



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA - CCEN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA - PPGG
MESTRADO EM GEOGRAFIA**

JEOVANES LISBOA DA SILVA FILHO

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DOS PREENCHIMENTOS
SEDIMENTARES EM MARMITAS DE DISSOLUÇÃO NO MACIÇO DA
SERRA DA BAIXA VERDE PB/PE**

**JOÃO PESSOA - PB
2020**

JEOVANES LISBOA DA SILVA FILHO

**CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DOS PREENCHIMENTOS
SEDIMENTARES EM MARMITAS DE DISSOLUÇÃO NO MACIÇO DA
SERRA DA BAIXA VERDE PB/PE**

Dissertação apresentada em cumprimento às exigências do Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG, da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, como requisito necessário para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza

Área de concentração: Território, Trabalho e Ambiente.

Linha de pesquisa: Gestão do Território e Análise Geoambiental

**JOÃO PESSOA - PB
2020**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586c Silva Filho, Jeovanes Lisboa da.
Caracterização geomorfológica dos preenchimentos
sedimentares em marmitas de dissolução no maciço da
Serra da Baixa Verde PB-PE / Jeovanes Lisboa da Silva
Filho. - João Pessoa, 2020.
101 f. : il.

Orientação: Jonas Otaviano Praça de Souza.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Geomorfologia. 2. Intemperismo químico. 3. Ambiente
sub-úmido. 4. Marmitas de dissolução. I. Souza, Jonas
Otaviano Praça de. II. Título.

UFPB/BC CDU 551.4(043)

**“CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA DOS PREENCHIMENTOS
SEDIMENTARES EM MARMITAS DE DISSOLUÇÃO NO MACIÇO DA
SERRA DA BAIXA VERDE PB/PE”**

por

Jeovanes Lisboa da Silva Filho

Dissertação de Mestrado apresentada ao Corpo Docente do Programa de Pós-Graduação em Geografia do CCEN-UFPB, como requisito total para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Território, Trabalho e Ambiente

Aprovada por:



Prof. Dr. **Jonas Otaviano Praça de Souza**

Orientador



Prof. Dr. **Bartolomeu Israel de Souza**

Examinador interno



Prof. Dr. **Antonio Carlos de Barros Corrêa**

Examinador externo

**Universidade Federal da Paraíba Centro de
Ciências Exatas e da Natureza
Programa de Pós-Graduação em Geografia
Curso de Mestrado e Doutorado em Geografia**

Outubro/2020

AGRADECIMENTOS

Ao **Programa de Pós-Graduação em Geografia - PPGG**, da **Universidade Federal da Paraíba - UFPB**, pelo acolhimento e contribuição a formação acadêmica.

No superlativo, agradeço ao meu orientador, **Prof. Dr. Jonas Otaviano Praça de Souza**, pela disposição em me conduzir nesta fase de construção intelectual, e pelos ensinamentos fundamentais ao desfecho da pesquisa.

Ao **Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza** - UFPB, e, também, ao **Prof. Dr. Antônio Carlos de Barros Correa** - UFPE, por todo desprendimento em colaborar na avaliação desde o exame de qualificação.

Aos membros do **Grupo de Estudos em Ambientes Fluviais Semiáridos** – GEAFS, por toda ajuda e amparo, principalmente nos trabalhos de campo e de laboratório.

Direciono agradecimentos em particular a **Leonardo Martins, Virna Franco, Gabriel da Nóbrega, Renilson Ramos, Jeferson Maurício e Ligia Levy** por toda abnegação e ombidade.

Aos meus pais, **Jeovanes Lisboa e Joelma Lisboa**, sempre compreensivos e colaborativos, além do respeito a minha ausência em muitos momentos.

Não poderia deixar de registrar um singelo agradecimento a minha orientadora da graduação e amiga, **Prof^a. Dr^a. Maria Betânia Moreira Amador** da UPE-Campus Garanhuns, *In Memoriam*, por todo incentivo ao esforço de seguir em frente.

Ao **Prof. Dr. Salvador Carpi Junior** - UNICAMP, e ao **Prof. Dr. Daniel Dantas Moreira Gomes** –UPE, pelo respeito e amizade cultivada.

Aos conterrâneos da UPE/Garanhuns, quais sejam: **Aline Santos, Macelle Soares, Renilson Ramos, Samuel Othon, Fernando Alexandre, Carlos Eduardo, Ana Severo, Renner Vergulino, Jackson Fortunato e Leticia Dias**, sempre prestativos.

Ao **Laboratório de Qualidade Ambiental – LAQA**, Departamento de Química (UFPB); **Laboratório de Materiais Metálicos - LMM**, Departamento de Engenharia de Materiais (UFPB), **Laboratório de Estudos Geológicos e Ambientais - LAGAM**, Departamento de Geociências - UFPB; **Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Ambiental** - LAGMA, Departamento de Geografia -UPE/Garanhuns.

Ao meu gato, **Velentino**, por todo companheirismo no decorrer da escrita, bem como a **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES**, pela bolsa de mestrado. Por fim, agradeço a todos que contribuíram de alguma maneira para a concretização do presente trabalho.

EPIÍGRAFE

Afinal, de que serviriam todos os saberes senão para formar uma configuração que responda as nossas expectativas, nossos desejos e nossas interrogações cognitivas?
(MORIN, 2003, p. 108).

RESUMO

Tendo-se em vista a diversidade paisagística e geomorfológica do semiárido brasileiro, se faz necessário o desenvolvimento de pesquisas que possam compreender os processos geomorfológicos atuantes ao longo do tempo, numa perspectiva de reconstrução da paisagem. A presente dissertação tem como objeto de estudo as Marmitas de Dissolução e seus preenchimentos sedimentares, centrados nas encostas e patamares com altitudes superiores a 700 m, no maciço residual da Serra da Baixa Verde PB/PE. O fundamento balizador da pesquisa foi de que as feições geomorfológicas trabalhadas, sazonalmente alagadas, sua gênese está associada ao intemperismo químico atuante ao longo do tempo, sob condições de climas secos (semiárido e sub-úmido). Desse modo, o objetivo central foi realizar uma caracterização do cenário geomorfológico dessas feições geomorfológicas. Portanto, o primeiro passo foi a identificação, mapeamento e caracterização morfológica com auxílio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), bem como a classificação morfológica pautada em Gutiérrez (2005) e Silva, Correa e Amorim (2017). Na sequência, a caracterização sedimentológica e morfoestratigráfica permitiram compreender o encadeamento evolutivo dos preenchimentos sedimentares. A análise geoquímica, por sua vez, por meio da técnica Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX), evidenciou o grau de alteração do sedimento, através dos índices de K_i e K_r , além da composição química que está em consonância com a litologia local. Os dados indicaram que os sedimentos são de caráter *in situ*, e geoquimicamente pouco amadurecidos, com grande concentração de sílica, alumínio, ferro e potássio. Foram identificados, também, óxidos considerados poluentes como o Pentóxido de Difósforo (P_2O_5) e o Trióxido de Enxofre (SO_3). As características dos sedimentos, tais como a granulometria, sua natureza química e arranjo estratigráfico forneceram dados de processos pretéritos, indicando que a morfologia da paisagem emerge das ligações entrelaçadas entre litologia, solo, clima, resistência ao intemperismo, entre outros. Logo, a presente pesquisa colabora com a compreensão da evolução de Marmitas de Dissolução no semiárido do Nordeste brasileiro.

Palavras-chave: Marmitas de Dissolução, Intemperismo Químico, Ambiente Sub-Úmido.

ABSTRACT

It is necessary to develop research that can understand the geomorphological processes that operate over time, in a perspective of landscape reconstruction. The present dissertation has as its object of study the Dissolution Weathering pits and their sedimentary fillings, centred on the slopes and plateaus with altitudes above 700 m, in the residual massif of Serra da Baixa Verde (PB-PE). The guiding principle of the research was that the geomorphological features worked on here, seasonally flooded, their genesis is associated with chemical weathering that works overtime, under dry climates conditions (semiarid and sub-humid). Thus, the central objective was to characterize the geomorphological scenario of these geomorphological features. Therefore, the first step was the identification, mapping and morphological characterization with the aid of Unmanned Aerial Vehicle (UAV), as well as the morphological classification based on Gutiérrez (2005) and Silva, Correa and Amorim (2017). The sedimentological and morpho-stratigraphic data allowed to understand the evolutionary chain of the sedimentary fillings. The geochemical analysis, in turn, using the X-Ray Fluorescence Spectrometry (FRX) technique, showed the degree of sediment change, through the Ki and Kr indices, in addition to the chemical composition, which is in line with the lithology local. The data indicated that the sediments are of a character in situ, and geochemically little ripened, with a high concentration of silica, aluminium, iron and potassium. Oxides considered polluting were also identified, such as Diphosphorus Pentoxide (P₂O₅) and Sulfur Trioxide (SO₂). The characteristics of the sediments, such as granulometry, their chemical nature and stratigraphic arrangement provided data from past processes. They are indicating that the landscape morphology emerges from the intertwined links between lithology, soils, climate, weathering resistance, among others. Therefore, this research collaborates with the understanding of the evolution of Dissolution Lunchboxes in the semiarid region of Northeast Brazil.

Keywords: dissolution pits, chemical weathering, sub humid environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Localização da Área de Estudo.....	16
Figura 02 - Mapa Geológico.....	19
Figura 03 - Mapa de Altimetria.....	23
Figura 04 - Mapa de Declividade	24
Figura 05 - Fluxograma Metodológico.....	52
Figura 06 - Mapa de localização dos pontos	60
Figura 07 - Ortomosaico do ponto 01 e suas feições morfológicas nas figuras A, B e C. Fotos registradas em outubro de 2019.....	62
Figura 08 - Topografia do ponto 01 com os perfis A-B e C-D mostrando a variação altimétrica	63
Figura 09 - Ortomosaico do ponto 02 e suas feições morfológicas nas figuras A, B e C. Fotos registradas em outubro de 2019.....	64
Figura 10 - Topografia do ponto 02 com os perfis A-B e C-D mostrando a variação altimétrica	65
Figura 11 - Ortomosaico do ponto 03 e suas feições morfológicas nas figuras A, B e C. Fotos registradas em outubro de 2019.....	67
Figura 12 - Topografia do ponto 03 com os perfis A-B e C-D mostrando a variação altimétrica	68
Figura 13 - Imagem A com uma visão horizontal do ponto de coleta no período chuvoso, e a imagem B no período seco. Fotos registradas em abril e outubro de 2019, respectivamente	69
Figura 14 - Localização dos Pontos de Coleta	70
Figura 15 - Perfil Estratigráfico do Ponto de Coleta 01	71
Figura 16 - Perfil Estratigráfico do Ponto de Coleta 02	73
Figura 17 - Perfil Estratigráfico do Ponto de Coleta 03	75
Figura 18 - Perfil Estratigráfico do Ponto de Coleta 04	77

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Informações das Unidades Geológicas.....	20
Tabela 02 - Localização geográfica dos pontos.....	59
Tabela 03 - Dados topográficos e informações sobre os pontos	60
Tabela 04 - Caracterização sedimentológica com os valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras	72
Tabela 05 - Caracterização sedimentológica com os valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras	73
Tabela 06 - Caracterização sedimentológica com os valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras	75
Tabela 07 - Caracterização sedimentológica com os valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras	77
Tabela 08 - Análise Geoquímica em %	79
Tabela 09 - Índices de K_i e K_r	82

SIGLAS

- 01 APAC** - Agência Pernambucana de Água e Clima
- 02 AESA** - Agência Executiva de Gestão das Águas
- 03 CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
- 04 CPRM** – Serviço Geológico do Brasil
- 05 FRX** - Fluorescência de Raios - X
- 06 GPS** - Sistema de Posicionamento Global
- 07 IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- 08 LMM** - Laboratório de Materiais Metálicos
- 09 LAQA** - Laboratório de Qualidade Ambiental
- 10 LAGMA** - Laboratório de Geoprocessamento e Modelagem Ambiental
- 11 MDE** - Modelo Digital de Elevação
- 12 UFPB** - Universidade Federal da Paraíba
- 13 ²¹⁰Pb** - Chumbo 210
- 14 PPGG** - Programa de Pós-Graduação em Geografia
- 15 PE** - Pernambuco
- 16 PB** - Paraíba
- 17 SIG** - Sistema de Informação Geográfica
- 18 UFPE** - Universidade Federal de Pernambuco
- 19 UFPB** - Universidade Federal da Paraíba
- 20 VANT** - Veículo Aéreo Não Tripulado

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	16
3.1 Localização da Área	16
3.2 Aspectos Geológicos	17
3.2.1 Geologia Regional	17
4. Características Gerais das Unidades Geológicas	21
4.1 Arcabouço Geomorfológico	22
4.1.1 Morfometria.....	22
4.1.2 Morfologia.....	22
4.2 Aspectos Climáticos	24
4.3 Aspectos Pedológicos.....	25
4.4 Vegetação, Uso e Ocupação do Solo.....	26
5 O ESTADO DA ARTE DE RESERVATÓRIOS EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS	27
5.1 Introdução.....	27
5.2 Paisagens Secas do Semiárido e suas Áreas de Exceção.....	28
5.2.1 Paisagem.....	29
5.2.2 Paisagens Secas	30
5.3 Áreas de exceção no semiárido brasileiro	30
5.3.1 Brejos de Altitude.....	32
5.4 Reservatórios Naturais em Ambientes Secos	35
5.5 Marmitas de Dissolução em Ambiente Semiárido	37
5.6 Modelos Teóricos e Metodológicos para Análise de Lagos em Ambientes Semiáridos	41
5.7 Análise de Depósitos Sedimentares.....	47
5.8 Abordagem Morfoestratigráfica Aplicada aos Estudos do Quaternário	48
6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
6.1 Procedimentos Metodológicos	53
6.1.1 Identificação e Mapeamento das Marmitas de Dissolução.....	53
6.2 Levantamento Topográfico	54
6.3 Análise Sedimentológica	55
6.3.1 Granulometria.....	55
6.4 Análise Morfoestratigráfica.....	56
6.5 Análise Geoquímica	57
6.5.1 Procedimentos para Identificação de Argilominerais por decifração de raio X	57
6.5.2 Índices de Ki e Kr.....	58
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES	59
7.1 Caracterização Morfológica das Marmitas de Dissolução na Serra da Baixa Verde PB/PE	59
7.1 Ponto 01.....	61
7.2 Ponto 02.....	64
7.3 Ponto 03.....	66
8 ESTRATIGRAFIA E SEDIMENTOLOGIA	69

8.1 Estratigrafia e Sedimentologia do Ponto 01	71
8.2 Estratigrafico e Sedimentologia do Ponto 02	72
8.3 Estratigrafico e Sedimentologia do Ponto 03	74
8.4 Estratigrafico e Sedimentologia do Ponto 04	76
9 ANÁLISE GEOQUÍMICA.....	79
9.1.1 Indices de Ki e Kr.....	81
10 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	85
Referencias	86

1 INTRODUÇÃO

No semiárido brasileiro encontram-se diversas paisagens geomorfológicas que oportunizam estudos de naturezas diversas, a depender do objetivo de cada pesquisador em sua área de atuação. No âmbito da Geografia Física, toma-se como um dos campos de atuação a Geomorfologia, que se dedica em entender as formas do relevo terrestre (morfoestruturas e morfoesculturas) e seus processos endógenos (construtores) e exógenos (modeladores). Portanto, ressaltar elementos do relevo em seu contexto geomorfológico, predispõe de alguns procedimentos técnicos e metodológicos, evidenciando no primeiro momento a aproximação com a paisagem, seus processos e formas.

A área estudada centra-se na Serra da Baixa Verde PB/PE, que é um compartimento do relevo que está sobre o nível geral do Planalto da Borborema, sob a forma de cristas e maciços residuais, que se constitui num dos maiores espaços de exceção climático-ecológico encravado no core do semiárido do Nordeste do Brasil, um Brejo de Altitude (CORREA, 1997). O Planalto da Borborema, por sua vez, corresponde ao conjunto de terras altas contínuas que se distribuem ao longo da fachada do Nordeste oriental do Brasil, onde os limites são marcados por uma série de desnivelamentos topográficos, cuja gênese epirogênica está ligada ao desmantelamento de Gondwana e ao magmatismo intraplaca atuante ao longo do Cenozóico (CORREA *et al.*, 2010).

