eles destacaram que tais depósitos são mal estratificados e, às vezes, não se diferenciam dos regolitos locais, sendo formados em resposta a mudanças na cobertura vegetal ao longo das encostas.

Mabessone (1983) explicita que tais depósitos são gerados por energia química e física do intemperismo das rochas tornando-se, em muitos casos, semelhantes à fácies eluvial – delimitados na base pelo embasamento rochoso, mal selecionado e originado de áreas fontes muito próximas. O fato de os sedimentos coluvionares compartilharem das mesmas características da fácies eluvial decorre de os primeiros geralmente derivarem diretamente dos últimos.

Bigarella (2009), afirma que a designação colúvio refere-se ao material que sofreu deslocamento na vertente, isto é, o resultado da movimentação do elúvio. Esta designação é de caráter geral e aplicada aos depósitos soltos e incoerentes encontrados no sopé de uma vertente ou escarpa, sendo para aí transportados principalmente pela ação da gravidade. Neles também estão incluídos os depósitos de Talus.

Thomas (1994) optou por definir colúvio como um termo impreciso que agrupa muitos tipos diferentes de materiais e processos. Ele também reconheceu que apesar de os colúvios serem sempre interpretados como uma consequência de grandes mudanças climáticas regionais para condições mais áridas ou mais úmidas, estes também podem ocorrer como consequência de eventos menores, de alta magnitude, que eventualmente ultrapassem patamares formativos dentro dos sistemas de encostas, sem a necessidade de uma conexão regional mais definida.

Entretanto, o fato mais importante sobre os colúvios, é que estes são fonte de dados para a reconstrução da história geomórfica das paisagens. De acordo com Corrêa (2001), evidência para eventos pretéritos pode ser reconhecida pelo desenvolvimento de horizontes incipientes, estratificação ocasional do depósito ou sobrevivência de estruturas sedimentares, separação de depósitos por lentes de materiais de outras origens (Stone-lines) e incorporação de materiais datáveis.

Para Selby (1992), a maioria das encostas tem uma longa história de desenvolvimento que pode fornecer informações sobre as taxas de mudanças, frequência de eventos geomórficos passados e paleoambientes. A evidência de eventos passados, se preservada, ocorre sob a forma de paleohorizontes e depósitos deixados por esses eventos. A interpretação desse material requer, entretanto, uma compreensão de suas posições numa paisagem antiga.

3.2.3 Processos Formadores dos Depósitos Coluviais

Os depósitos coluvionais são formados em sua complexidade pelos fluxos de gravidade, visto que, este constitui um dos mais importantes processos geomórficos modeladores da superfície terrestre.

Os fluxos de gravidade resumem-se ao deslocamento de materiais encosta abaixo sob a influência da gravidade e morfologia das encostas, desencadeados por interferência direta de outros agentes independentes, como a água, gelo ou ar, reduzindo a resistência das rochas ou solos aos processos de transporte.

Para Suguio (2003) os fluxos gravitacionais, ou movimentos de massa, correspondem aos mecanismos de transporte de sedimento paralelamente ao substrato, com maior ou menor participação da gravidade. A apresentação desses advém de diversas formas, tanto em relação aos tamanhos e naturezas dos materiais, bem como em relação às escalas temporais e espaciais em que se processam os fenômenos.

Para Christopherson (2012), os movimentos de massa consistem em qualquer movimento unitário de um corpo de material, propalado e controlado pela gravidade.

Os movimentos de massa são de natureza variada. Sua classificação dependerá do material que se move e sua consistência, quantidade de água envolvida e velocidade do movimento. Sharpe (1938 apud Santos 2009), tomando como parâmetros o agente de transporte (água, gelo ou gravidade), tipo de material (rocha ou solo) e velocidade de movimentação (imperceptível, lento, rápido e muito rápido), classifica em três tipos os movimentos, a saber: a) escoamento (flows); b) escorregamentos (landslides); c) subsidências (slip ou flow without free side). Para o autor, os movimentos de massa são divididos de acordo com suas características predominantes, ou seja, um movimento que pode ser considerado como fluxo, mesmo que tenha se iniciado por deslizamento.

De acordo com Suguio (2003), a classificação dos movimentos de massa dá-se a partir das quedas e deslizamentos, que envolvam fragmentos rochosos de diversos tamanhos provenientes das encostas por gravidade; fluxo de detritos, como um fluxo rápido de massa de detritos de natureza plástica deslizando encosta abaixo; e a corrida de lama, que apresenta uma variedade de detritos composta primordialmente por partículas finas (silte e argila) com

até 30% de água. O autor também afirma que em ambientes semiáridos e subúmidos, os fluxos de detritos constituem a principal forma de movimentos de massa geradores de colúvios. Estes são causados por tempestades de alta magnitude e baixa recorrência, retirando os detritos que se acumulam nas bacias de primeira ordem.

Bigarella (2003), afirma que a vegetação, além da precipitação, constitui um fator que condiciona o início dos deslizamentos. Sob vegetação densa o escoamento superficial e a infiltração da água no manto de intemperismo são controlados, diminuindo a penetração excessiva da água no subsolo. A perda da vegetação expõe o solo à erosão permitindo, após um episódio chuvoso, a penetração de um excesso de água no solo, favorecendo o relaxamento dos esforços internos através da lubrificação dos planos de cisalhamento, dando início às rupturas translacionais.

Bigarella (op.cit) chama a atenção para o papel da caulinita no manto de intemperismo. Segundo o autor, este mineral possui um coeficiente de contração reduzida que auxilia o fissuramento do material por dessecação, facilitando a infiltração. De fato, a caulinita possui um limite de liquefação elevado e um coeficiente de plasticidade importante, sendo necessária a presença de muita água para se tornar fluida, assim, mantos de intemperismo bem drenados e quase que inteiramente constituídos de caulinita são pouco favoráveis aos deslizamentos.

Silva (2012) ressalta que, ainda que os fluxos de detritos sejam agentes geomórficos importantes nas encostas, sua deposição é intermitente devido à natureza localizada e episódica de seus processos geradores.

3.2.4 A Importância dos Colúvios para o Quaternário

A geomorfologia clássica tentou interpretar o desenvolvimento das formações superficiais como testemunho de processos responsáveis pela elaboração do relevo. Estes depósitos foram tratados dentro de uma óptica dos modelos de evolução cíclica da paisagem em que as modificações do relevo se davam pelas oscilações climáticas entre períodos úmidos e secos, como proposto por Bigarella e Mousinho (1965), Bigarella et al. (1965, 1975) e Castro (1977).

De acordo com Silva (2013), o modelo mencionado admite que os processos que respondem pela geração de colúvios marcam a transição de um período úmido para um seco.

A alternância climática substitui a cobertura vegetal densa por uma expansão de formações vegetais mais abertas. O escoamento superficial em lençol gradualmente remove as partículas mais finas (silte e até mesmo areia), expondo as frações mais grossas como depósitos residuais que não puderam ser removidas pela ação pluvial, formando assim os pavimentos detríticos, que são constituídas por fenoclastos e cascalhos. Uma umidificação posterior do clima reativaria os processos pedogenéticos e a dissecação do depósito pela drenagem. O desencadear de um novo episódio seco possibilitaria a remoção do material intemperizado situado nas encostas que, na ausência da proteção da vegetação, formaria uma nova sequencia coluvionar, soterrando o pavimento detrítico, dando origem às linhas de seixos.

Para Bigarella e Ab'Saber (1964) as linhas de seixos são consideradas como horizonte guia, de extensão apreciável em todo o Brasil, de episódios paleoclimáticos, separando os eventos pré-pavimentação daqueles pós-pavimentação ocorridos no limiar Pleistoceno/Holoceno inferior, respectivamente.

Corrêa (2001) expõe que, na maioria das vezes, a estratigrafia coluvionar torna-se muito mais complexa do que o esquema de evolução cíclica das paisagens possa sugerir. Os ciclos de erosão e deposição não são completos e evidências de atividade nas encostas tornam-se sempre truncadas e incompletas, ao menos no que pode ser inferidos a partir de registros sedimentares. Desta forma, ao se tomar tal registro como base de análise, um vasto número de variáveis deve ser levado em consideração a fim de caracterizar e diferenciar os distintos níveis deposicionais e sua formação.

Schumm (1977 apud Corrêa, 2001) afirma ser verdadeira à máxima que uma mudança no clima desencadeará um período de instabilidade na paisagem, que produzirá maiores taxas erosiva e de produção de sedimento, ainda que tais variações de grande escala possam ser difíceis de distinguir dos efeitos dos eventos de alta magnitude e baixa recorrência de incidência aleatória.

Para Silva (2013) a importância dos colúvios como indicadores paleoclimáticos foi exaustivamente analisada em muitos trabalhos. Podem-se resumir as evidências, ao menos para o Nordeste do Brasil, dizendo que provavelmente este tipo de depósito não está se formando sob as condições atuais. Genericamente, os colúvios parecem estar associados a

condições de mudanças climáticas no princípio do Holoceno, ou em fases anteriores do Pleistoceno. Contudo, ainda é necessário estabelecer quando e como eles se formam.

3.2.5 Depósitos em Depressões Fechadas

Muitas são as denominações dadas a esta feição, de acordo com Twidale (1982), Vidal Romaní e Twidale (1998) e Bigarella (1994). Conforme sua ocorrência em superfície são denominadas: *weathering pans*, *rock basing*, *rock roles*, *granite pits*, para superfícies horizontais; *armchair hollow*, para superfícies inclinadas; e *tafone*, para superfícies verticais. Em diferentes partes do mundo são denominadas como: *gnammas*, na literatura australiana; *tanques e vasques rocheuses*, na França; *pías, pilas e pilacones*, na Espanha; *caldeirões, poços, marmitas e oriçangas*, no Brasil. Contudo, de acordo com Silva (2012), devido a grande aceitação internacional, tais feições serão denominadas neste trabalho de marmitas de dissolução termo oriundo do inglês "weathering pits", visto que, este sobrepõem-se a todos os termos regionalistas até o momento atribuído.

As marmitas de dissolução são depressões escavadas na rocha fresca, que devido a controles estruturais podem apresentar contornos irregulares. Inúmeras são as referências deste tipo de feição na literatura, segundo Barreto *et al.* (2004) até o momento foram contabilizadas 37 marmitas apenas no estado de Pernambuco.

Christofolletti (1981), explanando sobre as formas topográficas erosivas em leitos rochosos, atribuiu a origem das marmitas a depressões escavadas pela abrasão giratória de seixos ou blocos, rotacionados pela energia da água corrente. Bigarella (2009), entretanto, definiu as "painéis de dissolução" consistem em uma feição de intemperismo de pequeno porte que se desenvolve por coalescência lateral dos alvéolos.

Apesar das marmitas serem tratadas como feições comuns e exclusivas de regiões áridas e semiáridas (CAMPBELL, 1997; GUTIÉRREZ, 2005; NETOFF & CHAN, 2009), estas feições desenvolveram-se em diversos contextos climáticos do mundo, ainda que, em regiões glaciares, os estudos das marmitas estejam voltados ao entendimento de sua formação. Entretanto, no interior semiárido do Nordeste brasileiro as marmitas têm servido como fontes de dados para a reconstrução geomórfica recente da paisagem, a partir do reconhecimento de eventos pretéritos encontrados no registro sedimentar que as preenchem (Silva e Corrêa, 2013).

Silva (2013) apresenta os processos tectônicos como um fator importante na formação das marmitas, visto que, a deformação de blocos falhados produziria movimentos tectônicos diferenciados que alteraria o grau de resistência litológica. Esta diferenciação estrutural e litológica, ocorrendo por longos períodos, originaria em subsuperfície a alteração geoquímica da rocha, com formação do *front* de intemperismo. Sendo assim, as características estruturais e geoquímicas das rochas determinariam o grau e intensidade da alteração, produzindo a formação das marmitas de dissolução. Os fatores tectônicos também poderiam explicar casos de alinhamento das marmitas ao longo de falhas, assim como a associação destas em ambos planos de fratura.

Shakesby *et al.* (2006) apresentam outro fator que pode influenciar a localização e início de formação das marmitas, a concentração de tensões em determinados pontos do maciço rochoso. Para os autores, as marmitas podem ser formadas a partir de processo de alteração de um maciço rochoso segundo seu sistema ortogonal de descontinuidade. Trata-se de trocas no sistema de apoio entre blocos graníticos separados por descontinuidades estruturais, que permite a circulação da água, favorecendo assim a alteração da rocha.

Para Silva e Corrêa (2013), este processo de alteração não é homogêneo e ocorre em diferentes pontos do plano de descontinuidade. Dessa maneira, o peso, que inicialmente encontrava-se distribuído ao longo de toda superfície dos blocos, se concentrará nos pontos onde há contato entre a rocha sã, uma vez que o módulo de compressibilidade da rocha não alterada e do regolito são diferentes. A consequência imediata deste processo será uma distorção na estrutura mineral da rocha tornando-o mais susceptível ao intemperismo e a formação das marmitas de dissolução.

Após surgir na superfície, às marmitas podem evoluir para diversos tipos morfológicos. Seguindo Gutiérrez (2005), as marmitas podem assumir as seguintes morfologias: Marmita com borda suave, Marmita com morfologia em caldeirão ou poço, Marmita de fundo côncavo ou panela, Marmita em poltrona e Marmita de bordas suspensas e assimétricas.

No nordeste, tais marmitas são responsáveis por estocarem os sedimentos oriundos dos grandes pulsos climáticos ocorridos no quaternário, a partir da análise e datação de seus sedimentos, assim como datação de ossos de megafauna muitas vezes encontrados compartimentos na mesma, é possível a realização de estudos de reconstrução

paleoclimáticas. Todavia, é possível que a sua formação tenha se iniciado e causado apenas um pequeno rebaixamento e esta foi submetida recorrentemente a sedimentação, originando assim lagoas, estas que também são grandes fontes de resultados paleoclimáticos.

3.2.6 O Ambiente Aluvial Semiárido do Nordeste

3.2.6.1 Depósitos em Barras de Canal

As barras de canal tem sua gênese associada aos efeitos cumulativos dos processos deposicionais e erosivos que atuam por períodos de dezenas a centenas de anos.

Segundo Silva et al (2008), há três elementos representando predominantemente depósitos de canais, são eles: 1- Barras em Pontal; 2- Barras de Meio de Canal; e 3- Barras Laterais.

As barras em pontal, ou barras de meandro, são oriundas de canais meandrantés, visto que estes apresentam variação na velocidade do fluxo. Na porção interna do meandro, onde a velocidade do fluxo é menor, ocorre a deposição de sedimentos, fazendo com que o banco cresça, gerando depósitos de acreção lateral. Este depósito é marcado por superfícies inclinadas em direção às porções internas do canal, tradicionalmente denominadas de estratificação cruzada ϵ .

De acordo com Silva *op. cit.* as camadas limitadas por superfícies de acreção lateral exibem uma progressiva diminuição de granulometria mergulho acima, refletindo uma variação da profundidade da lâmina de água e da velocidade do fluxo. Como resultado final tem-se, em geral, depósitos com uma granodecrescência ascendente bem marcada, facilmente reconhecida em afloramentos, poços e testemunhos.

Miall (1996) acrescenta que a estruturação interna, assim como a assembleia de litofácies que compõem os depósitos de acreção lateral, é variável, dependendo da granulometria da carga sedimentar e da variabilidade da descarga.

As Barras de meio de canal, ou longitudinais, apresentam acreção a favor do fluxo e lateral, possuem alturas variando de 1 a 15m, e extensões laterais entre 10 e 1000m. Normalmente as barras de acreção frontal são caracterizadas pela migração de dunas sobrepostas no dorso e na face frontal do leito principal. Estas são caracterizada por apresentar

internamente estratos cruzados simples de grande porte ou/e estratos cruzados compostos, os estratos cruzados que mergulham no mesmo sentido das superfícies que limitam os sets, indicando que as dunas sobrepostas se deslocam paralelamente ao sentido de migração da forma de leito principal (barra arenosa).

As barras laterais, ou depósitos de acreção lateral, ocorrem normalmente em rios retilíneos e são formadas pela atividade da própria corrente, sua geometria é tridimensional, e estas definem um canal sinuoso dentro do canal principal.

3.2.6.2 Leques Aluviais na Perspectiva Semiárida

A existência de precipitação escassa, mas concentrada, permite a existência repentina de fluxos de água muito elevados. Ao longo das vertentes, essas águas arrastam consigo grandes quantidades de material, canalizando-os para canais encaixados. Essas torrentes são assim lançadas para as áreas planas adjacentes, onde bruscamente perdem energia, originando acumulações sedimentares denominadas de leques.

Os leques aluviais são depósitos sedimentares em formas de leque associado a sopés de áreas com rupturas bruscas de gradiente. Na sua morfologia predominam sedimentos oriundos de movimentos de massa como fluxos de detritos e corridas de lama (SUGUIO, 2013).

Os leques aluviais ocorrem em regiões onde um fluxo de água passe suficientemente rápido de uma área de alta declividade para uma área de baixa declividade. A súbita mudança de gradiente resulta no decréscimo da velocidade do fluxo levando a uma deposição local. Uma das características dos leques aluviais é estes estarem geralmente relacionados a regiões áridas ou semiáridas, pobremente cobertas por vegetação, onde fortes tempestades ocasionais, causam altas descargas de sedimento (MUTZEMBERG, 2010).

Mabesoone et al (1981), expõe as principais características de ambientes deposicionais fluviais no clima semiárido. Uma das principais características de canais efêmeros neste contexto é a rápida conversão do escoamento superficial em torrentes, quando há a ação de fortes tempestades que encontram o solo ressecado por um longo período de estiagem. No transporte de sedimentos, a areia geralmente é aprisionada em pequenas depressões topográficas sendo consecutivamente remobilizada e armazenada durante outros eventos torrenciais. As frações mais finas, silte e argila, são transportadas para fora do sistema de

drenagem. A maior parte dos sedimentos locais é restrita as camadas horizontais de areia dos leitos dos cursos temporários.

De acordo com Stanistreet & MacCarthy (*apud* Suguio, 2003), os leques aluviais podem ser classificados em três grandes categorias: 1- Leques aluviais dominados por processos gravitacionais; 2- leques de rios entrelaçados e leques de rios meandrantos. O primeiro tem forte controle climático ou tectônico, enquanto os outros dois tem sido referidos na literatura como leques de clima úmido ou leques fluviais.

Os leques aluviais encontrados no semiárido têm tamanhos reduzidos, e se desenvolvem à frente de escarpas íngremes pela interação de processos gravitacionais ou fluviais. Seu caráter intermitente possibilita uma progradação defasada, já que ativa apenas parte do leque.

Stanistreet e McCarthy (1993 *apud* Bigarella, 2009) propõem que os leques dominados por fluxos de gravidade sejam denominados de leques por fluxo de detritos, entretanto, esta proposta não foi aceita neste trabalho, visto que, o fluxo de detritos é apenas um processo dentro de um amplo espectro de fluxos sedimentares de gravidade.

Os depósitos dos fluxos de gravidade que constituem fácies características deste tipo de leque são produzidos por movimentos de massa (sedimento-água) originados a partir de dois processos básicos: 1- Fluxo de detritos, onde o peso do sedimento é >80% do total da massa; e 2- Fluxo fluidificado, onde o peso do sedimento está entre 40 e 80% do total da massa.

Os Fluxos de Detritos são movimentos onde clastos de grandes dimensões podem ser transportados em massa, praticamente sem fricção, mesmo em planos de baixo gradiente. Estes fluxos podem ser coesivos e não coesivos, a depender da percentagem de sedimentos finos.

Os fluxos de detritos não coesivos (<10% de sedimento fino) originam conglomerados clasto-suportado, muitas vezes com gradação inversa que podem apresentar imbricação e indicar o sentido do transporte. Já os fluxos de detritos coesivos (>10% de sedimento fino) apresentam comportamento plástico devido à maior viscosidade e o movimento interno é mais

laminar que turbulento. Estes formam conglomerados matriz-suportado com seleção pobre e matriz lamosa. Clastos maiores de dimensões anômalas podem ocorrer “flutuando” no interior do depósito, ou projetar-se acima do seu topo. Os depósitos de cada fluxo apresentam espessuras variáveis, normalmente métrica (SILVA et al 2008).

Os fluxos fluidificados apresentam comportamento de fluido viscoso, com movimentos internos laminares e turbulentos. Produzem conglomerados clasto-sustentados com gradação normal, dispostos em camadas tabulares ou canalizadas.

Hooke (1967) em sua pesquisa, apresentou um tipo especial de depósito oriundo dos leques gravitacionais, denominado de depósitos de peneiramento. Estes podem se formar a jusante do ponto de intersecção, devido à súbita perda da capacidade de transporte com o desconfinamento do fluxo, e a acentuada infiltração de água, constituindo-se de pequenos lobos de cascalhos grossos clastos-sustentados.

A grande importância dos fluxos gravitacionais para os estudos paleoambientais está fincado em sua natureza episódica, visto que, são eventos catastróficos, resultante da conjugação de intensa precipitação e disponibilidade de sedimento. São justamente estas características que marcam no sedimento a ocorrência dos pulsos climáticos.

3.3 A ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA E A RECONSTRUÇÃO PALEOAMBIENTAL

3.3.1 Morfoestratigrafia

A compreensão da sequência evolutiva da paisagem no passado geológico recente é possível em virtude da análise geomorfológica dos ambientes atuais. Deste modo, a associação do registro estratigráfico recente constitui-se um aspecto essencial na interpretação da evolução da paisagem.

A análise estratigráfica de depósitos quaternários deve considerar os diferentes padrões de organização das paisagens, visto que, nestes ocorrem distribuídos irregularmente sobre as múltiplas formas de relevo. Desta forma, a abordagem morfoestratigráfica visa correlacionar o estudo das formas do relevo à temporalidade e características intrínsecas dos materiais estruturadores da paisagem.

O conceito de morfoestratigrafia surgiu com Frye e Willman (1962) quando definiram as unidades morfoestratigráficas como compreendendo corpos litológicos identificados, basicamente, através das formas de relevo a eles associadas, podendo ou não ser distintos litologicamente das unidades contíguas, subordinando assim, a estratigrafia às formas de relevo.

Meis e Moura (1984), embora admitissem o caráter pragmático de tal abordagem, consideraram que as unidades morfoestratigráficas definidas por Frey e Willman subordinavam a estratigrafia das formas de relevo. Desta forma, propuseram que o conceito de morfoestratigrafia fosse restringido às condições em que seja possível detectar, com base na *lito* ou *aloestratigrafia*, uma relação genética direta entre o depósito e a forma topográfica. Esta concepção enfatiza a necessidade de reconhecimento de superfícies deposicionais, tornando-se fundamental a realização de análises estratigráficas detalhadas.

Suguio (2010) afirma que a morfoestratigrafia é de vital importância para a reconstituição da evolução geomorfológica de uma área, onde possam ser identificadas as superfícies e seus materiais, estabelecendo, dessa forma, a relação de antiguidade entre as unidades e sua correlação com áreas mais amplas.

Mello (1997) ressalta a importância da morfoestratigrafia como instrumento para reconhecimento e mapeamento dos depósitos quaternários, visto que, estes não se encontram restritos a bacias sedimentares em sentido estrito, visto que, distribuem-se sob múltiplas formas de relevo e, portanto, em estreita relação genética com as feições geomorfológicas.

De acordo com Suguio (op. cit.) este método quando empregado na reconstituição da história da evolução geomorfológica dos últimos 300.000 anos, torna-se uma ferramenta mais poderosa que as classificações litoestratigráficas e bioestratigráficas, baseadas respectivamente em composições litológicas e paleontológicas dos depósitos sedimentares. Portanto, a classificação morfoestratigráfica é uma metodologia muito importante nos estudos estratigráficos do Quaternário.

A interação entre estudos geomorfológicos e a morfoestratigrafia vem sendo de extrema importância para os estudos sedimentares do quaternário, uma vez que cada unidade morfoestratigráfica está alicerçada sobre materiais que resgatam a história erosiva/deposicional da área.

3.3.2 Aloestratigrafia

Segundo Guerra e Cunha (2012), a aloestratigrafia como ferramenta de classificação estratigráfica foi introduzida pelo Código Estratigráfico Norte- Americano (NACSN) em 1993, e destinada especialmente à análise estratigráfica de depósitos sedimentares cenozoicos, sobretudo quaternários.

A perspectiva aloestratigráfica foi introduzida nos estudos do Quaternário brasileiro por Moura e Meis (1986), sendo utilizada para a individualização de sequências coluviais identificadas na região do médio vale do rio Paraíba do Sul. Moura e Mello (1991) aprimoraram esta abordagem, e forneceram um quadro estratigráfico abrangente, envolvendo as sequências sedimentares aluviais. Cada unidade aloestratigráfica definida representa um episódio sedimentar principal, produto de um evento de instabilidade ambiental, quando seriam produzidas mudanças efetivas na paisagem. A classificação aloestratigráfica proposta por estes autores fundamentou-se na identificação de descontinuidades estratigráficas de âmbito regional.

De acordo com Suguio (2010) a utilização da aloestratigrafia para os depósitos quaternários, deve-se levar em conta as abordagens tradicionais empregadas no estudo de seqüências sedimentares antigas, visto que, estas apresentam sérios problemas quando aplicadas na análise do registro quaternário, já que um nível maior de detalhamento é exigido, tanto pela natureza descontínua e espessura delgada destes depósitos, suas frequentes similaridades e recorrência de fácies, ou seja, pelo registro paleontológico inadequado a análises estratigráficas ou, além disso, pela reduzida disponibilidade de dados geocronológicos precisos.

Uma unidade estratigráfica corresponde a um corpo sedimentar estratiforme, mapeável, definido pelo reconhecimento de descontinuidades limitantes. A categorização neste tipo de unidade permite distinguir como unidade única, depósitos caracterizados por heterogeneidade lítica, limitados por descontinuidades.

As descontinuidades representam planos de tempo, sendo as unidades estratigráficas essencialmente diacrônicas, constituindo importante base para uma classificação cronoestratigráfica. Além disso, as unidades aloestratigráficas podem exibir grande variações faciológicas temporais e espaciais, constituindo um instrumento mais adequado as análises paleoambientais que as formaram (Suguio 2010).

A unidade aloestratigráfica denomina-se *aloformação* e pode ser subdividida em *alomembros*, com outra ou mais *aloformações*, e constituir um *alogrupo*.

Moura e Meis (1984), Mello et al. (1991) e Mello et al. (1995), assim como outros autores, buscaram uma estratégia para investigar a formação das unidades deposicionais estruturadoras dos compartimentos morfoestratigráficos. Em virtude da semelhança faciológica dos sedimentos estudados, como os leques alúvio-coluvionares, sedimentos aluviais e coluviais de diversas gêneses e magnitudes, estes autores optaram pela análise aloestratigráfica.

A aloestratigrafia analisa os depósitos sob a ótica do evento deposicional (estratigrafia de eventos), onde cada unidade é determinada a partir de suas descontinuidades erosivas, e corresponde a um evento deposicional discreto. No caso dos sedimentos quaternários, com

expressão superficial como unidade do relevo, a recorrência faciológica é notável, uma vez que os ambientes deposicionais permanecem discerníveis na paisagem.

3.3.3 Micromorfologia de Solos e os Estudos Morfoestratigráficos

A micromorfologia é uma técnica de estudo de amostras não deformadas de solos e de rochas que permite, com a ajuda de técnicas microscópicas e ultramicroscópicas, identificar os constituintes elementares e as diversas associações destes (esqueleto, plasma, nódulos, poros), além de permitir precisar suas relações mútuas no espaço e, muitas vezes, no tempo. Esta vem sendo documentada desde a década de quarenta do século passado (Kubienski, 1938), e é uma ferramenta importante que permite observar os componentes estruturais do solo na sua forma natural, possibilitando melhor visualização do comportamento da estrutura e do espaço poroso para a compreensão de muitos problemas identificados no campo, em diversas áreas da ciência do solo (SILOS et al. 2011).

Silva (2013) afirma que a análise detalhada dos constituintes do solo serve para diagnosticar filiações litológicas e/ou pedogenéticas entre os materiais, os processos e mecanismos a ele associados (alteração, pedogênese e morfogênese), seus eventos, fases e cronologia relativa, incluindo a identificação de paleossolos, permitindo sua separação de solos enterrados atuais.

No estudo do Quaternário, a micromorfologia tem se mostrado bastante esclarecedora em temáticas como: processos morfogenéticos do relevo, estudo de dinâmicas superficiais atuais (processos de vertentes), identificação de estruturas ligadas a climas específicos: crioturbação, periglacialismo, feições de ambiente desértico, processos de deposição e ambiente deposicional e evolução pós-deposicional.

Corrêa (2001) afirma que a partir da micromorfologia é possível identificar a origem do material, se trata de um solo *in situ*, ou, de um material transportado, como no caso dos materiais coluviais; sendo estas características úteis para o estudo de paleomovimentos de massa em áreas tropicais muito intemperizadas.

Fitzpatrick (1993) enfocou o papel da micromorfologia na diferenciação de processos erosivos e deposicionais. Segundo o autor, um dos principais processos erosivos que pode ser

investigado pela micromorfologia de solos é a erosão diferencial de materiais tropicais superficiais, deixando para trás um resíduo de materiais mais grossos.

Para Corrêa (op cit.) isto é particularmente importante em áreas tectonicamente estáveis como o Brasil, onde o intemperismo químico e a denudação progressiva têm ocorrido ao longo de milhões de anos, originando as feições resultantes como os grãos de quartzo arredondados e subarredondados, fragmentos de laterita e concreções em geral. Tais formas são atribuídas ao rolamento e transporte do material encosta a baixo.

Deste modo, a micromorfologia de solos pode ser utilizada para melhor caracterizar e diferenciar os sedimentos de encosta relacionados a períodos de instabilidade geomórfica dentro do Quaternário. Durante esses períodos de instabilidade os perfis de solo são truncados nas áreas produtoras de sedimentos, e outros perfis são soterrados nas áreas deposicionais. Os períodos de deposição de sedimentos são os mais interessantes para a pesquisa estratigráfica. Durante sua ocorrência os solos são inumados por sedimentos e mais tarde podem ser utilizados como marcadores estratigráficos (CORRÊA, 2001).

Para Silva (2013) a combinação no uso de técnicas de campo e laboratório, com a finalidade de interpretar a gênese dos sedimentos de encosta, tem se tornado um procedimento recorrente na maior parte dos estudos atuais que tratam deste tema.

Sendo assim, a utilização da micromorfologia como fonte de interpretação da dinâmica geomorfológica, vem fornecendo bases para a elucidação de interações entre as mudanças temporais de longo e curto prazo nos processos geomorfológicos, cujas repercussões ainda são visíveis na paisagem.

3.4 DEPÓSITOS SEDIMENTARES COMO RESPOSTA AS MUDANÇAS AMBIENTAIS NO NORDESTE DO BRASIL

Os estudos quaternários no Nordeste do Brasil tem abordado diversas perspectivas acerca dos depósitos sedimentares, visto que, estes podem nos fornecer informações sobre condições climáticas pretéritas e como estas mudaram a dinâmica desta região. Os estudos paleoclimáticos vem apresentando grandes indícios de oscilações climáticas, tanto para fases mais secas quanto para fases mais úmidas. Trabalhos que possibilitam formar uma cronologia para as transformações ambientais pelas quais passaram os ambientes semiáridos no Quaternário a partir de análises morfoestratigráficas para a reconstrução da paisagem foram realizados por Barreto (1996), Corrêa (2001), Ribeiro (2002), Gouveia et al (2005), Santos (2007), Mutzenberg (2007 e 2010), Barreto (2010), Galvão (2012), Gurgel (2012), Silva (2013) e Missura (2013).