As Marmitas de Dissolução encravadas na paisagem e na geomorfologia desta Serra são extremamente importantes, as quais complementam a captação de água para suprir as necessidades da população em suas atividades domésticas e agropecuárias, em uma área onde predominam rios efêmeros e intermitentes. Sabe-se, também, que esses reservatórios estão sujeitos aos mesmos impactos resultantes dos processos erosionais que ocorrem nos rios. A retirada da vegetação, o manejo inadequado do solo e a ocupação nas áreas ao entorno influenciam, diretamente, os regimes hidrológicos, hidráulicos e sedimentológicos, além da qualidade de suas águas superficiais (BELLINASSO e PAIVA, 2007; FERREIRA, 2012).

Portanto, a caracterização geomorfológica e a compreensão da evolução dessas Marmitas em ambiente semiárido e suas áreas de exceção, ou seja, os Brejos de Altitude, com características peculiares frente ao contexto climático-ecológico-geomorfológico é significativo. Entender as nuances presentes na complexidade dos elementos geológicos,

climatológicos, pedológicos, vegetação, recursos hídricos, entre outros, é uma atividade que requer uma análise sistêmica da estrutura física da paisagem.

Sob essa perspectiva, a presente dissertação traz como objeto de estudo as Marmitas de Dissolução e seus preenchimentos sedimentares, centrados nas encostas e patamares com altitudes superiores a 700 m, no maciço residual da Serra da Baixa Verde. A perspectiva norteadora da pesquisa foi de que as feições geomorfológicas trabalhadas, sazonalmente alagadas, sua gênese está associada ao intemperismo químico atuante ao longo do tempo, sob condições de climas secos (semiárido e sub-úmido), estocando sedimento *in situ*, se configurando como um instrumento indispensável à interpretação das mudanças ambientais recentes. Desse modo, o objetivo central foi realizar uma caracterização do cenário geomorfológico dessas feições.

Assim, a identificação dessas depressões foi o primeiro passo, onde em sequência foi realizada a caracterização morfológica, sedimentológica, morfoestratigráfica e geoquímica, numa perspectiva de entendimento da gênese, evolução e dinâmica ambiental das Marmitas de Dissolução. O referencial teórico e metodológico é norteado pela concepção sistêmica, a qual forneceu condições de visualizar a inter-relação entre as técnicas adotadas, com resultados diferentes, mas que na verdade são complementares.

Verifica-se que a literatura nacional e internacional ainda requer trabalhos que abordem sobre a gênese, evolução e as mudanças ambientais recentes em Marmitas de Dissolução em ambiente sub-úmido. Assim, este trabalho vincula-se a uma linha de investigação ainda pouco explorada pela ciência geomorfológica.

Neste ensejo, procura-se apresentar, em linhas gerais, o corpo do trabalho: o primeiro tópico é dedicado a caracterização da área, contendo informações geológicas, arcabouço geomorfológico, solo, clima, uso e ocupação. Na sequência, encontra-se o corpo teórico pautado “no estado da arte de reservatórios em ambiente semiárido”. Os materiais e métodos, por sua vez, abordam o passo a passo para se chegar ao objetivo desejado.

Os resultados e as discussões se subdividem em três tópicos, sendo o primeiro dedicado a caracterização e a classificação morfológica das depressões sazonalmente alagadas, estabelecida com Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT. Compreender sua geometria foi fundamental para classificar as Marmitas com base em sua seção transversal, seguindo a proposta metodológica de Gutiérrez (2005), também adotada por Silva, Correa e Amorim (2017).

No segundo tópico é abordado a caracterização sedimentológica e morfoestratigráfica, com informações sobre os processos físicos dos sedimentos. As

sequências sedimentares relevam registros da história evolutiva da paisagem, principalmente, quando associada a abordagem morfoestratigráfica, onde foi possível relacionar as características granulométricas com a evolução *in loco*.

O terceiro tópico é destinado a caracterização geoquímica dos preenchimentos sedimentares, os quais estão em consonância com a litologia local, revelando o caráter *in situ* do material acumulado. Os índices de Ki e Kr revelaram que o solo se encontra em seu grau inicial de intemperismo, com grandes concentrações de sílica, alumínio, ferro e potássio. Sua coloração é cinza escuro, com bastante umidade e a presença de mosqueado, além de matéria orgânica nas unidades superficiais.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Identificar e classificar as Marmitas de Dissolução, bem como analisar seus preenchimentos sedimentares com vistas a compreender sua gênese e evolução.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar e mapear as Marmitas de Dissolução na Serra da Baixa Verde PB-PE;
- Caracterizar morfológicamente as Marmitas;
- Realizar a análise estratigráfica e sedimentológica dos depósitos que as preenchem;
- Caracterizar geoquimicamente os sedimentos.

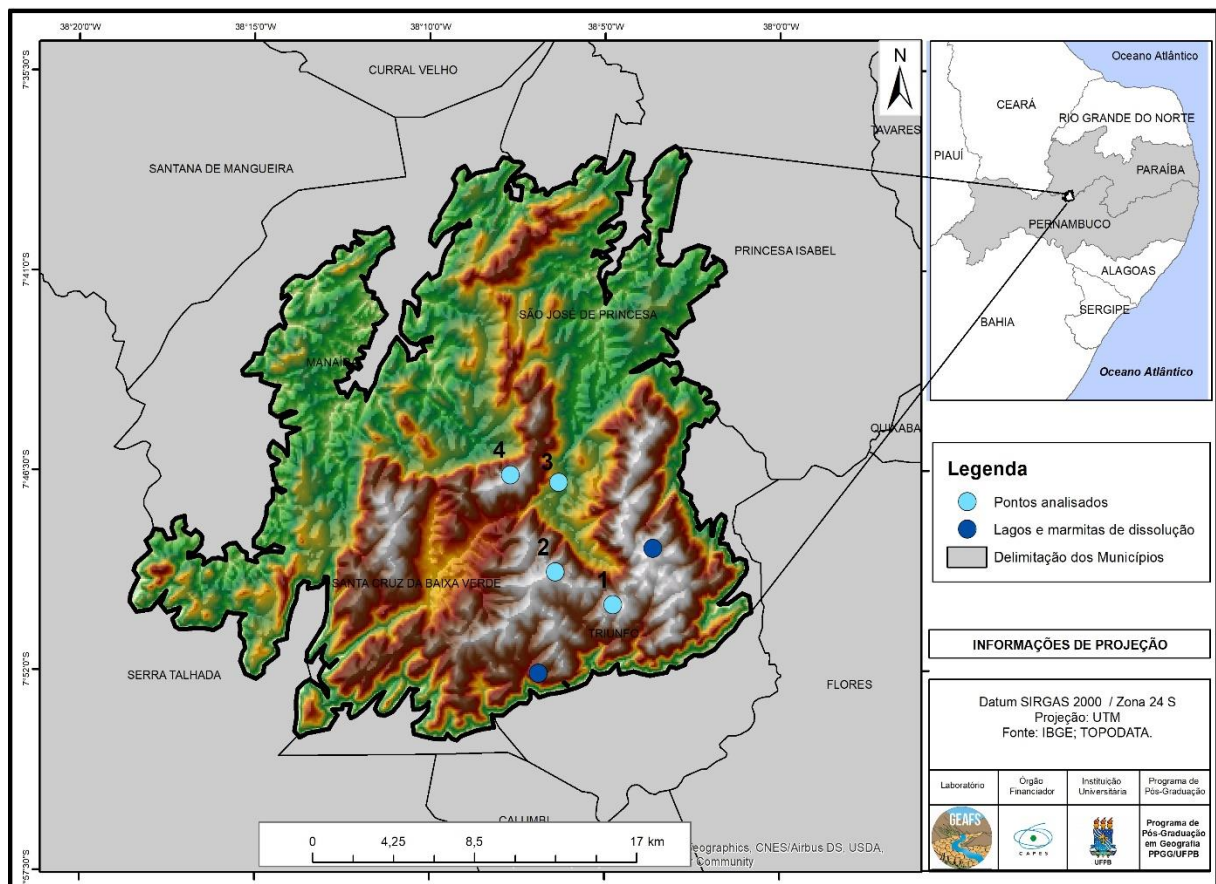
3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 Localização da Área

A área estudada localiza-se no limite Pernambuco-Paraíba PE/PB, centrada nas encostas e patamares com altitudes superiores a 700 metros, no maciço residual da Serra da Baixa Verde, com pontos distribuídos em alguns municípios, tanto em PE, quanto na PB, quais sejam: Triunfo e Santa Cruz da Baixa Verde, na microrregião do Pajeú, e São José de Princesa, na Paraíba, pertencente a microrregião da Serra de Teixeira (Figura 01).

Os pontos 01, 02, 03 e 04 identificados na figura 01 foram visitados por ocasião dos trabalhos de campo exploratório e de coleta. Já os demais pontos identificados com coloração azul escuro não foram visitados no período dos trabalhos de campo, os quais podem ser melhor analisados em trabalhos posteriores.

Figura 01: Localização da Área de Estudo



O Maciço da Serra da Baixa Verde é estruturado em um batólito sienítico, apresentando dois sistemas de prováveis grábens que se localizam no alto estrutural do Planalto da Borborema

e são controlados por falhamentos. Dista cerca de 400 km da capital pernambucana, Recife, e 443 da capital paraibana, João Pessoa, ocupando uma área total de 565,7 km².

Este setor da Borborema se encontra sob um contexto de cristas e maciços residuais, se porta também como um divisor hidrográfico, separando as Bacias do rio Piancó, ao norte, e do Pajeú, ao sul. O maciço está sobre os terrenos do embasamento cristalino e da Província Estrutural da Borborema, confinada pela chamada zona transversal ou “Median shear corridor”, de acordo com Brito Neves *et al.*, (2000, 2001) e Almeida *et al.*, (2000). Esta zona tem os seus limites ao norte, com o lineamento Patos e ao sul, com o lineamento Pernambuco e constitui corpos sieníticos de dimensões extensas e variadas, estruturando batólitos, *stocks* e diques, que se encontram, ora em concordância, ora em discordância, aos trends regionais (CORREA, 2001).

3.2 Arcabouço Geológico

A compreensão do contexto geológico de uma determinada área é indispensável para a contextualização do ponto de vista geomorfológico, pois o substrato geológico, formado pela estrutura ou disposição das rochas e pelas unidades litológicas, que compreendem a sua constituição mineral, representa a matéria principal do sistema físico-ambiental, pois são sobre as rochas que o relevo é esculpido e desgastado, fornecendo, desse modo, os sedimentos e constituindo os modelados de erosão e de acumulação (HAGGE e ALMEIRA, 2001). Portanto, torna-se necessário compreender a geologia, o relevo, o clima, o solo, a vegetação, o uso e ocupação do solo de forma sistêmica.

3.2.1 Geologia Regional

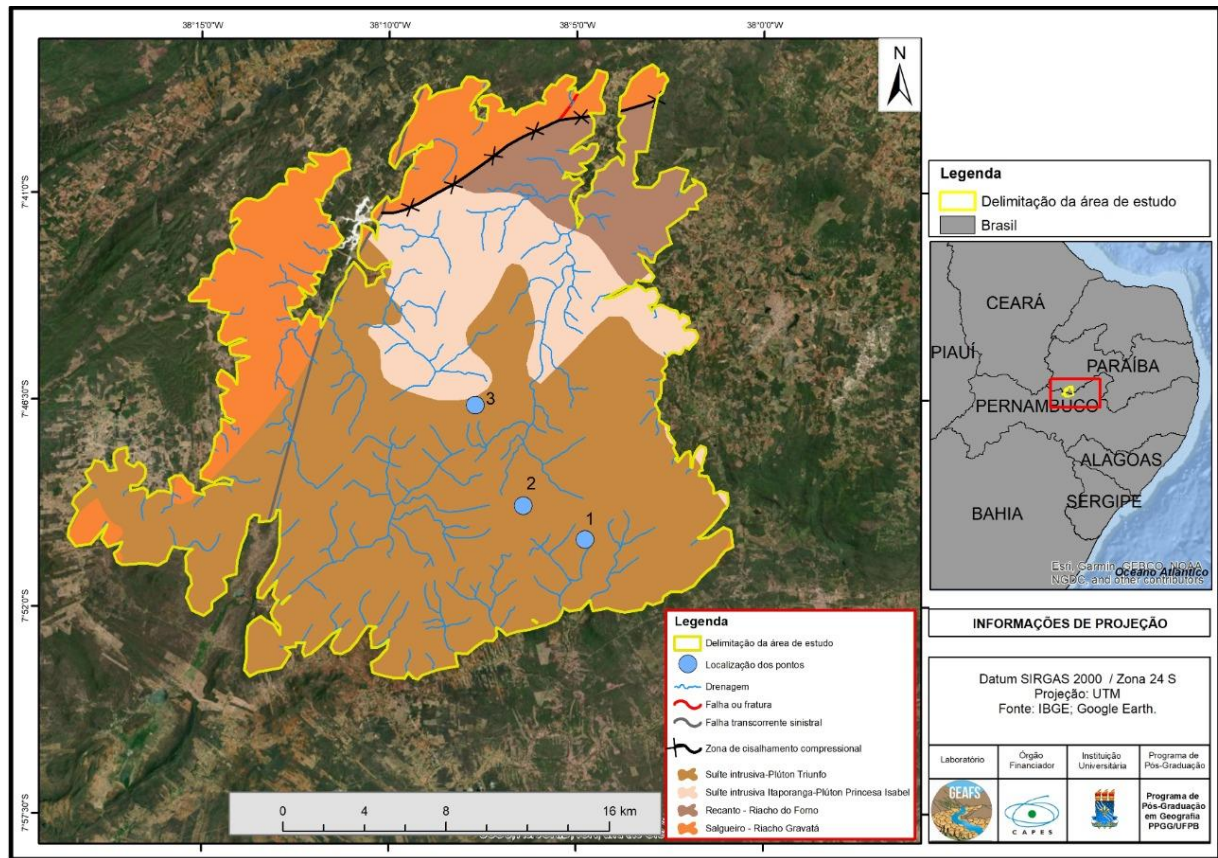
A Serra da Baixa Verde se impõe na paisagem como um maciço residual, o qual representa a escapa ocidental da província Borborema, limitando-se a oeste pela Bacia Sedimentar do Parnaíba, ao sul pelo Cráton do São Francisco, a leste pelas bacias da margem continental e por Depósitos Quaternários Costeiros. Compreende um mosaico de remanescentes de micro continentes (crátons) e orógenos do Arqueano, Paleoproterozoico e Mesoproterozoico, amalgamados por faixas móveis brasileiras, estas expostas como remanescentes de bacias de margens passivas invertidas ou por corpos, por vezes batolíticos de um intenso plutonismo granítico de arco continental brasileiro e pós-orogênico (IBGE, 2019).

A Província Borborema é definida como uma entidade tectônica situada no Nordeste do Brasil, caracterizada pela atuação do ciclo Brasileiro/Pan-africano (ALMEIDA *et al.*, 1981). A feição mais marcante da orogênese brasileira na Província Borborema é o volumoso magmatismo, predominantemente granítico, temporal e espacialmente associado a extensas zonas de cisalhamento que compartimentam toda a província, apresentando grandes áreas com relevos suaves a pouco movimentados e também algumas elevações residuais e superfícies elevadas que podem atingir até mais de 1.100 m de altitude, os denominados Brejos de Altitude, como a Serra da Baixa Verde, que são ambientes diferenciados não só pela maior altitude, mas também pelo clima mais úmido e temperaturas mais amenas (CPRM, 2014).

A Geologia é formada por uma suíte ultrapotássica/peralcalina de idade neoproterozoica superior, evento brasileiro (por volta de 500 milhões de anos), constituída pelas seguintes litologias: alcalifeldspato sienito, alcalifeldspato granito, quartzo sienito e quartzo monzonito com proporções variadas de biotita, hornblenda e piroxênio, predominam rochas plutônicas ácidas do Pré-Cambriano, principalmente as graníticas, e menor proporção de granodioritos. Tem grande destaque, também, uma mistura de rochas vulcânicas e metamórficas, em proporções variadas, relativas ao Complexo Migmatítico-Granitoide. Ocorrem, ainda, domínios mais localizados de rochas metamórficas, como xistos, gnaisses e quartzitos, que podem incluir metarcósios e calcário cristalino (CPRM, 2014).

Perante esse contexto geológico no âmbito regional, e na perspectiva de uma compreensão sistêmica das características físicas da área, foram identificadas e mapeadas 04 Unidades Geológicas da área estudada, figura 02, quais sejam: Recanto Riacho do Forno, Salgueiro – Riacho Gravatá, Suíte Intrusiva Triunfo – Plúton Triunfo, Suíte Intrusiva Itaporanga – Plúton Princesa Isabel.