Barreto (1996) pesquisou o sistema de dunas fixadas no médio São Francisco, a noroeste da Bahia, e identificou acumulações sedimentares eólicas transportadas por ventos de SE-E, que representariam um importante indicador de mudanças climáticas na região. Realizadas as datações por termoluminescência (TL), a paisagem estudada apresentou entre o Pleistoceno superior até o presente, três fases de reativação de dunas, com modificações na morfologia destes relevos e a variação dos sentidos dos ventos, bem como sua intensidade. A ausência de idades de TL entre 10.500 e 9.000 anos AP, segundo a autora, representa um indício de que neste momento não ocorreu importante atividade eólica na área, apontando que a ausência de atividade eólica nesta época corresponde ao término do último episódio glacial mais importante do Hemisfério Norte, o que estaria relacionado a uma nova condição climática regional que foi caracterizada, sobretudo pelo aumento de umidade.

Corrêa (2001) tratou da história ambiental do semiárido nordestino em seu trabalho nos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, constatando uma história episódica no limiar Pleistoceno/Holoceno para a região. No maciço da Serra da Baixa Verde, foram os depósitos de encosta, os colúvios, sob a forma de rampas e aventais que foram escolhidos para a reconstrução da dinâmica geomorfológica da área, a partir da datação destes materiais pelo método da LOE. As idades obtidas pelo autor permitiram concluir que entre 10.000 e 8.500 anos AP, no limiar Pleistoceno/Holoceno, a paisagem foi marcada por uma remobilização maciça das coberturas rudáceas para os eixos de drenagem das encostas durante os períodos

de maior aridez do UMG. De 7.500 a 4.500 anos AP, Holoceno Médio, com o máximo da umidificação e antes da estabilização da nova cobertura vegetal, os regolitos foram intensamente remobilizados, com ocorrência de diversos episódios de coluvionamento, possivelmente desencadeados por pequenos fluxos de detritos e corridas de lama. A fase contemporânea é caracterizada pelo intenso ravinamento dos depósitos antigos, como resposta aos padrões vigentes de uso da terra e a deposição de unidades coluviais de expressão restrita no âmbito das encostas em forma de pequenos leques de depósitos laminares decorrentes da acentuação da erosão em lençol.

Ribeiro (2002) através do estudo da matéria orgânica do solo e de plantas usando os isótopos de carbono (^{12}C , ^{13}C e ^{14}C) interpretou mudanças de vegetação e de clima do Pleistoceno tardio ao Holoceno em áreas de domínio de mata Atlântica, caatinga e cerrado de Pernambuco e Maranhão. A composição da floresta Atlântica remanescente e a mata de altitude do Brejo dos Cavalos e Serra do Catimbau em Pernambuco, segundo o autor, apresentaram tendência de similaridade florística e estrutural. Datações da fração humina indicaram que desde 6.500 anos AP até o presente não houve troca de vegetação C_3 para C_4 nestas áreas, entretanto, a ação antrópica vem ocasionando enclaves de cerrado na mata Atlântica próxima a Tamandaré há pelo menos 1.300 anos AP.

Na região de Barreirinhas, no Maranhão, os estudos de reconstrução paleovegetacional e climático indicaram que, de aproximadamente 15.000 a 9.000 anos AP, a presença de um clima mais úmido na região proporcionou uma vegetação arbórea. Entre 9.000 e 3.000 anos AP, a presença de um clima mais seco ocasionou a expansão do cerrado. De 3.000 anos AP até o presente, houve a expansão da floresta sobre o cerrado, devido ao retorno a um clima mais úmido e provavelmente similar ao atual.

Gouveia et al. (2005) aplicando a mesma metodologia de Ribeiro (2002) em 22 pontos amostrados nos estados do Ceará, Piauí e Paraíba, indicaram que entre 15.000 e 9.000 anos AP, houve um predomínio da vegetação do tipo arbóreo, relacionado a um clima mais úmido, com posterior abertura da vegetação com contribuição de plantas do tipo C_4 , entre 9.000 a 3.000 anos AP, provavelmente relacionado a presença de um clima mais seco e um retorno do predomínio da vegetação arbórea foi evidenciado após 3.000 anos AP, corroborando assim as análises realizadas por Ribeiro (op. cit.) para a região Nordeste.

Depósitos do Gráben do Cariatá, Paraíba, foram analisados por Corrêa et al. (2005), sob a ótica da análise cronológica dos sedimentos, proporcionando uma boa cronologia da deposição e eventos climáticos do Pleistoceno médio. Segundo os autores, a associação entre litofácies e gênese climática aponta para uma concentração das amostras de lamito (corridas de lama) aos períodos estadiais de temperatura reduzida em até 6°C em relação ao presente com chuvas concentradas entre 160.000 e 22.000 anos AP, enquanto que as amostras de fluxo de detritos agrupam-se sobre episódios interglaciais e/ou interistadiais de temperaturas semelhantes ao presente ou de temperatura ligeiramente mais baixas, entre 224.000 e 128.000 anos AP.

Uma abordagem paleoambiental realizada recentemente por Mutzenberg (2007) para o Vale do rio Carnaúba, Rio Grande do Norte, demonstrou que os eventos deposicionais na área estão relacionados a um clima mais frio e seco que ocorreram desde o penúltimo máximo glacial até o Holoceno superior. Depósitos de encosta e aluviais datados indicaram que após o penúltimo máximo glacial, a cerca de 58.000 anos AP, ocorreu uma rápida e ampla remobilização do regolito exposto associada a um súbito aquecimento relativo ao último interestadial. As deposições sedimentares relacionadas ao UMG, entre 18.500 a 16.000 anos AP, podem estar relacionadas a um clima provavelmente mais frio e seco, com eventos sazonais de alto grau pluviométrico capazes de remover o regolito em profundidade.

No Holoceno inferior, há 9.100 anos AP, uma súbita retomada da umidade removeu os regolitos expostos sob a atuação de fortes chuvas capazes de gerar depósitos de cascalhos. O Holoceno médio, entre 5.500 e 5.600 anos AP, pode ser caracterizado por um clima ainda provavelmente úmido e quente, com adensamento da cobertura vegetal, proporcionando processos de erosão laminar sobre as encostas. Já no Holoceno superior, oscilações climáticas decorrentes de eventos do tipo paleo-el-niño e paleo-la-niña, estão associados a períodos longos de semiaridez seguidos de períodos com muita precipitação decorrentes da retomada da circulação normal, com vários momentos de erosão/deposição e estabilização da paisagem ligada à formação de solos aluviais rasos nos terraços fluviais a partir de 2.200 anos AP.

Para a área arqueológica do Parque Nacional Serra da Capivara (PI), Santos (2007) e Mutzenberg (2010) demonstraram a ocorrência de vários episódios de deposição na área pelo menos desde o Penúltimo Máximo Glacial.

Para Santos (op.cit), durante o Último Máximo Glacial, tanto a atividade de coluvionamento como fluvial foram intensas, com retomada das atividades de sedimentação fluvial e coluvial ocorrendo entre 15.000 e 7.600 anos, na transição Pleistoceno-Holoceno. As mudanças paleoclimáticas do Holoceno médio foram interpretadas a partir dos estudos de palinomorfos, onde os resultados sugerem que desde pelo menos 5.130 anos AP, a caatinga já estava instalada na região, ainda que na área tenham ocorrido grandes oscilações paleoclimáticas no Holoceno.

Mutzemberg (op.cit) em seus estudos constatou que no Parque Nacional Serra da Capivara durante a transição entre o Penúltimo Máximo Glacial e o último Interstadial, uma rápida e sequencial remobilização de depósitos de *tálus* foram formados por episódios vinculados a chuvas torrenciais que atingiu a região entre 42.000 anos AP, gerando energia para o transporte de frações rudáceas, provavelmente ligado ao recobrimento da paisagem por uma formação vegetal aberta após um período seco.

Deposição entre 23.200 a 15.000 anos AP, ligada ao Último Máximo Glacial no parque, esteve relacionada a um clima provavelmente mais frio e seco com eventos esporádicos de alto aporte pluviométrico, e a transição Pleistoceno Holoceno e Holoceno inferior caracterizado como períodos ligados a uma rápida transição climática, com sinais de aumento da umidade e precipitação, e provável estabelecimento de uma cobertura vegetal mais densa em direção ao Holoceno médio. O Holoceno médio, entre 6.200 a 7.000 anos AP, esteve relacionado ao período hepistérico, caracterizado por um clima provavelmente quente e relativamente úmido, com estabilização da paisagem quanto a eventos erosivos.

A partir de Interpretações baseados nos valores de $\delta^{18}\text{O}$ em espeleotemas, Barreto (2010) realizou levantamentos paleoclimático e paleoambiental na região da Chapada Diamantina (BA) a partir de isótopos de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^{13}\text{C}$ em estalagmites. Segundo a autora, os valores mais baixos de $\delta^{18}\text{O}$ das estalagmites indicam aumento da paleoprecipitação e vice-versa. Dessa forma, as fases de clima mais úmido foram registrados entre 93-82 Ka e 68-57 Ka, por diminuição geral dos valores de $\delta^{18}\text{O}$. Já a predominância de condições mais secas foi verificada entre 80-69 Ka e 57-47 Ka, quando existe uma subida geral dos valores de $\delta^{18}\text{O}$, coincidindo com períodos de alta insolação de verão.

Anomalias de $\delta^{18}\text{O}$ durante o intervalo de ~45-20 Ka, ou até a transição do último máximo glacial (UMG) para o interglacial, foram predominantemente mais altas do que observado durante os intervalos de 17,5-15,5 Ka e de 13,0-3,7 Ka, o que envolveria parte do final do período interglacial e todo o Holoceno inferior e médio da região. Esses resultados, segundo a autora, sugerem que o final do período glacial foi relativamente seco na região.

O clima durante o final do último período glacial, na segunda fase da glaciação descrito por Barreto (op.cit), contrasta fortemente com condições mais úmidas observadas em grande parte do interglacial e durante o Holoceno inferior e médio, nos intervalos aproximadamente entre 17-15 AP e 13-5 AP, caracterizado por valores mais baixos de $\delta^{18}\text{O}$. Após esses intervalos observou-se o retorno das condições climáticas mais secas a partir de 5 AP, que perduram até hoje.

Os resultados de paleoprecipitação apresentados por Barreto (2010) para a Chapada Diamantina (BA) corroboram os resultados apresentados por Santos (2007) e Mutzemberg (2010) para o Parque Nacional Serra de Capivara (PI), evidenciando que o padrão antifásico das chuvas do Hemisfério Sul durante o Pleistoceno/Holoceno, assim como descrito para alguns trechos da última glaciação, ocorreu a partir da influência da Monções Sul-americanas sobre o regime de chuvas do Nordeste em longa escala de tempo, a qual é primariamente modulada pela intensidade da insolação de verão.

Embora os estudos apontem para um clima mais seco durante o UMG para grande parte das áreas continentais do Nordeste brasileiro, sedimentação lacustre depositada entre 19.900 a 17.500 anos AP em Buíque (PE) evidenciou que o nível da lagoa do Puiú esteve elevado em pelo menos cinco metros em relação ao nível atual (GALVÃO, 2012).

Gurgel (2012), analisando a sedimentação quaternária ocorrida no Maciço do Pereiro, localizado na Província da Borborema, demonstrou que dentro das bacias e ao longo das escarpas há pouco armazenamento de sedimentos oriundos do Quaternário, desta forma, seus depósitos coluviais são originados das escarpas, tendo em vista que, o processo de coluvionamento teria sido ativo nos últimos 46 ka, o que resultou, principalmente, em uma estratigrafia de idade inversa dos colúvios. Esta inversão de idade é relacionada com a reformulação de sedimentos coluviais e seus movimentos nas escarpas. A natureza espasmódica dos processos que moldaram a paisagem do Maciço do Pereiro demonstra os

solos e sedimentos refletem a última erosão e ciclo sedimentar. Isto se reflete na expressão quaternária de colúvios e no preenchimento do Maciço do Pereiro. Desta forma, foi possível observar que a erosão ocorreu principalmente pelo recuo escarpa. Gurgel (2012) ainda afirma que este processo ocorreu sob condições semiáridas semelhantes as de hoje.

Silva (2013) considera que as sequências deposicionais constituem o único registro material preservado que explica a história evolutiva da paisagem, e a associação entre forma e depósito tem-se mostrado como um instrumento imprescindível à interpretação da dinâmica ambiental, representando o elo que une os processos ocorridos no passado e que ocorrem no presente dentro do contexto evolutivo da paisagem geomorfológica. Em seu trabalho afirma que as idades obtidas para os níveis estratigráficos datáveis atestam que os eventos deposicionais estão na dependência de agentes desencadeadores de gêneses distintas: eventos climáticos regionais ocorridos desde o penúltimo stadial do Pleistoceno até o UMG para as áreas de Afrânio, e a partir do Holoceno inferior em Fazenda Nova. Desta forma, esta pesquisa se balizou a partir da perspectiva morfoestratigráfica, que busca associar as formas do relevo às suas estruturas superficiais de sustentação, estabelecendo um vínculo entre forma e material. Esta fundamentação teórica prioriza o mapeamento detalhado das feições geomórficas, seguido do criterioso estudo das formações superficiais, suas características sedimentológicas.

Missura (2013), em seus estudos a respeito do graben do Puiu utilizou de evidências relacionadas à morfoestratigrafia e a morfotectônica afim de desvendar a história evolutiva da área. Os sedimentos encontrados em extensos aventais colúviais ao longo dos sopés das escarpas permitiram visualizar sua evolução em cascata. A atuação da dinâmica quaternária na área possibilitou a interdigitação de dinâmicas diferentes na formação do relevo local, bem como, aventar hipóteses sobre as flutuações no nível lacustre durante o Quaternário. Os depósitos encontrados apresentaram variações significativas ficando evidente a partir das correlações feitas, entre as datas apresentadas neste trabalho, que eventos significativos de reumidificação ou esporádicos de maior magnitude atuaram durante o UGM, a *Yonger Dryas*, a transição Pleistoceno-Holoceno e o ótimo climático do Holoceno na área formando esses depósitos, bem como em toda Região Nordeste.

Sendo assim, a interpretação da dinâmica geomorfológica através do registro sedimentar encontrado em áreas homônimas do Nordeste fornecem bases para a elucidação de interações entre as mudanças temporais de longo e curto prazo nos processos geomorfológicos no Quaternário tardio na região, cujas repercussões ainda são visíveis na paisagem.

4. MÉTODOS

Este capítulo tem como objetivo abordar todos os métodos utilizados na composição desta pesquisa, incluindo métodos de campo e laboratoriais e sua devida importância.

4.1 BASES CARTOGRÁFICAS

Para a elaboração do banco de dados em ambiente SIG foi utilizado à interpretação da imagem Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) do TOPODATA, formato GeoTiff e com resolução de 30m, disponibilizado pelo Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil no site do INPE5. O *datum* e o elipsóide de referência em todos os cartogramas foi o WGS 84 Zona 24S.

O tratamento digital da imagem foi realizada com a utilização dos softwares ArcGis 9.3, onde foram obtidos os seguintes produtos: delimitação da área de estudo, rede de drenagem e curvas de níveis. Para confecção do mapa geológico utilizou-se a base de dados da CPRM (2005) e no banco de dados GEOBANK, disponível no site da CPRM. Para o mapa de Solo foi utilizado à base de dados disponibilizados pelo ZAAL (2013) e EMBRAPA SOLOS (2001).

4.2 A ABORDAGEM MORFOESTRATIGRÁFICA

A abordagem morfoestratigráfica permitiu que as unidades deposicionais e perfis de alteração *in situ* passassem a integrar a estrutura epidérmica da paisagem, e não apenas os argabouços litológicos constituintes dos diversos embasamentos regionais. De acordo com Frey e Willian (1962), a morfoestratigrafia busca identificar um corpo litológico primeiramente pela sua feição, que pode ser diferenciada ou não das unidades que lhe são contíguas, e transgredir limites temporais ao longo de sua extensão.

De acordo com esta linha metodológica, as unidades deposicionais e coberturas superficiais diversas mantêm uma estreita relação com a morfologia superficial contemporânea. A importância deste enfoque teórico reside na sua ênfase morfogenética, uma vez que cada unidade morfoestratigráfica está alicerçada sobre materiais que resgam a história erosiva/deposicional da área.

A análise morfoestratigráfica foi realizada com base nas propriedades sedimentológicas e pedológica identificada durante o mapeamento do depósito em leque e do depósito encontrado na lagoa.

A semelhança na gênese dos sedimentos terrígenos (fluxos de detritos e corridas de lama) que preenchem ambos os depósitos desencadeou a necessidade de adicionar técnicas pedológicas que visassem à compreensão da evolução pós-deposicional dos depósitos, permitindo traçar ligações entre as unidades com características semelhantes. Neste caso, buscou-se na técnica de análise micromorfológica de solos, conforme o proposto por Stoops (2003), a compreensão de tais particularidades. Para as demais análises, como o grau de maturidade mineralógica dos sedimentos que preenche os depósitos encontrados, realizou-se a análise dos minerais de argila por difratometria do raio-X.

4.3 O TRABALHO DE CAMPO E AS COLETAS DE MATERIAIS

As campanhas de campo para este trabalho tiveram início em setembro de 2012 com o primeiro campo, tendo por objetivo um reconhecimento da área de estudo e a procura de possíveis áreas de análise, além de planejar a logística para toda a pesquisa. Após este reconhecimento, e diante da grande área a ser percorrida a procura das melhores áreas de análise, foi realizado em março de 2013 o segundo campo, este de caráter mais pontual, onde foi possível delimitar as áreas de coleta e esboçar o mapeamento geomorfológico.

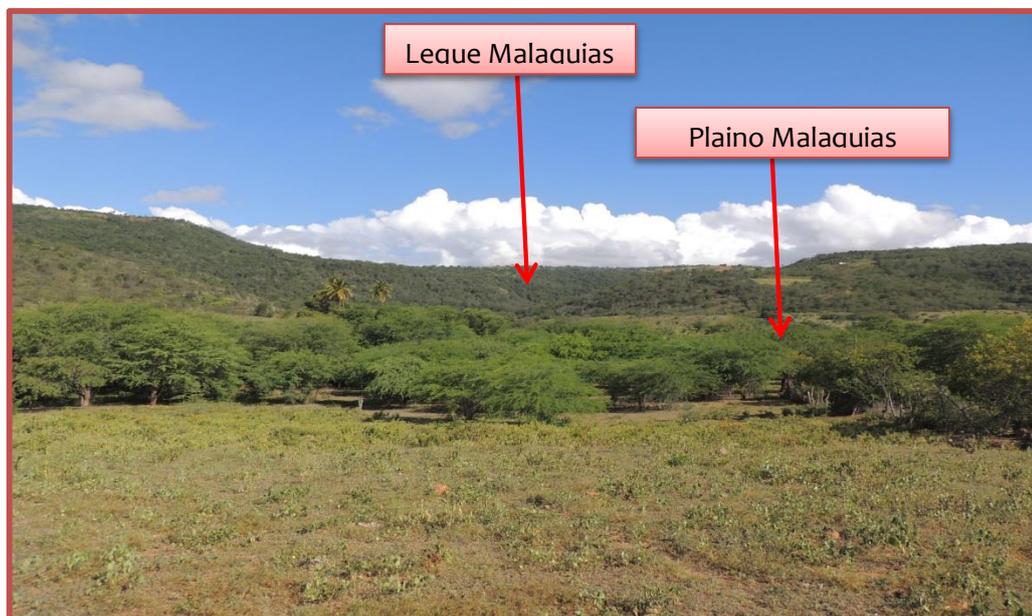
Planejando uma coleta objetiva e em virtude da dificuldade de acesso as áreas escolhidas, além da necessidade de abertura de trincheiras, tornou-se necessário dividir a coleta de material para análises laboratoriais em dois campos, o primeiro realizado em abril e o outro em agosto de 2013, nestes dois campos além da coleta de material, foram confeccionados o mapa geomorfológico e os croquis dos perfis analisados. É necessário justificar o grande intervalo temporal entre os campos, estes foram necessários em virtude das grandes chuvas que assolaram a região impossibilitando o trabalho de campo.

As amostras para análise das propriedades sedimentológicas foram coletadas em sacos plásticos, com cerca de 1000g de amostra. A coleta de amostras para análise micromorfológica de solos requereu o uso de caixas de Kubiena de 5x5x5, com moldura de ferro e tampas de borrachas bem ajustadas aos dois lados da caixa permitindo a preservação das estruturas a serem analisadas em laboratório.

4.3.1 Pontos de Coleta

No decorrer dos trabalhos de campo foram selecionadas duas áreas para a realização desta pesquisa, a primeira área, denominada nesta pesquisa de Área 1 (Figura 17), localiza-se na propriedade Malaquias na porção oeste do município, e está inserida no maciço estrutural de Água Branca, o que lhe confere maior altimetria. Desta área surgiram dois pontos de coleta, o Leque Malaquias, este que resultou em cinco pontos de amostra, e o Plaino Malaquias que resultou em dois pontos de amostra.

Figura 17 – Área 1: Propriedade Malaquias, com destaque para as duas áreas de coleta, o Leque Malaquias e o Plaino Malaquias.



A Área 2 (Figura 18) localiza-se na Lagoa das Pedras, esta está inserida na porção municipal do Complexo Belém do São Francisco, distando cerca de 10km da Área 1. A Área 2 exibe uma condição mais árida que a Área 1, em virtude de estar em uma altimetria bastante inferior. Desta área surgiu apenas um ponto de coleta, com dois pontos de amostra.

Figura 18 – Área 2: Lagoa das Pedras. Ênfase a área já escavada.



4.3.2 Chave para a Nomenclatura das Amostras

As amostras foram nomeadas e rotuladas de acordo com sua feição (Leque, Plaino e Lagoa), localidade e profundidade a qual foi extraída, tendo como referência a base das trincheiras. Somam-se um total de duas áreas de coleta e nove amostras, são elas:

- LM – Leque Malaquias: neste ponto foram realizadas cinco coletas dentro do perfil, são elas: LM 20; LM 60; LM 85; LM 110; LM 125.
É importante ressaltar que a amostra LM 85 encontra-se dentro de uma paleoravina inserida no pacote do leque, e seu aspecto é bastante arenoso, divergindo do resto do leque.
- PM – Plaino Malaquias: neste ponto foram realizadas duas coletas dentro do perfil, são elas: PM 10 E PM 40.
- LP – Lagoa das Pedras: neste ponto foram realizadas duas coletas dentro do perfil, são elas: LP 23 E LP 56.

Quanto às amostras faz-se necessário algumas observações, as mesmas são em sua totalidade oriundas de depósitos coluviais, entretanto, o Plaino Malaquias é uma antiga barra longitudinal que sofreu pedogênese e transformou-se em Planossolo.

Outra observação importante é de que, em sua maioria, as amostras foram submetidas aos mesmos métodos propostos nesta pesquisa (Análises Sedimentológicas, Micromorfologia de Solos, Difractometria de Raio-X, Microscopia Eletrônica de Varredura), contudo, a amostra LM 85 não foi submetida à Micromorfologia de Solos, em virtude de ser pouco agregada, impossibilitando sua coleta.

4.4 TRABALHOS DE LABORATÓRIO

4.4.1 Análises Sedimentológicas

Esta análise teve por finalidade a caracterização granulométrica dos sedimentos. A obtenção de dados numéricos para tal estudo foi adquirida, em parte, no método de Gale e Hoare (1991) e métodos convencionais. Tal procedimento foi realizado no Laboratório de Geomorfologia do Quaternário, Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco. Para a separação dos sedimentos finos e grossos, foram quarteadas 1000g de cada amostra até que esta chegasse a 100g, isto é necessário para que todas as diversas propriedades da amostra sejam preservadas e demonstradas na porção de 100g. Após este procedimento os 100g postos em 5g de Hexametáfosfato de Sódio dissolvidos em 1000ml de água destilada e levado ao agitador mecânico por 30 min para desflocular o silte e a argila dos outros componentes. Após este processo toda a solução com amostra é lavada com água destilada em uma peneira de 62 μ m e levado para secar em estufa à 60°C. Após este processo, as amostras são novamente pesadas, pois a diferença demonstra a quantidade de silte e argila que havia nesta amostra. Após a pesagem, a amostra é levada para um jogo de peneiras com intervalos sucessivos de 1 ϕ (Φ), que serão expostas por 10 minutos no *Rotap* para a determinação de areia muito fina, areia fina, areia, areia média, areia grossa, cascalho.

Em seguida, procedeu-se a separação das frações silte e argila, este método é reconhecido como pipetagem, e esta foi realizada com base no trabalho de Lewis e McConchie (1994), que consiste na obtenção de 20g de amostra a partir da quarteação, esta porção é lavada, utilizando a peneira de 62 μ m, com uma solução de 5,0g de Hexametáfosfato de Sódio para 1000ml de água destilada e posta na proveta. Seguindo a tabela de tempo e profundidade em relação à temperatura em que as amostras devem ser coletadas, o material contendo diferentes tamanhos de partículas foi pipetado e depositado em beakers previamente pesados e numerados. Após o procedimento, o material foi transferido para estufa e secado a

temperatura de 105°C. Após secagem, os beakers foram pesados para averiguação da quantidade de material coletado.

Os valores obtidos em gramas para cada fração granulométrica foram submetidos a tratamento seguindo os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957), tendo sido calculados o diâmetro médio, o grau de seleção, o grau de assimetria e curtose; e para a classificação dos sedimentos foi usado o diagrama de Shepard, Pejrup e Folk utilizando o programa SysGran 3.0.

As amostras também foram avaliadas segundo o grau de arredondamento e esfericidade dos grãos, diâmetro médio, agregação, textura superficial, opacidade, e composição mineralógica. Estes grãos são parcialmente influenciados pelos processos de transporte e deposição. Tal método é denominado de morfoscopia, esta que possibilita a análise dos grãos através de uma lupa binocular, onde a análise visual é baseada na comparação entre a projeção máxima do contorno da partícula e um conjunto de imagens, cujo arredondamento foi previamente calculado de acordo com o procedimento descrito por Tucker (1995).

Para cada amostra foram analisados 100 grãos na fração de 0,250mm. Esta fração foi escolhida devido os grão poderem sofrer transporte ora por rastejo, ora por saltação.

4.5 ANÁLISE MICROMORFOLÓGICA DOS SOLOS

Por micromorfologia entende-se uma técnica de caracterização dos constituintes do solo e respectivo arranjos estruturais visíveis sob microscópio ótico polarizante. Desta forma, amostras indeformadas, ou seja, extraídas com o mínimo de perturbação, foram coletadas com o auxílio de pequenas caixas de ferro com dimensões de 5 cm x 5 cm e 5 cm de altura. Estas amostras foram orientadas, possibilitando a identificação do topo do perfil, viabilizando o estudo da direção do transporte de material dentro do solo.

Posteriormente, as mesmas foram secas ao ar livre para eliminação do excesso de umidade. Após esses procedimentos, foi realizada a impregnação dos blocos das amostras indeformadas com o objetivo de torná-las resistentes para que fossem laminadas. O material foi impregnado com uma mistura de resina plástica Araldite XGY-1109 100%, 10% de endurecedor HY-951 e 40 a 50% de acetona P.A. As condições de impregnação não devem

afetar o arranjo dos constituintes ou mudar suas propriedades ópticas. Desta forma, optou-se por uma resina plástica conhecida comercialmente como Araldite, que apresenta baixa toxicidade, endurecimento e polimerização mais rápidos e grau de contração mais baixo do que a da resina de poliéster.

Para cada amostra, foram realizadas pelo menos três sessões de impregnação por capilaridade obtida a vácuo seco, em intervalos de 24 h, para melhor penetração da resina na amostra. Neste processo foi utilizada uma bomba de vácuo conectada a um dessecador que abriga a resina e as amostras. Com a polimerização, a amostra tornou-se resistente, mas sem perder a estrutura original, o que permitiu proceder com o seu corte e a sua laminação. O endurecimento completo das amostras ocorreu após duas a três semanas.

Depois do endurecimento das amostras deu-se sequência à sua laminação. Cada bloco foi cortado em máquina de disco diamantado em duas partes e, por último, cada fatia foi polida em um disco em rotação com abrasivo e água, até alcançar uma superfície lisa e plana o suficiente para ser colada em lâmina de vidro. As amostras coladas foram desbastadas e polidas manualmente com abrasivo (carborundum) até a espessura de 30 micra quando, finalmente, o material ficou adequado para estudos microscópicos. Tais procedimentos foram realizados no Laboratório de Laminação do Departamento de Geologia da Universidade Federal de Pernambuco.

As lâminas foram analisadas utilizando-se o microscópio trinocular Leica DM 2500 P, com câmera Leica EC 3 acoplada, e do software Leica Application Suite - LASEZ versão 1.4 disponível no Laboratório de Geomorfologia do Quaternário do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE, onde foram descritas para cada amostra o grau de desenvolvimento da agregação, tipos de microestrutura e distribuição relativa dos constituintes (esqueletos, poros e plasmas). A interpretação de tais feições diagnósticas do solo foi realizada de acordo com as definições do Manual de Microscopia de Solo e Micromorfologia de Stoops (2003).

4.6 DIFRATOMETRIA DE RAIO – X

Utilizada desde a década de 30 para determinação da estrutura cristalina, a difratometria de raio-X é essencial para a caracterização mineralógica dos argilominerais e de outros constituintes cristalinos presentes nas frações granulométricas mais finas dos solos, como silte e argila. É considerada como a principal técnica para a identificação de minerais nestas dimensões e se tornou indispensável para estudos em mineralogia de solos.

O termo argilomineral é atribuído especificamente aos aluminossilicatos hidratados planares do grupo dos filossilicatos. Engloba os seguintes grupos de minerais: grupo da caulinita, grupo das micas, grupo das vermiculitas, grupo das esmectitas e grupo das cloritas, além de possíveis minerais interestratificados constituídos por espécimes pertencentes a dois grupos diferentes. De ocorrência menos comum em solos, podem ser citados também os grupos do talco-pirofilita e da sepiolita-palygorskita.

A metodologia utilizada neste trabalho consiste na proposta pela Embrapa (2009) onde a amostra de argila, em estado pastoso ou em suspensão, é colocada em uma lâmina de vidro de superfície plana, sob a forma de uma fina película e submetida à irradiação por raios-X em uma faixa ampla de ângulos de incidência (intervalo de 2° a 45°, por exemplo). A intensidade de difração dos raios emitidos, determinada pelos diversos planos cristalinos dos minerais, é representada em um difratograma. As análises são executadas nas frações argila ($\emptyset < 0,002$ mm) e silte (0,002 - 0,05 mm).

4.7 MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA – MEV

O Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) é um equipamento capaz de produzir imagens de alta ampliação (até 300.000 x) e resolução. As imagens fornecidas pelo MEV possuem um caráter virtual, pois o que é visualizado no monitor do aparelho é a transcodificação da energia emitida pelos elétrons, ao contrário da radiação de luz a qual estamos habitualmente acostumados. Desta forma, o propósito desta técnica consiste em identificar os processos pelos quais o grão foi exposto até o momento da coleta.