Figura 02: Mapa Geológico



Para a realização da análise, mapeamento e caracterização das Unidades Geológicas da área pesquisada, foram utilizados dados do Serviço Geológico do Brasil - Relatório Técnico de Geodiversidade do Estado de Pernambuco (CPRM, 2014), do Relatório Técnico da Geodiversidade da Paraíba (CPRM, 2016), do Relatório Técnico da Geologia e Recursos Minerais da Folha de Salgueiro (CPRM, 2017), e do Serviço Técnico de Dados Ambientais disponíveis pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019), além de alguns artigos científicos sobre a temática em foco. As informações das Unidades Geológicas encontram-se na tabela 01 a seguir:

Tabela 01: Informações das Unidades Geológicas

EON	ERA	IDADE (Ma)	PROVÍNCIA	UNIDADE GEOLÓGICA	LITOLOGIA
Proterozoico	Neoproterozoico	580	Borborema	Suíte Intrusiva Triunfo – Plúton Triunfo	Álcali-feldspato sienitos e álcali feldspato quartzo sienito equigranulares; leucocráticos e de granulação média grossa.
		591-583		Suíte Intrusiva Itaporanga - Plúton Princesa Isabel	Granitos e Quartzo monzonitos porfíricos; com enclaves/fáceis máficos, constituídos por dioritos e monzonitos equigranulares finos de coloração cinza escura.
Proterozoico	Mesoproterozoico	960-940	Borborema	Recanto Riacho do Forno	Álcali feldspato-graníticos; migmatito; monzogranito; ortogneiss; sienogranito.
		1055		Salgueiro – Riacho Gravatá	Metarritimitos; filitos sericíticos; granada-biotita xistos; magnetita-granada-biotita carbonato; xisto feldspático; magnetita-anfibólio- mica-clorita xistos; quartzitos; turmalinitos; rochas metamáficas; rochas metaultramáficas; magnetita-muscovita gnaisses (metatufos, metariolitos e metariodacitos alcalinos); com níveis grafitosos, raras intercalações de formações ferríferas e manganíferas e raro calcário.

Fonte: (CPRM, 2014, 2016, 2017; IBGE, 2019). Organização: Jeovanes Lisboa, 2019.

4. Características Gerais das Unidades Geológicas

A *Suíte Intrusiva Triunfo* localiza-se na porção central e leste da Folha Salgueiro (CPRM, 2017) e compreendem plútons, megadiques e *stocks*, em geral, alongados, alinhados ou orientados, formando um conjunto de serras, encaixadas ou associadas a zonas de cisalhamento. Esta unidade corta indistintamente as rochas metamórficas da Zona Transversal, mais especificamente, os complexos Salgueiro, Riacho da Barreira e São Caetano, atestando sua idade relativamente mais nova que a Unidade Salgueiro Riacho Gravatá e a Unidade Recanto – Riacho do Forno, e são cortadas pelos Diques de Salgueiro e Terra Nova (CPRM, 2017; IBGE, 2019).

Ainda corta as estruturas do embasamento regional entre a Zona de Cisalhamento Juru-Belém e o sienito de Triunfo, o qual é representado por rochas neoproterozoicas do domínio Alto Pajeú, Complexo Riacho Gravatá e os granitoides brasileiros de Tavares e Princesa Isabel. Assim, o magmatismo alcalino fissural foi uma feição tardia neste setor da Zona Transversal (CPRM, 2017). As rochas desta Suíte compreendem principalmente os sienitoides peralcalinos ultrapotássicos, que marcam importantes zonas de cisalhamento passives de metassomatizarem o manto litosférico (SANTOS e MEDEIROS 1999; ANGELIM *et al.*, 2004; CPRM, 2017).

A *Suíte Intrusiva Itaporanga - Plúton Princesa Isabel* é composta por granodioritos monzogranitos e sienogranitos equigranulares médios e grossos, a inequigranulares porfirícos, fenacristais subédricos e euédricos de K-feldspato (dimensões entre 1 e 7 cm) e plagioclásio (entre 0,5 e 1 cm). Os Plútons possuem enclaves dioríticos e fases intermediárias de mistura. Parte desta Unidade, no canto sudeste da Folha Sertânia, ocorre com dois plútons distintos, separados e afetados pelo Lineamento Pernambuco, ao sul apresenta continuidade para oeste desde a cidade de Arcoverde até a região de Umburanas (14 km oeste de Arcoverde) (CPRM, 2017).

A *Unidade Recanto – Riacho do Forno*, por sua vez, localizada na porção leste da Folha Salgueiro, distribuindo-se a sul da localidade de Baraúna, constituindo a serra do Saco da Paz. Está em contato, a sul e oeste, com a Suíte Intrusiva Metagranitoides Cariris Velhos contato tectônico, através da zona de cisalhamento indiscriminada de direção NE-SW. Há indícios de abertura e de subducção oceânicas durante este ciclo, mas o principal registro tectônico dessa época é um evento colisional entre 1,1 e 0,95 Ga, provavelmente envolvendo diversas miniplacas (CPRM, 2017).

A *Unidade Salgueiro – Riacho Gravatá* é constituída por rochas metavulcanossedimentares, onde o conteúdo metavulcânico (metavulcânicas félsicas e

intermediárias-máficas) é importante e representado por séries calcioalcalinas de médio e alto potássio, sendo mais expressivo no segmento oeste a norte da faixa de ocorrência deste complexo (CPRM, 2017). De acordo com Campos Neto *et al.*, (1994), este complexo representa o estágio rifte, préorogênese Cariris Velho e está constituído por um espesso pacote de depósitos marinhos de águas pouco profundas, com níveis psamíticos imaturos descontínuos, os quais foram recobertos por restritas lentes carbonáticas em meio a grauvas vulcanoclásticas. Estes passam lateralmente para pelitos com intercalações psamo-pelítica rítmica e hospedam expressivo vulcanismo bimodal da série alcalino-peralcalino (riolito-riodacítica).

4.1 Arcabouço Geomorfológico

4.1.1 Morfometria

Na figura 03 observa-se as características morfométricas da área estudada, delimitada pelo verde, acima de 700 metros, quais sejam: altitude mínima, altitude máxima, altitude média, amplitude altimétrica. A amplitude altimétrica é de 469 metros, que foi medida pela diferença entre os valores de altitude máxima e a altitude mínima, obtendo uma amplitude, juntamente com uma altitude média 934 metros. A altitude mínima é de 700 metros, com máxima de aproximadamente 1169 metros, numa geologia marcada por plútons, megadiques e *stocks*, em geral, alongados, alinhados ou orientados, formando um conjunto de serras, encaixadas ou associadas a zonas de cisalhamento.

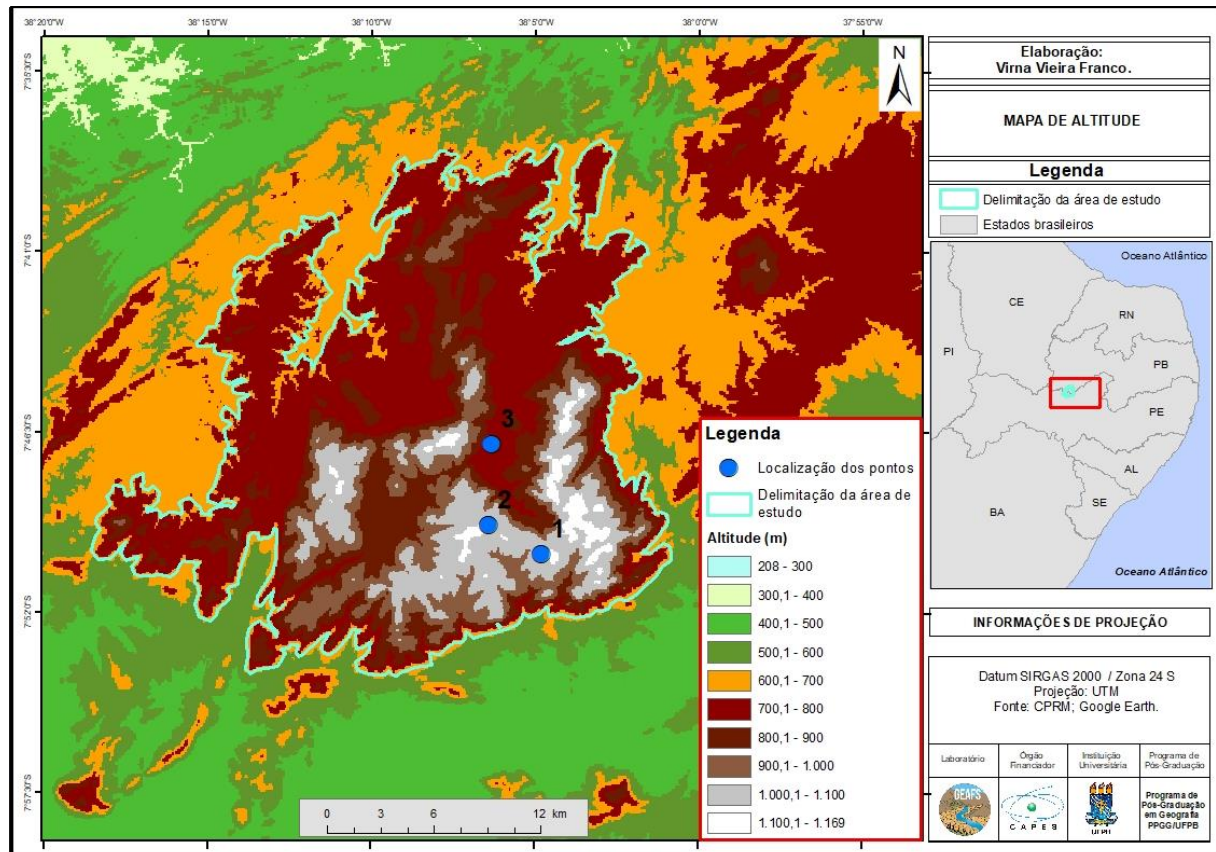
Pelos índices altimétricos, verifica-se que esta área apresenta níveis que podem chegar a 1169 metros de altitude. Tendo, assim, o maciço montanhoso de Triunfo como um contraste fitoclimático, cuja vegetação florestal se destaca em meio aos vastos terrenos da Depressão Sertaneja recobertos por vegetação de caatinga em pleno sertão semiárido (MELO, 1998; CPRM, 2014).

Os maciços cristalinos são relevos de características montanhosas, na maioria das vezes isoladas, e com dissecação acentuada, provocada por ações intempéricas/erosivas pretéritas e atuais. A ação da erosão diferencial tem destaque, sendo condicionada pelos lineamentos, com a formação de vertentes, escarpas e desníveis topográficos (NETO e SILVA, 2012).

O maciço da Baixa Verde também se configura como um Brejo de Altitude, que são áreas de exceção climato-edáfico-ecológicas inseridas no domínio semiárido do Nordeste do Brasil, apresentando uma variação paisagística bastante expressiva, com níveis pluviométricos

mais elevados e temperaturas mais amenas, com características ambientais *sui generis*, quando comparadas ao contexto do seu entorno, além de serem importantes divisores hidrográficos (GOES, CORREA e MONTEIRO, 2019).

Figura 03: Mapa de Altimetria

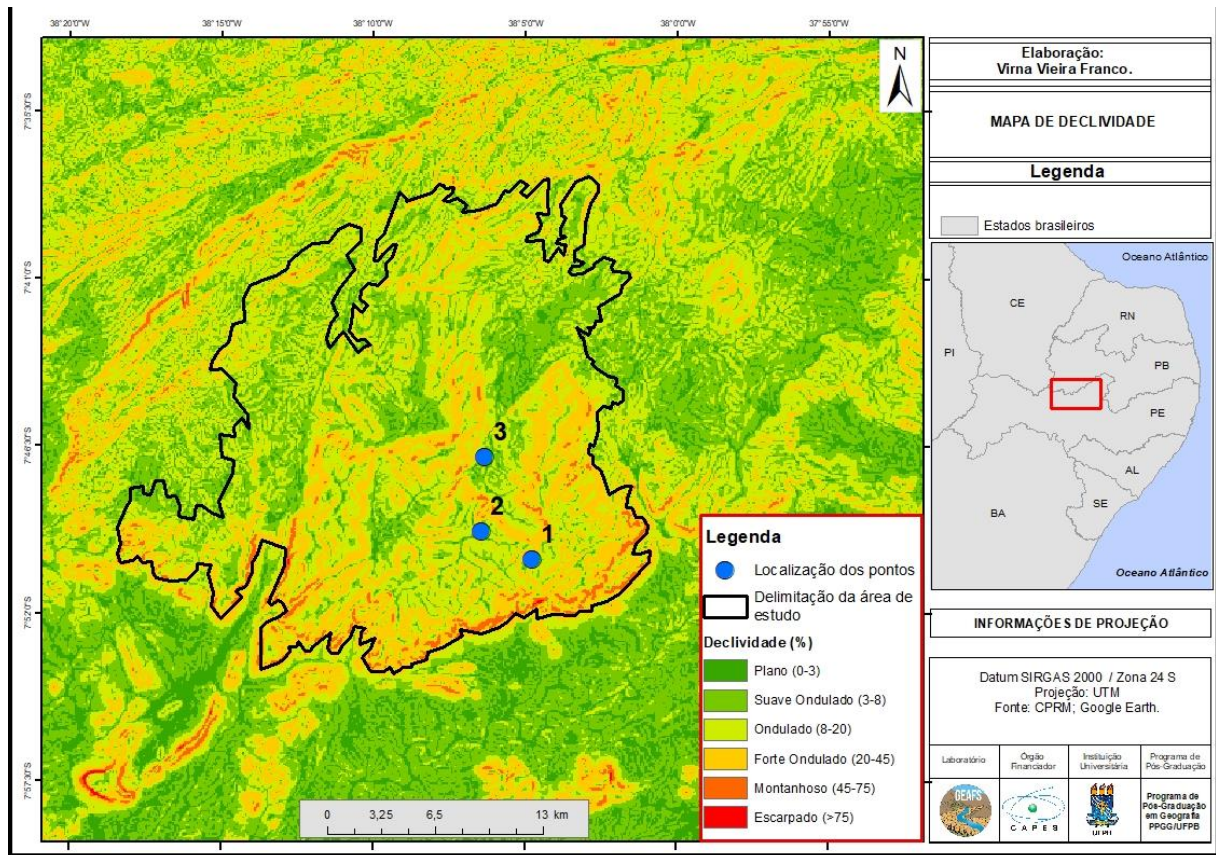


Os pontos 01 e 02 identificados na figura 03, encontram-se na parte mais elevada da Serra, em Triunfo (PE), com 1100 e 1111 metros de altitude, respectivamente. O ponto 03, por sua vez, está nas cotas altimétricas entre 700 e 800 metros com topografia de baixa declividade e leves ondulações. Essa diferença altimétrica reflete diretamente na paisagem, uma vez que o relevo local influencia no nível de precipitação.

4.1.2 Morfologia

Na figura 04, observa-se o mapa de declividade construído a partir da análise das curvas de níveis para apresentar a declividade do relevo.

Figura 04: Mapa de Declividade



A declividade encontra-se em porcentagem, onde se verifica uma grande variação de declividade, contendo relevo plano, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado. Nos pontos 01 e 02, observa-se que o relevo é forte ondulado, com uma declividade que pode chegar a 45%. Já o ponto 03, sua morfologia varia de plano para suave ondulado, apresentando as seguintes litologias: Álcali-feldspato sienitos e álcali feldspato quartzo sienito equigranulares; leucocráticos e de granulação média grossa.

Como base na compartimentação megegeomorfológica do Planalto da Borborema proposta por Correa *et al.*, (2010), essa área insere-se na “Depressão Intraplanáltica do Pajeú”, entre os maciços romobilizados do domínio da zona transversal e a encosta ocidental, onde desenvolve-se outra depressão alongada para o Nordeste, que são os Maciços Residuais, como a Serra da Baixa Verde.

4.2 Aspectos Climáticos

Nas cotas altimétricas superiores a 900 metros, podendo chegar a 1169 metros, a precipitação média anual se aproxima dos 1200 milímetros, com temperaturas médias anuais

que variam entre 20 e 21 graus. Nas áreas com cotas altimétricas de 700 a 900 metros, a precipitação anual se aproxima dos 800 milímetros, segundo os dados disponíveis pela Agência Pernambucana de Água e Clima (APAC, 2018). Portanto, essa diferença altimétrica reflete na paisagem, que neste caso é mais úmida, mais verde, e possivelmente com uma biogeografia mais diversa quando comparada às áreas com cotas altimétricas inferiores a 700 metros, com um nível de precipitação menos elevado, solos mais rasos e uma vegetação de caatinga hiperxerófila.