O princípio de funcionamento do MEV consiste na emissão de feixes de elétrons por um filamento capilar de tungstênio (eletrodo negativo), mediante a aplicação de uma diferença de potencial que pode variar de 0,5 a 30 KV. Essa variação de voltagem permite a variação da aceleração dos elétrons, e também provoca o aquecimento do filamento. A parte positiva em

relação ao filamento do microscópio (eletrodo positivo) atrai fortemente os elétrons gerados, resultando numa aceleração em direção ao eletrodo positivo. A correção do percurso dos feixes é realizada pelas lentes condensadoras que alinham os feixes em direção à abertura da objetiva. A objetiva ajusta o foco dos feixes de elétrons antes dos elétrons atingirem a amostra analisada.

O Microscópio Eletrônico de Varredura utilizado neste trabalho foi o JEOL JSM-6460. A metodologia consiste na proposta pelo Laboratório de Dispositivos e Nanoestruturas – LDN, filiado ao Departamento de Eletrônica da UFPE, dirigido pelo Prof. Dr. Edval J. P. Santos. Esta metodologia embasa-se na preparação da amostra, pois esta não pode ser infectada por nenhum tipo de agente que impossibilite ou interfira em sua visualização. Sendo assim, as amostras foram preparadas em sala limpa, e manuseadas por luvas e palitos. Foram colados 10 grãos da fração 250 μm , em fita de carbono colada em disco de aço, para cada amostra, estas foram revestidas por uma camada ultrafina de carbono, a função do carbono para esta análise consiste em sua característica condutora, que possibilita uma melhor visualização dos grãos.

5. RESULTADOS

Neste capítulo serão abordados os resultados desta pesquisa. Estes serão expostos por área de estudo, primeiramente a ÁREA 1 e na sequência a ÁREA 2, tal estrutura tem o objetivo de melhor explicação e entendimento dos aspectos da evolução paleoambiental nestes pontos.

No município de Água Branca, a sedimentação quaternária encontra-se, em sua maioria, associadas a rampas colúviais, leques aluviais, lagoas de estocagem e plainos aluviais, sendo assim, para o melhor entendimento da evolução paleoambiental das áreas de estudo, determinou-se que as áreas de análise seriam as áreas de maior estocagem de sedimentos. Dessa forma, escolheu-se três depósitos distintos, um leque, um plaino e uma lagoa com sedimentação semelhante às marmitas de dissolução, estes localizados em duas áreas de coleta.

Dito isso, os resultados serão explanados na seguinte ordem: ÁREA 1 – Leque Malaquias e Plaino Malaquias, e ÁREA 2 – Lagoa das Pedras. Tal didática foi escolhida em virtude de possibilitar ao leitor maior atenção à análise de depósitos sedimentares tão distintos.

Dessa forma, as descrições de campo foram pautadas na reprodução das unidades deposicionais e sua classificação, levando em consideração a relação entre a geometria do depósito e suas propriedades sedimentológicas.

Os espaçamentos entre os pontos de coleta foram definidos em campo, de acordo com os aspectos estratigráficos, a fim de proporcionar uma melhor cronologia dos eventos deposicionais e as respectivas caracterizações dos sedimentos.

ÁREA 1 – LEQUE MALAQUIAS (LM) E PLAINO MALAQUIAS (PM)

A ÁREA 1, como já explanado parcialmente no capítulo acerca dos métodos, encontra-se no maciço de Água Branca, na propriedade de nome Malaquias, à 520m de altitude, caracterizando-se em virtude do relevo da região, em um pequeno Brejo de altitude. Esta área foi escolhida por apresentar duas feições importantes da sedimentação local, um leque aluvial e um plaino (Figura 19). Estas feições se apresentam na propriedade Malaquias na forma de confluência entre dois leques, que foram cortados pela drenagem intermitente de caráter retilíneo, formando um plaino, com presença de antigas barras fluviais longitudinais. A partir da pedogênese semiárida, estas barras apresentam-se como extensas áreas de Planossolos. Estas características são bastante visíveis em seus perfis topográficos (Figura 20 e 21).

Figura 19 – ÁREA 1: (A) Propriedade Malaquias; (B) ênfase para as áreas de coleta no Leque e Plai.

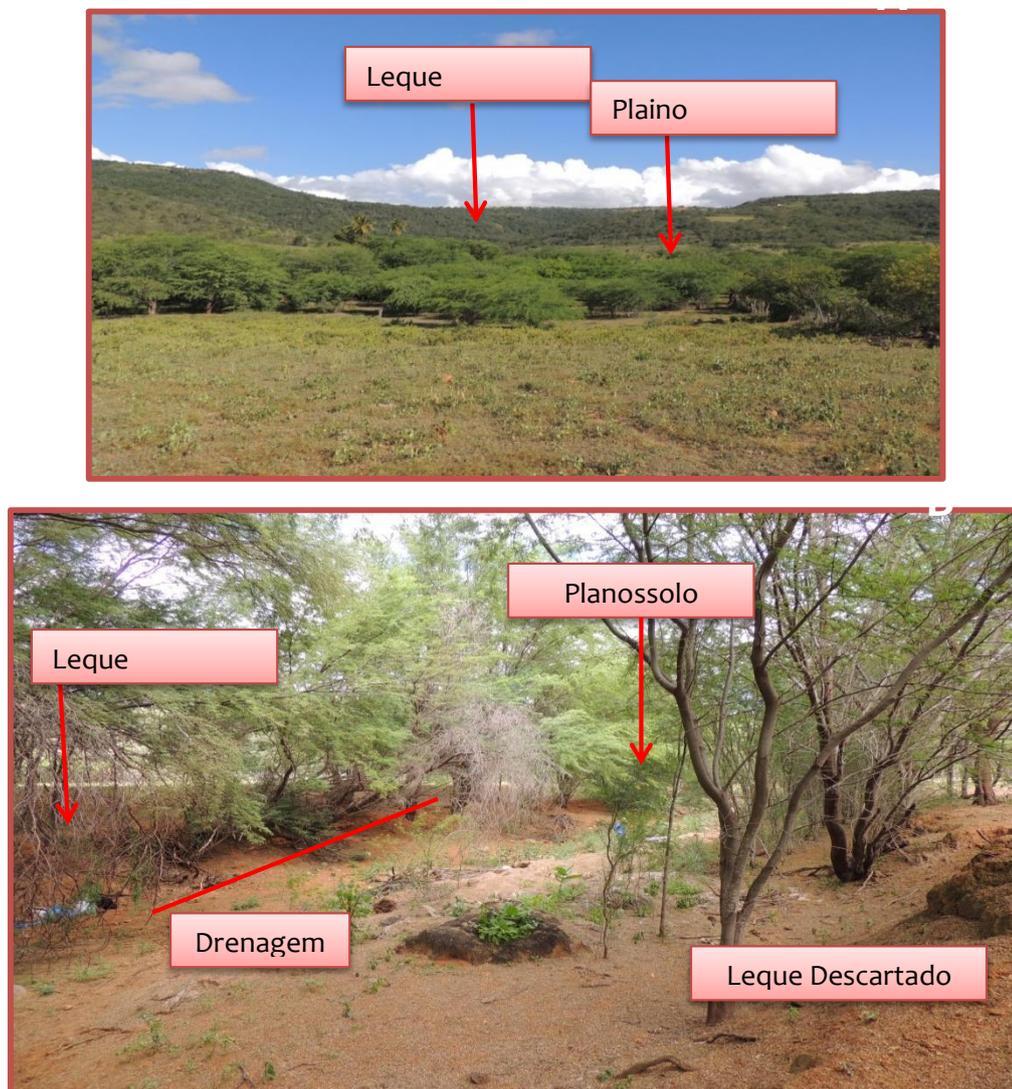


Figura 20 – Perfil Topográfico do Leque Malaquias (LM).

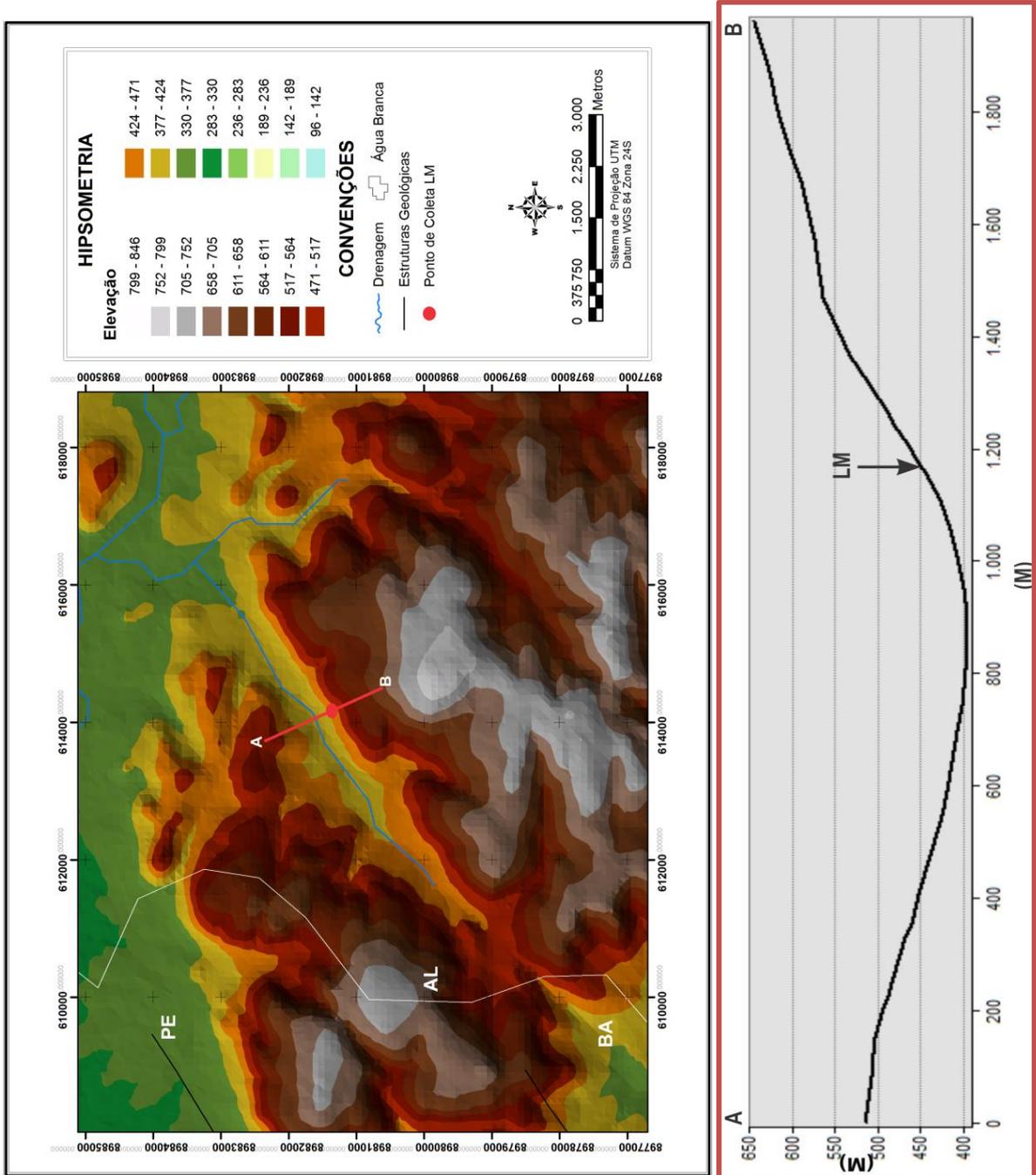
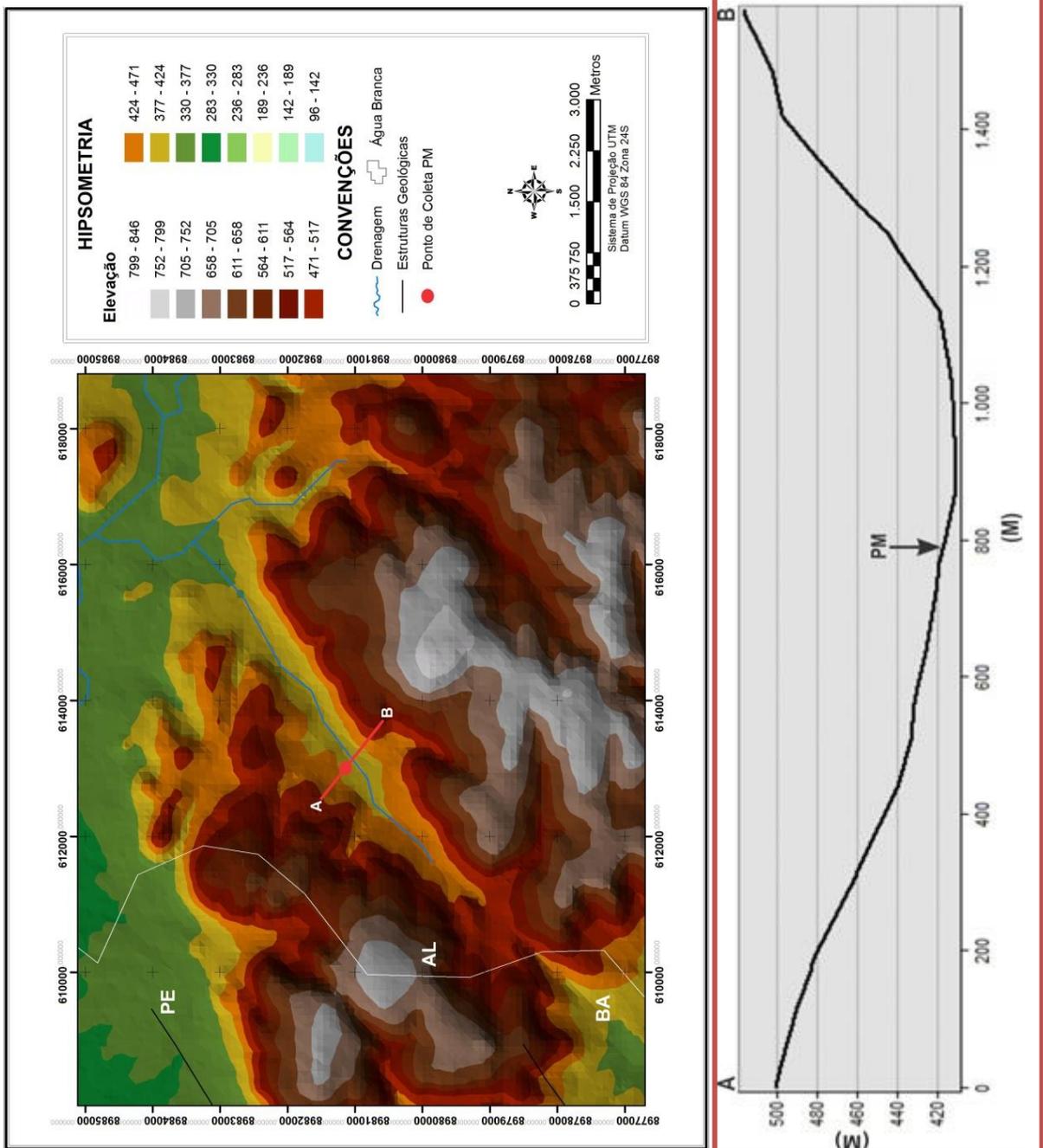


Figura 21 – Perfil Topográfico do Plaiño Malaquias.



LEQUE MALAQUIAS (LM)

O Leque Malaquias apenas pela sua conjuntura de formação já demonstra ser exposto por vários *imputs* de energia, sendo assim, o Leque Malaquias foi escolhido em virtude de seu grande pacote sedimentar, medindo 1,48m com seis unidades estratigráficas distintas e uma *stone-line*, conforme demonstra sua seção vertical (Figura 24).

- **Seção Vertical**

Para análise deste leque foi necessário à abertura de uma trincheira de frente vertical, distando cerca de 2m da drenagem, para uma melhor visualização de sua dinâmica. O sedimento que o preenche apresenta a presença de matriz de lama e areia, contudo, não é visível o embasamento cristalino. A seção vertical aqui exposta está embasada nas análises feitas *in loco*, que será comprovada pelos histogramas das classes granulométricas do Leque Malaquias, plotados adiante.

A unidade basal é composta de areia média, de coloração acinzentada, com grânulos de seixos, com presença de quartzo, feldspatos e poucas goethitas.

A segunda unidade é composta por uma *stone-line*, o que indica a presença de eventos episódicos nesta paisagem. Contudo, diante de seu alto grau de compactação e dureza, não foi possível sua coleta para análises.

A terceira unidade difere-se da basal, pois é composta de sedimento areno-argilos na fração areia fina, de coloração avermelhada, com quase 40% de silte, presença de quartzo, feldspato, goethita e biotita. Nesta unidade há a presença de uma paleoravina preenchida por areia fina, com presença de quartzo, feldspato e biotita.

A quarta unidade é composta por uma lâmina de deposição de areia grossa, com grão bastante arredondados, entretanto, diante de sua expressão no perfil ser de apenas 3cm não foi possível sua coleta para maiores análises.

A quinta unidade é, assim como a paleoravina, preenchida por areia fina, de coloração avermelhada, com presença de quartzo, feldspato e goethita.

A sexta unidade é composta de sedimento areno-argiloso na fração areia média, de coloração avermelhada, com presença de quartzo, feldspato, biotita e goethita.

As amostras para as diversas análises foram coletadas 20cm, 60cm, 85cm, 110cm e 125cm.

Figura 22 – Leque Malaquias com marcação de seu cone, zona de espraiamento e corte promovido pela drenagem.

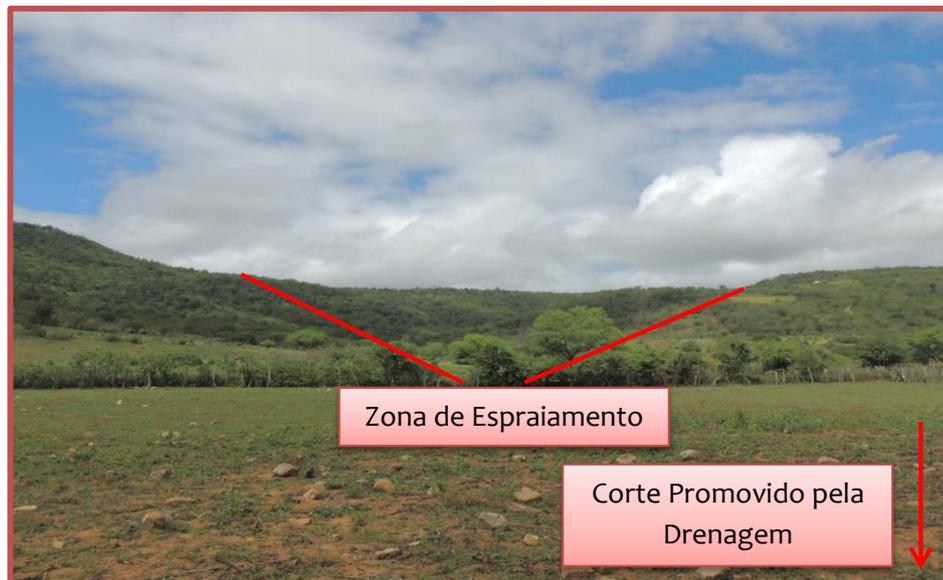
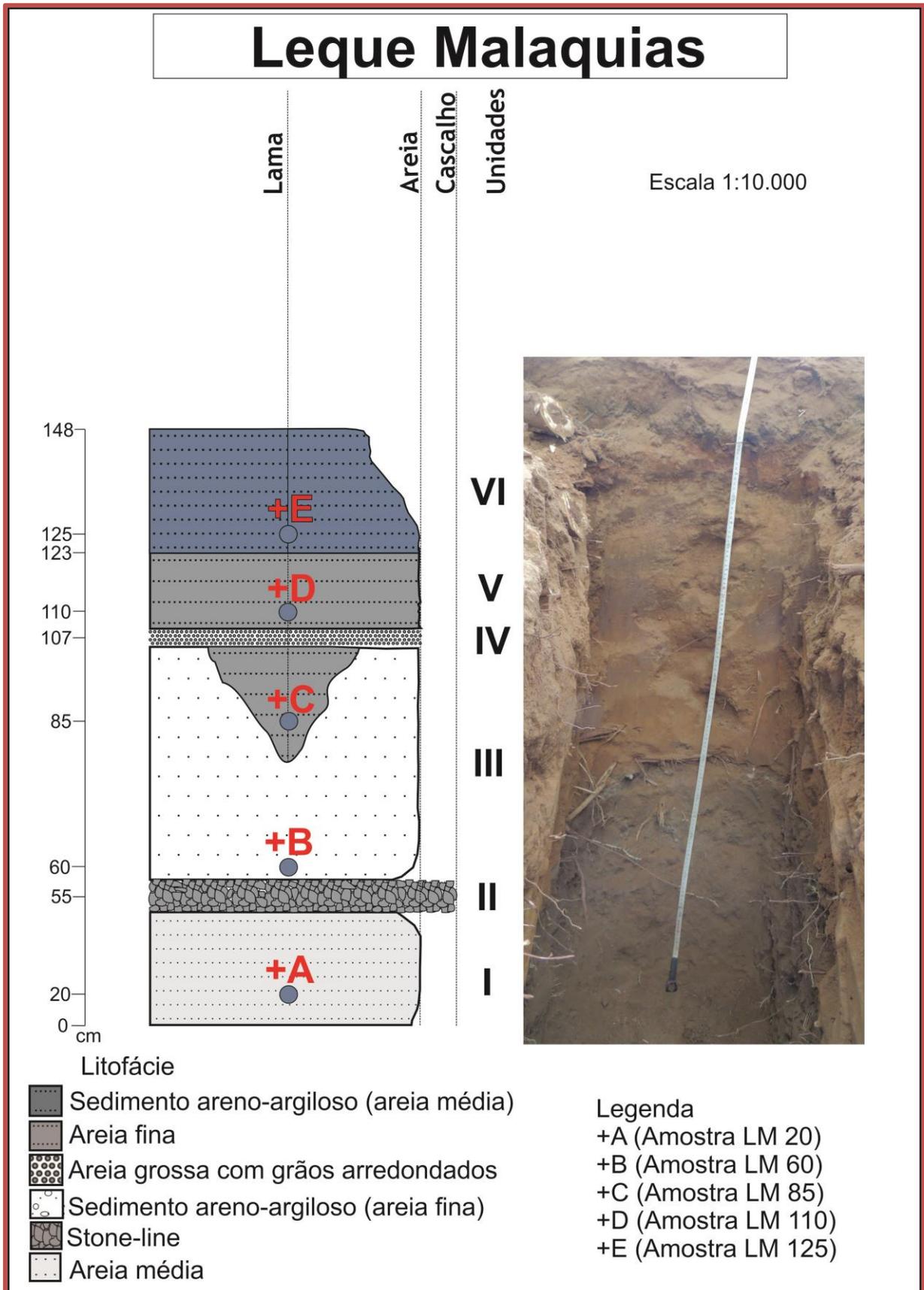


Figura 23 – Trincheira do Leque Malaquias, com marcação da zona de espraiamento e drenagem.

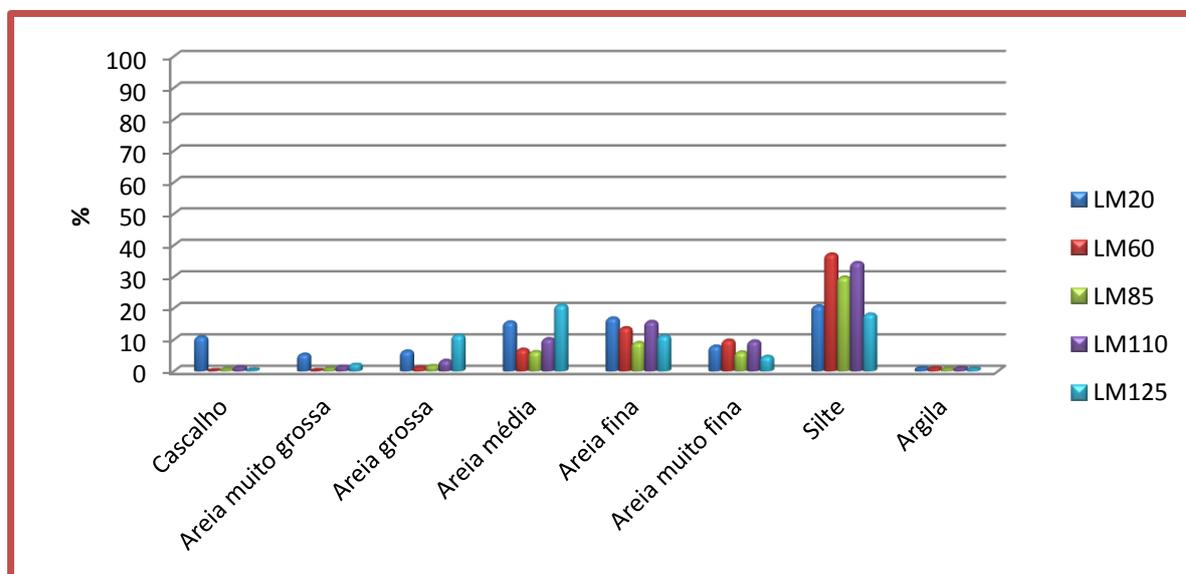


Figura 24 – Seção Vertical do Leque Malaquias (LM).



Afim de validar a seção vertical, foi confeccionado o histograma das classes granulométricas (Figura 25):

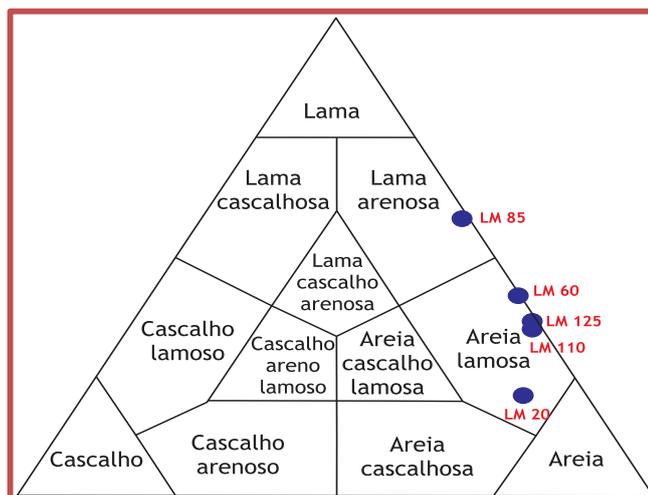
Figura 25 – Histograma das classes granulométricas para os sedimentos do Leque Malaquias (LM).



- **Análises Sedimentológicas por Folk e Ward**

As análises baseadas em Folk e Ward (1957), tem por objetivo caracterizar as unidades deposicionais (Figura 26). No Leque Malaquias suas classes modais para matriz dos sedimentos estudados (frações de areia e silte/argila) refletiram tanto o processo quanto a maturidade dos sedimentos, com o predomínio de classes modais entre areia lamosa e lama arenosa, o que reforça as impressões observadas em campo e plotadas na seção vertical.

Figura 26 – Diagrama Triangular de Folk e Ward para o Leque Malaquias (LM).



- **Morfoscopia**

A análise morfoscópica é largamente utilizada para a determinação do grau de arredondamento, esfericidade e mineralogia dos grãos. Esta análise permite caracterizar qualitativamente e quantitativamente o material, possibilitando a identificação tanto sobre a natureza dos depósitos como do tipo de processo operante.

A análise morfoscópica do Leque Malaquias (Tabela 01) demonstrou uma distribuição bastante heterogênea quanto à forma dos grãos, com pouca ou nenhuma agregação, baixa esfericidade e um predomínio de grãos variando de muito angulosos a arredondados (entre 3% e 6%, apenas nas amostras LM 60 e LM 110).

Os grãos de certa esfericidade demonstram uma característica comum aos leques, estas que consistem em um único evento surgirem deposições oriundas de fluxos menos fluidos, gerando grãos de maior angulosidade, e fluxos mais fluidos, gerando grãos com menor angulosidade.

Tais parâmetros sugerem pouca variação no processo de transporte dos sedimentos, corroborando com a premissa de que os sedimentos que formam esse Leque são de fonte próxima. Desta forma, a morfologia dos grãos deve-se, principalmente, à alteração da rocha-mãe, com pouca alteração morfológica pelo transporte.

É importante ressaltar, que os grãos apresentam abundância de material em diversos estágios de alteração (Figura 27 – 31), com presença de feldspatos frescos, o que sugere um transporte relativamente rápido, com isolamento do material após a deposição.

Quanto aos minerais que compõe os grãos do Leque Malaquíás, foram encontrados basicamente Feldespato, Quartzo, Biotita e Goethita.

Para uma melhor visualização, os resultados foram plotados na tabela 01 a seguir.

Tabela 01 – Análise morfoscópica da fração 0,25 mm do Leque Malaquíás (LM) - Área 1.

Propriedades	LM 20	LM 60	LM 85
Distribuição por tamanho	Heterogêneo	Heterogêneo	Heterogêneo
Agregação	Pouca agregação	Nenhuma	Pouca agregação
Esfericidade	4% Sub-prismoidal 38% Esférico 58% Sub-discoidal	11% Sub-prismoidal 75% Sub-discoidal 14% Discoidal	2% Sub-prismoidal 80% Sub-discoidal 18% Discoidal
Arredondamento	36% Muito Angular 25% Angular 39% Sub-angular	7% Muito angular 33% Angular 57% Sub-angular 3% Arredondado	14% Muito angular 18% Angular 68% Sub-angular
Textura Superficial	51% Sacaroidal 49% Fosco	57% Sacaroidal 43% Fosco	64% Sacaroidal 36% Fosco
Opacidade	95% Opacos 5% Transparentes	56% Opacos 62% Transparentes	46% Opacos 54% Transparentes
Minerais	Quartzo, feldspato, goethita	Quartzo, feldspato, biotita, goethita	Quartzo, feldspato, biotita

Propriedades	LM 110	LM 125
Distribuição por tamanho	Heterogêneo	Heterogêneo
Agregação	Nenhuma	Nenhuma
Esfericidade	12% Sub-prismoidal 10% Esférico 52% Sub-discoidal 26% Discoidal	2% Sub-prismoidal 83% Sub-discoidal 15% Discoidal
Arredondamento	16% Muito Angular 10% Angular 68% Sub-angular 6% Arredondado	26% Muito angular 26% Angular 48% Sub-angular
Textura Superficial	57% Sacaroidal 43% Fosco	55% Sacaroidal 45% Fosco
Opacidade	54% Opacos 46% Transparentes	52% Opacos 48% Transparentes
Minerais	Quartzo, feldspato, goethita	Quartzo, feldspato, biotita, goethita

Figura 27 – Amostra LM 20.



Figura 28 – Amostra LM 60.



Figura 29 – Amostra LM 85.



Figura 30 – Amostra LM 110.



Figura 31 – Amostra LM 125.