O clima é tropical sub-úmido nas cimeiras, localizadas no município de Triunfo, transitando lateralmente para semiárido, notadamente, a partir da cota de 700 m, que marca a divisão entre o Planalto da Borborema e a Depressão Sertaneja (CPRM, 2014). Os trechos mais baixos (400m até 700m) fazem parte da Depressão Sertaneja apresentando maior temperatura média (23,8°) e menor precipitação (639mm/ ano). Essas diferenças geram paisagens distintas (SOUZA, *et al*, 2016), apresentando distinções geomorfológicas claras: áreas subúmidas na unidade de Cabeceiras – acima de 900 metros; áreas de transição entre sub-úmido (SOUZA e CORREA, 2020).

No contexto regional, observa-se a transição do maciço da Serra da Baixa Verde para a depressão sertaneja que é distinguida pelo contato entre o sienito e as rochas metamórficas, estas com diferentes graus de metamorfismo que estruturam as faixas de dobramentos circundantes (CORREA, 2001).

Portanto, entendendo-se que o clima interfere no sistema através da troca de energia solar, chuvas e oscilações térmicas e produz como *outputs* o modelado, a drenagem, o solo e a vegetação (DANTAS, 1980). E em função deste clima são comumente encontrados solos com horizonte A espesso e escuro, rico em matéria orgânica (CPRM, 2014). Nesta área os processos de coluvionamento são marcantes, devido à elevada declividade das encostas e ao efeito orográfico que aí se impõe (CPRM, 2014; CORREA, AMORIM, e SILVA, 2015).

Em resposta ao clima mais úmido, estes locais apresentam uma vegetação mais densa e solos mais desenvolvidos, que os tornaram historicamente áreas privilegiadas para a prática da pequena agricultura de subsistência e comercial que, em face das condições de alta declividade das encostas e exiguidade de áreas contínuas disponíveis para o cultivo, conduziu os brejos a cenários de erosão superficial acelerada e graves limitações fundiárias. Não obstante, o valor dessas áreas de exceção para a produção de alimentos em escala regional, deve-se ter em mente ainda sua importância como elemento-chave para a reconstrução dos ritmos paleoclimáticos e cenários paleogeográficos do semiárido brasileiro ao longo do Quaternário tardio (GOES, CORREA e MONTEIRO, p. 78, 2019).

4.3 Aspectos Pedológicos

Na Serra da Baixa Verde os solos normalmente são profundos, bem drenados e bastante uniformes no conjunto de suas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas.

Nos compartimentos mais elevados com rochas de embasamento cristalino, apresenta características diferentes dos controles litológicos e climáticos em função da menor temperatura e um maior nível de precipitação que influencia na pedogênese, favorecendo a gênese de solos mais desenvolvidos como Latossolos e Argissolos, com presença, também, de afloramentos rochosos nas áreas com alta declividade. Em Santa Cruz da Baixa Verde há um aumento da presença de Argissolos. Já nas áreas mais baixas, próximas aos riachos e com relevo mais plano, encontram-se os planossolos (SOUZA, 2013; SOUZA e CORREA, 2020).

4.4 Vegetação, Uso e Ocupação do Solo

Na Serra da Baixa Verde, a vegetação apresenta variações ligadas à diferença altimétrica e de precipitação. Portanto, na parte acima de 900 metros, encontra-se a floresta subcaducifólia, e nas cotas entre 900 e 700 metros a vegetação é de transição entre a floresta subcaducifólia e a caatinga (CORREA, 1997; CORREA, 2001).

A ocupação e o uso do solo estão diretamente relacionados com as diferenças ambientais da região. A predominância de uso é a pecuária extensiva com a utilização do pasto nativo, e mais recentemente a agricultura irrigada e a piscicultura. Há um maior desenvolvimento da agricultura baseado em um complexo entre cana-de-açúcar e policultura, como feijão e milho. A intensidade maior na ocupação das áreas mais úmidas gerou uma maior remoção da vegetação nativa, restando apenas áreas de floresta subcaducifólia degradadas (SOUZA e CORREA, 2020; SOUZA, 2013).

Os diferentes tipos de vegetação associados a topografia, as condições climáticas e o uso da terra refletem nos diferentes contextos paisagísticos. Essa ocupação é provocada por fatores que envolvem a instalação e sobrevivência humana do ponto de vista social e histórico que se interliga com a questão ambiental, a qual está associada no primeiro momento com a devastação em demasia dos recursos naturais, entre os quais se pode citar a água, as árvores, o solo, além dos animais silvestres, entre outros (AMADOR, 2016).

5 O ESTADO DA ARTE DE RESERVATÓRIOS EM AMBIENTES SEMIÁRIDOS

5.1 Introdução

Ressaltar características e peculiaridades de reservatórios em ambientes semiárido em seu contexto geomorfológico é o propósito primordial deste capítulo, o qual traz uma discussão teórica amparada por diversos autores sobre o ambiente semiárido, seu déficit hídrico, as paisagens secas e suas áreas de exceção, reservatórios naturais e artificiais, seus processos genéticos e evolutivos, e os modelos teóricos e metodológicos para análise de reservatórios em ambiente semiárido, além das análises composicionais de sedimentos e a abordagem morfoestratigráfica. Assim, optou-se por literaturas que tragam fundamentos da geomorfologia em si, quanto aquela que permita o desvendar da complexidade dos reservatórios, suas características e importância para o semiárido.

Os sistemas aquáticos no semiárido-tropical brasileiro incluem reservatórios naturais, reservatórios artificiais, rios intermitentes e efêmeros. Estes sistemas têm características distintas e compreendem uma gama de sistemas associados que funcionam como um mosaico em constante mudança de manchas secas/úmidas. Esses reservatórios no semiárido do Brasil estão sujeitos a importantes períodos de escassez de água, enquanto os rios e riachos são caracterizados como altamente variável e impulsionado pelos extremos do fluxo de água e sua ausência (BARBOSA, 2012). Dessa forma, considera-se importante entender a dinâmica desses reservatórios naturais sob uma perspectiva sistêmica.

Historicamente a ocupação humana no semiárido brasileiro é acompanhada da construção de açudes ao longo do tempo por motivos climáticos, políticos e desenvolvem-se de forma intensa, porém desordenada, tornando estes reservatórios parte das comunidades. A açudagem caracteriza-se como a principal alternativa para o abastecimento das comunidades, especificamente para as concentrações urbanas e rurais. Evidencia-se a importância da implantação destes reservatórios para a melhoria das condições socioeconômicas da população que necessita (FEITOSA, 2011). Muito embora seja evidente que nos últimos dez anos, alternativas de armazenamento de água surgiram por meio de políticas públicas, entre as quais, pode-se citar a construção de cisternas que beneficiaram uma parcela da população que residente no semiárido brasileiro.

Quanto aos corpos de águas naturais, os quais incluem as Marmitas de Dissolução na Serra da Baixa Verde, são expressivos quanto ao acúmulo de água. Muitos proprietários rurais dispõem desses recursos disponíveis na natureza. Essas estruturas rochosas que armazenam

água naturalmente, muitas vezes são usadas durante o período de estiagem. Essas Marmitas de Dissolução podem indicar o fator inicial para a formação de diversos reservatórios presentes em vários níveis de cimeira na Serra da Baixa Verde PB/PE, os quais encontram-se nas superfícies acima de 700 m em áreas planas, não exercendo grande influência nos processos de transporte e deposição de bacia (SOUZA, 2011).

Notabiliza-se a necessidade de compreender a dinâmica ambiental recente dos preenchimentos sedimentares dessas feições geomorfológicas. Neste ensejo, surgem diversas opções teórico-metodológicas. A Geografia Física, portanto, tomando-se como parâmetro o componente geomorfológico, lança mão da abordagem sistêmica para poder apreender de maneira mais contundente as expressivas integrações físico-ambientais do relevo terrestre.

A aplicação do conceito de sistemas ambientais e o estudo dos seus subsistemas subsequentes objetivam análises integradas do ambiente, servindo de subsídio para a compreensão da sua estrutura, funcionalidade e organização-desorganização. E uma das aplicações que mais se fundamentam nesta perspectiva de análise da realidade são os estudos de Planejamento Ambiental (SOUZA, 2013).

Os sistemas geográficos diretamente ligados ao componente espacial estão, na maioria das vezes, vinculados a compartimentação do relevo originando e refletindo condições ambientais como clima, geologia, pedologia e hidrografia, gerando inter-relações diretas com a biosfera, e contribuindo para o modelado da paisagem (TROPPMAIR, 2006). No que se refere às alterações que o sistema sofre e os efeitos que atuam na variável, ou no elemento inicial, acaba criando uma circularidade de ação chamada de retroalimentação (CHORLEY e KENNEDY, 1971; MATOS e PEREZ FILHO, 2004; SOUZA, 2011; AMORIM, 2012).

Uma bacia hidrográfica, por exemplo, pode ser compreendida como um sistema aberto, que recebe energia por atuação dos agentes climáticos e tectônicos, e perde através da saída de água, sedimento e nutrientes. Assim, o sistema fluvial compreende as zonas de produção, transporte e deposição de sedimentos, nas quais os sedimentos são estocados, erodidos e transportados em todas as zonas (SCHUMM, 1977; SOUZA e ALMEIDA, 2015).

Dessa forma, verifica-se o comportamento de sistemas dinâmicos, onde o curso de água pode atingir o equilíbrio dinâmico, no qual a importação e a exportação de energia e matéria são equacionadas por meio de um ajustamento entre as variáveis componentes, expressando-se na forma e/ou geometria do sistema (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Considera-se, então, que as Marmitas de Dissolução, localizadas acima de 700 metros no core da Serra da Biixa Verde PB/PE, devem ser estudadas sob uma perspectiva sistêmica, haja vista toda sua diâmica complexa e geomorfológica-ambiental, geológica, hidrológica,

ecológica, seu processo de origem e evolução, além de suas características peculiares (formas, tamanhos e profundidades) e o contexto social mediante o uso doméstico e agropecuário.

5.2 Paisagens Secas do Semiárido

5.2.1 Paisagem

Embora não seja a finalidade maior se debruçar no conceito de paisagem, mas seu entendimento torna-se necessário para apreensão do que se deseja abordar. De maneira geral, os conceitos geram interpretações distintas de acordo com a perspectiva intelectual do pesquisador e seu aporte teórico. Em relação à paisagem, além de ser uma categoria de análise da Geografia, é um termo que se aplica em inúmeros contextos. No âmbito geográfico toma-se o conceito de paisagem integrada, desenvolvido nas últimas décadas por Guerra e Marçal (2011), na perspectiva de uma análise integrada do sistema natural e a inter-relação entre os sistemas naturais, culturais, sociais e econômicos, o qual vem dando um novo redirecionamento e interpretação ao entendimento sobre paisagem.

Na visão de Victor Sotchava, nos anos 1960, o conceito de *Landschaft* (paisagem natural) foi considerado como sinônimo da noção de geossistema. Assim, a paisagem era considerada como uma formação sistêmica, formada por cinco atributos sistêmicos fundamentais: estrutura, funcionamento, dinâmica, evolução e informação. Pela primeira vez, a análise espacial (própria da Geografia Física) articulava-se com a análise funcional (próprio da Ecológica Biológica).

A paisagem, também, pode ser entendida como sendo intimamente ligada à cultura e à ideia de que as formas visíveis são representações de discursos e pensamentos. Carl Sauer (1925) em sua obra intitulada *The Morphology of Landscape*, utiliza o termo paisagem como sendo uma área composta pela associação distinta de formas, ao mesmo tempo físicas e culturais, onde sua estrutura e função são determinadas por formas integrantes e dependentes, ou seja, a paisagem corresponde a um organismo complexo, feito pela associação específica de formas e apreendido pela análise morfológica, ressaltando que se trata de uma interdependência entre esses diversos constituintes, e não de uma simples adição, cabendo considerar o tempo.

Cavalcanti (2014), por sua vez, revela que as paisagens acumulam a história de processos tectônicos, geomorfológicos, climáticos, hidrológicos e culturais, mas são, antes de tudo, entidades de ordem do presente, pois constituem o resultado geoecológico e visível da interação de elementos e processos naturais e culturais.

Registra-se, ainda, que a paisagem representa o principal objeto empírico de estudo da Geografia Física, se a análise espacial for tomada como foco primordial dessa ciência, pois a paisagem pode ser vista como um conjunto de elementos e processos circunscritos a um dado espaço, como também concebida a partir dos seus limites temporais, ou seja, como sendo uma herança. A paisagem é o somatório de elementos e processos físicos que atuaram e atuam ainda hoje (AB' SÁBER, 2003), sob o ponto de vista, também, cultural (MONTEIRO e CORREA, 2014).

Verifica-se que cada autor mencionado apresenta pontos de vista ora convergentes, ora divergentes frente ao tema paisagem, mas que ao final são de comum acordo que a paisagem é sistêmica e complexa, haja vista seus variados aspectos físicos e culturais, onde deve sempre ser analisada de forma integrada devido a sua recursividade. As paisagens secas do semiárido tropical brasileiro e suas áreas de exceção são exemplos de natureza complexa, as quais denotam peculiaridades diversa devido ao seu clima, vegetação, revelo, déficit hídrico, usos, entre outros.

As áreas e/ou paisagens secas são encontradas em regiões com baixas precipitações ao redor do mundo, em áreas com latitudes médias e que possuem características climáticas parecidas. Há a presença de regiões áridas e semiáridas em todos os continentes em regiões com o controle climático semelhante (GRAF, 1988).

5.2.2 Paisagens Secas

As paisagens da zona seca (semiárido e sub-úmido seco) apresentam precipitações anuais entre 500 e 750 mm, 8 a 10 meses secos no ano como média e evapotranspiração muito alta. Predominam os processos de pediplanação e lixiviação sazonal, e o intemperismo mecânico. Os solos formados são rasos, pedregosos e com pouca matéria orgânica e nutriente, com predomínio de Luvisolos Crômicos, Neossolos Litólico, Argissolos Vermelho-Amarelo, Planossolos Solódicos e Vertissolos. Tudo isso condiciona a formação de uma cobertura vegetal aberta, a caatinga arbustiva, floristicamente adaptada às condições de extremo xerofitismo. Já as paisagens da zona sub-úmida, por sua vez, apresentam precipitação anual de 1000 a 1400 mm, de 4 a 6 meses secos. Existe umidade suficiente para garantir processos de latolização na formação de solos. Formam-se assim os Argissolos Vermelho-Amarelo Eutróficos e Latossolos Distróficos. A cobertura vegetal é de mata seca caducifólia, com um maior porte e presença de árvores (RODRIGUES e SILVA, 2002).

Os processos em ambientes semiáridos e em ambientes sub-úmidos secos apresentam características processuais diferenciadas em relação aos ambientes úmidos. Essa diferenciação é resultado da diferença dos *inputs* de energia no sistema, em específico da precipitação. Por conseguinte, a diferenciação processual vai resultar em uma diferenciação das formas e estrutura no sistema (SOUZA e ALMEIDA, 2015).

O Nordeste do Brasil, mais especificamente o semiárido, é uma região caracterizada pela baixa precipitação, elevada taxa de evapotranspiração, solo raso e vegetação escassa. A maioria dos rios desta região podem ser enquadrados como intermitentes ou efêmeros, como definidos por Tooth (2000), para aqueles sistemas fluviais que drenam terrenos áridos ou semiáridos. O interesse internacional pelo estudo desses rios está crescendo motivados pelas previsões de cenários futuros de aumento da temperatura e consequente propagação das áreas secas no mundo (SANTOS, 2015).

Por canal de drenagem intermitente, entende-se que é aquele cujo fluxo de água permanece contínuo no canal de drenagem durante a estação chuvosa e, durante a estação seca esse fluxo cessa (LEOPOLD e MILLER, 1956). Em consonância, Christofolletti (1980), define os canais intermitentes como sendo aqueles que drenam água durante uma parte do ano e tornam-se secos em outro período. Canais efêmeros, entretanto, são definidos pelo autor como àqueles que permanecem secos durante a maior parte do ano e comportam água apenas no momento das chuvas e imediatamente após as precipitações (LIMA, PEREZ FILHO e CUNHA, 2013).