- **Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose**

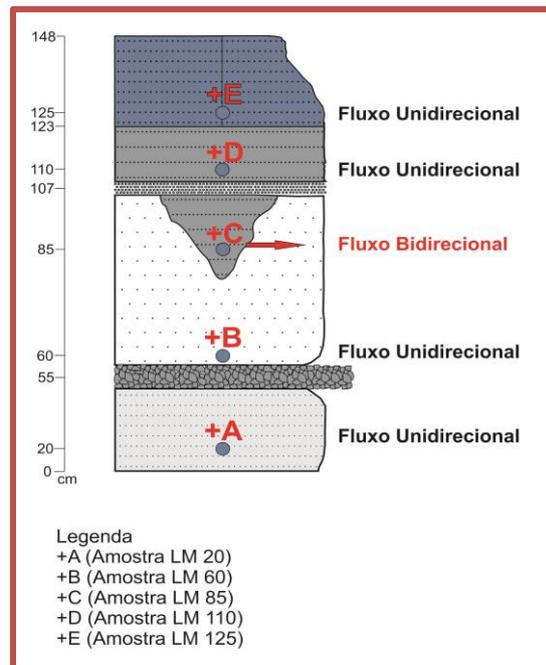
A avaliação da dispersão granulométrica segundo Folk e Ward (1957) para a matriz (frações de areia e silte/argila) do Leque Malaquias indicam que os sedimentos são muito pobremente selecionados (Tabela 02). Camargo Filho e Bigarella (1998), afirmam que o coeficiente de seleção indica o resultado do processo de sedimentação que atua sobre o material, desta forma, os depósitos com distribuição granulométrica heterogênea tendem a ser pobremente selecionados, conforme ocorre no Leque Malaquias.

Tabela 02 – Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose, para o Leque Malaquias (LM).

Amostras	Seleção	Assimetria	Curtose
LM 20	2,8 – Muito pobremente selecionado	0,1 – Positiva	1,5 – Muito leptocúrtica
LM 60	2,2 – Muito pobremente selecionado	0,3 – Muito positiva	0,5 – Muito platicúrtica
LM 85	2,2 – Muito pobremente selecionado	-0,2 – Negativa	0,6 – Muito platicúrtica
LM 110	2,3 – Muito pobremente selecionado	0,2 – Positiva	0,8 – Platicúrtica
LM 125	2,5 – Muito pobremente selecionado	0,4 – Muito positiva	0,5 – Muito platicúrtica

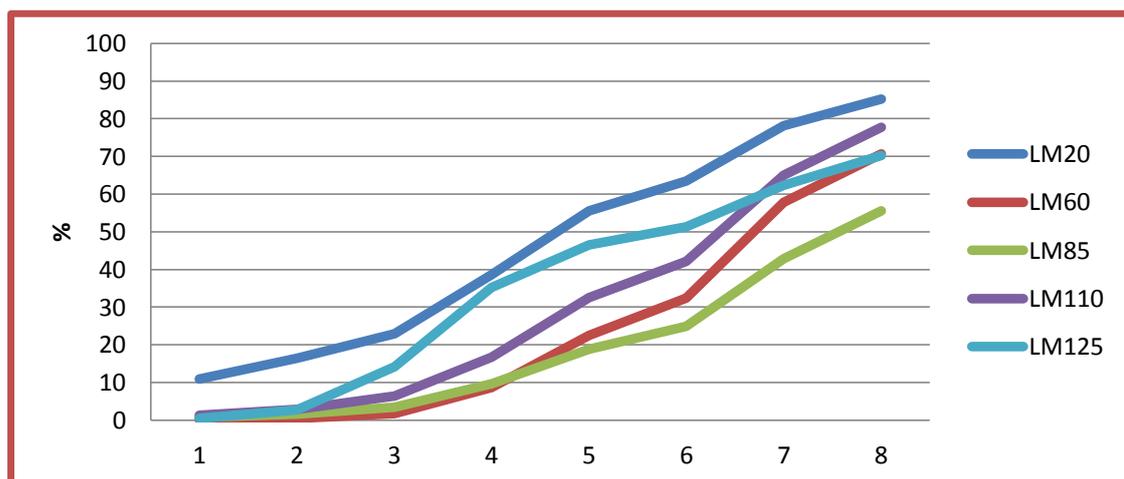
A assimetria fornece indicações sobre a natureza do fluxo transportador de sedimentos, se unidirecional (assimetria positiva) ou bidirecional (assimetria negativa). Os valores de assimetria muito positiva estão relacionados às fácies areno-argilosas, e as muito negativas aquelas argilo-arenosas e argilo-sílticas. Dessa forma, quanto a sua assimetria, o Leque Malaquias demonstrou ter um predomínio de fluxo unidirecional, apenas a unidade LM 85 apresentou fluxo bidirecional (Figura 32). O Leque Malaquias também demonstrou ainda a presença de fácies areno-argilosas nas unidades LM 60 e LM 85, corroborando com as observações feitas em campo e plotadas na seção vertical.

Figura 32 – Perfil demonstrando os fluxos formadores do Leque Malaquias (LM).



A curtose gráfica reflete o grau de achatamento da distribuição granulométrica em comparação com a curva de distribuição normal – curva em sino. Segundo MacManus (1988), curvas muito achatadas de sedimentos pobremente selecionados ou aqueles de distribuição polimodais são platicúrticas, enquanto que as curvas de amostras extremamente bem selecionadas nos setores centrais da distribuição são leptocúrticas. No caso das amostras em questão, a curtose reflete a ocorrência de amostras pobremente selecionadas, com predomínio de distribuições variando de muito platicúrticas a muito leptocúrtica. Conforme demonstram suas curvas cumulativas (Figura 33).

Figura 33 - Curva Cumulativa para os sedimentos do Leque Malaquias (LM).



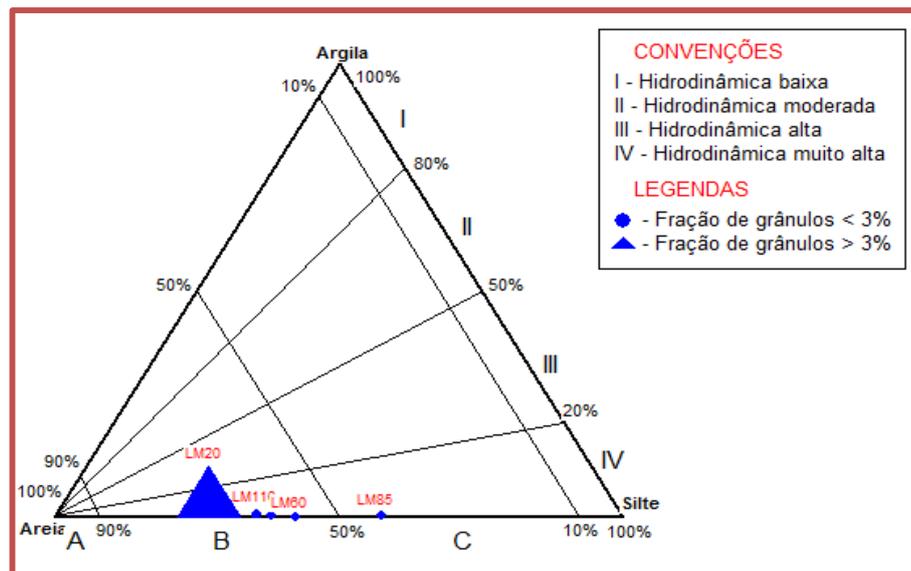
Diante do exposto, as amostras do Leque Malaquias, indicam serem sedimentos muito pobremente selecionados, heterogêneos, corroborando com os resultados já explanados.

- **Hidrodinâmica – Diagrama de Pejrup**

O diagrama de Pejrup (1988) tem por objetivo demonstrar a hidrodinâmica a que os sedimentos foram submetidos até serem colmatados.

Desta forma, observando o Diagrama de Pejrup para o Leque Malaquias (Figura 34) é possível observar que as amostras LM 60, LM 85, LM 110, e LM 125, foram expostas a hidrodinâmicas muito altas, com fração de grânulos < 3% (sedimentos mais finos), demonstrando serem sedimentos mais finos. Entretanto, a amostra LM 20 foi exposta a uma hidrodinâmica alta, com fração de grânulos > 3% (sedimentos mais grossos). Estes dados demonstram que o sedimentos colmatados no Leque Malaquias foram submetidos a um transporte de alta energia, comum em eventos de alta intensidade e baixa recorrência, desta forma, tais dados corroboram os resultados obtidos através da análise da curtose em relação à direção do fluxo.

Figura 34 – Diagrama de Pejrup dos sedimentos do Leque Malaquias (LM).



- **Análise Micromorfológica dos Solos**

Para uma melhor visualização dos componentes encontrados no Leque Malaquias, a análise acerca das lâminas de solo serão expostas seguindo a ordem da deposição no perfil, dessa forma, serão analisadas as amostras LM 20, LM 60, LM 110 e LM 125, respectivamente. Lembrando que a amostra LM 85 não foi possível ser coletada.

LM 20

Esta amostra é constituída pelos minerais de Feldspato predominantemente Plagioclásio (Pl) e Microclina(mi), com presença de Quartzo(Q), Biotita(bi) e Clorita(Cl), envolvidos por uma matriz argilosa e nódulos de ferro (ambiente oxiredutor).

A granulometria é geométricamente variada, com predomínio de forma angular a sub-angular, evidenciando um transporte gravitacional por fluxo de lama, apresentando coloração esverdeada da matriz argilosa. Esta coloração ocorre devido a alteração da biotita (processo de cloritização) formando os cristais de clorita lamelar.

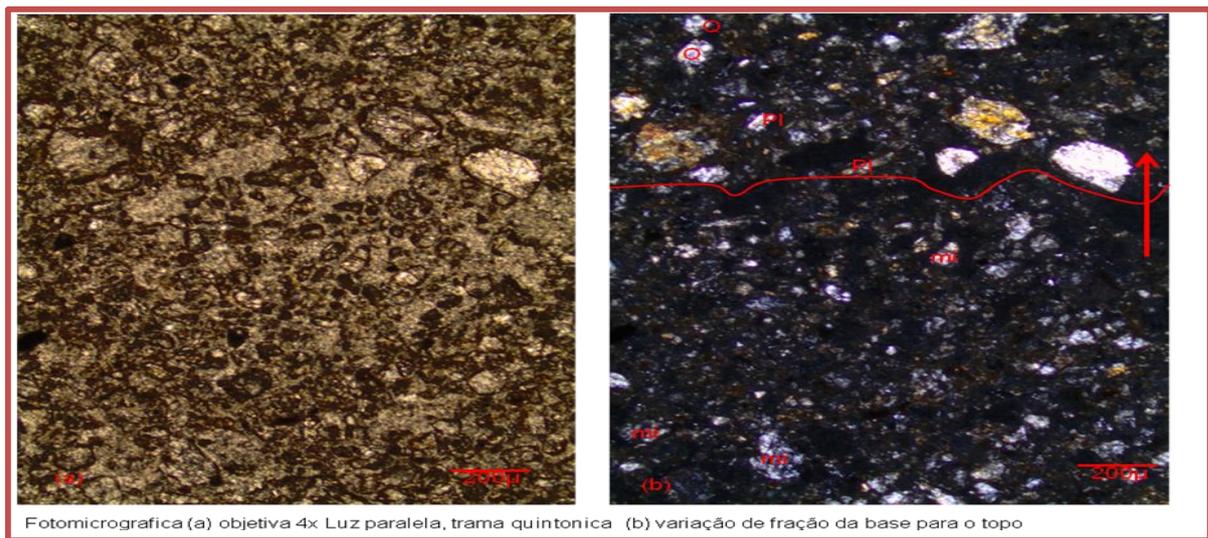
O processo de cloritização consiste na eliminação do ferro pela mica, em sua estrutura. Primeiramente o ferro é eliminado e logo após o alumínio. Este processo é de extrema importância, pois, sua ocorrência está atrelada a presença de água no ambiente. Tal processo é perceptível através da coloração, pois com a saída do ferro e na sequência do alumínio, a amostra adquire uma tonalidade esverdeada.

Na assembleia mineral presente observa-se um predomínio do Feldspato, com Plagioclásio (20 a 25%), microclina (5 a 10%), Quartzo (10 a 15%) e biotita.

As características micromorfológicas desta litologia apresentam um grau de seleção moderada, nas dimensões de argila <2 μm (se aproximando do silte), com domínio de grão de feldspato e quartzo na fração areia média a grossa. Há Fraca variabilidade entre os grãos, estes que se definem por um arranjo dimensional da classe placóide (em placas), angular a subangular e uma esfericidade subalongada, em superfície de rugosidade ondulada em trama quitônica (grãos envolvidos com filme de argila), com agregado cristalino parcialmente acomodado em matriz de dimensões silte.

Esta amostra apresenta uma variação granodecrescente ascendente (Figura 35) da base para o topo, o que nos leva a observar que ocorreu uma transição no ambiente de sedimentação de baixa energia de transporte para alta energia, esta afirmação se valida pela presença da stone-line na unidade acima da amostra. Diante de tal variação é possível estimar a presença de fluxo de lama.

Figura 35 – Lâmina da amostra LM 20.



LM 60

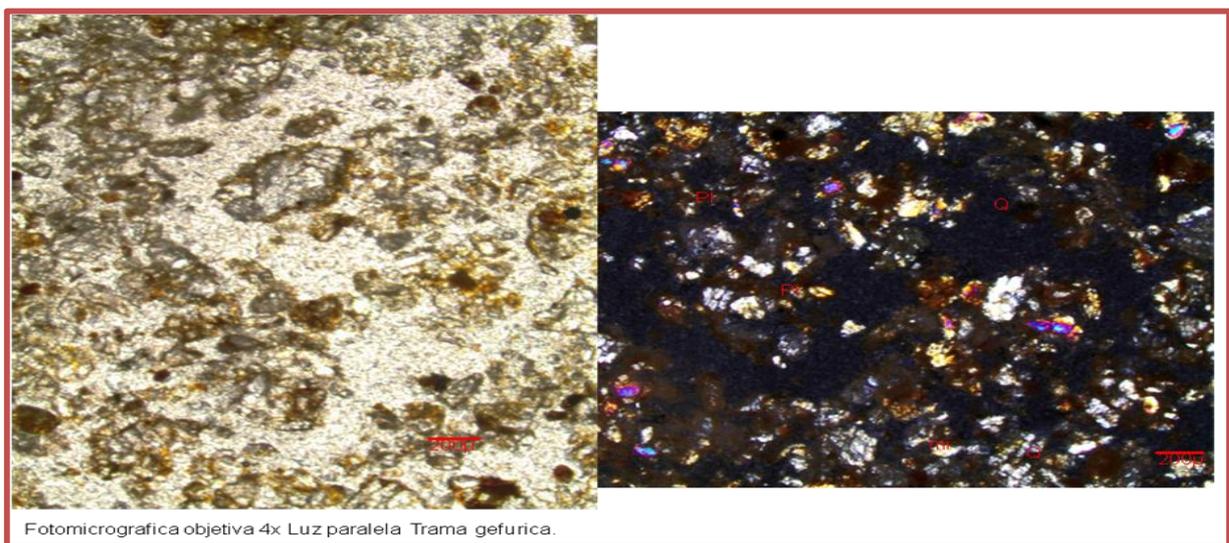
Esta amostra é constituída pelos minerais de Feldspato predominantemente Plagioclásio (PI) e Microclina(mi), com presença de Quartzo(Q), Biotita(bi) e Clorita(CI), envolvidos por uma matriz argilosa e nódulos de ferro (ambiente oxiredutor).

A geometria da granulometria é variada, com predomínio de forma angular à subangular, evidenciando um transporte gravitacional ou por fluxo de lama. Apresenta coloração esverdeada da matriz argilosa devido à alteração da biotita por processo de cloritização (indicando água no ambiente), e formando os cristais de clorita lamelar (em mechas).

As características micromorfológicas desta litologia apresenta um grau de seleção moderada, nas dimensões de argila <math>< 2 \mu\text{m}</math> (se aproximando do silte), com domínio de grão de

feldspato e quartzo, na fração areia média. Com fraca variabilidade entre os grãos, estes que se definem por um arranjo dimensional da classe placóide, visível através de uma linha de micas, angulares a subangulares com esfericidade subalongada, em superfície de rugosidade ondulada em trama gefúrica (cristais sem filme de argila) (Figura 36), com presença de agregado cristalino parcialmente ligado em matriz de dimensões silte.

Figura 36 – Lâmina da amostra LM 60.



LM 110

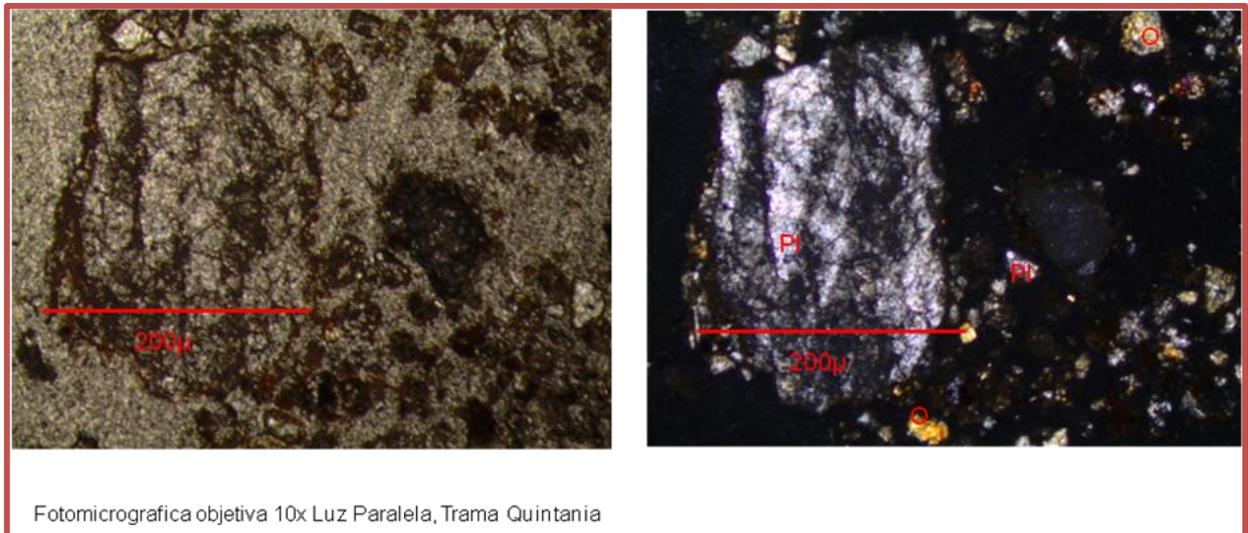
Esta amostra é constituída pelos minerais de Feldspato predominantemente Plagioclásio (Pl) e Microclina (mi), com presença de Quartzo (Q) e Biotita (bi), envolvidos por uma matriz argilosa.

A geometria da granulometria é variada, com grãos de forma angular à subangular, evidenciando um transporte por gravidade ou por fluxo de lama. Apresenta matriz argilosa de coloração avermelhada devido à presença de óxido de ferro, indicando um ambiente oxiredutor.

Suas características micromorfológicas apresentam um grau de seleção moderada, nas dimensões de argila $<2 \mu\text{m}$ (se aproximando do silte), com domínio de grão de feldspato e quartzo, na fração areia média, com fraca variabilidade entre os grãos, estes que se definem por um arranjo dimensional da classe placóide (em placas), variando entre angular a

subangular, com uma esfericidade subalongada, em superfície de rugosidade ondulada em trama quitônica (presença de filme de argila) (Figura 37), e matriz de fração silte.

Figura 37 – Lâmina da amostra LM110.



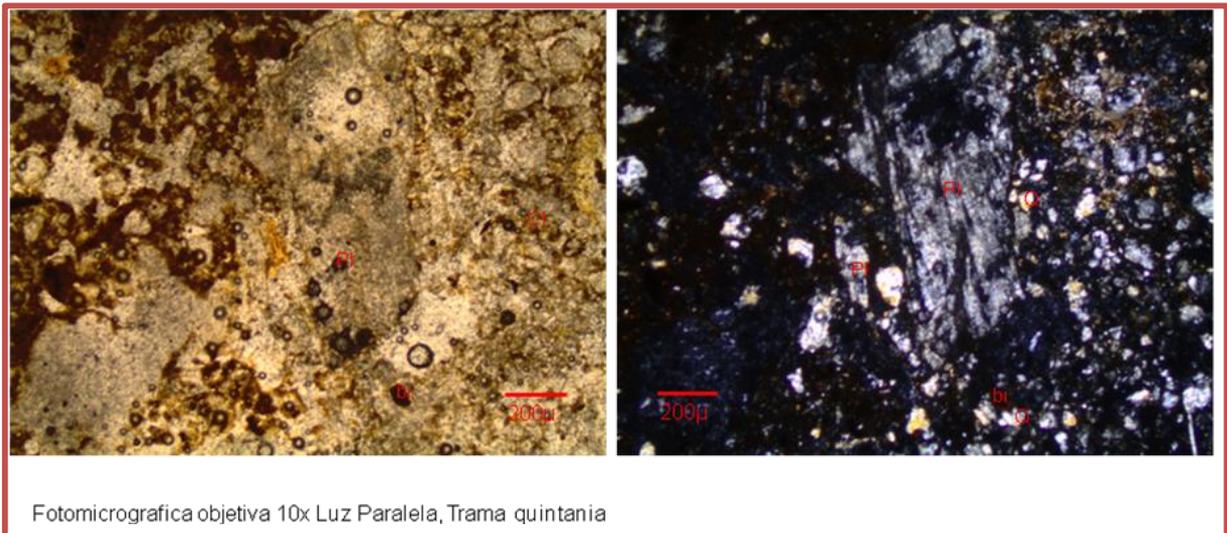
LM 125

Esta amostra é constituída pelos minerais de Feldspato predominantemente Plagioclásio (Pl) e Microclina(mi), com presença de Quartzo(Q), Biotita (bi) e Clorita(Cl), envolvidos por uma matriz argilosa (Figura 38).

A geometria da granulometria é variada entre angular e subangular, evidenciando um transporte por gravidade ou por fluxo de lama. Apresenta coloração esverdeada de matriz argilosa devido à alteração da biotita por processo de cloritização (indicando água no ambiente), formando os cristais de clorita lamelar.

As características micromorfológicas desta litologia apresentam um grau de seleção moderada, nas dimensões de argila $< 2 \mu\text{m}$ (se aproximando do silte), com domínio de grão de feldspato e quartzo, na fração areia média, com fraca variabilidade entre os grãos que se definem por um arranjo dimensional da classe placoide (em placas), entre angular e subangular e uma esfericidade subalongada. Apresenta superfície de rugosidade ondulada em trama quitônica (filme de argila ao redor dos grãos), e matriz de fração silte.

Figura 38 – Lâmina da amostra LM 125.



- **Análise Micromorfológica de Grãos por Microscopia Eletrônica de Varredura – MEV**

A análise realizada através do Microscópio Eletrônico de Varredura – MEV, teve por base a visualização de grãos da fração 250 μm de cada amostra, escolhidos aleatoriamente, a fim de observar suas características de feições superficiais, tais como: Feições Mecânicas, Feições Morfológicas e Feições Químicas.

A escolha da fração granulométrica 250 μm , não foi aleatória, pois esta representa o ponto de ruptura entre o predomínio do transporte por suspensão e por tração. O transporte por suspensão apresenta um predomínio de intemperismo químico, enquanto o transporte por tração apresenta suas superfícies muito influenciadas pela abrasão. Goudie e Bull (1984), identificaram a abrasão das arestas como a principal evidência para a ocorrência de transporte a curta distância da área fonte, típico de depósitos de encosta, com predomínio da erosão em lençol como processo erosivo dominante.

A metodologia aplicada embasou-se em Goudie e Bull (1984) e Trewin (1995). Esta análise teve como preocupação básica o diagnóstico de feições de transporte sobre impostas as feições primárias e de intemperismo químico. O critério de análise utilizado é de caráter visual e, portanto, sujeito a um grau de subjetividade inerente à própria técnica.

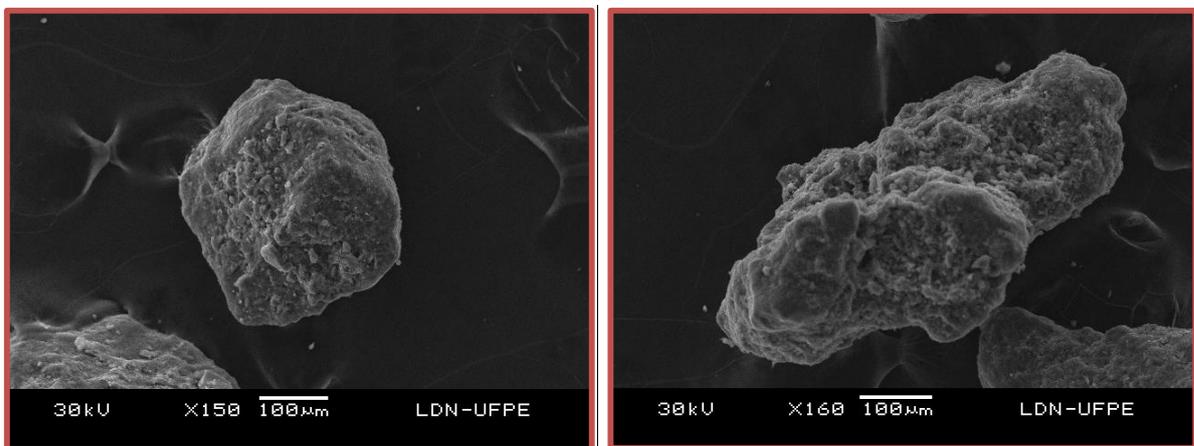
Dessa forma, os grãos serão analisados pela sua conjuntura total, na sequência do perfil, sendo ilustrada as feições de maior importância, buscando apenas uma idéia generalista das possíveis alterações mecânicas e químicas das feições superficiais.

LM 20

Os grãos da amostra LM 20 (Figura 39) demonstraram relevo médio, abrasão em suas arestas, dissolução acentuada, escamação, variando entre sub-angulosos à sub-arredondados.

Esta amostra apresentou grãos com dissoluções instaladas após o transporte, indicando pedogênese ativa no perfil. Também apresentou variação morfológica, indicando proximidade com a área fonte.

Figura 39 – Grãos da amostra LM 20, sub-arredondado e subanguloso, respectivamente.

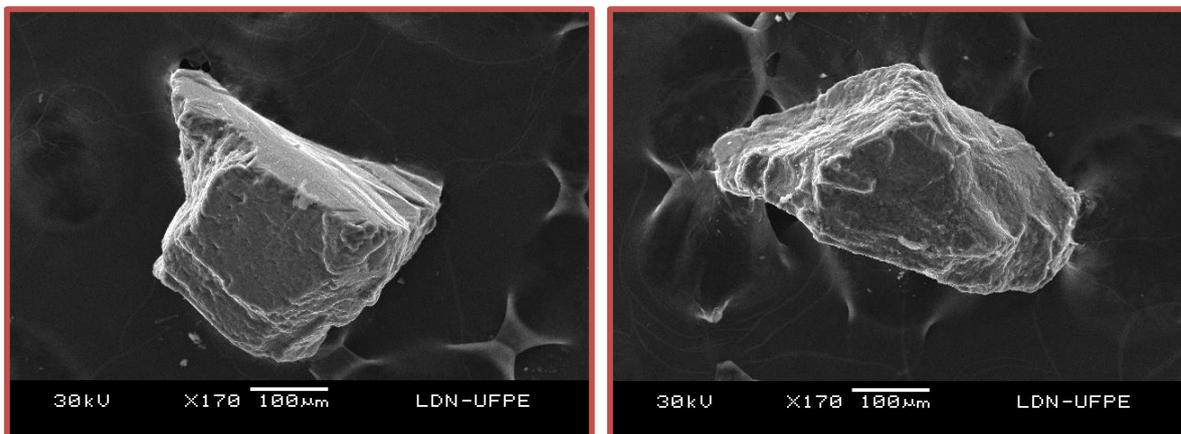


LM 60

A amostra LM 60 (Figura 40) apresenta dois grupos distintos de grãos, o primeiro com pouquíssima abrasão e arestas vivas, e o segundo com a presença de abrasão, demonstrando um certo grau de arredondamento. Contudo, apresentou características semelhantes, como o relevo médio, a presença de dissolução, escamação, fraturas conchoidais e variação entre angular à sub-angular.

Esta amostra demonstrou, assim como a LM 20, dissolução imposta após o transporte e variação morfológica, indicando pedogênese e fonte próxima, respectivamente.

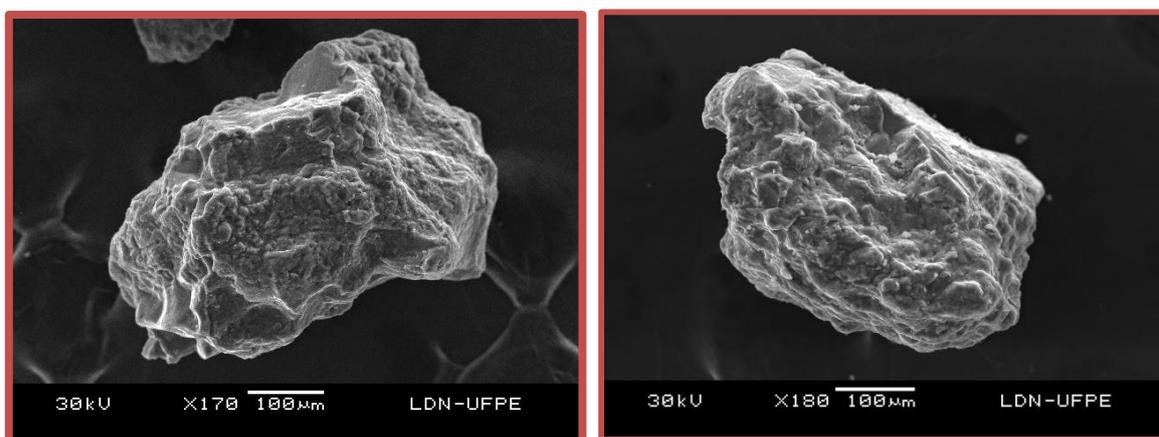
Figura 40 – Grãos da amostra LM 60 demonstrando os dois grupos distintos encontrados na amostra, à esquerda, grão pertencente ao grupo 1, com pouquíssima abrasão e arestas vivas; à direita, grão pertencente ao grupo 2, com presença de abrasão, com certo grau de arredondamento.



LM 85 PALEORAVINA

Os grãos da amostra LM 85 (Figura 41) demonstram abrasão, com a presença de escamação e dissolução, tendo esta se instalando após a sedimentação, são sub-arredondados e de relevo médio. Suas arestas mais angulosas demonstram serem oriundos de área proximal. A dissolução como já foi dito, consiste na indicação de pedogênese ativa no perfil, assim como a presença de água no mesmo.

Figura 41 – Grãos da amostra LM 85 com presença de dissolução, o segundo grão apresenta fratura conchoidal, típica de quartzo.



LM 110

A amostra LM 110 (Figura 42 e 43) apresentou abrasão, fraturas conchoidais, degraus retos, variando entre subanguloso e anguloso, com relevo entre baixo e médio, com presença de dissolução.

Esta amostra continua apresentando as características de instalação da dissolução após o transporte, indicando que o Leque Malaquias passou por processos de reumidificações recorrentes. Também apresentou alta angulosidade, corroborando para a afirmação de fonte proximal.

Figura 42 – Grão da amostra LM 110, à esquerda demonstrando estrutura de dissolução após polimento, demonstrando influência hídrica, e comprovando a reumidificação recorrente; à direita apresentando feições de dissolução após transporte, truncando as estruturas, preparação prévia do manto de regolito.