Os rios intermitentes contêm água de forma sazonal, geralmente condicionados à situação climática do local em que estão inseridos. Segundo a Division of Water Quality (2005), são canais normalmente bem definidos, que contêm água apenas em parte do ano, geralmente quando seu leito está abaixo da superfície piezométrica ou do nível superior do lençol freático, sendo seu fluxo fortemente influenciado por águas pluviais (JUSTI JUNIOR e ANDREOLI, 2015).

Os rios intermitentes e efêmeros são comuns no semiárido, que é uma região pobre em volume de escoamento de água dos rios. Portanto, a dinâmica fluvial é vista na perspectiva sistêmica como sendo ações no ambiente onde há a relação de produção e deposição, uma vez que o rio é o elo principal, o elemento desse ambiente que é responsável pelo transporte como sua principal função (SCHUMM, 1977).

E, sabe-se que embora o clima semiárido atue sobre porção a considerável do território brasileiro, estudos sobre os canais de drenagem intermitentes e efêmeros são escassos no âmbito da geomorfologia nacional. Destacando-se, assim, os trabalhos desenvolvidos por Corrêa

(2011), Gonçalves *et al.*, (2011), Maia e Bezerra (2011), Souza e Correa (2012), Cavalcante e Cunha (2012), Souza (2014), Barros (2014) e Lima (2012). O contrário ocorre no cenário internacional onde trabalhos sobre esse tema são amplamente realizados em regiões secas do norte da África e em países como Austrália, Espanha, Estados Unidos e Israel (LIMA, PEREZ FILHO e CUNHA, 2013).

Contribuições importantes neste âmbito e existente na literatura internacional é o Graf (1988) que discute de forma detalhada os processos fluviais em rios de áreas secas (semiáridas), e mais recentemente, por Nanson, Tooth e Knighton (2002), cujo trabalho resgata todo o histórico de estudos nessa área, fazendo uma análise global sobre o regime hidrológico, transporte de sedimentos, geometria e padrões de canais em áreas áridas e semiáridas (CAVALCANTE e CUNHA, 2012).

Willian L. Graf, no livro “*Fluvial Process in Dryland Rivers*”, afirma que um dos mais surpreendentes paradoxos das terras secas do mundo é que embora elas sejam terras com pouca chuva, os detalhes das suas superfícies são, sobretudo, produto das ações dos rios, ou seja, para entender as terras secas é necessário compreender os processos fluviais (GRAF, 1988).

As terras secas são caracterizadas por vários graus de aridez e existem em uma ampla gama de estruturas tectônicas, estruturais, configurações litológicas e vegetativas. Isto tem sido sugerido, por exemplo, que as terras secas englobam uma maior diversidade de condições hidrológicas do que as zonas mais úmidas (PILGRIM, CHAPMAN e DORAN, 1988; KNIGHTON e NANSON, 1997; NANSON, DENTE e KNIGHTON, 2002; REID e FROSTICK, 2011). Considera-se que as regiões secas/semiáridas se caracterizam por apresentarem reduzida precipitação anual, amplitude térmica diária elevada, taxas de evapotranspiração elevadas e, por consequência, elevado déficit hídrico do solo. A distribuição geográfica dessas áreas é ampla, sendo que ocorrem nos cinco continentes, tanto nas altas quanto nas baixas latitudes, em áreas litorâneas e no interior dos continentes, além de serem quentes e/ou frios (ELORZA, 1998; LIMA, 2012).

Além das terras secas, suas paisagens e especificidades hidrológicas, o semiárido brasileiro também retrata paisagens características dos chamados Brejos de Altitudes (áreas de exceção), com características distintas das áreas ao seu entorno.

5.3 Áreas de Exceção no Semiárido Brasileiro

5.3.1 Brejos de Atitude

Os Brejos de Altitude são como montanhas isoladas de altitudes médias ou baixas, tendo como superfície de piso (piedmont) níveis aplainados, conservados entre interflúvios e vertentes bastante inclinadas. Estes constituem barreiras aos ventos alísios carregados de umidade que sopram do Atlântico. Os obstáculos orográficos favorecem a ocorrência de precipitações localizadas resultando em acumulados anuais mais elevados em relação ao entorno, formando ilhas de umidade caracterizadas pela presença de florestas sub-perenifólias, em meio a um ambiente dominado pela presença da caatinga (BÉTARD *et al.*, 2007).

Melo (1988), ao trabalhar os Brejos do estado de Pernambuco, os caracterizam como a parte serrana e pré-serrana, possuidora das áreas de cabeceira e pés de serra do alto Pajeú e de espaços agrícolas favorecidos por cotas altimétricas de até mais de 1000m, que também propiciam condições ambientais mais favoráveis. Nessas áreas, o recorte territorial contínuo que mais se destaca, contrastando com as feições gerais dos pediplanos secos circundantes, corresponde ao maciço da Serra da Baixa Verde, onde predomina um sistema agrícola característico das áreas de exceção úmida (GOES, CORREA e MONTEIRO, 2019).

Verifica-se a necessidade de os Brejos de Altitudes serem trabalhados e/ou estudados sob uma concepção sistêmica. Para Sobrinho (1971), Brejo de Altitude é um acidente orográfico que, por sua elevação acentuada, incidência de correntes atmosféricas úmidas e natureza do solo, condiciona uma vegetação predominantemente mais higrófila que as das áreas circunvizinhas. São encaves formando ilhas de floresta úmida em plena região semiárida cercada por vegetação de caatinga, tendo uma condição climática bastante atípica com relação à umidade, temperatura e vegetação e com pouco conhecimento sobre sua vegetação e ecologia. A predominância do extrativismo de madeira e de lenha como principal fonte de energia, tanto para as indústrias de gesso como para a população, coloca em risco esse bioma ainda tão pouco conhecido (KAGEYAMA, 2004).

Nos Brejos de Altitude, a atuação de um clima mais úmido e fresco sobre uma dada estrutura geológica resulta em uma cobertura edáfica e vegetacional diferente que, por sua vez, modula a evapotranspiração potencial gerando mais umidade para o ambiente. Essa é uma caracterização sucinta de ordem sistêmica, onde as partes que compõem um certo ambiente são diretamente condicionadas por seus elementos. Nestes termos relacionais, Corrêa (2001) explica que dentro do “core” semiárido nordestino, sempre que ocorre um relevo de certa magnitude, favoravelmente posicionado em relação às perturbações atmosféricas que trazem precipitações à região, haverá um aumento dos totais pluviométricos e redução da estação seca (GOES, CORREA e MONTEIRO, 2019).

As áreas de exceção (Brejos de Altitude) são estruturas com características peculiares e ricas em beleza, diversidade de fauna e flora. Suas conjunturas de diversos fatores naturais e sociais, além da ocupação humana, servem como elementos para o fomento de estudos desenvolvidos não apenas pela abordagem da ciência geográfica, mas também pelo olhar de outras ciências como a Biologia, Ecologia, Engenharia, entre outras.

O termo Brejo de Altitude foi inicialmente utilizado para designar paisagens que conseguiam quebrar a monotonia das condições físicas e ecológicas dos sertões secos, enriquecendo a produtividade agrária local Ab'Sáber (1999). Ainda, tomando-se como referência Ab'Sáber (1999), o termo Brejo também foi empregado para denominar as planícies encharcadas localizadas nas serras úmidas sob forma de vales suspensos. Num segundo momento, a expressão passa a ser utilizada para caracterizar todos os terrenos ocupados pelos maciços serranos, salientando as condições específicas de ocorrência de solos vermelhos profundos, dotados de bom teor de umidade, clima quente e úmido, com precipitações muito maiores do que a dos sertões adjacentes.

Em 1949, Vasconcelos Sobrinho, ao definir as subzonas do Agreste pernambucano, aponta a região dos Brejos de Altitude como sendo muito característica e sem dificuldade na sua delimitação, considerando os solos vermelho-escuro ou claro, de propriedades argilosas, de considerável profundidade e grande fertilidade. Ressalta-se, ainda, que a altitude nesses espaços proporciona invernos favoráveis (MEDEIROS *et al.*, 2018). Neste sentido, percebe-se que o conceito de Brejo de Altitude permeia sempre por uma área definida como ilha ou enclave úmido, com características diferenciadas do contexto geográfico no qual se encontram inseridos.

No estado de Pernambuco, assim como em outros estados no Nordeste do Brasil, existem várias áreas de Brejos de Altitude, entre as quais pode-se citar o Brejo dos Cavalos em Caruaru, Brejo da Serra Negra em Bezerros, entre outros. O maciço residual da Serra da Baixa Verde também se constitui em um Brejo de Altitude, o qual delimita localmente um dos setores da escarpa ocidental do Planalto da Borborema. As cimeiras do planalto se apresentam bastante dissecadas, formando topos tabulares separados por incisões fluviais em forma de “V” e encostas com alto grau de declividade (20° a 50°). É notável a remoção do manto de intemperismo exibindo, desse modo, a rocha fresca, bem como a deposição de materiais coluviais nas medias e baixas encostas (CORREA, 2001).

Vasconcelos Sobrinho (1971), aponta 43 brejos distribuídos nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco. Somente Pernambuco e Paraíba possuem 31 brejos, distribuídos em 28 municípios do agreste e sertão, entre os quais pode-se citar os mais próximos

da área que é foco de estudo da presente dissertação, quais sejam: Brejo de Teixeira, na Serra de Teixeira - PB; Brejo de Princesa, em Princesa Isabel - PB; Brejo Serra do Araripe em Exu – PE e o Brejo de Triunfo com formações com microclima diferenciado, onde, por efeito orográfico, a pluviosidade é bastante superior à do entorno (MMA, 2004).

Observa-se que a visão sistêmica pautada no paradigma da complexidade ajuda a compreender melhor essas formas de observar e perceber as paisagens em seus múltiplos contextos, haja vista suas diferentes conjunturas e estruturas, pois se baseia no conceito de que o todo, resultante da junção das partes, é muito maior do que simplesmente a soma delas. O pensamento sistêmico é contextual, ou seja, o oposto do pensamento analítico, requer que para se entender alguma coisa é necessário entendê-la como tal, e em determinado contexto maior, ou seja, como componente de um sistema maior, que é o também chamado de ambiente. E com isso, ter o conhecimento do todo, de modo que se possa analisar ou interferir no mesmo (AMADOR, 2011).

5.4 Reservatórios Naturais em Ambientes Secos

A Geomorfologia enquanto estudo do relevo terrestre permite uma compreensão sistêmica das formas, origem e processos atuantes no relevo. Lagos e/ou lagoas são “corpos”, ou condutos geográfico-geomorfológicos para onde vazam águas de uma bacia hidrográfica, mas que não devem ser pensados somente em função do alcance espacial de seu espelho e profundidade da coluna d’água em cheias de pequeno intervalo de retorno (LIMA *et al.*, 2014).

Os sistemas aquáticos do semiárido brasileiro incluem reservatórios naturais (MALTCHIK e MEDEIROS, 2006). Esses reservatórios estão sujeitos a importantes períodos de escassez de água. Nesta região, os reservatórios apresentam baixa vazão e alto tempo de residência associado ao balanço hídrico negativo e altas temperaturas durante a maior parte do ciclo hidrológico (BARBOSA, 2012).

Já os reservatórios artificiais, por sua vez, apresentam importantes características limnológicas. Estes sistemas são propensos a ter seu status trófico aumentado para eutróficos ou hipereutróficos durante os períodos de estiagem, resultante da alta evaporação e concentração de nutrientes (CRISPIM *et al.*, 2000).

Reservatórios artificiais são construídos também para servir como reservatórios de usinas hidrelétricas ou de abastecimento de água. Em alguns locais, podem ter como função controlar cheias e até mesmo fazer com que o clima nas regiões adjacentes melhore. Os reservatórios e lagos podem apresentar os mais variados tamanhos, formas, profundidades e

áreas superficiais. Os maiores reservatórios de água no Brasil estão relacionados com a produção de energia elétrica (CANCELLI, 2006).

Reservatórios naturais ou artificiais são elementos ambientais (eco-hidrofísicos) muito importantes porque sustentam e mantêm o funcionamento de diversos ecossistemas. São nesses ambientes que ocorre a maior produção de matéria orgânica oriunda da deposição da vegetação tanto aquática quanto da transição aquático terrestre (JUNK, BAYLEY e SPARKS, 1989; STEVAUX e LATRUBESSE, 2017). A morfologia e a morfometria dos reservatórios tanto em área quanto em volume são muito importantes para entender a estrutura e estudar o funcionamento ecológico desses corpos de água (STEVAUX e LATRUBESSE, 2017).

Lagos naturais, por exemplo, refere-se a sistemas que funcionam a partir de funções de força climatológica, sem interferência de entradas de energia e material. São numerosos e significativos em terras secas; isto é, regiões do mundo que recebe em média menos de 750 mm de chuva anualmente. Eles também são ameaçados e afetados por muitos impactos antropogênicos (TUNDISI, 2006).

Os reservatórios naturais compreendem uma gama de sistemas associados que funcionam como um mosaico em constante mudança. Esses reservatórios do semiárido estão sujeitos a importantes períodos de escassez de água, bem como os rios e riachos caracterizado como altamente variável e impulsionado pelos extremos do fluxo de água e sua ausência. Dentro dessa visão, uma abordagem de escala de captação deve ser usada para criar um modelo holístico para conceituar e compreender estes sistemas aquáticos da região semiárida, os quais incorporam aspectos amplos dentro da bacia hidrográfica no âmbito da geomorfologia, vegetação, clima e uso da terra (BARBOSA, *et al.*, 2012).

Os sistemas fluviais são bastante sensíveis a movimentos crustais, podendo ocorrer migração de canais e formação de lagos marginal, como respostas às alterações na inclinação de uma superfície. No trecho imediatamente à montante, na direção principal do rio Paraíba, por exemplo, observa-se o bloqueio das drenagens laterais que demandam o rio Paraíba provavelmente em 108 funções da maior taxa de sedimentação ao longo do eixo principal da planície. A resposta hidrológica deste bloqueio é a formação de lagoas e áreas de drenagem com afloramento dos níveis freáticos. Uma das formas de gênese e evolução de pequenos lagos tectônicos é também a partir de falhas no embasamento pré-cambriano (CARVALHO, 2000; RANULPHO, 2016).

O clima é um fator importante na relação com o desencadeamento dos processos morfogenéticos deposicionais, e, por conseguinte, constitui em um elemento fundamental para a compreensão da evolução do modelado do relevo, seja em virtude do caráter das suas

flutuações cíclicas ou de eventos episódicos de máxima magnitude, que envolvem a manifestação de um elevado grau de energia em um curto espaço de tempo (FÁVERA, 1984).

No semiárido brasileiro, a ocorrência de sedimentos recentes encontra-se espacialmente limitada às áreas de maior umidade, brejos de altitude, no caso dos sedimentos de encostas, ou plainos aluviais das drenagens mais importantes sedimentos aluvionares. No entanto, uma série de pequenas depressões, notavelmente em área de exposição do embasamento cristalino, serviu no passado, como áreas de estocagem de sedimentos, provavelmente associadas a contextos de drenagens não mais funcionais sob o clima atual (SILVA, 2007).

Corrêa (2001), diz que os cursos superiores dos rios possuem a capacidade de responder diretamente aos episódios de deslizamento, estes por meio de agradação. No caso da planície de inundação, a jusante, estas planícies podem sofrer mudanças significativas em intervalos de mil a 10 mil anos. Assim, esses fatores espaciais levam a consideração dos problemas de estocagem de sedimentos, principalmente para o plano estratégico de coletas em campo. Desse modo, cabeceiras de primeira ordem, alvéolos, lagoas e represas, certamente guardarão mais informações a respeito da deposição e pequenas oscilações que deram origem aos depósitos. Já no sistema principal de drenagem as informações serão mais difíceis de encontrar pelo fato dele coletar uma quantidade enorme de sedimentos de uma grande diversidade de áreas fontes.

Assim, coloca-se a necessidade de uma visão holística sobre como os sistemas aquáticos funcionam, e como eles são estruturados em sua complexidade, que é fundamental para permitir o gerenciamento eficaz e a mitigação dos efeitos antropogênicos. Uma ferramenta importante nesse entendimento é o monitoramento dos principais processos e organismos que geram indicadores sensíveis e efetivos de alterações do sistema e suas consequências nas interações bióticas, o que levará a estratégias efetivas para o uso, planejamento, manejo e conservação dos sistemas aquáticos (COTTINGHAM e CARPENTER, 1998; LIKENS, 2001; TUNDISI, 2008).

5.5 Marmitas de Dissolução em Ambientes Semiáridos

No contexto de pensar os sistemas aquáticos no semiárido do Nordeste brasileiro, importa evidenciar as Marmitas de Dissolução, as quais são comuns na região Nordeste do Brasil. Essas depressões naturais apresentam geometria bastante variada, com diversas formas e profundidades.

Marmitas de Dissolução são depressões escavadas na rocha fresca, que devido a controles estruturais, podem apresentar contornos irregulares (WORTH, 1953). No caso das Marmitas de origem fluvial, essas denotam uma morfologia que tende a ser cônica ou cilíndrica e apresentam uma maior profundidade em relação às formas não fluviais, onde sua gênese está associada ao trabalho de evorsão em leito de rios (WALDHERR, ARAÚJO-JÚNIOR e RODRIGUES, 2017).

As Marmitas têm sua gênese associada ao intemperismo sobre as rochas graníticas, principalmente, aquelas sujeitas a deformações rúpteis de origem endógena, tais como os elementos característicos às falhas, além do tipo de material litológico (TWIDALE, 1982). De uma maneira geral as Marmitas são originadas por processos intempéricos e erosão diferencial, atuantes ao longo do tempo em função da ação de climas secos Cabral *et al.*, (2019); Silva, Amorim e Correa (2017).

Para Guerra (1980), as Marmitas de Dissolução são cavidades que aparecem no leito dos rios produzidos pelas águas turbilhonares. Essas cavidades aparecem, comumente, logo após uma cachoeira, ou então, quando há rápido desnível sendo, no entanto, o leito do rio de rocha dura e compacta. Sua origem está associada a dissolução na superfície das rochas, especialmente as que são ricas em carbonato de cálcio, havendo reação química dos minerais destas com a água. Leinz e Amaral (2001) por sua vez, definem Marmitas de Dissolução como verdadeiras perfurações cilíndricas, profundas, formadas pelo redemoinho das águas, ao turbilhonar após uma cachoeira, ou uma corredeira.

Considera-se que estas definições são generalizadas, pois evidências colhidas em literatura especializada Twidale (1982), Campbell (1997), Vidal Romaní e Twidale (1998), Vidal Romaní e Rodriguez (2007) apresentam os processos tectônicos como um fator importante na formação das Marmitas. 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.

Christofolletti (1981) atribui a origem das Marmitas de Dissolução a depressões escavadas pela abrasão giratória de seixos ou blocos, rotacionados pela energia da água corrente. Bigarella (1994), entretanto, definiu as Marmitas de Dissolução como uma feição de

intemperismo de pequeno porte que se desenvolve por coalescência lateral dos alvéolos (SILVA, 2013).

Para Vidal Romaní & Twidale (1998), os fatores tectônicos explicariam os casos de alinhamento das Marmitas ao longo das fraturas, assim como a associação imediata destas em ambos os planos de fratura, muito frequentes nos maciços graníticos diaclasados e deformados. Ainda segundo os autores, nas pequenas Marmitas assim formadas, a acumulação periódica de água, após a sua exposição em superfície a partir dos ciclos erosivos, atuaria na alteração dos silicatos, principalmente micas e feldspatos, dando forma às Marmitas.

Estudos relativamente recentes realizados por 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 (SILVA, 2017).

Evidências apontam que as Marmitas de Dissolução estejam associadas às 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 (SILVA, 2013).

Corrêa e Silva (2005), ao estudarem os depósitos das Marmitas de Dissolução em Conceição das Crioulas, localizado em Salgueiro – PE, verificaram predominância de fluxos de alta energia característicos dos ambientes de encostas e pedimentos transicionais do semiárido nordestino como sistema de transporte dos sedimentos que preenchem as Marmitas daquela área. Apesar da falta de datação dos sedimentos na área, os autores, através da análise morfoestratigráfica do depósito, assinalam para uma maior atividade geomorfológica nas encostas em períodos recentes com posterior estocagem do material em pequenas bacias fechadas, associadas a um padrão fluvial radial centrípeto sob-regime marcadamente torrencial e sazonal, assim refutando a hipótese de que as depressões ali houvessem evoluído como um sistema lacustre típico.

As propostas elaboradas por Mabesoone *et al.*, (1990), para a formação de uma Marmita, seja por influência de fraturas e diáclases, ou pela distribuição de xenólitos decompostos, baseiam-se em um esquema estrutural pré-estabelecido para compreender a expansão ou aprofundamento dessas formas posteriormente. Segundo esses autores, as Marmitas aumentaram seu tamanho pelo processo de evorsão de águas pluviais torrenciais, típicas de clima semiárido que carrearam fragmentos de rochas, incluindo seixos, resultando em atrito sobre o embasamento cristalino. A intensidade e frequência desse processo de abrasão,

além da ação química das águas estagnadas, produziriam Marmitas mais rasas, enquanto outros seriam mais aprofundadas com paredes bastante íngremes. Geralmente, os fósseis são encontrados nas Marmitas mais profundas (PAULA e COUTO, 1980; ARAÚJO-JÚNIOR e PORPINO, 2011; WALDHERR, 2017).

Na literatura regional as Marmitas são chamadas como cacimbas, tanques, caldeirões, entre outras (ROLIM, 1974), mas neste trabalho está sendo utilizado o termo presente na literatura australiana de grande aceitação internacional dessas depressões encravadas na rocha fresca com formas que variam entre circulares, ovais, elípticas e oclares são tratadas como Marmitas de Dissolução (SILVA e CORREA, 2009).

As Marmitas de Dissolução são importantes enquanto depósitos de água. Apesar de serem tratadas como feições comuns e exclusivas de regiões áridas e semiáridas Campbell (1997) Gutiérrez (2005) Vidal Romaní e Rodrigues (2007) Nettoff e 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 do 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, AMORIM e CORREA, 2017).

Oliveira e Hackspacher (1989) e Oliveira *et al.*, (1989), estudando “tanques” no Estado do Rio Grande do Norte, após observações de caráter sedimentológico, geomorfológico, estrutural e geofísico (eletro-resistividade e sísmica rasa de refração), concluíram que os tanques se formaram pela erosão produzida ao longo das fraturas por meio de ação física e química e que os sedimentos em seu interior não são de origem fluvial, e sim de processos não convencionais de sedimentação, muito localizados, sendo parte resultantes do intemperismo físico e químico das rochas subjacentes e parte carregadas para o interior dos tanques através de águas pluviais durante as estações chuvosas e também pela ação eólica, durante as estações secas.

Águas meteóricas sobre os tanques foram muito efetivas durante o Pleistoceno final ao Sub-Recente na região Nordeste, coincidindo com as mudanças climáticas de condições úmidas para secas ocorridas entre o final do Pleistoceno e o começo do Holoceno, com a consequente extinção das ricas savanas pleistocênicas e da correspondente fauna de vertebrados. Para este autor, os tanques foram os últimos bebedouros naturais na região durante aquela fase de mudanças climáticas, constituindo-se em pontos naturais de convergência, ao mesmo tempo,

dos vertebrados da rica fauna daquela época (WALDHERR; ARAÚJO-JÚNIOR e RODRIGUES, 2017).

Verifica-se, então, que a análise geomorfológica dos ambientes atuais constitui uma importante ferramenta para a compreensão evolutiva da paisagem no passado geológico recente. Sendo assim, um aspecto essencial para tal entendimento está na associação do registro estratigráfico aos estudos geomorfológicos como instrumento material para a interpretação e evolução da paisagem, bem como os métodos e técnicas mais recentes de datação, como o uso do ^{210}Pb (CORREA e SILVA, 2005).

5.6 Modelos Teóricos e Metodológicos para Análise de Reservatórios em Ambientes Semiáridos

A literatura registra diversas abordagens teóricas, metodológicas, técnicas e conceitos para a caracterização e análise de lagos naturais e artificiais, sua gênese e evolução, bem como seus impactos ambientais recentes e os processos geomorfológicos na perspectiva de compreender a dinâmica complexa dos sistemas lacustres.

Nos últimos anos algumas pesquisas realizadas sob o ponto de vista geomorfológico na China, Japão, Austrália, entre outros, evidenciam a necessidade de realização de estudos com uma visão mais complexa do relevo terrestre, onde além de desvendar os processos morfoestruturais e morfoesculturais, possam apreender a gênese e evolução de forma precisa e, em consequência, identificar as principais transformações ambientais recentes. E uma das técnicas mais eficazes para a datação de sedimentos adotada é o ^{210}Pb .

Outra questão importante é o aumento do número de trabalhos que se preocupam em estudar a qualidade das águas, uma vez que o processo de urbanização e industrialização, além do agronegócio que atua de forma que deixam mazelas ambientais poluindo os recursos naturais, onde a água e o solo acabam sendo os mais afetados. Há também esforços na direção de entender os processos de sedimentação e de como eles modificam a dinâmica fluvial, que no ambiente semiárido é ainda mais complexo. A falta de mata ciliar no leito dos rios, por exemplo, é um dos fatores que mais despertam preocupações aos estudiosos do assunto.

Neste sentido, vários procedimentos técnicos e metodológicos podem ser aplicados na perspectiva de compreensão dos sistemas naturais e seus processos genéticos e evolutivos. A técnica do ^{210}Pb é uma das possibilidades de datação com maior precisão, pois sem métodos precisos de datação de sedimentos recentes não é possível fornecer uma descrição quantitativa dos sedimentos, da taxa de acumulação e dos processos de deposição, que são a chave para a

reconstrução de condições ambientais passadas. Um modelo de alta resolução cronológica para sedimentos é a datação radiométrica, que é uma técnica muito eficaz na aplicabilidade geral, onde se pretende fornecer uma determinação absoluta da idade (CARROLL e LERCHE, 2003).

No Brasil, o primeiro trabalho com datação de sedimentos usando o ^{210}Pb foi realizado na Baía de Guanabara - RJ, em 1986, fruto de uma cooperação entre pesquisadores brasileiros e alemães até 1998, cinco outros artigos envolvendo a datação de sedimentos amostrados no Brasil, são encontrados na literatura, mas sempre com a datação sendo realizada no exterior em colaboração com outros grupos de pesquisa. As publicações internacionais com base na *Web of Science* no período de 2013-2017, encontram-se na faixa de 800 publicações sobre datações de sedimentos empregando a chamada técnica do ^{210}Pb (GODOY, 2018).

No semiárido brasileiro, a experiência de trabalhos utilizando técnicas de datação com o uso do ^{210}Pb ainda são pontuais. Já a técnica morfoestratigráfica tem sido muito empregada para caracterizar os depósitos quaternários, principalmente devido ao caráter descontínuo dos mesmos (BLUM e TORNQVIST, 2000). Outra técnica bastante adotada é a arquitetura deposicional. Esse método de análise é baseado na representação de seções sob a ótica bidimensional e tridimensional, usando perfis verticais para o detalhamento de camadas. As exposições dos depósitos são fotografadas paralelamente à extensão lateral do afloramento, e os detalhes referentes à estratificação e litofácies são desenhados em níveis de sobreposição com o auxílio de programas de computador (MIALL, 1996; FETT JÚNIOR, 2005). A datação com Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) também é um caminho metodológico com bastante aceitação e aplicação na tentativa de desvendar a história evolutiva de lagos (CHEN, AITCHISON e ZONG, 2016).

Uma das experiências de estudos que se pautaram na análise morfoestratigráfica no Brasil foi realizada na Lagoa Uri de Cima, em Salgueiro (PE). Essa Lagoa tem a sua história de formação sintetizada como a de uma paleodepressão denudada, destituída de capeamento intempérico, que foi posteriormente preenchida por sedimentos transportados do seu entorno imediato, uma vez que a mesma se situa em posição de cabeceira de rede de drenagem servindo de repositório para os testemunhos das ocupações circunjacentes. Sob o ponto de vista da evolução da paleopaisagem até a paisagem contemporânea, pode-se afirmar que a Lagoa Uri de Cima é marcada por uma contínua desconectividade hidrológica/sedimentológica entre a rede de drenagem e os níveis de base locais (MUTZENBERG *et al.*, 2013).

Outro trabalho significativo foi realizado no riacho da Onça, que drena o distrito de Fazenda Nova em Brejo da Madre de Deus (PE). Ao longo de seu curso, atravessa terrenos de conformação geológica cristalina, cortando extensos lajeados graníticos que possibilitam a

elaboração de importantes reservatórios naturais, as ditas Marmitas de Dissolução, ou lagoas. Ainda são pouco conhecidos os fatores responsáveis pela formação destas feições, levando-se em consideração sua grande ocorrência em leitos fluviais de ambiente semiárido, onde não se tem mais água disponível para a atual formação das mesmas por ação do turbilhonamento da água sobre zonas de fraqueza da rocha (SILVA, 2009).

No semiárido brasileiro a busca de soluções para as recorrentes secas no Nordeste levou à prática de construção de reservatórios sem, entretanto, se enquadrarem em uma política hídrica para as bacias hidrográficas. A prática tem demonstrado que a pequena e a média açudagem têm sido um dos fatores responsáveis pela redução do volume afluente aos grandes reservatórios de característica interanual, os quais são de interesse estratégico. O grande problema da pequena açudagem é a eficiência hidráulica que é seriamente comprometida devido às perdas por evaporação serem muito mais elevadas (CAMPOS *et al.*, 2000; FEITOSA, 2011).

Muitos desses reservatórios têm sofrido processo de eutrofização, interferindo nos usos para os quais esses corpos d'água foram construídos (SALAS e MARTINO, 2001). O processo de eutrofização tem se tornado um impacto ambiental de ordem global, sendo um dos mais graves problemas relacionados com a conservação da água (SMITH e SCHINDLER, 2009). Eutrofização é o fenômeno pelo qual um ecossistema se torna cada vez mais produtivo pelo enriquecimento por nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio. Entre os principais impactos causados pela eutrofização está o aumento da contaminação dos corpos hídricos por metais e substâncias tóxicas (liberadas por algas), além do que esses reservatórios apresentam um tempo de vida útil. Portanto, estudos que possam identificar o tempo de vital útil desses reservatórios são de extrema importância (WIEGAND, 2016).

Alguns estudos têm utilizado medidas de decaimento do ^{210}Pb , que é um método bastante preciso para a quantificação dos sedimentos através de amostras coletadas em campo. Esta técnica baseia-se na determinação do teor de ^{210}Pb presente nos sedimentos, tendo em vista que o ^{210}Pb decai com uma meia-vida de 22 anos, e o decréscimo de sua atividade com a profundidade do sedimento pode fornecer uma indicação sobre a taxa de acumulação dos sedimentos naquela área, e a sua relação com fatores exógenos, tais como atividades agropecuárias (COSTA JÚNIOR, 2011; SHUCHUN *et al.*, 2009; SOUZA, 2007).

Técnicas de datação com o uso de ^{210}Pb provaram ser confiável, não importa se a taxa de acumulação de sedimentos é uniforme ou não (APPLEBY, 1998). Até agora, existem cinco modelos de idade frequentemente, que são chamados de Fluxo Constante de Dedimentação Constante (CFCS), o Modelo de Concentração Inicial Constante (CIC), o modelo de Taxa de

Oferta Constante (CRS), o modelo Corrigido do CRS, e a Tomografia Isotópica de Sedimentos (SIT) (CHEN *et al.*, 2006; JIN *et al.*, 2010; YAN *et al.*, 2002; ZHANG *et al.*, 2004). Porém, é importante evidenciar que também é consenso que datar sedimentos de lagos em zonas áridas e semiáridas usando métodos excessivos de ^{210}Pb é desafiador por causa das variações climáticas irregulares e efeitos antropogênicos (LAN, ZHANGA e YANGA, 2018).

Em geral, dois modelos básicos estão disponíveis para cálculos de idade: que é o *Constant Initial Concentration* (CIC) e o *Constant Rate of Supply* (CRS). O CRS foi originalmente proposto por Krishnaswamy *et al.*, (1971) e então desenvolvido por Appleby e Oldfield (1978) e Robbins (1978). Este modelo assume que há uma precipitação constante de ^{210}Pb de a atmosfera à superfície do sedimento, resultando em uma taxa constante fornecimento de ^{210}Pb aos sedimentos, independentemente de que pode ter ocorrido na taxa de acumulação de sedimentos.

O modelo (CRS) provou ser confiável na maioria dos casos (BINFORD, 1990). Isto é apoiado pelos resultados apresentados por Appleby (2008), incluindo sedimentos coletados de lagos no deserto na China, Chile e no deserto Egito. Com base em Binford *et al.* (1993) o modelo CRS pode ser mais apropriado em lagos de infiltração e conseqüentemente são empregamos para datar os sedimentos recentes (LIU, *et al.*, 2012).