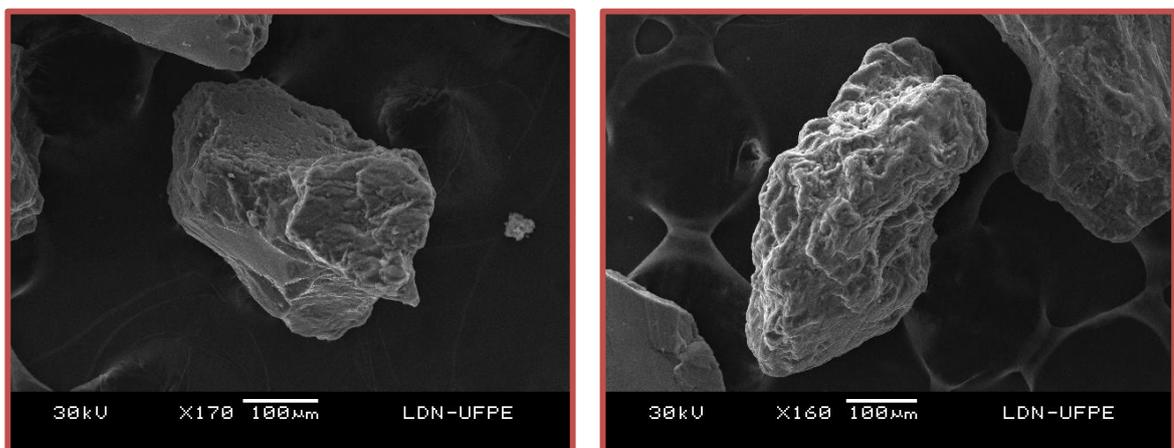
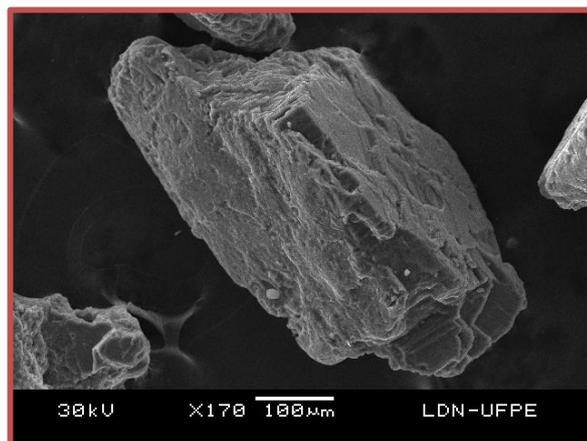


Figura 43 – Grão da amostra LM 110 truncando estruturas de dissolução e corrosão, demonstrando um ambiente de remoção de sílica.



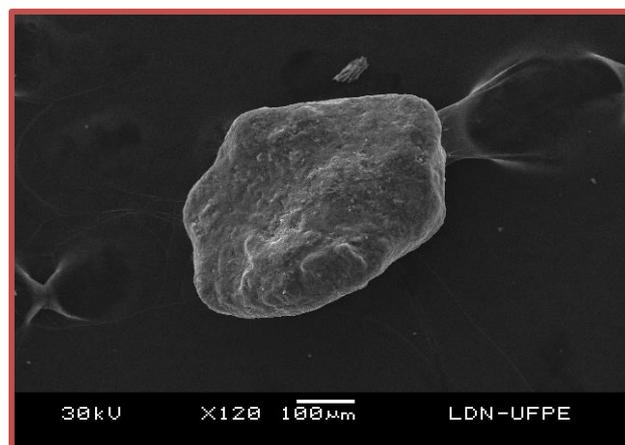
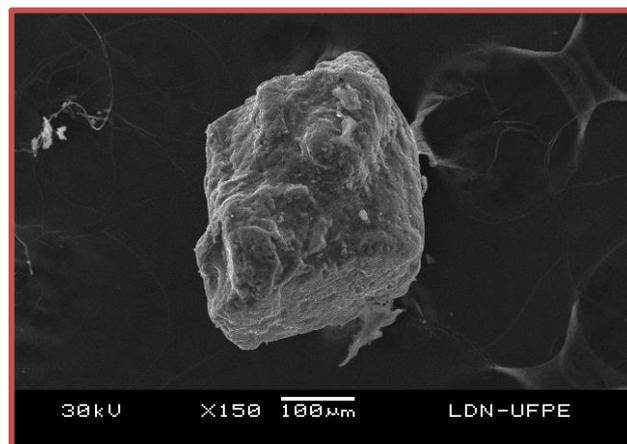
LM 125

Os grãos da amostra LM 125 (Figura 44) demonstram abrasão em suas arestas, variando de sub-angulosos a arredondados, demonstrando presença de dissolução e escamação, com relevo baixo.

Nesta amostra surge mais uma vez as características já explanadas, como a dissolução e a alta angulosidade, indicando pedogênese ativa e área fonte próxima.

É importante destacar nesse perfil a visualização do transporte em leques, pois sua variação de graus de angulosidade demonstram a influência de fluxos viscosos e laminares.

Figura 44 – Grão da amostra LM 125, à esquerda apresentando estrutura tendendo a esfera; à direita bem arredondado com pouca dissolução.



Para uma melhor explanação dos resultados encontrados, os resultados foram agrupados em tabelas de percentagem (Tabela 03), nestas foram definidas 32 categorias de feições superficiais, a partir daquelas propostas por Goudie e Bull (1984) e Trewin (1995). Estas foram agrupadas em características mecânicas, morfológicas e químicas, expressas a seguir:

FEIÇÕES MECÂNICAS

1. Rachaduras
2. Abrasão das arestas
3. Brocos fraturados ($< 10 \mu$)
4. Brocos fraturados ($> 10 \mu$)
5. Fraturas conchoidais ($< 10 \mu$)
6. Fraturas conchoidais ($> 10 \mu$)
7. Degraus retos
8. Degraus arcuados
9. Estrias paralelas
10. Endentações imbricadas
11. Placas fraturadas
12. Cristas meandranes
13. Ranhuras retilíneas
14. Ranhuras curvas
15. Cavidades mecânicas em "V"
16. Concavidades discoidais

FEIÇÕES MORFOLÓGICAS

17. Arredondado
18. Sub-arredondado
19. Sub-anguloso
20. Anguloso
21. Baixo relevo
22. Médio relevo
23. Alto relevo

FEIÇÕES DE ORIGEM QUÍMICA

24. Cavidades de dissolução orientadas
25. Anastomose
26. Superfície fosca
27. Cavidades de dissolução
28. Fraturas de dissolução
29. Escamação
30. Carapaça
31. Cavidade amorfa
32. Sílica euhedral

Tabela 03 – Perfil Leque Malaquias

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
LM 20		Abundante (>75%)																Comum (25 – 75%)	Esparço (5 – 25%)			Abundante (>75%)				Abundante (>75%)						
LM 60		Abundante (>75%)			Raro (< 5%)														Comum (25 – 75%)	Esparço (5 – 25%)	Raro (< 5%)	Abundante (>75%)	Raro (< 5%)			Abundante (>75%)	Raro (< 5%)	Comum (25 – 75%)				
LM 85		Abundante (>75%)			Raro (< 5%)														Esparço (5 – 25%)	Comum (25 – 75%)		Abundante (>75%)	Esparço (5 – 25%)			Abundante (>75%)	Esparço (5 – 25%)	Comum (25 – 75%)				
LM110		Abundante (>75%)			Raro (< 5%)		Raro (< 5%)														Esparço (5 – 25%)	Comum (25 – 75%)				Comum (25 – 75%)	Esparço (5 – 25%)	Esparço (5 – 25%)				
LM125		Abundante (>75%)															Raro (< 5%)	Raro (< 5%)	Comum (25 – 75%)			Abundante (>75%)	Raro (< 5%)			Abundante (>75%)		Raro (< 5%)				

Legenda:

Abundante (>75%)	Comum (25 – 75%)	Esparço (5 – 25%)	Raro (< 5%)	Ausente
------------------	------------------	-------------------	-------------	---------

- **Difratometria de Raio – X**

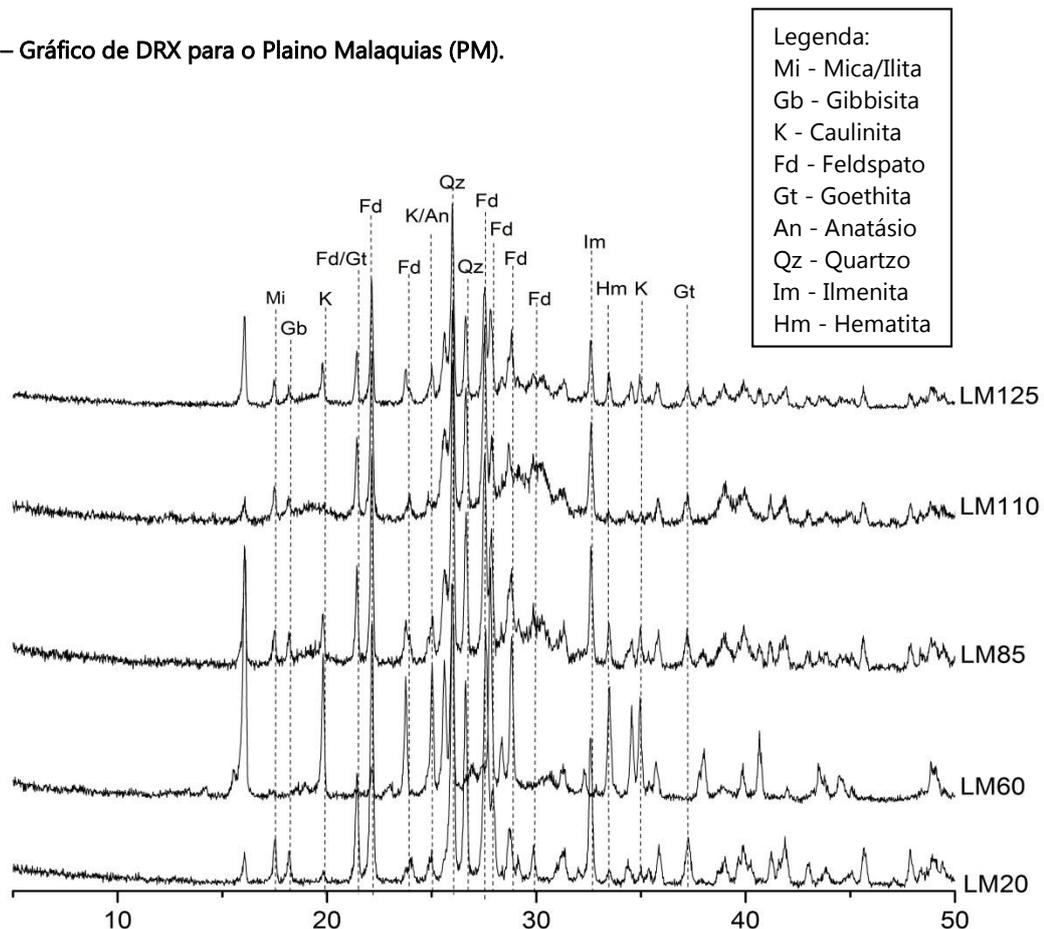
A Difratometria de Raio-X para argila é largamente utilizada para a identificação de minerais (argilominerais) em depósitos sedimentares, principalmente na caracterização de paleoambientes, pois a partir de minerais específicos é possível estimar se a área de análise perpassou por momentos de clima seco ou clima úmido.

Os minerais que indicam estas mudanças climáticas consistem normalmente na Caulinita, que indica clima úmido, e na Esmeclita que indica clima seco.

Conforme demonstrando nos histogramas, os sedimentos analisados do Leque Malaquias tem grande percentagem de silte, este que foi responsável por influenciar os resultados da Difratometria de Raio-X, desta forma, nos gráfico onde tem Feldspato, leia-se Esmeclita (montmorilonita).

Para uma melhor visualização dos gráficos de DRX, estes foram montados na ordem do perfil (Figura 45).

Figura 45 – Gráfico de DRX para o Plano Malaquias (PM).



Para a classificação de Duchaufour (1982), é possível distinguir no gráfico do Leque Malaquias o domínio fersialítico, com grandes picos de esmectitas (Fd) com presença de ilitas (Mi), apresentando ocorrência secundária de caulinita (K) e goethita (Gt). Esta conjuntura indica o paleobioclima semiárido.

Entretanto, analisando os picos de caulinita (K), é possível observar que estes são quase inexpressivos nas unidades LM 20 e LM 110, o que indica que estas unidades quase não passaram por momentos úmidos. Nas unidades LM 85 e LM 125, os picos de caulinita (K), são um pouco mais expressivos. Contudo, a unidade LM 60 demonstra que a mesma sofreu forte influência de clima mais úmido após a sua deposição.

A ocorrência de ilita nas duas unidades, possivelmente reflete o intemperismo inicial dos feldspatos (microclina).

PLAINO MALAQUIAS (PM)

O Plaino Malaquias foi escolhido como área de coleta em virtude de ser oriundo de uma antiga barra de meio de canal (longitudinais), que ao sofrer influência da pedogênese característica do clima semiárido, transformou-se em Planossolo (Figura 46 e 47).

- **Seção Vertical**

A análise da seção vertical (Figura 48) do Plaino Malaquias foi possível diante da retirada de um bloco para limpeza do perfil, tendo em vista as características dos Planossolos expostos a drenagens intermitentes (alta rigidez). Este ponto de coleta possui duas unidades estratigráficas, com a presença de matriz lama, areia e cascalho. Tal feição mede cerca de 70cm da base para o topo, e apresenta visivelmente o contato com o embasamento cristalino.

A unidade basal é composta de areia muito grossa, de coloração avermelhada, com a presença de grânulos, o que se é esperado em Planossolos presentes de regiões semiáridas. Há nesta unidade a presença de quartzo, feldspato e biotita.

A segunda unidade é composta de cascalho de coloração avermelhada. Esta unidade também apresenta os minerais, quartzo, feldspato e biotita.

Amostras para diversas análises foram coletadas à 10cm e 40cm da base ao topo.

Figura 46 – Plaino Malaquias com marcação do ponto de coleta.



Figura 47 – Plauto Malaquias, com zoom na área de coleta.

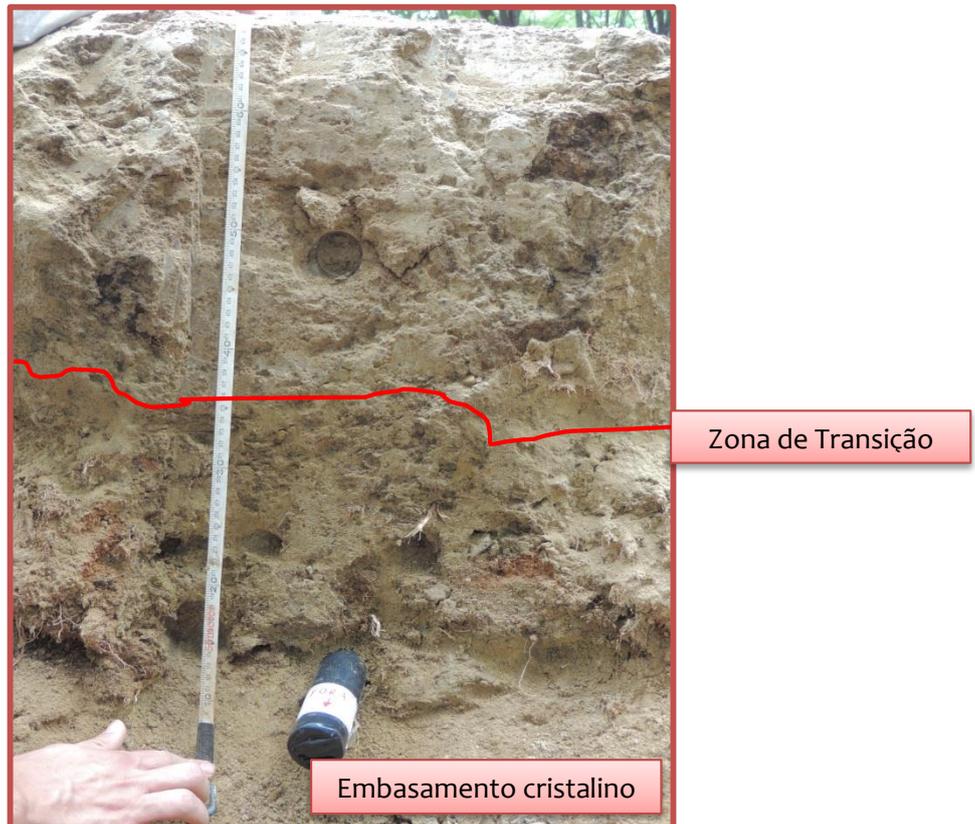
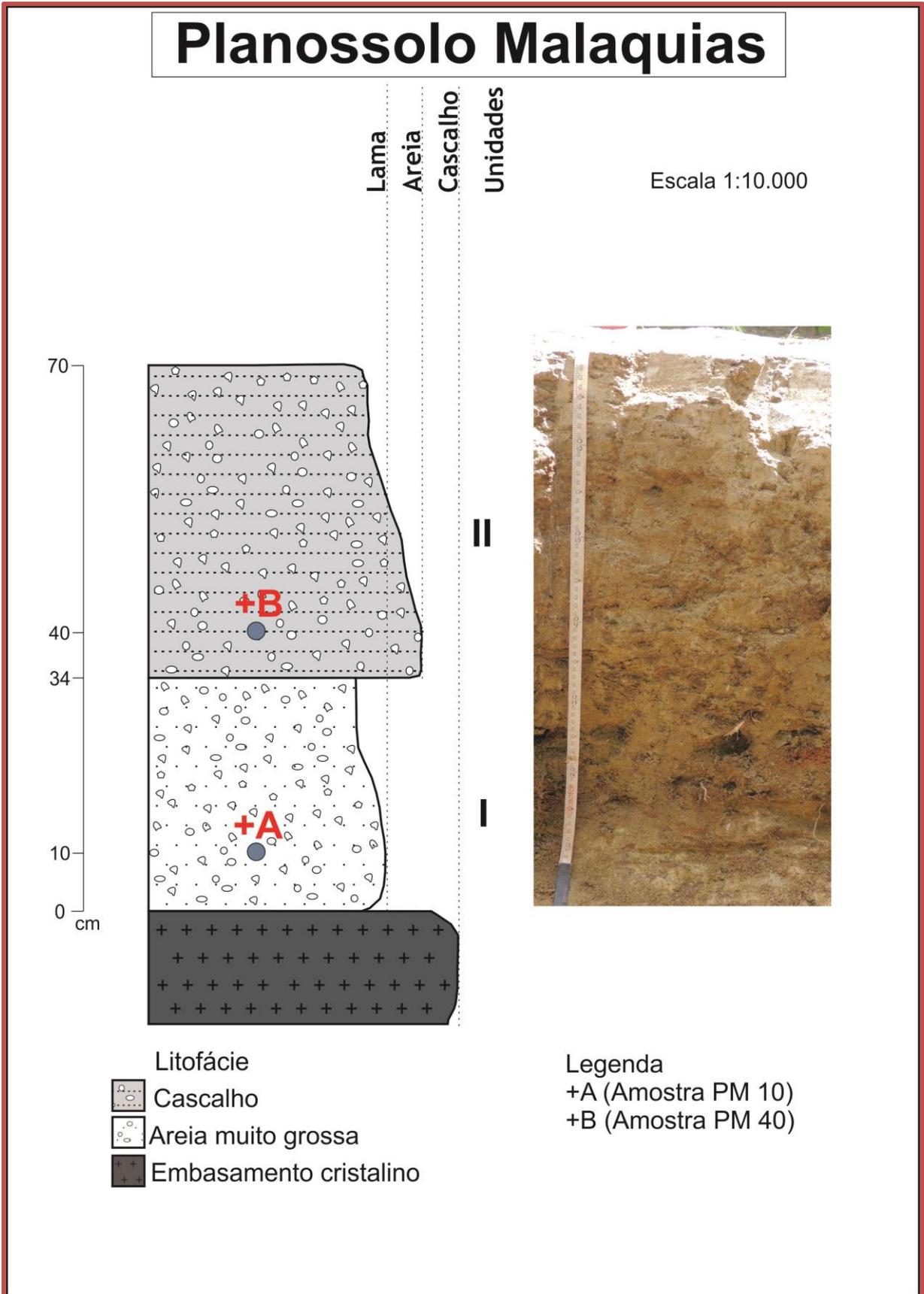
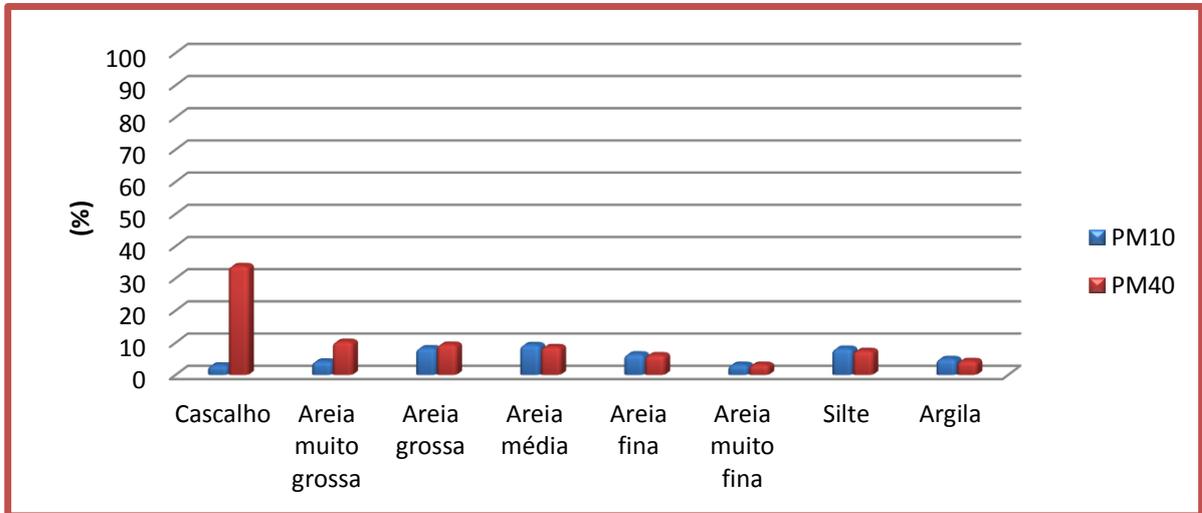


Figura 48 – Seção Vertical do Plauto Malaquias (PM).



Com o objetivo de validar a seção vertical, foi confeccionado o histograma das classes granulométricas (Figura 49).

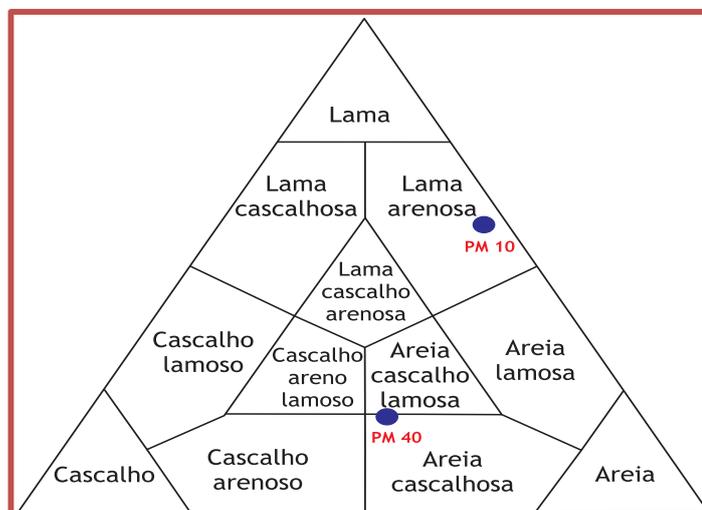
Figura 49 – Histograma das classes granulométricas para os sedimentos do Plaiño Malaquias (PM).



- **Análises Sedimentológicas por Folk e Ward**

As análises baseadas em Folk e Ward (1957) (Figura 50) apresentam para matriz (frações de areia e silte/argila) dos sedimentos do Planossolo Malaquias o predomínio de classes modais entre areia cascalho lamosa, areia cascalhosa e lama arenosa, o que reforça as impressões observadas em campo e plotadas na seção vertical.

Figura 50 – Diagrama triangular de Folk e Ward para o Plaiño Malaquias (PM).



- **Morfoscopia**

A análise morfoscópica, conforme dito anteriormente, tem como objetivo analisar o grau de arredondamento, esfericidade e mineralogia dos grãos. Esta análise permite caracterizar qualitativamente e quantitativamente o material, possibilitando a identificação tanto sobre a natureza dos depósitos como do tipo de processo operante.

A análise morfoscópica do Plaino Malaquias (Tabela 04) demonstrou uma distribuição bastante heterogênea quanto à forma dos grãos, com pouca ou nenhuma agregação, com um predomínio de grãos variando de muito angular à sub-angular.

Tais parâmetros sugerem pouca variação dos processos de transporte dos sedimentos, demonstrando que estes são de fonte próxima. Desta forma, a morfologia dos grãos deve-se, principalmente, à alteração da rocha-mãe, com pouca alteração morfológica pelo transporte.

É importante ressaltar que os grãos apresentam abundância de material em diversos estágios de alteração (Figura 51 e 52), com presença de feldspatos frescos, o que sugere um transporte relativamente rápido.

Quanto aos minerais que compõe os grãos do Plaino Malaquias, foram encontrados basicamente Feldespato, Quartzos, e Biotita.

Os resultados foram plotados nas tabelas a seguir para uma melhor visualização.

Figura 51 – Amostra PM 10.



Figura 52 – Amostra PM 40.

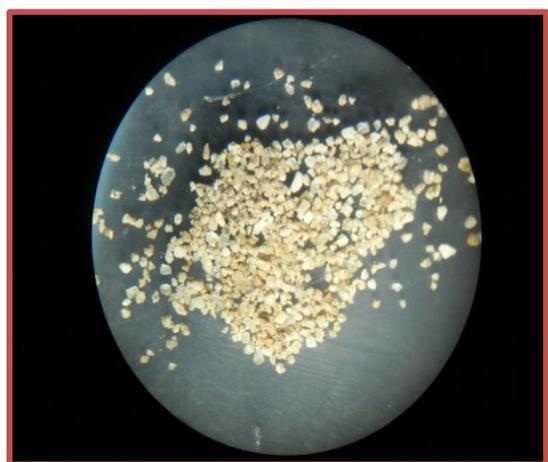


Tabela 04 – Análise morfoscópica da fração 0,25 mm do Planossolo Malaquias (PM) - Área 1.

Propriedades	PM 10	PM 40
Distribuição por tamanho	Heterogêneo	Heterogêneo
Agregação	Nenhuma	Pouca agregação
Esfericidade	2% Sub-prismoidal 34% Sub-discoidal 64% Discoidal	6% Sub-prismoidal 12% Esférico 76% Sub-discoidal 6% Discoidal
Arredondamento	8% Muito Angular 38% Angular 54% Sub-angular	52% Muito angular 40% Angular 8% Sub-angular
Textura Superficial	65% Sacaroidal 35% Fosco	57% Sacaroidal 43% Fosco
Opacidade	50% Opacos 50% Transparentes	56% Opacos 44% Transparentes
Minerais	Quartzo, feldspato, biotita	Quartzo, feldspato, biotita

- **Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose**

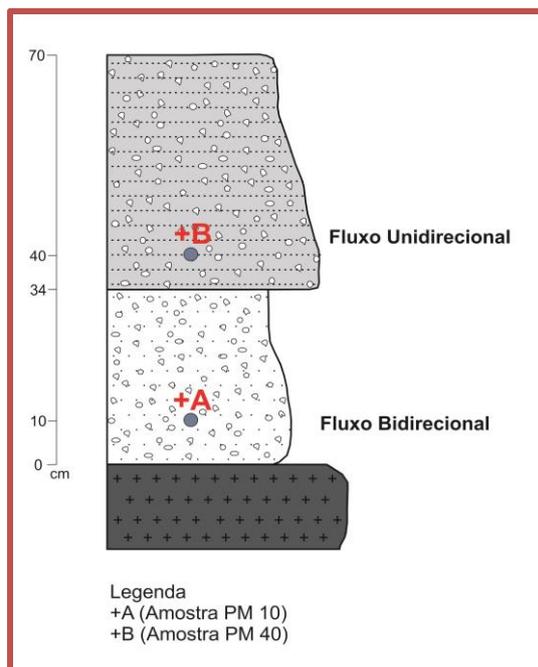
As amostras do Plaino Malaquias demonstram de acordo com a avaliação da dispersão granulométrica segundo Folk e Ward (1957) que seus sedimentos são muito pobremente selecionados e heterogêneos, conforme demonstrados na morfoscopia (Tabela 05).

Tabela 05 – Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose, para o Plaino Malaquias (PM).

Amostras	Seleção	Assimetria	Curtose
PM 10	2,7 – Muito pobremente selecionado	-0,7 – Muito negativa	0,6 – Muito platicúrtica
PM 40	3,4 – Muito pobremente selecionado	0,5 – Muito positiva	0,7 – Platicúrtica

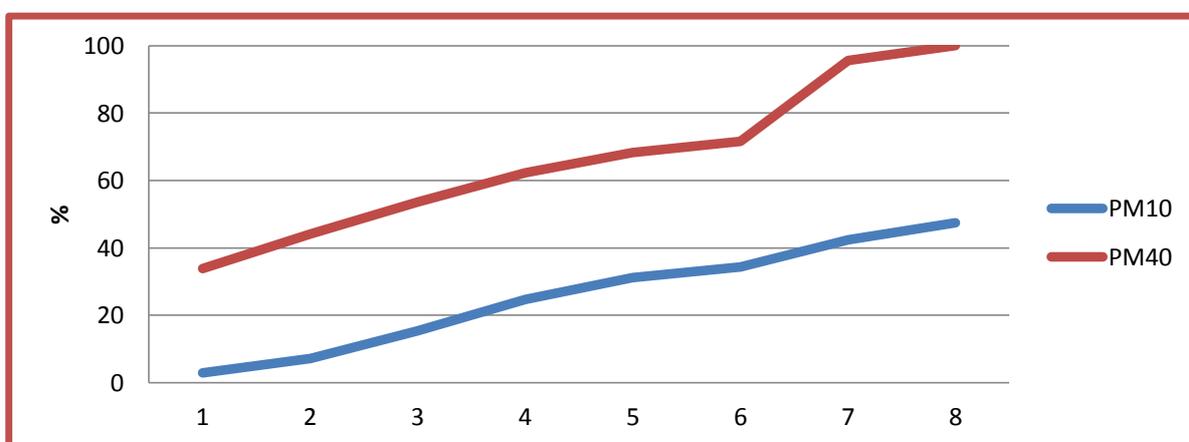
A assimetria responsável por fornecer indicações sobre a natureza do fluxo transportador de sedimentos unidirecional (assimetria positiva) ou bidirecional (assimetria negativa) demonstrou haver no Plaino Malaquias duas direções de fluxo, na parte mais basal, amostra PM 10 é oriunda de um fluxo bidirecional, e a amostra PM 40, é oriunda de um fluxo unidirecional (Figura 53). Quanto a suas fácies, a amostra PM 10, sendo muito negativa, tem fácies argilo-arenosa, enquanto a PM 40, sendo muito positiva, tem fácies areno-argilosa.

Figura 53 – Perfil demonstrando os fluxos formadores do Plaino Malaquias (PM).



A curtose gráfica responsável por demonstrar o grau de achatamento da distribuição granulométrica em comparação com a curva de distribuição normal – curva em sino. Demonstrou que o Plaino Malaquias é preenchido por sedimentos pobremente selecionados, com curvas achatadas de sedimentos (Figura 54), sendo desta forma, de curtose platicúrticas.

Figura 54 - Curva Cumulativa para os sedimentos do Plaino Malaquias (PM).