Em um estudo realizado no Açude do Saco I, no município de Serra Talhada (PE), as taxas de sedimentação foram determinadas através do ^{210}Pb , pelo método de contagem β total, utilizando-se os modelos *Constant Initial Concentration* (CIC) e *Constant Rate of Supply* (CRS). O ^{210}Pb estava presente em todas as amostras, em concentrações de atividade similares quando calculados pelos modelos CIC e CRS, no entanto, considerando que este açude recebe contribuições de alguns cursos d'água, o modelo CRS apresentou-se como o mais adequado. Para a determinação da taxa de sedimentação e das idades dos sedimentos foi observado que a taxa de sedimentação cresceu com o aumento da profundidade e houve um declínio da taxa de sedimentação e do fluxo dos sedimentos no decorrer do tempo (FERREIRA, 2012).

A literatura internacional também revela algumas experiências de análise sedimentológica e datação com ^{210}Pb , sempre na perspectiva de poder identificar as principais mudanças ambientais recentes. Mizugaki; Nakamura e Araya (2006), ao estudarem a história da deposição de sedimentos ocorrida no último século no rio Kushiro Mire, no Japão, para registrar as principais mudanças ocorridas a curto, médio e longo prazo (20, 40, 200) anos respectivamente, utilizaram a técnica de datação do ^{210}Pb .

Nos últimos anos, técnicas cronológicas usando ^{210}Pb também foram usadas para ampreender análises de sedimentos em planícies de inundação em zonas úmidas como revela

os estudos de Walling (1996). Os ambientes áridos e semiáridos, por sua vez, o potencial de ^{210}Pb para medição já foi trabalhada por Owens e Walling, (1996); Chappell, (1996); Chappell *et al.*, (1998); Collins *et al.*, (2001); Ritchie *et al.*, (2003); Nearing *et al.*, (2005). Chappell (1999), os quais sugeriram que em ambientes áridos e semiáridos a técnica de ^{210}Pb oferece o maior potencial para medir a redistribuição do solo em toda a paisagem nos ambientes semiáridos, onde a redistribuição do solo envolve considerável variabilidade temporal dos fatores controladores.

Grenfell, Rowntree e Grenfell (2012) ao investigarem os processos sedimentares em um sistema descontínuo estabeleceram como eles impactaram o escoamento superficial da paisagem no semiárido da África do Sul, numa tentativa de identificar a morfologia e a evolução da paisagem local. A geocronologia com o ^{210}Pb apontou que a avulsão mais recente ocorreu após uma das estações mais chuvosas registradas, onde o dobro da média anual da chuva caiu em apenas alguns meses. Uma série de paleo-inundações ao longo do comprimento das ravinas implica que o processo de formação de inundações e assoreamento não é restrito ao passado recente, e ocorre em longo prazo.

O ^{210}Pb tem se mostrado como um traçador para datação de sedimentos depositados em lagos, num período de 100 anos, tempo apreciável para mudanças ambientais ocorridas devido a industrialização (RUIZ FERNANDEZ *et al.*, 2005). A presença de ^{210}Pb em águas superficiais, tais como, rios e lagos, decorre da deposição atmosférica deste radionuclídeo, devido ao decaimento do ^{222}Rn , como de sua lixiviação das rochas e sedimentos que contêm urânio (COSTA JÚNIOR, 2011).

A geocronologia quando aplicada aos estudos geomorfológicos é, necessariamente, um campo de aplicações multidisciplinares, sustentando as interpretações sobre a evolução das formas de relevo. Uma série de técnicas de reconstrução ambiental são utilizadas e aplicadas, sobretudo aos depósitos sedimentares que estruturam os modelados agradacionais, permitindo a identificação das condições ambientais vigentes ao longo de diferentes estágios de evolução da forma, incluindo no seu bojo análises sedimentológicas, paleontológicas, além de outras formas de resíduos vegetais como as biosilicificações (fitólitos) (CORREA, *et al.*, 2016).

As cronologias precisas de sedimentos são de importância crucial na interpretação das variações temporais de sedimentos lacustres. Entre estes métodos cronológicos, o uso do ^{210}Pb enquanto técnica de datação é um dos meios mais importantes para datar sedimentos recentes (0-130 anos) (APPLEBY, 2001). Essa técnica cronológica é amplamente utilizada no solo, na avaliação da erosão, evolução de lagos e mudanças climáticas (CHAPPELL, 1999; CHEN *et al.*, 2006; OWEN *et al.*, 1990; LANA, ZHANGA e YANGA, 2018).

Verifica-se o quanto as técnicas geocronológicas, a exemplo do ^{210}Pb , são importantes para compreender a dinâmica ambiental recente de lagos. Observam-se, também, outras técnicas de caracterização “sedimentológica” e “análise geoquímica”, as quais podem fornecer elementos fundamentais para a interpretação e caracterização granulométrica dos sedimentos dos lagos/marmitas, quanto para a caracterização das estruturas mineralógicas de materiais geológicos, ou seja, na identificação de minerais.

No Nordeste do Brasil encontram-se alguns trabalhos aplicados em diversos contextos, mas e principalmente em ambientes fluviais, utilizando a difração de raios X (DRX) que é uma técnica padrão para caracterizar a estrutura cristalina dos materiais. Ela também pode ser utilizada para quantificar o tamanho dos cristalitos (L_c) dos materiais carbonosos (MACHADO, *et al.*, 2011). A Difração para os Raios X possibilita que substâncias bem cristalizadas sejam identificadas por essa radiação. Portanto, é fundamental conhecer a estrutura dos cristais para o entendimento de sua atuação no processo da DRX (SILVA, 2013).

Outra técnica também utilizada para a análise geoquímica é a Fluorescência de Raios-X (FRX), a qual possui amplas vantagens como o baixo custo de análise, geralmente requer baixo consumo de reagentes e vidraria, gera pouco ou nenhum resíduo. Em situações em que se pretende analisar uma amostra totalmente desconhecida, a técnica de FRX também se mostra vantajosa. Os instrumentos de fluorescência de raios-X modernos são capazes de produzir análises quantitativas de materiais complexos com precisão que iguala ou excede aquela dos métodos clássicos ou outros métodos instrumentais. Para uma precisão adequada das análises, porém, está requer a disponibilidade de padrões de calibração que se aproximem da composição e características físicas das amostras, ou métodos matemáticos satisfatórios para lidar com efeitos interelementares (SKOOG *et al.*, 2002; SANTOS, *et al.*, 2013).

Melo (2013), ao realizar a caracterização geoquímica dos sedimentos em suspensão e de fundo, frutos da erosão física e química dos solos e rochas causada pelos cursos de água, conseguiu estabelecer comparações entre as características geológicas das bacias hidrográficas envolvidas e identificar os processos geoquímicos subjacentes. A caracterização geoquímica dos sedimentos mostrou que, para as quatro amostras estudadas, as concentrações dos diversos elementos apresentam maiores semelhanças entre si do que propriamente aos sedimentos de fundo correspondentes.

Santos *et al.*, (2017), realizou a caracterização de sedimentos provenientes de canais de drenagem fluviais na Bahia. A análise química foi realizada por meio da Fluorescência de Raios X – FRX, e Decifração de Raios X – DRX. Lima, Gomes e Moreno (2011), apresentam resultados das análises químicas, físicas e mineralógicas pertinentes ao estudo da caracterização

e comportamento dos materiais cerâmicos argilosos. Em uma amostra de um nível mais arenoso e outro argiloso mostrou que estas têm composições muito semelhantes, sendo as diferenças decorrentes principalmente do maior conteúdo de quartzo na amostra arenosa. As análises mineralógicas indicaram a presença de argilominerais dos tipos: caulinita, ilita e montmorilonita, além de quartzo, microclínio, albita, hornblenda, muscovita, biotita, turmalina verde, zircão, carbonatos, magnetita e ilmenita em composições diferenciadas conforme a posição da amostra no perfil analisado.

5.7 Análise de Depósitos Sedimentares

Compreender a proveniência e composição dos sedimentos é extremamente importante, sobretudo em estudos no âmbito da geologia sedimentar e do quaternário. Tais estudos, pautado em diferentes técnicas, são capazes de identificar a distribuição espacial e temporal dos sedimentos (REMUS *et al.*, 2008).

As características dos sedimentos dependem da composição da rocha erodida, do agente de transporte, da duração do transporte e das condições físicas da bacia de sedimentação. E identificar a origem dos sedimentos é fundamental na compreensão da taxa de emissão de sedimentos e no manejo dos sedimentos erodidos. Os sedimentos podem ser classificados em três grupos: sedimentos gerados pelo intemperismo dos continentes, sedimentos gerados a partir de restos de organismos que secretam conchas minerais, e sedimentos compostos pela precipitação de cristais inorgânicos quando elementos químicos dissolvidos na água se combinaram para formar novos minerais (ORITA e COSTA, 2013).

Ou seja, a composição do sedimento é resultado de contínuos processos de intemperismo e erosão sobre minerais e rochas que depreendem continuamente pequenas partículas deste mineral, sendo em seguida carregado por vento, água, podendo arrastar consigo metais e outros compostos presentes na água e no solo, atingindo com grande frequência os corpos de água (GUIMARAES, 2011).

As estruturas sedimentares podem ser subdivididas em primárias e secundárias. A primária é resultado de processos físicos atuantes durante a sedimentação, como por exemplo, as marcas onduladas e as estratificações cruzadas. A secundária ocorre logo após, ou depois de muito tempo da deposição. As estruturas secundárias resultam dos processos geoquímicos. Ou seja, observa-se que o intemperismo, seja ele físico, químico, mas também o biológico, os quais agem na interface (atmosfera/litosfera) levando a desagregação das rochas, contribuem para a produção de sedimentos (SUGUIO, 2003).

A matéria orgânica em vários estados de decomposição acaba sendo muito importante nas estruturas dos sedimentos, as partículas minerais, incluindo argilas, carbonatos e silicatos não argilosos, e uma componente inorgânica de origem biogênica, como certas formas de carbonato. Os constituintes orgânicos são bastante sensíveis aos diversos fatores que condicionam os processos de deposição, assumindo a matéria orgânica, portanto, um caráter esclarecedor quando combinada com algumas das propriedades composicionais dos sedimentos (BADER, 1955; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

O processo de intemperismo químico promove alterações nos minerais primários, oriundos das rochas, através de complexas e variadas reações químicas. As reações predominantes dependem da composição química e mineralógica do material de origem e das condições climáticas, onde a disponibilidade de umidade e a química da água têm importância capital na distribuição dos minerais neoformados (BIGARELLA, 1994; AMORIM, 2015).

A sedimentação, enquanto processo global, pode ser compreendida como um sistema, na acepção dada pela Teoria Geral do Sistema. É possível reconhecer na superfície da Terra inúmeros elementos, tais como fluidos, solos, sedimentos, íons dissolvidos, seres vivos e matéria orgânica em decomposição. Estes elementos interagem entre si por meio de processos mecânicos, químicos e metabólicos. Enquanto sistema aberto, o sistema sedimentar prevê entrada e saída de massa e de energia. A movimentação tectônica da litosfera, produzindo áreas-fontes e bacias, cria um arcabouço geral do sistema e define uma via principal de transferência de massa (ZERFASS e ZERFASS, 2015).

5.8 Abordagem Morfoestratigráfica Aplicada aos Estudos do Quaternário

A caracterização geomorfológica dos ambientes atuais constitui a base para a compreensão da sequência evolutiva da paisagem no passado geológico recente. Sendo assim, um aspecto essencial para tal entendimento está na associação do registro estratigráfico aos estudos geomorfológicos como instrumento material para a interpretação da evolução da paisagem (SILVA, 2013).

A Morfoestratigrafia, ramo de estudos proposto por Frye e Willman (1962), dedica-se ao estudo do registro sedimentar do Quaternário. A unidade morfoestratigráfica é entendida como sendo um corpo sedimentar identificável por sua morfologia exposta em superfície, e diferenciada ou não pela litologia e/ou idade das unidades limítrofes (FRYE e WILLMAN, 1969). Ou simplesmente, segundo Hughes (2007, 2010) como a subdivisão de corpos sedimentares baseado em sua forma na superfície (SILVA, 2007; GONÇALVES, 2018).

Frye e Willian (1962), definiram as unidades morfoestratigráficas como compreendendo os corpos litológicos identificados, basicamente, através de formas de relevo a elas associadas, podendo ou não ser distintos litologicamente das unidades contíguas, subordinando assim, a estratigrafia as formas de relevo (SILVA, 2007).

O Código Estratigráfico Norte Americano (N.A.C.S.N., 1983) propõe a categoria de unidades aloestratigráficas como meio capaz de atender tais particularidades, sendo o responsável por explicar a distribuição espacial, a cronologia e a gênese dos pacotes sedimentares recentes, ainda podendo ser aplicada aos estudos de sedimentos mais antigos (MELLO, 1994; SUGUIO, 2003).

A unidade aloestratigráfica é uma unidade sedimentar, mapeável e delimitado por descontinuidades limítrofes identificáveis, portanto, passível de diferenciação entre o material e a litologia sobrejacente, contíguos ou descontínuos, mais uma vez, limitados por descontinuidades, assim como depósitos com heterogeneidade litológica atrelada a uma unidade aloestratigráfica. Sendo possível a ocorrência vertical ou horizontalmente estruturada no perfil (MOURA e MELLO, 1991; MELLO, 1994; SUGUIO, 1999; SUGUIO, 2000; MOURA, 2003; N.A.C.S.N, 2005; HUGHES, 2007; LIMA, 2015). Observa-se que a diferenciação dos depósitos sedimentares Quaternários se dá a partir das descontinuidades, onde a identificação das unidades morfoestratigráficas são importantes para estabelecer a cronologia, numa perspectiva de evolução da paisagem.

A classificação aloestratigráfica assume forte significado temporal e colaborativo no detalhamento dos eventos deposicionais, onde a história paleoambiental fica registrada em meio às descontinuidades estratigráficas, basilar para a realização de uma classificação cronoestratigráfica. Fica assim evidente a necessidade de tais elementos para o entendimento da dinâmica evolutiva de um ambiente deposicional Quaternário, sem necessariamente, apenas abarcar as características litológicas (SUGUIO, 1999; MELO *et al.*, 2005; SILVA, 2013; MOURA e SILVA, 2011; LIMA, 2015).

A paisagem Quaternária-atual é o resultado do somatório dos processos históricos por ela adquirida, o qual influenciou diretamente na elaboração e modificação das suas formas (CORRÊA, 2001). Outra questão importante é que para compreender o modelado do relevo é imprescindível investigar os *inputs* climáticos que ocorreram em uma área e foram registrados de várias formas através das mudanças no relevo, nos depósitos correlativos e nas modificações dos sedimentos. Assim, o estudo do Quaternário torna-se uma referência ímpar para investigar as oscilações do clima ao longo do tempo geológico (SILVA, 2016).

Numa perspectiva de contribuição a caracterização geomorfológica e paleogeográfica, com ênfase nos preenchimentos sedimentares da Lagoa Uri de Cima, semiárido nordestino, Mützenber *et al.*, (2013), a análise morfoestratigráfica foi adotada para ajudar estabelecer os diferentes estratos materializados nos sedimentos, resultando numa proposta de modelo para reconstrução paleoambiental, fornecendo dados para um entendimento de sua gênese e evolução da paisagem.

Na sedimentação Quaternária, também é encontrado várias informações paleoecológicas que evidenciam não apenas o último estágio de arranjo das paisagens naturais, como também as grandes intervenções humanas sobre os ecossistemas (SALGADO-LABORIAU, 1994; GONÇALVES, 2018).

O modelado deposicional brasileiro, e nordestino em particular, é marcado pelas evidências de significativas pulsações climáticas que interferiram diretamente sobre os processos de erosão/deposição, e que são confirmadas a partir de indicadores biogeográficos, paleontológicos, geomorfológicos e sedimentológicos (BIGARELLA e AB'SABER, 1964; BIGARELLA e ANDRADE, 1965; SILVA, 2013; GONÇALVES, 2018; SOARS, 2019).

Sendo assim, os estudos voltados para os ambientes deposicionais buscam o entendimento a partir da abordagem sistêmica, apoiando-se no modelo de processo/resposta, onde os diferentes tipos de energias atuantes no sistema são responsáveis por delinearem os principais processos que serão regulados pelas características fisiográficas da paisagem (ARRUDA *et al.*, (2005); MABESOONE (1983); ARRUDA, (2004); SILVA, (2013); GONÇALVES (2018). E embora os registros do paleoclima tropical possam fornecer informações importantes sobre a resposta do clima global, os estudos nessa região ainda são muito limitados e escassos (PATZOLD *et al.*, 1998; GERHARDT *et al.*, 2001; WANG AULER *et al.*, 2004; NACE, BEKER *et al.*, 2014; OLIVEIRA, 2016).