- Hidrodinâmica – Diagrama de Pejrup

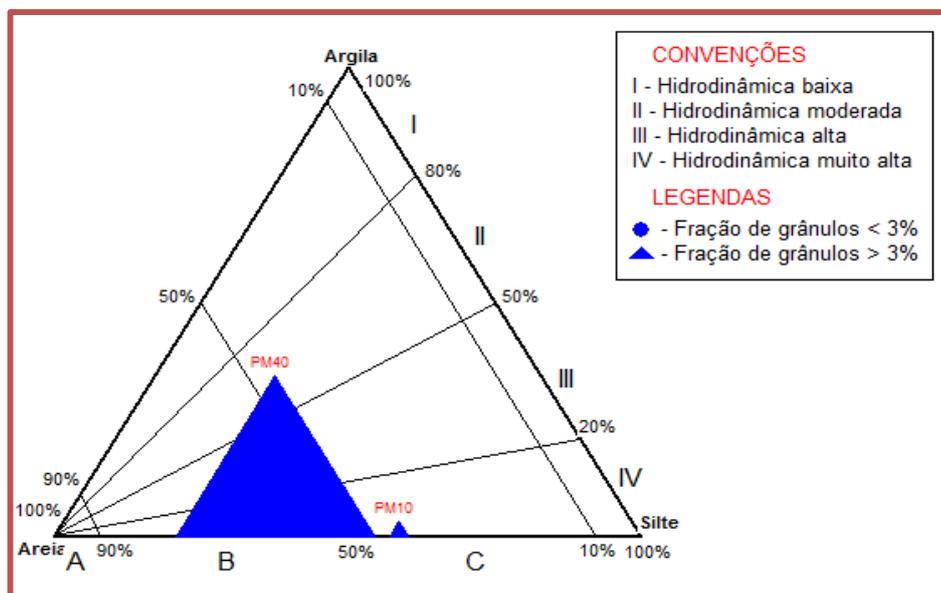
O diagrama de Pejrup (1988), tem por objetivo demonstrar a hidrodinâmica a que os sedimentos foram submetidos até serem colmatados.

Desta forma, observando o Diagrama de Pejrup para o Plaiño Malaquias (Figura 55) é perceptível que a amostra PM 10 foi exposta a hidrodinâmica muito alta, demonstrando exposição a um fluxo de evento de grande magnitude e baixa recorrência, com muito sedimento disponível, com estes sendo armazenando no meio do canal, dando origem a barra.

Contudo, a amostra PM 40 foi exposta a uma hidrodinâmica moderada, considerada como um fluxo “normal” em chuvas episódicas no semiárido, estabelecendo assim, uma deposição gradual de sedimentos, características de dinâmica do próprio canal.

Ambas as amostras apresentaram fração de grânulos >3%, desta forma, apresentando grãos de fração alta, o que corrobora para a descrição exposta na seção vertical.

Figura 55 – Diagrama de Pejrup dos sedimentos do Plaiño Malaquias (LM).



- **Análise Micromorfológica dos Solos**

Para uma melhor visualização dos componentes encontrados no Plauto Malaquias, a análise acerca das lâminas de solo serão expostas seguindo a ordem da deposição no perfil.

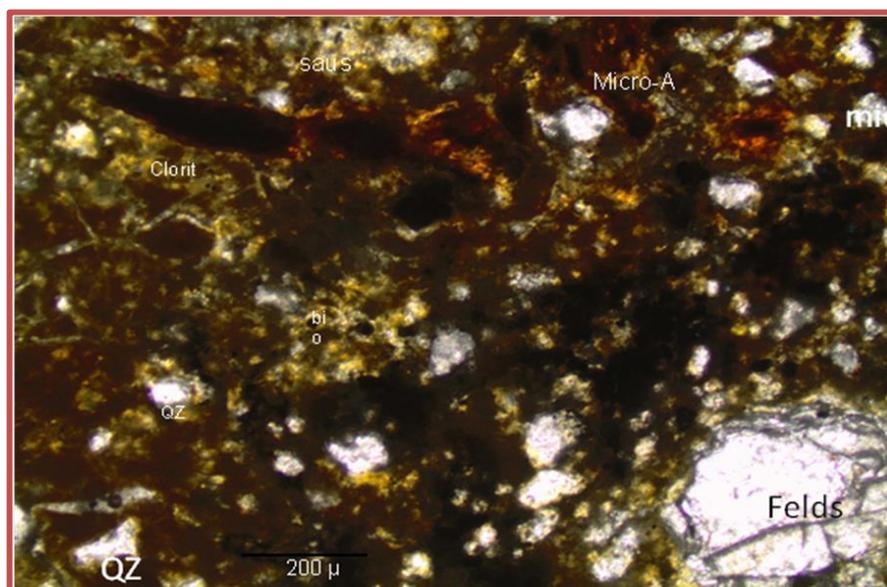
PM 10

Esta amostra é constituída pelos minerais de Feldspato predominantemente Plagioclásio (Pl) e Microclina (mi), com presença de Quartzo(Q), Biotita (bi) e Clorita(Cl). A microclina (mic) surge com um avançado processo de alteração, denominado de sausrutização (saus), este que é comum aos Feldspatos. A coloração escura e amarronzada da lâmina demonstra presença de ferro (ambiente oxiredutor).

Sua litologia apresenta clastos de forma angular, com dimensões diminuindo da base para topo, na fração areia média acomodados em uma matriz argilosa predominante em relação aos grãos. Apresenta trama Porfiro-enaulítica, visível através de grãos maiores envolvidos por grão menores, com microagregados em formação (Figura 56).

A distribuição dos grãos não apresenta orientação e ângulo de direção, o que indica transporte e deposição por gravidade, a variação de dimensões da base para o topo, mostrando uma seleção natural, onde a densidade e tamanho dos clastos moldaram a ordem de deposição. Há porosidade entre os grãos.

Figura 56 – Lâmina da amostra PM 10. Fotomicrografica, objetiva 4x, luz paralela, trama Porfiro-Enaulítica.

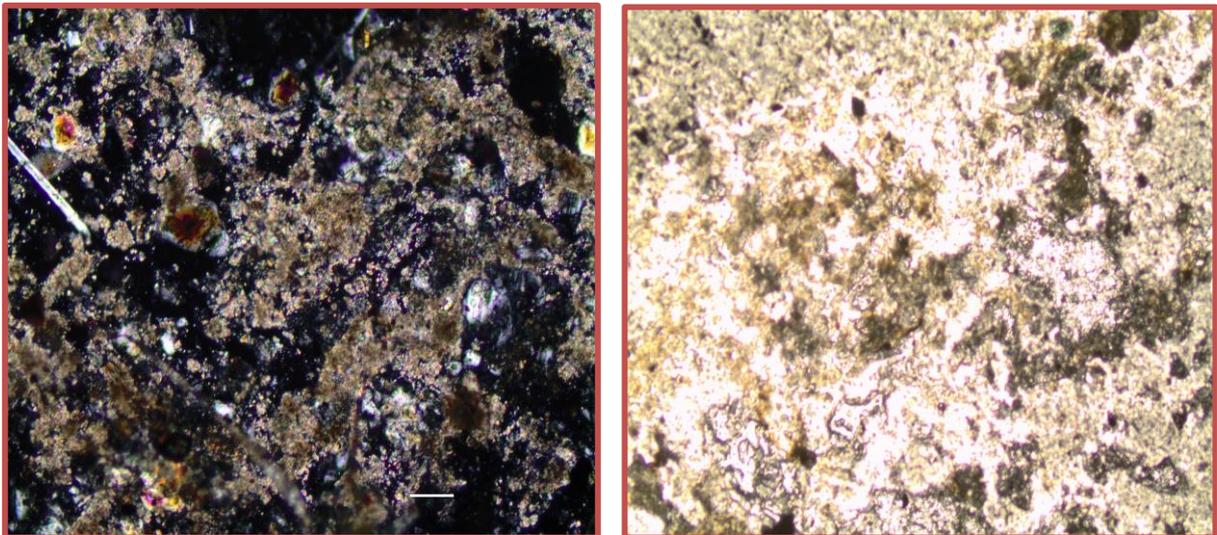


PM 40

A amostra é constituída pelos minerais de Feldspato predominantemente Plagioclásio (Pl) e Microclina(mi), com presença de Quartzo(Q) e Biotita (bi). Há presença do processo de saussuritização do Feldspato para argila. Há também a presença de ferro, indicando um ambiente oxiredutor.

Sua litologia é dominada por grão angulosos, com frações entre areia média a fina, com predomínio dos clastos em relação ao plasma/ou matriz de composição argilosa. Apresenta trama porfiritica, visualizada através do domínio total de grão, e presença de pouca fábrica (Figura 57). Não apresenta poros estre os grãos, nem direção de transporte, entretanto, a compactação da matriz demonstra um ambiente de ângulos horizontais e baixo ângulo de fluxo.

Figura 57 – Lâmina da amostra PM 40. Fotomicrografica, à esquerda com luz paralela objetiva 4x, à direita com luz polarizada.



O Plaino Malaquias apresenta variação granodecrescente ascendente em uma trama de base bem mais compacta que de topo. Esta inserido em um ambiente de baixa energia de transporte ou sedimentação por gravidade. O processo de saussuritização muito mais intenso na amostra PM-40 que indica um ambiente aquoso de pouca drenagem (intermitente), que foi o agente ativo pela impermeabilização por cimentação dos poros.

- **Análise Micromorfológica de Grãos por Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV**

Esta análise tem como objetivo o diagnóstico de feições de transporte sobre impostas as feições primárias e de intemperismo químico. O critério de análise utilizado é de caráter visual e, portanto, sujeito a um grau de subjetividade inerente à própria técnica.

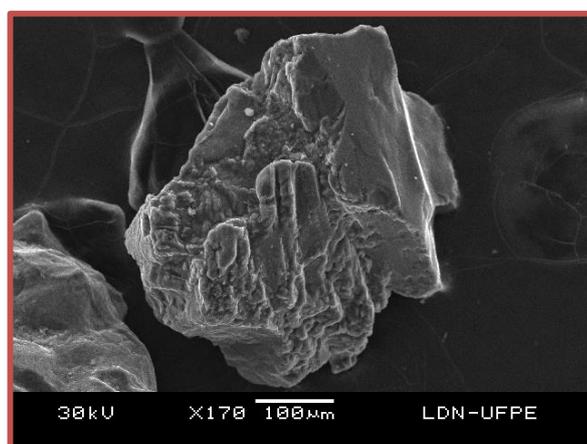
Conforme já explanado, os grãos serão analisados pela sua conjuntura total, na sequência do perfil, sendo ilustrada as feições de maior importância, buscando apenas uma idéia generalista das possíveis alterações mecânicas e químicas das feições superficiais.

PM 10

Os grãos da amostra PM 10 (Figura 58) apresentaram abrasão em suas arestas, dissolução, escamação, fraturas conchoidais, blocos fraturados e degraus retos. Variam entre sub-angulosos à sub-arredondados e entre relevo baixo e médio.

Esta amostra apresentou variação nas feições morfológicas, apresentando um componente fluvial, diante da angulosidade dos grãos, isto corrobora com a questão apresentada no gráfico de Pejrup, onde esta amostra apresentou hidrodinâmica muito alta, e de sedimento proximal. Esta amostra também apresentou dissolução, indicando pedogênese ativa.

Figura 58 – Grãos da amostra PM 10, tendendo a esfera.



PM 40

A amostra PM 40 apresentou arestas de abrasão, dissolução, escamação, variando entre sub-arredondados à sub-angulosos e entre relevo baixo e alto. Esta amostra demonstrou feições de dissolução que indicam ambiente básico (Figura 59), com fuga de silte e presença de feldspatos, assim como, a presença de componente fluvial, demonstrado a partir da esfericidade apresentada (Figura 60).

Figura 59 – Grão da amostra PM 40 com feições de dissolução indicando provável ambiente básico.

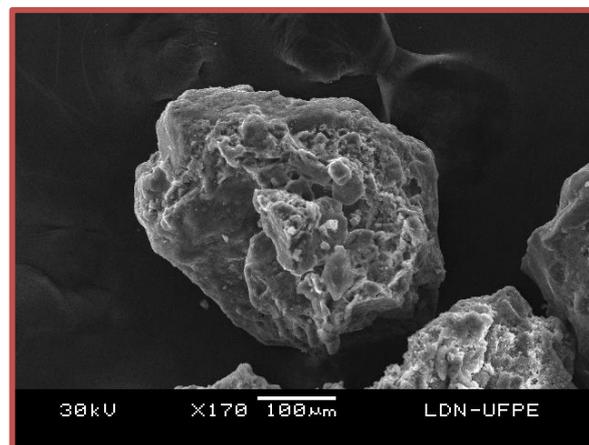
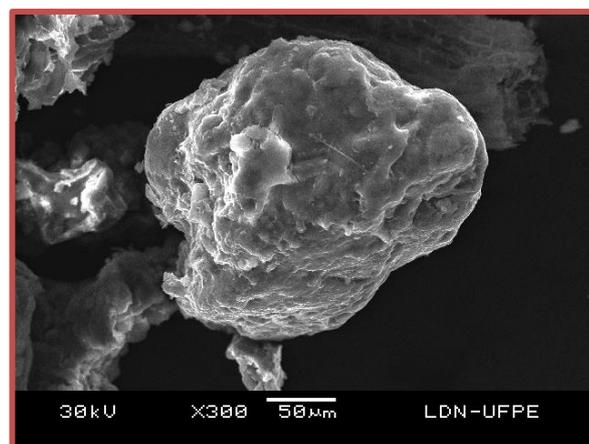


Figura 60 – Grão da amostra PM 40 demonstrando o componente fluvial, com fraturas conchoidais, típicas de quartzo, arredondamento, esfericidade e dissolução.



Para uma melhor explanação dos resultados encontrados, os resultados foram agrupados em tabelas de percentagem (Figura 06), nestas foram definidas 32 categorias de feições superficiais, a partir daquelas propostas por Goudie e Bull (1984) e Trewin (1995). Estas foram agrupadas em características mecânicas, morfológicas e químicas, expressas a seguir:

FEIÇÕES MECÂNICAS

1. Rachaduras
2. Abrasão das arestas
3. Brocos fraturados (<10 μ)
4. Brocos fraturados (>10 μ)
5. Fraturas conchoidais (<10 μ)
6. Fraturas conchoidais (>10 μ)
7. Degraus retos
8. Degraus arcuados
9. Estrias paralelas
10. Endentações imbricadas
11. Placas fraturadas
12. Cristas meandantes
13. Ranhuras retilíneas
14. Ranhuras curvas
15. Cavidades mecânicas em "V"
16. Concavidades discoidais

FEIÇÕES MORFOLÓGICAS

17. Arredondado
18. Sub-arredondado
19. Sub-anguloso
20. Anguloso
21. Baixo relevo
22. Médio relevo
23. Alto relevo

FEIÇÕES DE ORIGEM QUÍMICA

24. Cavidades de dissolução orientadas
25. Anastomose
26. Superfície fosca
27. Cavidades de dissolução
28. Fraturas de dissolução
29. Escamação
30. Carapaça
31. Cavidade amorfa
32. Sílica euhedral

Tabela 06 – Perfil Plaino Malaquias (PM).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
PM 10	Abundante (>75%)	Raro (< 5%)	Ausente	Ausente	Raro (< 5%)	Ausente	Raro (< 5%)	Ausente	Esparço (5 – 25%)	Esparço (5 – 25%)	Raro (< 5%)	Esparço (5 – 25%)	Comum (25 – 75%)	Ausente	Ausente	Ausente	Abundante (>75%)	Raro (< 5%)	Comum (25 – 75%)	Ausente	Ausente	Ausente										
PM 40	Ausente	Abundante (>75%)	Ausente	Ausente	Raro (< 5%)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Abundante (>75%)	Raro (< 5%)	Ausente	Raro (< 5%)	Comum (25 – 75%)	Raro (< 5%)	Ausente	Ausente	Abundante (>75%)	Abundante (>75%)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	

Legenda:

- Abundante (>75%)
- Comum (25 – 75%)
- Esparço (5 – 25%)
- Raro (< 5%)
- Ausente

- **Difratometria de Raio – X**

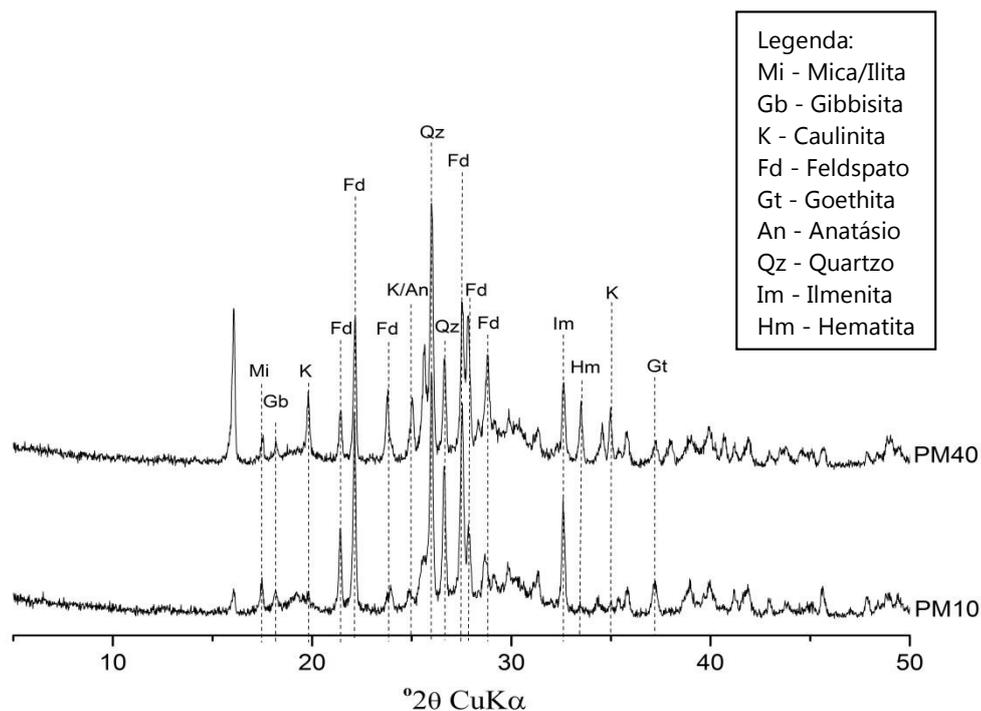
Como dito anteriormente, o objetivo da análise através da Difratometria de Raio-X de argila consiste na caracterização do paleoambiente a partir de minerais específicos que estimem os momentos secos e úmidos perpassados pelo ambiente.

Os minerais que indicam estas mudanças climáticas consistem normalmente na Caulinita, que indica clima úmido, e na Esmectita que indica clima seco.

Conforme demonstrando nos histogramas, os sedimentos analisados do Planossolo Malaquias tem grande percentagem de silte, este que foi responsável por influenciar os resultados da Difratometria de Raio-X, desta forma, nos gráfico onde tem Feldspato, leia-se Esmectita (montmorilonita).

Para uma melhor visualização dos gráficos de DRX, estes foram montados na ordem do perfil (Figura 61).

Figura 61 – Gráfico de DRX para o Plaino Malaquias (PM).



Para a classificação de Duchaufour (1982), é possível distinguir no gráfico do Planossolo Malaquias o domínio fersialítico, com grandes picos de esmectitas (Fd) com presença de ilitas (Mi), apresentando ocorrência secundária de caulinita (K) e goethita (Gt). Esta conjuntura indica o paleobioclima semiárido. O que não exclui a possibilidade de pequenos momentos de umidade. Contudo, é importante observar, que os picos de caulinita (K) para a unidade PM 10 são quase inexpressivos, demonstrando que esta quase não perpassou por momentos úmidos.

A ocorrência de ilita nas duas unidades, possivelmente reflete o intemperismo inicial dos feldspatos (microclina).

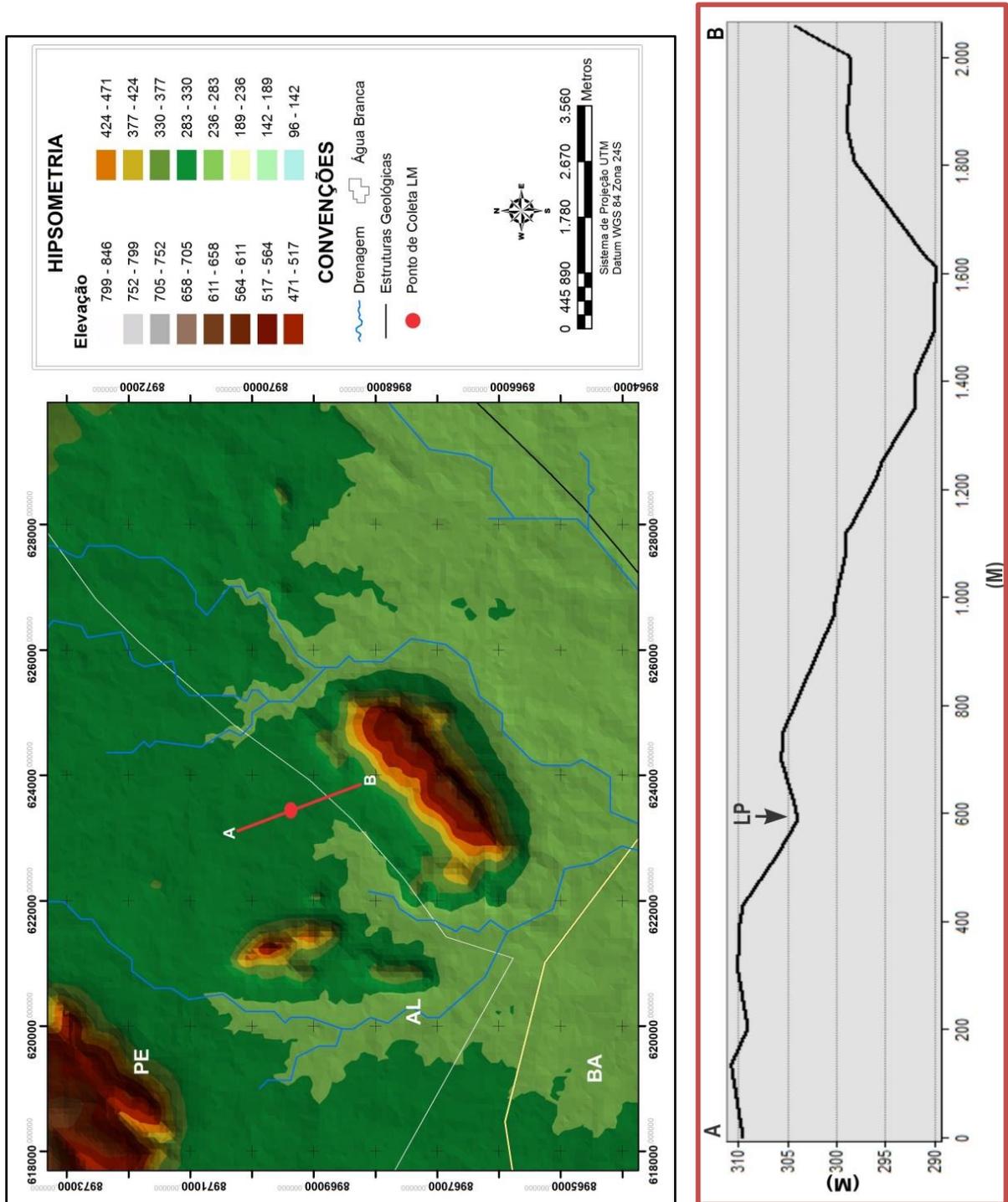
ÁREA 2 – LAGOA DAS PEDRAS (LP)

A ÁREA 2, como já explicitado parcialmente no capítulo acerca dos métodos, encontra-se na propriedade das Pedras, à 300m de altitude, localizando-se à 10km de distância da ÁREA 1, já na faixa propriamente semiárida do município de Água Branca. Esta propriedade abarca uma Lagoa (por falta de melhor definição), denominada de Lagoa das Pedras, de aproximadamente 500m²(Figura 62 e 63).

Figura 62 – ÁREA 2: Lagoa das Pedras em imagem de 360°, com marcação da área de coleta.



Figura 63 – Perfil topográfico da ÁREA 2.



LAGOA DAS PEDRAS (LP)

Esta área foi escolhida em virtude da Lagoa das Pedras ter seu sistema de sedimentação similar, estabelecendo as devidas proporções, aos encontrados nas marmitas de dissolução. Desta forma, a Lagoa das Pedras seria descrita como uma marmita de bordas suaves, conforme demonstra o perfil topográfico, este também expõe que a sedimentação da Lagoa das Pedras é oriunda do Maciço de Água Branca.

- **Seção Vertical**

Por se tratar de uma bacia de sedimentação confinada, o processo de vertissolização atingiu toda a sedimentação da Lagoa. Diante de sedimentos extremamente coesos, de aparência maciça, a análise da Lagoa das Pedras só foi possível graças à escavação realizada pelo proprietário, com dimensões de 5x8, com o objetivo de reter água (Figura 00). Pois, foi na borda da escavação que a trincheira foi aberta. Entretanto diante da dureza dos sedimentos não foi possível a coleta de todo o pacote sedimentar, sendo escavado apenas 1,4m (Figura 64, 65 e 66).

Sendo assim, a Lagoa das Pedras apresenta quatro unidades estratigráficas distintas, com a presença apenas da matriz lama.

A unidade basal da lagoa é composta de areia grossa com a presença de cascalho, de coloração amarelada, com quartzo, feldspato e biotita.

A segunda unidade é composta por um mosqueamento fruto do processo de pedogênese atual, de aproximadamente 15cm de expressão.

A terceira unidade é composta de sedimento argilo-arenoso (areia grossa), com presença de quartzo, feldspato e ilmenita.

O topo da sequência, a quarta unidade, representa um horizonte antrópicamente perturbado, não sendo analisado devido à perda das características deposicionais.

A coleta do material para análises foram realizadas à 23cm e 56cm a partir da base da escavação.

Figura 64 – Escavação realizada pelo proprietário na Lagoa das Pedras, com marcação da área de coleta.

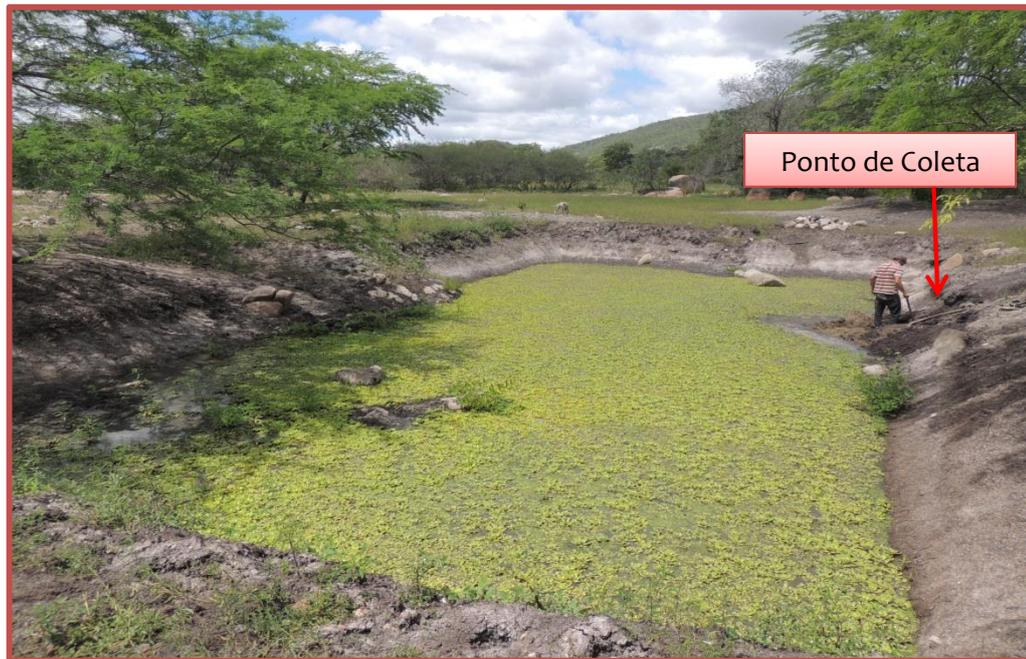


Figura 65 – Trincheira Lagoa das Pedras (LP).

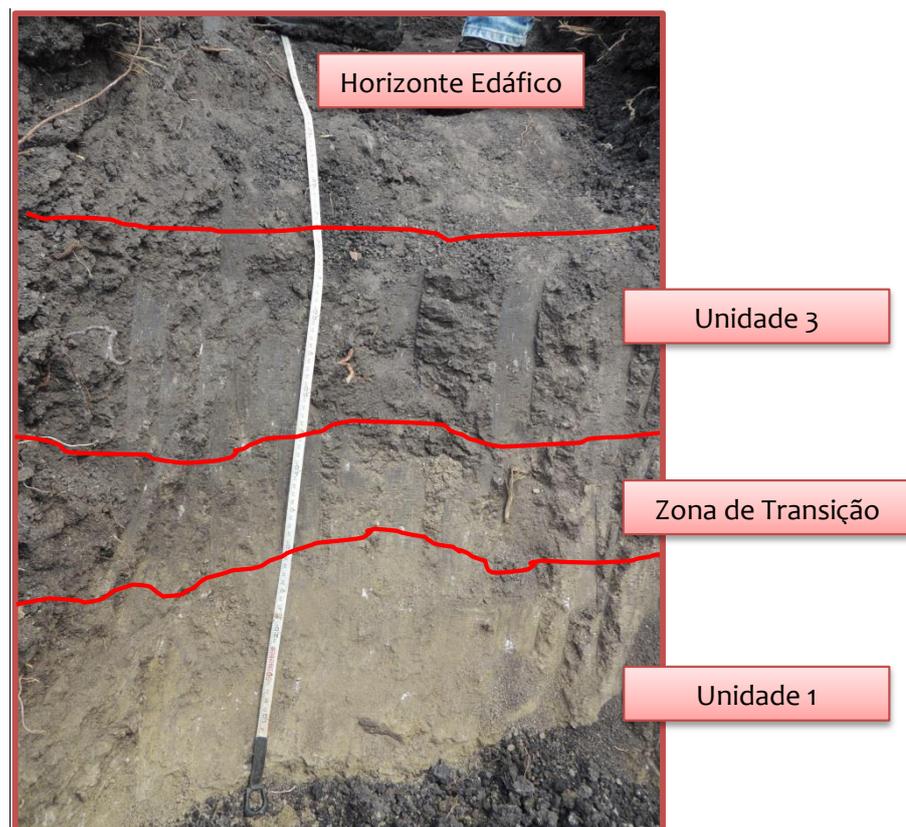
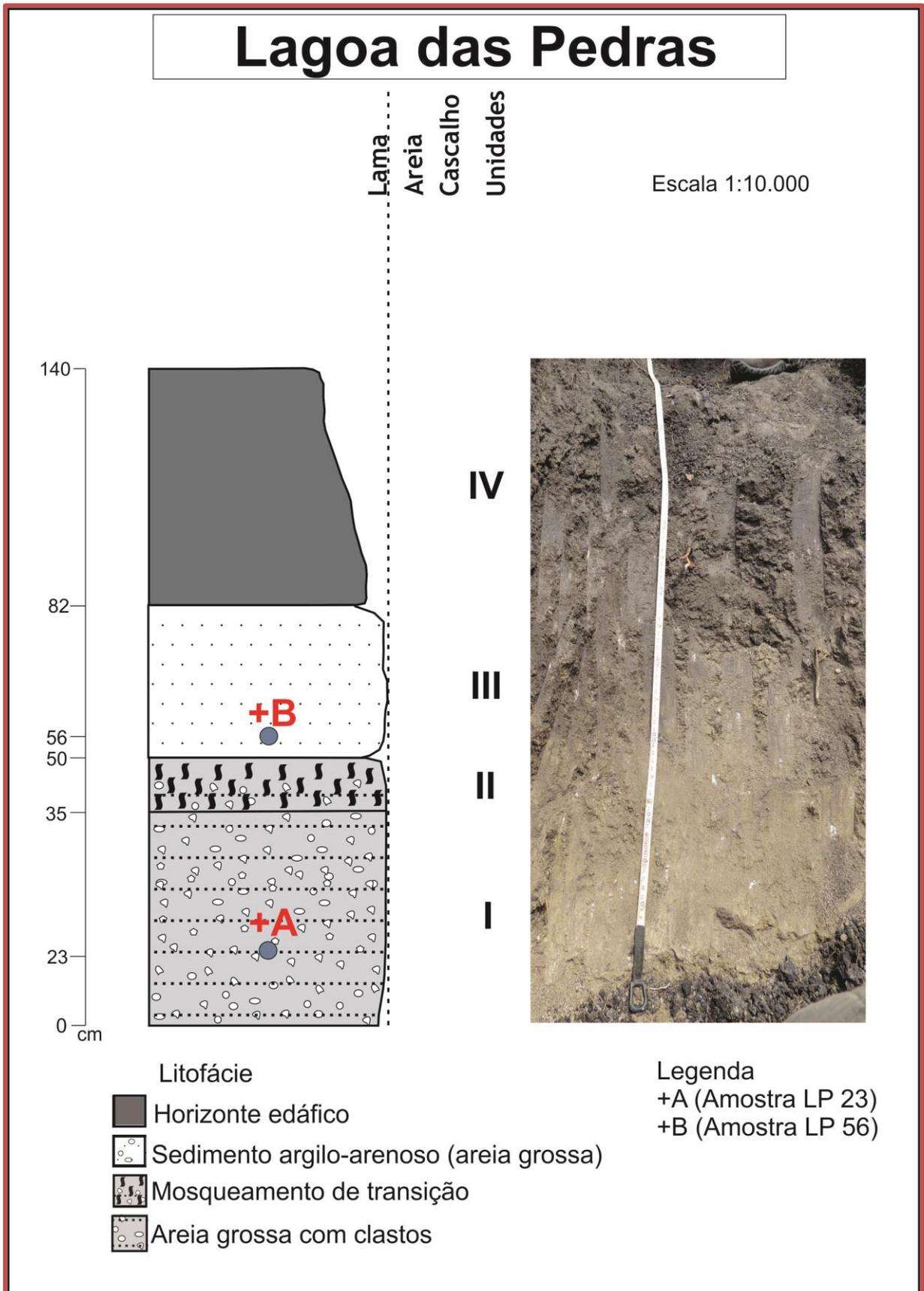
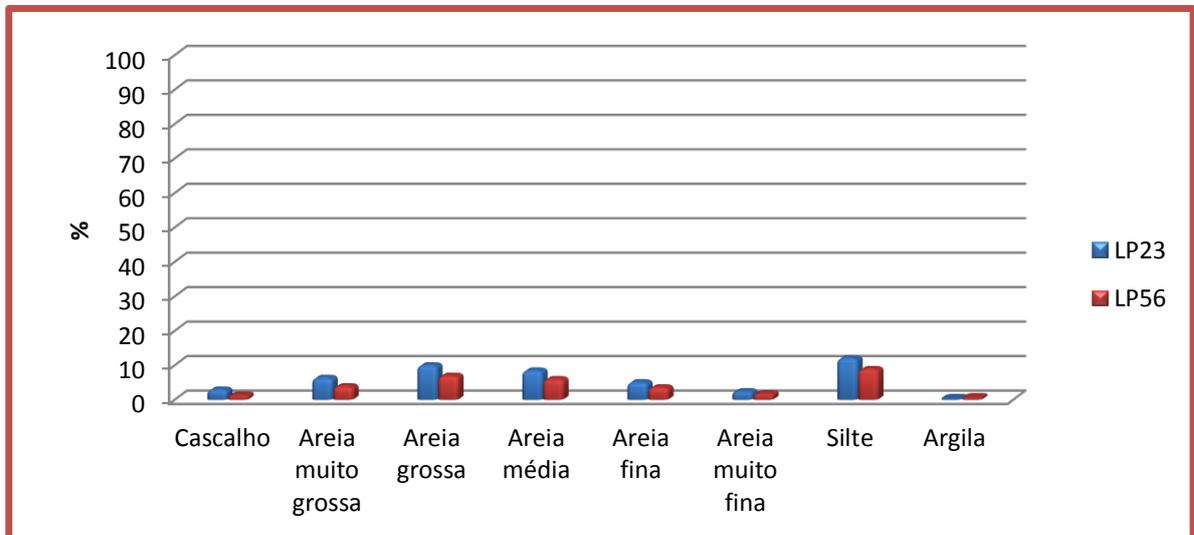


Figura 66 – Seção Vertical da Lagoa das Pedras.



Com o objetivo de validar a seção vertical, foi confeccionado o histograma das classes granulométricas (Figura 67):

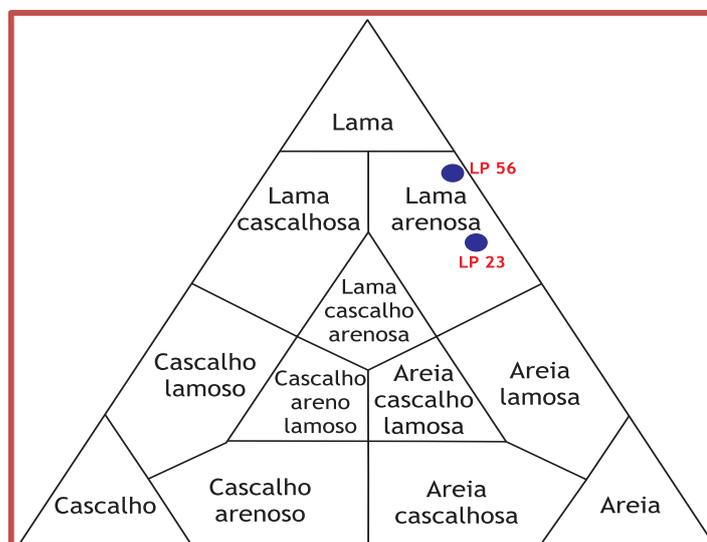
Figura 67 – Histograma das classes granulométricas para os sedimentos da Lagoa das Pedras (LP).



- **Análises Sedimentológicas por Folk e Ward**

As análises baseadas em Folk e Ward (1957), tem por objetivo caracterizar as unidades deposicionais. Na Lagoa das Pedras (Figura 68), suas classes modais para matriz dos sedimentos estudados (frações de areia e silte/argila) refletiram o predomínio da classe modal lama arenosa, o que reforça as impressões observadas em campo e plotadas na seção vertical.

Figura 68 – Diagrama Triangular de Folk e Ward para o Leque Malaquias (LM).



- **Morfoscopia**

A análise morfoscóptica tem como objetivo a identificação tanto sobre a natureza dos depósitos como do tipo de processo operante.

A análise morfoscóptica da Lagoa das Pedras (Tabela 07) demonstrou uma distribuição bastante heterogênea quanto à forma dos grãos, com pouca ou nenhuma agregação, com um predomínio de grãos variando de muito angulosos a bem arredondados (4% da amostra LP 56). Tais parâmetros sugerem pouca variação dos processos de transporte dos sedimentos, demonstrando que estes são de fonte próxima. Desta forma, a morfologia dos grãos deve-se, principalmente, à alteração da rocha-mãe. Os grãos da Lagoa das Pedras apresentam abundância de material em diversos estágios de alteração (Figura 69 e 70), com presença de feldspatos frescos. Quanto aos minerais que compõe os grãos da Lagoa das Pedras, foram encontrados basicamente Feldspato, Quartzo, Biotita e Ilmenita.

Os resultados foram plotados nas tabelas a seguir para uma melhor visualização.

Tabela 07 – Análise morfoscóptica da fração 0,25 mm da Lagoa das Pedras (LP).

Propriedades	LP 23	LP 56
Distribuição por tamanho	Heterogêneo	Heterogêneo
Agregação	Nenhuma	Nenhuma
Esfericidade	11% Sub-prismoidal 13% Esférico 76% Sub-discoidal	4% Prismoidal 46% Sub-discoidal 50% Discoidal
Arredondamento	40% Muito Angular 31% Angular 29% Sub-angular	28% Angular 60% Sub-angular 8% Sub-arredondado 4% Bem arredondado
Textura Superficial	63% Sacaroidal 37% Fosco	57% Sacaroidal 43% Fosco
Opacidade	68% Opacos 32% Transparentes	51% Transparentes 49% Translúcido
Minerais	Quartzo, feldspato, biotita	Quartzo, feldspato, Ilmenita

Figura 69 – Amostra LP 23.



Figura 70 – Amostra LP 56.



- **Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose**

A Lagoa das Pedras demonstra, de acordo com a avaliação da dispersão granulométrica segundo Folk e Ward (1957), que seus sedimentos são muito pobremente selecionados e heterogêneos (Tabela 08).

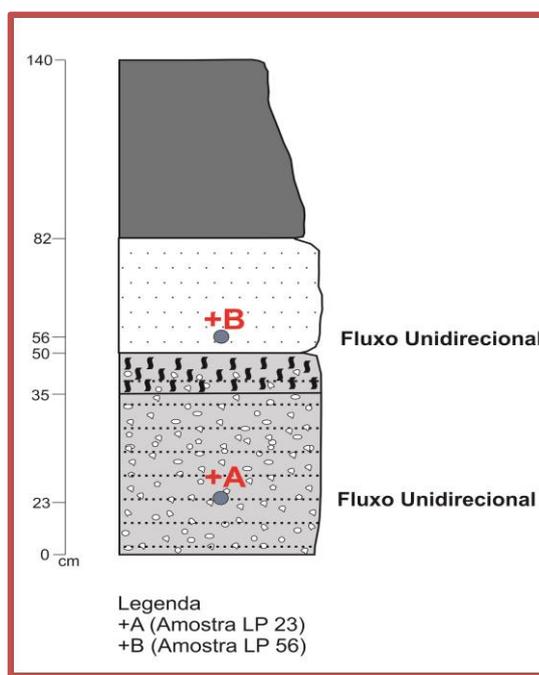
Tabela 08 – Parâmetros estatísticos quanto seleção, assimetria e curtose, para a Lagoa das Pedras (LP).

Amostras	Seleção	Assimetria	Curtose
LP 23	2,9 – Muito pobremente selecionado	-0,8 – Muito negativa	0,5 – Muito platicúrtica
LP 56	2,6 – Muito pobremente selecionado	-0,8 – Muito negativa	0,8 – Platicúrtica

A assimetria, responsável por fornecer indicações sobre a natureza do fluxo transportador, demonstrou haver na Lagoa das Pedras, uma assimetria muito negativa,

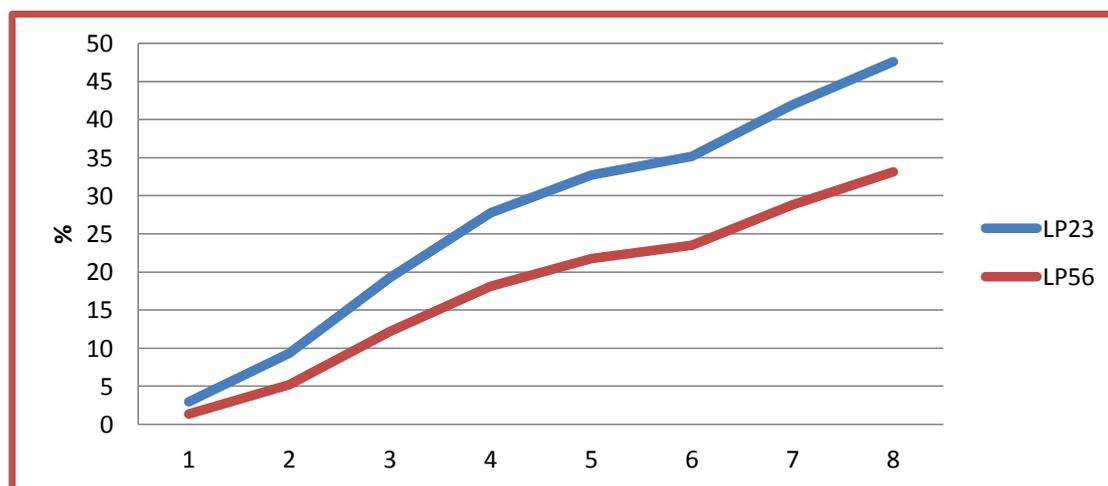
indicando haver apenas uma direção de fluxo, sendo este unidirecional (Figura 71), quanto à fácies dos sedimentos, só é possível estimar a amostra LP 23, esta que é argilo-arenosa.

Figura 71 – Perfil demonstrando os fluxos formadores da Lagoa das Pedras (LP).



A curtose gráfica responsável por demonstrar o grau de achatamento da distribuição granulométrica em comparação com a curva de distribuição normal – curva em sino. Apresentou para a Lagoa das Pedras que seus sedimentos são pobremente selecionados, com curvas achatadas de sedimentos (Figura 72), sendo desta forma, de curtose platicúrticas.

Figura 72 - Curva Cumulativa para os sedimentos da Lagoa das Pedras (LM).



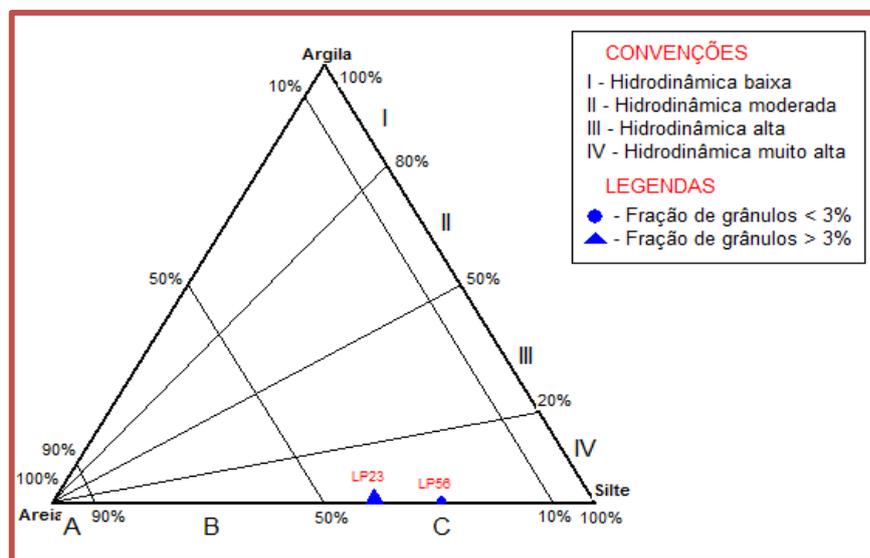
- **Hidrodinâmica – Diagrama de Pejrup**

O diagrama de Pejrup (1988) tem por objetivo demonstrar a hidrodinâmica a que os sedimentos foram submetidos até serem colmatados.

Desta forma, observando o Diagrama de Pejrup para a Lagoa das Pedras (Figura 73) é possível esclarecer que a amostra LP 23, foi exposta a uma hidrodinâmica muito alta, assim como a amostra LP 56, entretanto, a amostra LP 23 possui sedimentos mais grosseiros que a amostra LP 56, isso por que, o gráfico demonstra que sua fração de grânulos foi $> 3\%$.

A hidrodinâmica se justifica, pois como a área fonte dos sedimentos é o maciço de Água Branca, à 10km da lagoa, é necessário um transporte de alta energia para que os sedimentos fossem depositados nesta localidade.

Figura 73 – Diagrama de Pejrup dos sedimentos da Lagoa das Pedras (LP).



- **Análise Micromorfológica dos Solos**

Para uma melhor visualização dos componentes encontrados no Plano Malaquias, a análise acerca das lâminas de solo serão expostas seguindo a ordem da deposição no perfil.

LP 23

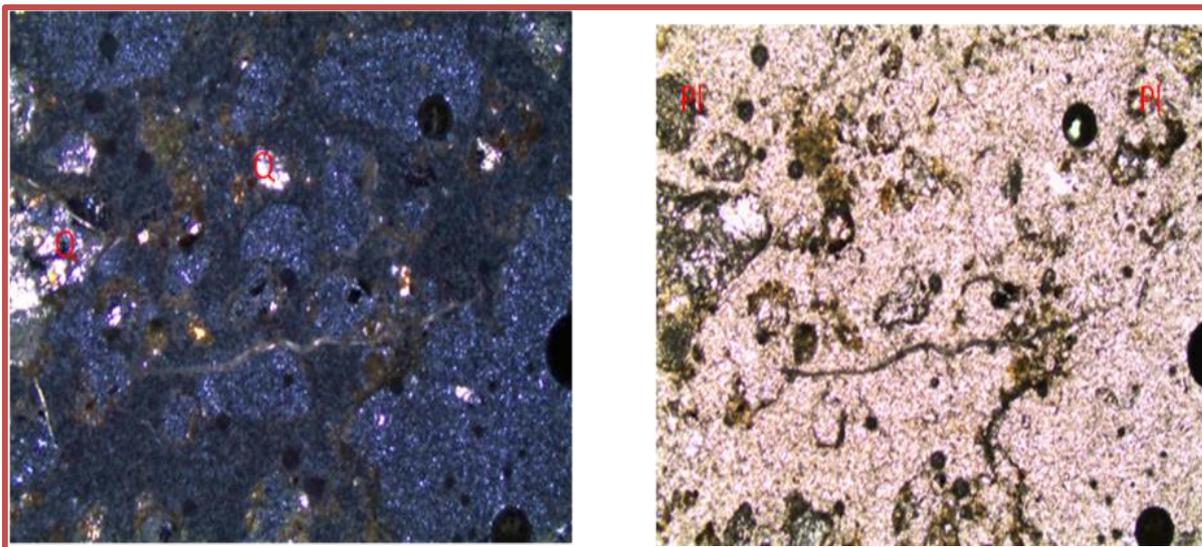
Esta amostra é constituída pelos minerais de Feldspato predominantemente Plagioclásio (Pl) e Microclina(mi), com presença de Quartzo(Q), Biotita(bi) e clorita(Cl), envolvidos por uma matriz argilosa e nódulos de ferro (ambiente oxiredutor).

Sua granulometria geométrica é variada, com formas entre angular e subangular, evidenciando um transporte gravitacional por fluxo de lama, coloração esverdeada da matriz argilosa ocorrendo devido ao processo de cloritização, este que consiste na alteração da biotita, com a formação de cristais de clorita lamelar.

Em sua assembleia mineral há presença predominante de Feldspato, com maior quantidade de Plagioclásio (20 a 30%) comparado com a microclina (5 a 20%), Quartzo (10 a 15%) e biotita, surge a clorita como mineral secundário. Há ainda a ocorrência de Feldspato com um avançado processo de alteração (sausuritização), sendo visualizado na lâmina por uma cor de interferência muito variada, e presença de cristais angulosos com 1mm à 1,5mm.

Apresenta características micromorfológicas com grau de seleção moderada nas dimensões de argila <2 µm (próximo a silte), com domínio de grão de feldspato e quartzo com fraca variabilidade entre os grãos que se definem por um arranjo dimensional da classe placoide (em placas) (Figura 74). Apresenta grãos de feições angular a subangular e uma esfericidade subalongada, em superfície de rugosidade ondulada em distribuição pórfiro-enáulica (trama de transição, apresentando grãos na fração areia grossa, sendo envolvidos por grãos menores, com pouca fábrica, contudo, esta amostra tem argila, mas não expressiva, que possa ser considerada apenas enáulica). Esta amostra ainda demonstra agregados cristalinos parcialmente acomodado em matriz de dimensões silte.

Figura 74 – Lâmina da amostra LP 23, fotomicrografica, à esquerda com luz paralela objetiva 4x, à direita com luz polarizada.



LP 56

Esta amostra é constituída pelos minerais de Feldspato predominantemente Plagioclásio (Pl) e Microclina(mi), com presença de Quartzo(Q), Biotita(bi) e clorita(Cl), envolvidos por uma matriz argilosa e nódulos de ferro (ambiente oxiredutor).

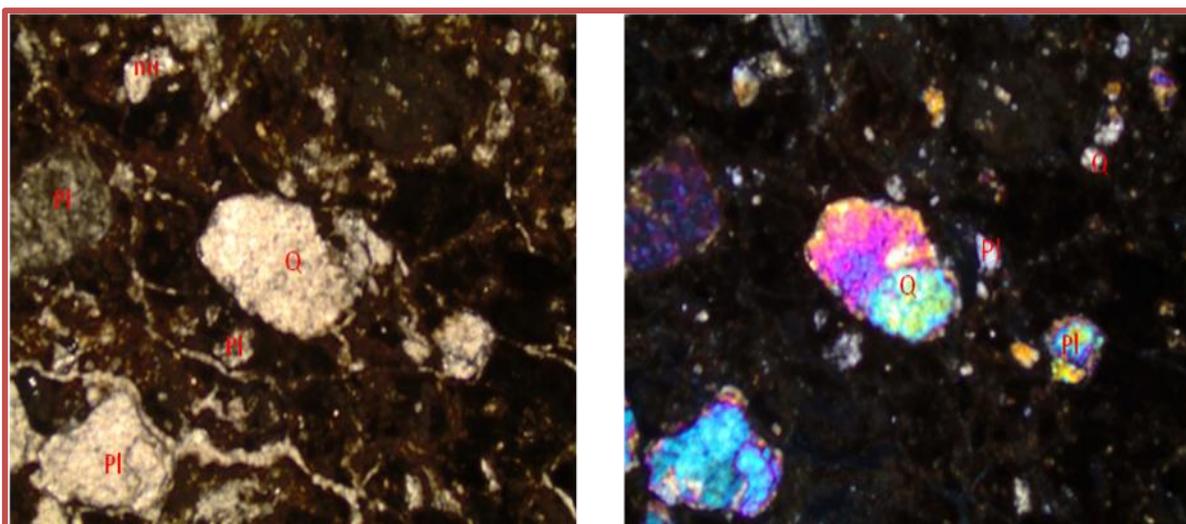
A geometria da granulometria é variada, com formas entre angular e subarredondadas, evidenciando um transporte gravitacional ou por fluxo de lama, coloração esverdeada da matriz argilosa ocorre devido ao processo de cloritização, este que consiste na alteração da biotita, com a formação de cristais de clorita lamelar.

Em sua assembleia mineral há a presença predominante de Feldspato, com maior quantidade de Plagioclásio (20 a 30%) comparado com a microclina (5 a 20%), Quartzo (10 a 15%) e biotita, surge a clorita como mineral secundário. Há ainda a ocorrência de Feldspato com um avançado processo de alteração (sausuritização), sendo visualizado na lâmina por uma cor de interferência muito variada, e presença de cristais angulosos com 1mm à 2mm.

Apresenta características micromorfológicas com um grau de seleção moderada, nas dimensões de areia fina <2 µm (próximo a silte), com domínio de grãos de feldspato e quartzo com fraca variabilidade entre os grãos, estes que se definem por um arranjo dimensional da classe placoide (em placas) (Figura 75), variando entre angular a subarredondada e uma esfericidade subalongada, em superfície de rugosidade ondulada em distribuição pórfiro-

enáulica, trama de transição, apresenta grãos na fração areia grossa, sendo envolvidos por grãos menores, apresentando pouca fábrica, contudo, esta amostra tem argila, mas não expressiva, que possa ser considerada apenas enáulica, com os agregados cristalinos parcialmente acomodados em uma matriz de dimensões silte. Apresenta ainda, porosidade entre os grãos.

Figura 75 – Lâmina da amostra LP 56, fotomicrografica, à direita com luz paralela objetiva 4x, à esquerda com luz polarizada.



Diante do exposto, é possível observar que as amostras LP 23 e LP56 estão inseridas em um ambiente deposicional com uma gradação granulométrica ascendente, demonstrando uma mudança de energia de transporte entre os níveis coletados, resultando em um sedimento altamente friável com alta porosidade entre os grãos, estes que se acumularam após sofrerem processo físico de erosão e transporte por fluxo lamoso e aquoso.

- **Análise Micromorfológica de Grãos por Microscopia Eletrônica de Varredura - MEV**

Esta análise tem como objetivo o diagnóstico de feições de transporte sobre impostas as feições primárias e de intemperismo químico. O critério de análise utilizado é de caráter visual e, portanto, sujeito a um grau de subjetividade inerente à própria técnica.

Conforme já explanado, os grãos serão analisados pela sua conjuntura total, na sequência do perfil, sendo ilustrada as feições de maior importância, buscando apenas uma idéia generalista das possíveis alterações mecânicas e químicas das feições superficiais.

LP 23

Os grãos da amostra LP 23 (Figura 76 e 77) apresentaram abrasão em suas arestas, dissolução, escamação, degraus retos. Variam entre anguloso à arredondado e entre relevo baixo à alto. Os grãos desta amostra demonstraram que a lagoa apresenta um Ph bastante básico, com remoção de sílica, através da presença de microclina, dissolução, constatando um ambiente de muita água estagnada. Estes grão também demonstraram uma angulosidade bastante alta.

Figura 76 – Grão da amostra LP 23, demonstrando dissolução, com remoção de sílica.

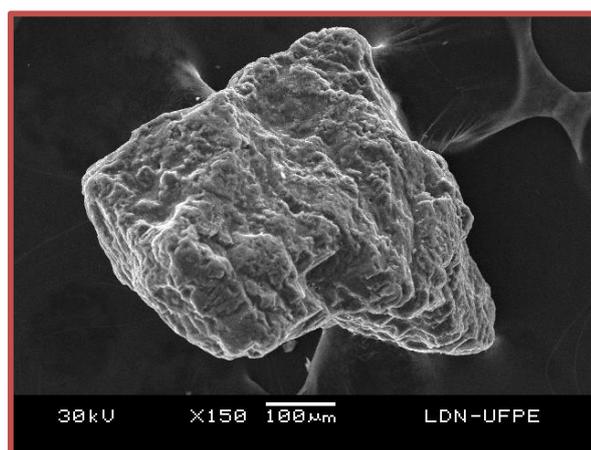
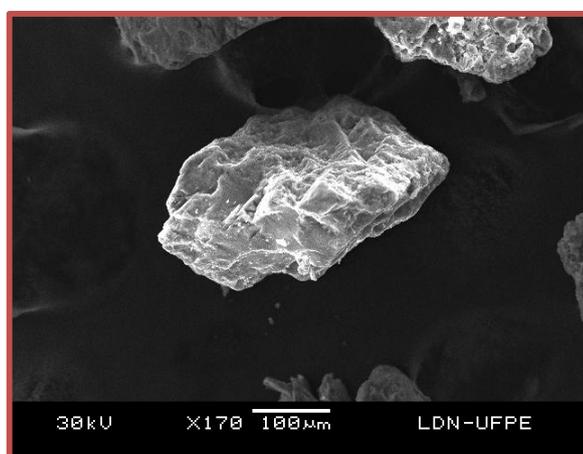


Figura 77 – Grão da amostra LP 23, microclina com quebras frescas e degraus retos, indicando pouquíssimo transporte.

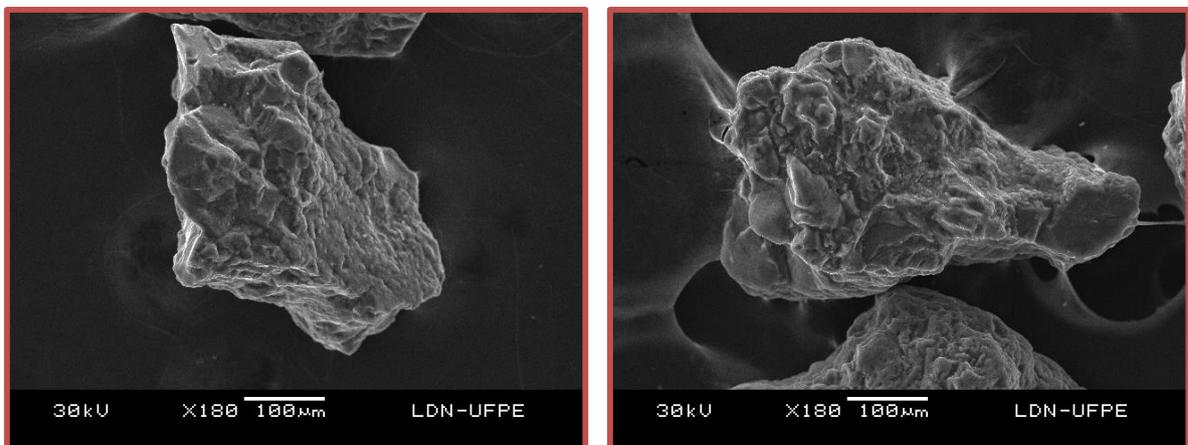


LP 56

Os grãos da amostra LP 56 (Figura 78) apresentaram abrasão em suas arestas, dissolução, escamação, fraturas conchoidais e degraus retos. Variam entre sub-anguloso à arredondado e entre relevo baixo à alto.

Esta amostra demonstrou, assim como a LP 56, uma enorme variedade em sua morfologia, entretanto, é recorrente o surgimento de fraturas frescas, indicando pouquíssimo transporte, dessa forma, é possível estimar que a sedimentação da Lagoa da Pedras deu-se por fluxos de curta duração, proveniente do entorno imediato (maciço Água Branca), que é extremamente rugoso. Também demonstrou dissolução e microclina, indicando remoção de sílica, e presença de Ph básico.

Figura 78 – Grãos da amostra LP 56, muito fraturado com dissolução.



Para uma melhor explanação dos resultados encontrados, os resultados foram agrupados em tabelas de percentagem (Tabela 09), nestas foram definidas 32 categorias de feições superficiais, a partir daquelas propostas por Goudie e Bull (1984) e Trewin (1995). Estas foram agrupadas em características mecânicas, morfológicas e químicas, expressas a seguir:

FEIÇÕES MECÂNICAS

1. Rachaduras
2. Abrasão das arestas
3. Brocos fraturados ($< 10 \mu$)
4. Brocos fraturados ($> 10 \mu$)
5. Fraturas conchoidais ($< 10 \mu$)
6. Fraturas conchoidais ($> 10 \mu$)
7. Degraus retos
8. Degraus arcuados
9. Estrias paralelas
10. Endentações imbricadas
11. Placas fraturadas
12. Cristas meandantes
13. Ranhuras retilíneas
14. Ranhuras curvas
15. Cavidades mecânicas em "V"
16. Concavidades discoidais

FEIÇÕES MORFOLÓGICAS

17. Arredondado
18. Sub-arredondado
19. Sub-anguloso
20. Anguloso
21. Baixo relevo
22. Médio relevo
23. Alto relevo

FEIÇÕES DE ORIGEM QUÍMICA

24. Cavidades de dissolução orientadas
25. Anastomose
26. Superfície fosca
27. Cavidades de dissolução
28. Fraturas de dissolução
29. Escamação
30. Carapaça
31. Cavidade amorfa
32. Sílica euhedral

Tabela 09 – Perfil Lagoa das Pedras (LP).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
LP 23		Abundante (>75%)					Raro (< 5%)										Esparço (5 – 25%)		Esparço (5 – 25%)	Raro (< 5%)	Esparço (5 – 25%)	Esparço (5 – 25%)	Raro (< 5%)				Abundante (>75%)	Raro (< 5%)	Esparço (5 – 25%)			
LP 56		Abundante (>75%)			Esparço (5 – 25%)		Raro (< 5%)											Esparço (5 – 25%)	Raro (< 5%)	Raro (< 5%)	Raro (< 5%)	Esparço (5 – 25%)	Esparço (5 – 25%)				Abundante (>75%)	Raro (< 5%)	Comum (25 – 75%)			

Legenda:

Abundante (>75%)
Comum (25 – 75%)
Esparço (5 – 25%)
Raro (< 5%)
Ausente

- **Difratometria de Raio – X**

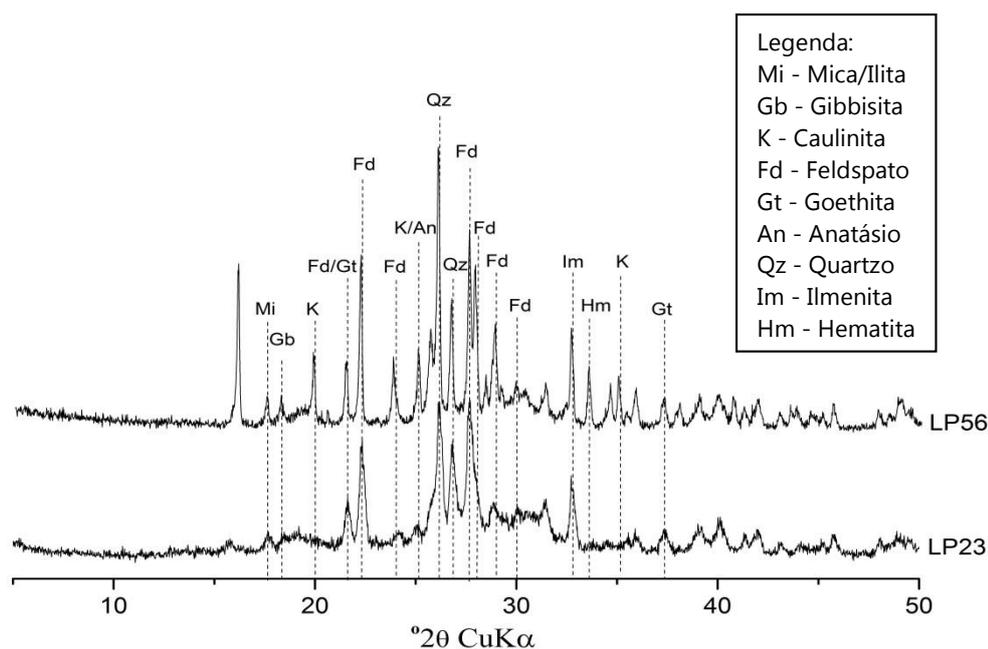
Como dito anteriormente, o objetivo da análise através da Difratometria de Raio-X de argila consiste na caracterização do paleoambiente a partir de minerais específicos que estimem os momentos secos e úmidos perpassados pelo ambiente.

Os minerais que indicam estas mudanças climáticas consistem normalmente na Caulinita, que indica clima úmido, e na Esmectita que indica clima seco.

Conforme demonstrando nos histogramas, os sedimentos analisados da Lagoa das Pedras tem considerável percentagem de silte, este que foi responsável por influenciar os resultados da Difratometria de Raio-X, desta forma, nos gráfico onde tem Feldspato, leia-se Esmectita (montmorilonita).

Para uma melhor visualização dos gráficos de DRX, estes foram montados na ordem do perfil (Figura 79).

Figura 79 – Gráfico de DRX para o Lagoa das Pedras (LP).



Para a classificação de Duchaufour (1982), é possível distinguir no gráfico da Lagoa das Pedras o domínio fersialítico, com grandes picos de esmectitas (Fd) com presença de ilitas (Mi), apresentando ocorrência secundária de caulinita (K) e goethita (Gt). Esta conjuntura indica

o paleobioclima semiárido. O que não exclui a possibilidade de pequenos momentos de umidade. Contudo, é importante observar, que os picos de caulinita (K) para a unidade LP 23 são quase inexpressivos, demonstrando que esta quase não perpassou por momentos úmidos.

A ocorrência de illita nas duas unidades, possivelmente reflete o intemperismo inicial dos feldspatos (microclina).

6. CONCLUSÕES E DISCURSÕES

Leque Malaquias - LM

Após a explanação dos resultados, tornou-se possível observar que a sedimentação do Leque Malaquias deu-se em seis momentos distintos, originando respectivamente as unidades LM 20, *Stone-line*, LM 60, LM 85, LM 110 e LM 125.

A unidade LM 20, indicou ser oriunda de um momento climático inteiramente semiárido. Sua sedimentação foi por fluxo unidirecional, composto de areia lamosa na fração areia média, com presença de grânulos grossos (10% de cascalho). Seus grãos demonstraram alta angulosidade, indicando possível fluxo de detrito com área fonte próxima, este de hidrodinâmica muito alta, comuns à eventos de grande magnitude e baixa recorrência. Sua micromorfologia demonstrou um arranjo placóide de trama quitônica (cristais com filme de argila) com argila *in situ*, com presença de cloritização. O MEV demonstrou presença de dissolução, o que corroborou juntamente com a micromorfologia, a afirmativa de que há pedogênese ativa na unidade. A micromorfologia também apresentou uma granoascendência (da base para o topo), indicando transição de energia dentro do perfil (de baixa para alta) o que gera uma mudança na trama e forte alteração dos Feldspatros e biotita, comum a fluxos de detritos, estes carreadores e responsáveis pela formação da segunda unidade, a *Stone-line*.

A unidade LM 60 demonstrou ser oriunda de um momento semiárido, contudo, com presença de consideráveis picos úmidos, tendo nesta unidade a maior concentração de umidade. Sua sedimentação foi de fluxo unidirecional, composto de areia lamosa na fração areia fina de fácies areno-argilosa. A granulometria apresentou grãos angulosos com uma pequena expressão (3%) de grão arredondados, indicando assim, área fonte próxima, mas com fluxos distintos (tanto laminar quanto de detritos), controlando assim o arredondamento. O fluxo responsável por carrear estes sedimentos foi de hidrodinâmica muito alta com grânulos finos. Sua micromorfologia e MEV demonstraram presença de cloritização e dissolução, indicando pedogênese ativa, com arranjo placóide e trama gefúrica (cristais sem filme de argila).

A unidade LM 85 localizada na paleoravina demonstrou ser distinta das demais em diversos aspectos. Esta unidade é oriunda de clima semiárido com indícios de pontos de relativa umidez. Sua sedimentação foi por fluxo bidirecional, indicando maior turbulência no

fluxo, este composto de lama arenosa na fração areia fina, com fácies areno-argilosa. Seus grãos apresentaram alta angulosidade, indicando área fonte próxima. Seu fluxo foi de hidrodinâmica muito alta com grânulos finos. Para esta unidade não foi possível a confecção de lâmina de solo, entretanto, a pedogênese ativa foi indicada através do MEV.

A unidade LM 110 é oriunda de clima completamente semiárido, com sedimentação por fluxo unidirecional, composto de areia lamosa na fração areia fina. Seus grãos apresentaram angulosidades variáveis, indicando presença de fluxos distintos, estes de hidrodinâmica muito alta com grânulos finos. Sua micromorfologia e MEV demonstraram não haver processo de cloritização, apenas dissolução, com arranjo placóide e trama quitônica (cristais com filme de argila) com argila *in situ*.

A unidade LM 125 é oriunda de clima semiárido com indícios de pontos de relativa umidez. Sua sedimentação foi por fluxo unidirecional composto de areia lamosa na fração areia média. Sua granulometria apresentou grãos de alta angulosidade, indicando fluxo de detritos de área próxima, com hidrodinâmica muito alta com grânulos finos.

Faz-se necessário explicar acerca de algumas características gerais encontradas no Leque Malaquias.

Em todas as amostras do Leque Malaquias foi possível observar a atuação da abrasão, esta que permite o arredondamento do grão, e é a principal evidência de transporte de curta distância. Sugerindo área de fonte próxima.

Outra característica importante encontrada nas amostras do LM é a presença, apesar de ínfima, de fraturas conchoidais, estas são encontradas apenas em minerais de quartzo. A baixa recorrência de quartzo nas amostras, demonstra que o Leque Malaquias está em uma área subsaturada em sílica, esta que é visualizada também pela grande ocorrência de feldspatos potássicos, conhecidos como microclina, conforme demonstrada nas análises de micromorfologia.

Por fim, apesar do LM estar localizada em ambiente semiárido, a presença de água em seu perfil, comprovando a existência de pedogênese ativa com episódios de reumidificação,

se dá pelo fornecimento desta pela drenagem mesmo intermitente, visto que, a presença de argila ajuda a “manter” essa água no perfil.

Plaino Malaquias - PM

Após as análises, o Plaino Malaquias demonstrou ter sua sedimentação instalada em dois momentos, o primeiro formador da unidade PM 10, e o segundo, formador da unidade PM 40.

A unidade PM 10 demonstrou ser oriunda de um momento climático completamente semiárido, composta de fluxo bidirecional de lama arenosa com fração de areia muito grossa e fácies argilo-arenosa. Sua fluxo foi de hidrodinâmica muito alta com grânulos grossos, comuns à eventos de grande magnitude e baixa recorrência. Seus grãos demonstraram presença de componentes fluviais, o que corrobora para estimar ser de fluxo lamoso promovendo certa angulosidade à seus grãos. Sua micromorfologia e MEV demonstraram não haver processo de cloritização, apenas saurização (comum em feldspatos – microclina) e dissolução, indicando pedogênese ativa, com trama pórfiro-enálica (grãos maiores envolvidos por grãos menores) com pouca presença de fábrica e argila.

A unidade PM 40, demonstrou ser oriunda de um momento climático também semiárido, contudo, com indícios de pontos de relativa umidez. Seu fluxo foi unidirecional, composto por areia cascalhosa e areia cascalho lamosa, na fração cascalho com fácies areno-argilosa. Seus fluxos demonstraram ser de baixa energia, com hidrodinâmica moderada, comuns a chuvas episódicas “normais” do semiárido, permanecendo os grãos angulosos, depositados por gravidade. Sua micromorfologia e MEV não apresentaram processo de cloritização, apenas saurização (comum em feldspatos – microclina) e dissolução, indicando pedogênese ativa, com trama porfirídica (domínio total de grãos) com pouquíssima fábrica e argila.

É importante destacar para o Plaino Malaquias a presença de um desarranjo em sua estrutura, forma incomum para antigas barras de canal, entretanto, este desarranjo é comum em estruturas expostas a fluxos intermitentes, pois estes promovem o desarranjo estrutural e remove a argila do perfil, promovendo assim, sedimentos desagregados, incoesos, com pouca

manutenção de água no perfil, esta sendo suficiente para uma pouca pedogênese e sausrutização, mas insuficiente para o processo de cloritização.

Em todas as amostras do Plaino Malaquias foi possível observar a atuação da abrasão, esta que permite o arredondamento do grão e é a principal evidencia de transporte de curta distancia. Sugerindo área de fonte próxima. Assim como, a presença, apesar de ínfima, de fraturas conchoidais, demonstrando ser esta uma área subsaturada em sílica.

Lagoa das Pedras – LP

Após a explanação dos resultados, tornou-se possível observar que a sedimentação da Lagoa das Pedras deu-se em dois momentos, o primeiro originando a unidade LP 23, e o segundo originando a unidade LP 56.

A unidade LP 23 demonstrou ser oriunda de um momento climático completamente semiárido, com fluxo unidirecional, com porto de lama arenosa de fração areia grossa com presença de cascalho, de fácies argilo-arenosa. Seus grãos demonstraram variação em seu arredondamento, justificado pela variação no fluxo transportador, este que foi de hidrodinâmica muito alta com grânulos grossos. A micromorfologia e MEV demonstraram a presença de cloritização e dissolução, com arranjo placóide e trama pórfiro-enálica (grãos maiores envolvidos por grãos menores).

A unidade LP 56 apontou ser oriunda de um momento semiárido com indícios de pontos de relativa umidez. Seu fluxo também foi unidirecional composto por sedimento argilo-arenoso de lama arenosa na fração areia grossa. Sua granulometria demonstrou grãos variando em seu grau de arredondamento, justificado pela variação no fluxo transportador, este que foi de hidrodinâmica muito alta com grânulos finos, indicando curta duração. A micromorfologia e MEV demonstraram presença de cloritização e dissolução, com arranjo placóide e trama pórfiro-enálica (grãos maiores envolvidos por grãos menores).

É importante destacar que a Lagoa das Pedras apresenta gradação granulométrica ascendente, indicando mudança de energia de transporte entre os níveis coletados. Também apresentou fulga de sílica, com a presença de fraturas conchoidais, em virtude de estar recorrentemente alagado, com pedogênese ativa, indicando ambiente básico. Além de

observar a atuação da abrasão, esta que permite o arredondamento do grão e é a principal evidencia de transporte de curta distancia. Sugerindo área de fonte próxima.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em busca da possível reconstrução paleoambiental quaternária do entorno da Serra de Água Branca, esta pesquisa lançou mão de diversos procedimentos laboratoriais e interpretativos, dessa forma, algumas considerações precisam ser explanadas.

As análises laboratoriais demonstraram pequenas divergências em relação ao grau de arredondamento, estas que são justificadas pela escala utilizada em cada análise.

Todas as amostras analisadas apresentaram, com muito ou pouco grau, a presença de água em seus perfis, promovendo a cloritização, sausrutização e dissolução, tal presença é justificada pela localização e formas dos depósitos analisados, sendo assim, tanto o Leque quanto o Plaino Malaquias recebem influencia hídrica do riacho que os corta, e a Lagoa das Pedras é uma área de armazenamento hídrico.

As análises de MEV apresentaram uma série de feições de suma importância para a caracterização do entorno da Serra de Água Branca, uma delas consiste no pouco aparecimento do mineral quartzo, e o surgimento do mineral microclina. Tais minerais têm sua importância no ambiente, tendo em vista que, a ocorrência de pouco quartzo, distinguível pela presença de fraturas conchoidais, demonstra ser uma área subsaturada em sílica e esta abundância ocorre sob a forma de feldspatos potássicos, que é a microclina, esta que se apresenta por uma estrutura romboédrica.

Dito isto, após o resultado de todas as análises foi possível, apesar da ausência de datação por LOE, retratar um panorama das sedimentações e momentos climáticos perpassados em ao entorno da Serra de Água Branca, sendo assim, é possível afirmar com base nos depósitos analisados, que a sedimentação ocorrida ao entorno da Serra de Água Branca é oriunda de cinco *imputs* climáticos distintos, estes com muita, pouca ou nenhuma influência úmida. Tal afirmação é corroborada pelos DRX's estes de demonstram que as amostras LM 20, LM 60 e LM 85, são oriundas dos três primeiros *imputs* ocorridos em Água Branca, o primeiro nenhuma influência de umidez, o segundo com a maior influência de umidez encontrada em todas as unidades e o terceiro com pouca influência, mas esta sendo semelhante em razão de intensidade à ocorrida na amostra LM 125.

As amostras LM 110, LM 125, PM 10, PM 40, LP 23 e LP 56, demonstraram nos DRX's serem oriundas de dois *imputs* climáticos. As amostras LM 110, PM 10 e LP 23, foram depositadas no quarto *imput* ocorrido em Água Branca, este que os indícios apontam como o responsável pela criação da drenagem que formou o Plaino Malaquias e cortou o Leque Malaquias. Este *imput* é considerado de magnitude municipal, pois carregou sedimentos da Serra de Água Branca, até a Lagoa das Pedras, percorrendo 10km.

Não é possível afirmar o tamanho da extensão dos primeiros três *imputs* ocorridos ao entorno da Serra de Água Branca, visto que, só foram encontrados indícios destes no Leque Malaquias.

As amostra LM 125, PM 40 E LP 56, de acordo com os gráficos de DRX's são oriundos do quinto e último *imput* ocorrido ao entorno da Serra de Água Branca, este também de magnitude municipal, e responsável pelas últimas unidades dos depósitos analisados.

Sendo assim, as considerações finais a respeito da evolução paleoambiental quaternária do entorno da Serra de Água Branca foram baseadas na análise morfoestratigráfica dos depósitos em Leque, Plaino e Lagoa. Estes depósitos foram derivados, em sua maioria, por sedimentação gravitacional do tipo fluxo de detrito, através de fenômenos de episódios espasmódicos durante chuvas torrenciais em clima semiárido.

A interpretação da dinâmica geomorfológica através do registro sedimentar encontrado nos depósitos sedimentares forneceram bases para a elucidação de interações entre as mudanças temporais de longo e curto prazo nos processos geomorfológicos no Quaternário tardio na região, cujas repercussões ainda são visíveis na paisagem. Entretanto, a principal dificuldade dessa proposta incide na natureza intrínseca do material, pois os depósitos na forma que se encontram na paisagem, representam apenas uma pequena parcela dos materiais originais que conseguiram permanecer incólumes às perturbações decorrentes das mudanças ambientais da ordem de centenas a milhares de anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB' SABER, A.N. **Domínios morfoclimáticos e províncias fitogeográficas do Brasil**. São Paulo: USP. n.3. 1964.
- BARRETO, A. M. F. **Interpretação Paleoambiental do Sistema de Dunas Fixadas do Médio São Francisco, Bahia**. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade de São Paulo, São Paulo. 1996, 174p.
- BARRETO, A. M. F. et al. **Os depósitos de cacimbas de Pernambuco: aspectos geomorfológicos, geológicos, paleontológicos e paleoambientais**. In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia. Minas Gerais, Anais, 1-2, 2004.
- BIGARELLA, J. J. et al. **Estrutura e Origem das Paisagens tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, Volume 1. 2009.
- BIGARELLA, J. J. et al. **Estrutura e Origem das Paisagens tropicais e Subtropicais**. Florianópolis: Editora da UFSC, Volume 3. 2003.
- BIGARELLA, J. J. & AB'SABER, A. N. **Palaeogeographische und palaeoklimatische aspekte des Kanozoikums in Sued-Brasilien**. Zeitschrift fuer Geomorphologie, v.8,p.286-312, 1964.
- BIGARELLA, J.J & MOUSINHO, M. R. **Considerações a respeito dos terraços fluviais, rampas de colúvio e várzea**. Boletim paranaense de Geografia, N.º 16/17, Julho de, p. 85-116. 1965.
- BIGARELLA, J.J; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J.X. **Considerações a respeito da Evolução das Vertentes**. Boletim paranaense de Geografia, N.º 16/17, Julho de, p. 85-116. 1965.
- BIGARELLA, J.J.; ANDRADE-LIMA, D.& RIEHS, P.J. **Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais do Brasil**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 47: 412-464, 1975.
- BLUM, M. D. & TÖRNQVIST, T. E. **Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward**. Sedimentology, n. 47, p. 2-48, 2000. Supplementum 1.
- BRITO NEVES, B. B.; VAN SCHMUS, W. R.; KOZUCH, M.; SANTOS, E. J. PETRONILHO, L. A **Zona Tectônica de Teixeira Terra Nova – ZTTN – Fundamentos da Geologia Regional e Isotópica**. Geol. USP Sér. Científica, v.5 (1), p. 57-80, 2009.
- CAMARGO FILHO, M. & BIGARELLA, J. J. **Correlação de parâmetros estatísticos de sedimentos de vertentes, rampas de colúvio-alúvio e terraço de várzea da bacia do Bananas – Guarapuava – PR**. Geosul, v. 14, p. 438 – 442, 1998.
- CAMPBELL, E. M. **Granite Landforms**. Journal of the Royal Society of Western Australia. 80(3), 101-112, 1997.
- CASTRO, C. **Morfogênese X Sedimentação: evolução do relevo do Nordeste e seus depósitos correlativos**. Dissertação de Mestrado, Universidade federal de Pernambuco, 1979. 48p.

- CAVALCANTI, L.C.S. **Geossistemas no Estado de Alagoas: uma contribuição aos estudos da natureza em geografia**. Recife. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. 2010. 174p.
- CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas: uma introdução à geografia física**. 7 ed. Porto Alegre. Ed. Bookman. 2012.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo. Ed. Edgard Blucher. 149p. 1974.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blucher, 1999. 236p.
- COSTA, L. M. et al. **Ocorrência de corpos silicosos em horizontes superficiais de solos de diferentes ecossistemas**. Rev. Bras. Ciências do Solo. 34, p. 871-879, 2010.
- 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, Nordeste do Brasil**. Rio Claro, 2001. 386p. Tese de Doutorado – IGCE, UNESP.
- CORRÊA, A. C. B. et al. **Análise geomorfológica e sedimentológica do Gráben de Cariatá, Paraíba**. In: X Congresso da Abequa, Espírito Santo, 2005.
- CORRÊA, A. C. B. et al. **Utilização dos depósitos de encostas dos brejos pernambucano como marcadores paleoclimáticos**. (Manuscrito Inédito).
- CORRÊA, A. C. B. & MENDES, I. A. **O problema das superfícies de erosão: novas abordagens conceituais e metodológicas**. Revista de Geografia, 19 (2): 17-28, 2002.
- CORRÊA, A. C. B. **História geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, NE do Brasil: a perspectiva da etchplanação**. Revista de Geografia, 20 (1):16-24, 2003.
- CORRÊA, A. C. B. **O geossistemas como modelo para a compreensão das mudanças ambientais pretéritas**. Notas de aula, 2005.
- CORRÊA, A. C. B. & SILVA, D. G. **Análise geomorfológica e morfoestratigráfica dos modelados deposicionais da área de Conceição das Crioulas, Salgueiro – PE: um subsídio para a reconstrução paleoambiental**. CLIO Série Arqueológica 22: 28-44, 2005.
- CPRM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Pernambuco**. Recife: CPRM, 2010.
- DUCHAUFOUR, P. **Pedology, Pedogenesis and Classification**. London: George Allen and Unwin, 1972.
- EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análises do Solo**. Ed. Embrapa/CNPS, Rio de Janeiro, 2 ed, 2002, 212p.

EMBRAPA, **Análise mineralógica das frações finas do solo por difratometria de raios-X**. ISSN 1517-5685. Rio de Janeiro. 9p. 2009.

FETT JÚNIOR, N. **Aspectos morfológicos, estratigráficos e sedimentológicos de depósitos quaternários no curso médio do Rio Pardo (município de Candelária, RS)**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Geociências, Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

FITZPATRICK, E. A. **Soil Microscopy and Micromorphology**. New York: Wiley, 1993.

FOLK, R. L. & WARD, W. **Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters**. *Journal of Sedimentary Research*, 27: 3-26, 1957.

FRYE, J. C. & WILLMAN, H. B. **Morphostratigraphic units in Pleistocene stratigraphy**. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, v.46, p.112-113, 1962.

GALE, S.J. & HOARE, P.G. **Quaternary Sediments: Petrographic Methods for the Study of Lithified Rocks**. Londres: Bethaven Press, 318p. 1991.

GALVÃO, D. C. **Reconstrução paleoambiental a partir dos colúvios do entorno da lagoa do Puiú, município de Ibimirim-Pernambuco**. Recife – Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco. 2012.

GOUDIE, A. **Slope process change and colluvium deposition in Swaziland: an sem analysis**. *Earth Surface Processes and Landforms*, v.9, p. 289-299, 1984.

GOUVEIA, S. E. M. et al. **Reconstrução paleoambiental (vegetação e clima) no nordeste do Brasil através dos isótopos do carbono da matéria orgânica dos solos e fragmentos de carvão**. In: X Congresso da Abequa, Espírito Santo, 2005.

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

GUERRA, A. J. T. & CUNHA, S. B. **Ciência Geomorfológica**. In: *Geomorfologia Uma Atualização De Bases e Conceitos*. Rio De Janeiro, Bertrand Do Brasil, 1994, (p.23-45).

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.

HACK, J. T. **Interpretation of erosional topography in humid temperate regions**. *Am. J. Sci.*, v. 258, p. 80-97.

HOOKE, R.B. **Processes on arid: region aluvial fans**. *Journal of Geology*. 75: 438 – 460. 1967.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. 2 ed. Ed. Oficina de Textos. São Paulo. 2010.

LEWIS, D. W. & MCCONCHIE, D. **Analytical Sedimentology**. New York, London: Chapman. 197 p. 1994.

MABESOONE, J. M. **Sedimentologia**. Recife: Editora Universitária, 1983.

- MABESOONE, J. M. et al. **Ambiente semiárido do Nordeste do Brasil: 1. Os rios efêmeros.** Série B: Estudos e Pesquisas. v.4, p.83-91, 1981.
- MABESOONE, J. M. et al. **Desenvolvimento dos tanques fossilíferos no semiárido Norte-Riograndense.** In: Congresso Brasileiro de GeologiaI, 36, Anais, p.733-741, 1990.
- MABESOONE, J. M. & CASTRO, C. **Desenvolvimento do Geomorfológico do Nordeste Brasileiro.** In: Boletim da Sociedade de Geologia Núcleo Nordestino, Recife (3): 5-36, 1975.
- MABESOONE, J. M. **Ciclicidade e relevo.** Revista Brasileira de Geomorfologia, v.1, p. 68-72, 2000.
- MACMANUS, J. **Grain Size determination and interpretation.** In: TUCKER, M. Techniques in sedimentology. Cambridge: Blackwell, 1988. p. 63-85.
- MEIS, M. R. M. & MOURA, J. R. S. **Upper Quaternary sedimentation and hillslope evolution: Southeastern Brazilian Plateau.** American Journal of Science, Vol. 284, p. 241-254, 1984.
- MELO, A. B. C. **Previsibilidade da precipitação na Região Semi-Árida do Nordeste do Brasil, durante a estação chuvosa, em função do comportamento diário das chuvas na pré-estação.** Dissertação de Mestrado, Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade Federal da Paraíba, 1997.
- MELLO, C. L. et al. **Estudo faciológico dos depósitos sedimentares holocênicos com base na estrutura deposicional – médio vale do Paraíba do Sul.** In: SBJ/RJ, Simpósio de Geologia do Sudeste, 2. São Paulo, Anais, 19 – 26, 1991.
- MELLO, C. L. et al. **Estratigrafia e relações morfotectônicas da ocorrência de depósitos cenozóicos na área do Cafundo (Barra Mansa, RJ).** In: SBG, Simpósio de Geologia do Sudeste, 4, Águas de São Pedro. Boletim de Resumos, p. 90, 1995.
- MIALL, A. D. **The geology of fluvial deposits Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology.** Berlim: Springer-Verlag, 582p., 1996.
- MISSURA, R. **Bacia do Riacho Pioré-PE, análise morfotectônica e morfoestratigráfica.** Tese de Doutorado, Departamento de Ciências Geográficas, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.
- MOURA, J. R. S. **Complexo de rampas de colúvio.** In: Cunha, S. N., Guerra, A. J. T. Geomorfologia do Brasil, Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 1998, 338p.
- MOURA, J. R. S. & MEIS, M. R. M. **Contribuição à estratigrafia do Quaternário Superior no médio vale do rio Paraíba do sul, Bananal (SP).** Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v. 58, p. 89 – 102, 1986.
- MOURA, J. R. S.; MELLO, C. L. **Classificação aloestratigráfica do Quaternário superior da região de Bananal (SP/RJ).** Revista Brasileira de Geociências. V. 21, p. 236 – 254, 1991.
- MUTZENBERG, D. **Gênese e ocupação pré-histórica do Sítio Arqueológico Pedra do Alexandre: uma abordagem a partir da caracterização paleoambiental do Vale do Rio Carnaúba – RN.**

Recife - Dissertação de Mestrado, Departamento de Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco, 2007. 142p.

MUTZENBERG, D. **Ambientes de ocupação pré-histórica no Parque Nacional Serra da Capivara.** Recife – Tese de Doutorado, Departamento de Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco, 2010.

NETOFF, D. I. and CHAN, M. A. **Aeolian activity at a giant sandstone weathering pit in arid south-central Utah: Earth Surface Processes and Landforms.** v. 34 p. 99-108. 2009.

PEJRUP, M. **The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach.** In: DE BOER, P. L., VAN GELDER, A., NIO, S. D. (eds). *Tideinfluenced Sedimentary Environments and Facies.* Ridel, Dordrecht, 289-300, 1988.

RIBEIRO, A. S. **Dinâmica paleoambiental da vegetação e clima durante o Quaternário Tardio em domínios da mata Atlântica, brejo do semi-árido e cerrados nordestinos, utilizando isótopos do carbono da matéria orgânica do solo e das plantas.** Tese (Doutorado em Ciências) Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002, 193 p.

SAHU, B. K. **Depositional mechanisms from size analysis of clastic sediments.** *Journal of Sedimentary Petrology*, 34: 73-83, 1964

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História Ecológica da Terra.** São Paulo: Edgard Blucher, 1994.

SANTOS, J. C. **Reconstrução paleoambiental dos depósitos sedimentares neogênicos do Parque Nacional Serra da Capivara e circunvizinhanças, Piauí.** Tese de Doutorado. Departamento de Geociências. Universidade Federal de Pernambuco, 2007. 182p.

SANTOS, M. **Serra da Mantiqueira e Planalto do Alto Rio Grande: a bacia terciária de Aiuruoca e evolução morfotectônica.** IGCE/UNESP – Rio Claro - Tese de Doutorado, 2V. 134p. 1999.

SELBY, M.J. **Earth's Changing Surface.** London: Clarendon, 1992.

SILVA, D. G. **Evolução Paleoambiental dos Depósitos de Tanques em Fazenda, Município de Brejo da Madre de Deus, Pernambuco.** Dissertação de Mestrado. Recife – Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco, 155p. 2007.

SILVA, D.G. **Reconstrução da Dinâmica Geomorfológica do Semiárido Brasileiro no Quaternário Superior a Partir de Uma Abordagem Multiproxy.** Recife - Tese de Doutorado – Universidade Federal de Pernambuco, 277p. 2013. 277p.

SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B. **Contribuição à interpretação geomorfológica da gênese das cacimbas de Conceição das Crioulas, Salgueiro – PE, e dos seus preenchimentos sedimentares.** In: V Simpósio Nacional de Geomorfologia. Anais de Trabalhos Completos. Santa Maria, 1-11, 2004.

SHAKESBY, R. A. et al. - **The Schmidt hammer as a Holocene calibrated-age dating technique: Testing the form of the R-value- age relationship and defining the predicted-age errors.** In: *The Holocene.* 15p. 2011.

- STOOPS, G. **Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections**. SSSA. Madison, WI., 184pp + CD, 2003.
- SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. Edgard Blücher, São Paulo, 2003. 400 p.
- SUGUIO, K *et al.* **Quaternário do Brasil**. Ed. Holos, Ribeirão Preto, 2005. 382 p.
- SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- STANISTREET, I.G.; MACCARTHY, T.S. **The Okavango fan and the classification of subaerial fan systems**. *Sedimentary Geology*. 86:11-133. 1993.
- THOMAS, M. F. **Geomorphology in the tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichesters: John Wiley and Sons, Ltd., 1994.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.
- TUCKER, M. **Techniques in Sedimentology**. London: Blackwell, 1995, p. 229 -273.
- TWIDALE, C. R. **Granite Landforms**. Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing Co., 1982. 372p.
- VIDAL ROMANÍ, J. & TWIDALE, R. C. **Formas y paisajes graníticos**. Universidade da Corunã, A Corunã. 1998.
- ZANE. **Zoneamento Agroecológico do Nordeste**. Recife: ZANE, 2006.