6 MATERIAIS E MÉTODOS

O processo de produção do conhecimento é uma atividade que requer esforços na perspectiva de atingir certos objetivos, os quais oportunizam conclusões/considerações finais frente ao tema trabalhado. O método de análise da presente dissertação foi o Sistêmico, o qual tem sido contemplado em vários âmbitos das ciências de forma conceitual-aplicada. Na tentativa de análise da dinâmica geomorfológica do semiárido, a abordagem sistêmica torna-se um dos caminhos mais recomendados por se considerar a complexidade inerente às relações de interdependência entre os componentes do sistema (VICENTE e PEREZ FILHO, 2003).

A Geografia adota o pensamento sistêmico buscando consolidar as noções de totalidade, intercambiando com a Biologia, Física, Química, entre outras, e passa a partilhar a noção de sistemas dinâmicos, não lineares e de comportamento caótico (CORRÊA, 2006). Na geomorfologia, a teoria sistêmica pautada em Bertalanffy foi explicitamente introduzida por Chorley em 1962 (GRAF, 1988; SOUZA, 2011). Jean Tricart (1977), também desenvolveu estudos numa perspectiva sistêmica e interdisciplinar. No Brasil, um dos pioneiros em incorporar a teoria sistêmica de Bertalanffy foi o professor Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (2001) inicialmente visando assimilar a complexidade do clima urbano em suas diferentes estruturas e conjunturas.

Logo, a visão sistêmica implica que a Geografia Física, enquanto subconjunto da Geografia não deve estudar os componentes do quadro físico por si mesmo, mas investigar a unidade resultante da interação e as conexões existentes nesse conjunto. Essa concepção organicista assinala que o conjunto resultante não é apenas a composição da somatória das suas partes, mas surge algo individualizado e distinto, com propriedades e características que só o todo possui (CHRISTOFOLETTI, 1979).

Amador (2011), em seus estudos de cunho geográfico-ambiental, evidencia que a abordagem sistêmica como alternativa ou complemento ao pensamento cartesiano não veio com o intuito de destituir tudo o que já existia a respeito de métodos de investigação da ciência, mas para agrupá-los e deles buscar uma compreensão maior da realidade.

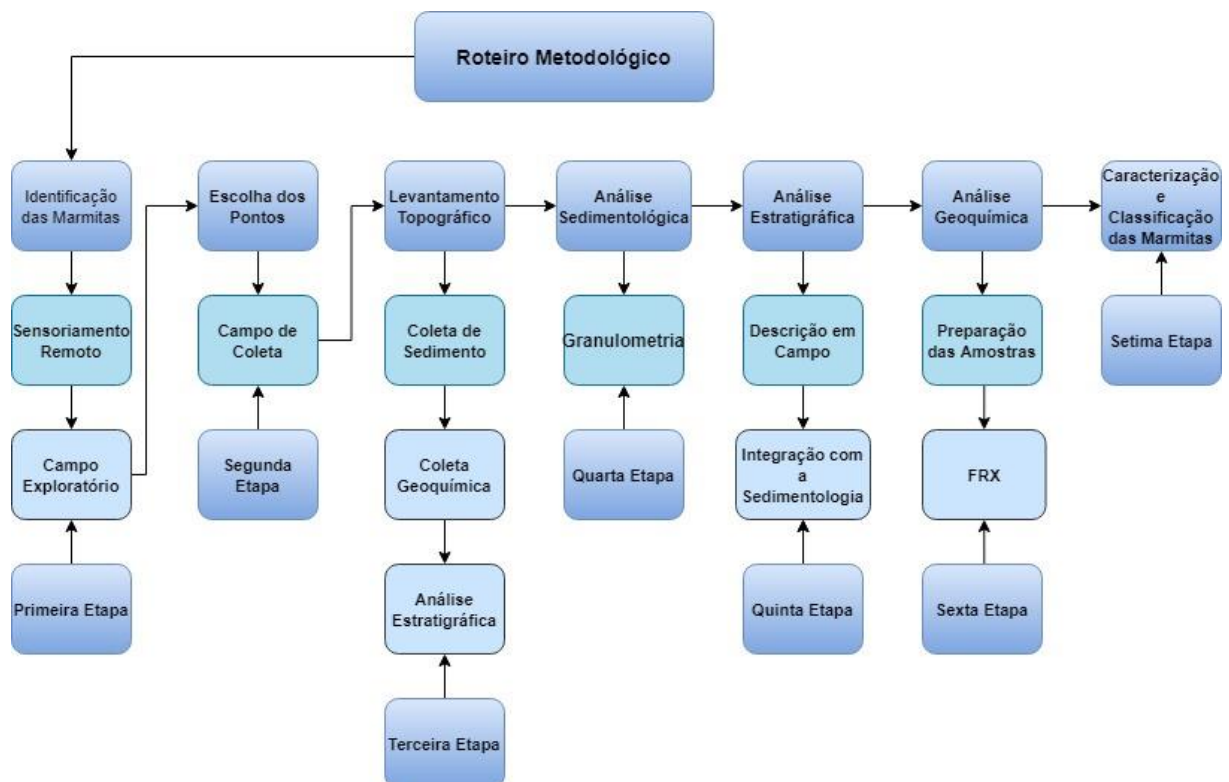
A proposta da abordagem sistêmica se coaduna com a perspectiva do Paradigma da Complexidade defendido por Edgar Morin (1997), o qual ratifica a importância de entender o contexto presente nas relações entre as partes e o todo, e de pensar entorno da dinâmica dos procedimentos técnicos e metodológicos empregados no contexto de fazer ciência. O que permite contextualizar a recursividade dos elementos físicos-ambientais, que no caso do trabalho em pauta refere-se ao contexto geológico-geomorfológico, pedológico, hidrológico,

climático, entre outros. O emprego da abordagem sistêmica se dá pela necessidade de compreender a dinâmica hidro-geomorfológica das áreas sazonalmente alagadas no core do maciço residual da Serra da Baixa Verde PB/PE.

Além do que a adoção das diferentes técnicas fundamentais aos propósitos desta dissertação, as quais estão dispersas no contexto das geociências, como a morfoestratigrafia, geoquímica, sedimentologia, gerando resultados diferentes, mas que ao final terminam sendo complementares. Registra-se, ainda, a categoria paisagem fundamental na análise geomorfológica, materializada nas Marmitas, localizadas acima de 700 metros de altitude, no core da Serra da Baixa Verde PB/PE.

A seguir na figura 05, observa-se o fluxograma metodológico com o passo a passo dos procedimentos metodológicos inerentes a cada técnica adotada e fase de desenvolvimento do trabalho, quais sejam: **a)** identificação e mapeamento das Marmitas; **b)** levantamento topográfico; **c)** análise sedimentológica; **d)** análise morfoestratigráfica **e)** análise geoquímica e **f)** caracterização e classificação das Marmitas. O resultado final foi a caracterização geomorfológica detalhada das feições formadas sobre o embasamento rochoso, sazonalmente alagadas.

Figura 05: Fluxograma Metodológico



Elaboração: Jeovanes Lisboa, 2020.

6.1 Procedimentos Metodológicos

6.1.1 Identificação e Mapeamento das Marmitas de Dissolução

Inicialmente foi realizada uma busca na área objeto de estudo por meio do Google Earth, tendo como base as imagens do dia 26/11/2011, haja vista que foram imagens com melhores resoluções para a visualização, busca e identificação das Marmitas. Na sequência foram realizados dois trabalhos de campo exploratório, um entre os dias 10 e 12 de dezembro de 2018, e outro entre os dias 22 e 24 de abril de 2019, na perspectiva de um reconhecimento geral da área estudada, bem como identificar características específicas dos pontos visitados, tais como: cobertura vegetal, intervenção humana (agricultura, pecuária, barramentos, entre outros), cotas altimétricas, geometria das Marmitas.

Os pontos *in loco* foram identificados-marcados com o Sistema de Posicionamento Global (GPS) Garmin 64s, e as fotografias foram registradas com câmera fotográfica. Em alguns momentos também foram realizados diálogos informais com os moradores locais, os quais sempre evidenciaram os usos e a importância desses reservatórios, principalmente para agricultura, pecuária e uso doméstico.

Em gabinete houve a sistematização dos dados coletados em campo, visando selecionar os pontos a serem trabalhados na perspectiva da caracterização geomorfológica, seguindo alguns procedimentos metodológicos e técnicos. Os critérios de escolha desses pontos foram as diferenças entre as cotas altimétricas, declividade, vegetação, precipitação, formas e profundidades das Marmitas, intervenções humanas (barramentos) e os respectivos usos. Ao final, foram selecionados e mapeados seis pontos, localizados geograficamente no limite entre (PB-PE), sob o maciço residual da Serra da Baixa Verde, com cotas altimétricas superiores a 700 metros de altitude.

Apesar do trabalho de campo de coleta ter sido realizado no período seco, de 16 a 19 de outubro de 2019, no dia 24 do mês anterior houve uma precipitação de 80 mm em apenas 24 h em Triunfo (PE), conforme os dados da Apac, (2019) favorecendo o acúmulo de água dos pontos visitados, inviabilizando as coletas dos pontos localizados na parte mais elevada da Serra. Dessa forma, foi realizada coleta para análise detalhada apenas no ponto 03, localizado em São José de Princesa (PB), nas cotas altimétricas entre 700 e 800 metros.

De acordo com os dados da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs, 2019), em São José de Princesa - PB foi registrado pouca chuva nos meses de agosto, setembro e outubro de 2019, com 0,0, 3,1 e 9,3 mm, respectivamente.

Durante o trabalho de campo de coleta foram cavadas trincheiras a fim de abrir perfis para coleta do material para análise sedimentológica e geoquímica. Além das anotações e descrições dos perfis em campo, a fim subsidiar elementos para a análise morfoestratigráfica. Realizou-se, ainda, voos com Drone para gerar ortomosaicos dos pontos estudados e estabelecer sua morfologia.

6.2 Levantamento Topográfico

O levantamento fotogramétrico foi realizado com Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT. As fotografias captadas foram adicionadas no *Agisoft Metashape* na perspectiva de fazer o processamento, com correção inicial para os pontos de controle no nível médio de acurácia. Na sequência, foram adotados os seguintes passos: geração de nuvens de pontos densa por meio do alinhamento; classificação dos pontos de solo; criação do MDS; e pôr fim a geração do ortomosaico que é criado a partir da texturização da geometria construída pela malha triangular gerada no processamento anterior.

Após os modelos gerados no *Agisoft*, foram estabelecidas as cores dos mapas no *Arcgis* 10.6 para representar a variação topográfica, e os perfis topográficos foram gerados a partir dos dados do MDE. No *software* Global Mapper foi gerado os perfis, com os valores da profundidade, comprimento e largura, além de estabelecer a morfologia da base das Marmitas. Com esses dados foi estabelecido a classificação morfológica, que teve como parâmetro a abordagem metodológica de Gutiérrez (2005), também adotada por Silva, Correa e Amorim (2017), que classificam as Marmitas com base em sua seção transversal.

A fotogrametria de (VANT) é um dos métodos mais eficazes para captura de áreas de pequeno porte, bem como para caracterização de feições morfológicas em terrenos íngrimes, o que exige um modelo digital de elevação de qualidade e com parâmetros bem alinhados aos objetivos empregados (TRAJKOVSKI e PETROVIC, 2020).

Esse modelo tridimensional gerado por Veículos Aéreos não Tripulados é algo de imensurável valor, pois transporta para o ambiente computacional a realidade do terreno (RODRIGUES, GOMES e MAIA, 2019). O equipamento utilizado para a aquisição das imagens foi o Veículo Aéreo Não Tripulado - VANT de modelo Phantom 4 advanced, com câmera de 12 megapixels. Os voos foram realizados no dia 19/10/2019, e as fotos captadas numa altitude de 60 metros.

6.3 Análise Sedimentológica

A análise sedimentológica oportuniza obter informações sobre os processos físicos e hidrodinâmicos dos sedimentos. E neste trabalho foi realizado na perspectiva de fornecer elementos para interpretação e caracterização granulométrica dos sedimentos que preenche as Marmitas, tendo como finalidade estabelecer a geometria das diferentes partículas dos grãos, e associar a sequência evolutiva da paisagem.

6.3.1 Granulometria

A granulometria das areias e dos cascalhos foram estabelecidas por meio do peneiramento das amostras, onde as frações de silte e argila foram dispensadas. As informações obtidas para a metodologia seguiram as orientações de Gale e Hoare (1991), utilizando-se o peneiramento seco para as frações de areia e cascalho. Os valores obtidos das frações granulométricas foram submetidos aos parâmetros estatísticos propostos por Folk e Ward (1957), cuja organização das amostras obedeceram aos seguintes passos:

- I Pesar as amostras com 100g de sedimento arenoso, ou 50 g de sedimento argiloso;
- II Colocar em um Becker de vidro com 400 ml de água;
- II Acrescentar 20 g de dispersante (hexametáfosfato de sódio) diluído;
- IV O Becker será levado ao agitador por um tempo médio entre 10 minutos se o sedimento for arenoso e 15 se o sedimento for argiloso.

Inicialmente, todas amostras foram para a estufa, e após a secagem passaram pelo peneiramento, utilizando um conjunto de peneiras com intervalos sucessivos de 1 phi (ϕ) no intuito de determinar as frações de areia muito fina, areia fina, areia média, areia grossa e cascalho. Os valores obtidos em grama para cada fração granulométrica foram submetidos a tratamento seguindo os parâmetros estatísticos de Folk e Ward (1957), tendo sido calculado o diâmetro médio, o grau de seleção, o grau de assimetria, e curtose. As amostras foram processadas no Laboratório de Estudos Geológicos e Ambientais - LEGAM, do Departamento de Geociências da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

A separação das frações de silte e argila foram estabelecidas com granulômetro à laser, num sistema óptico de captação com 38 sensores de marca Ingke Scientific/Wurtech. A preparação das amostras seguiu as recomendações metodológicas do Laboratório de Materiais Metálicos, ligado ao Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, que ratifica que as frações acima de 63 μm devem ser removidas e analisadas através do peneiramento.

Essa proposta metodológica de Gale e Hoare (1991) e a separação das frações de silte e argila com granulômetro à *laser*, já foi adotada por alguns trabalhos no âmbito da geomorfologia, com ênfase na escala geográfica do semiárido brasileiro, entre os quais pode-se citar: (BARROS, 2014-2018; SILVA, 2019; LIMA, 2015; SILVA, 2019; SILVA, 2013; AMORIM (2015).

6.4 Análise Morfoestratigráfica

O método estratigráfico utilizado neste trabalho seguiu as orientações de Suguio (2010). Foram confeccionadas seções estratigráficas verticais dos preenchimentos sedimentares, onde foram selecionados os pontos de amostragem de sedimentos.

As amostras de sedimentos foram coletadas nas trincheiras, escavadas desde a superfície até o embasamento rochoso. Como parâmetro, foi levado em consideração as discontinuidades identificadas ao longo das seções, principalmente a variação na coloração, coletando-se um total de 03 amostras por ponto. Ao todo foram coletadas 10 amostras. Também foi realizada uma descrição da macro-fábrica dos sedimentos na própria trincheira.

Na perspectiva de compreender o entendimento da dinâmica da paisagem, a técnica morfoestratigráfica tem sido adotada em vários trabalhos, a exemplo de Albuquerque, Silva e Correa (2011) no estudo sobre a evolução cronológica da paisagem da Reserva Ecológica do Camaçari, Cabo de Santo Agostinho - PE, com base nos processos morfogenéticos comandados por paleoclimas, bem como a compartimentação de suas formas e estruturas de recobrimento.

No sertão pernambucano, com clima semiárido-tropical, estudos morfoestratigráficos foram realizados na Lagoa Uri, obtendo dados sedimentológicos, mineralógicos e pedológicos que colaboraram para uma interpretação paleoambiental, favorecendo a interpretação da ocorrência contínua de um clima semiárido em diversos níveis de severidade desde o último stadial do Pleistoceno (MÜTZENBERG *et al.*, 2011).

Trabalhos nessa mesma perspectiva também foram realizados por Silva e Correa (2008); Silva (2007) e Silva, Correa e Amorim (2017), ao estudarem os depósitos sedimentares

das Marmitas de Dissolução em Brejo na Madre de Deus - PE, adotando a técnica morfoestratigráfica para o entendimento da evolução da paisagem. Os resultados indicaram que os depósitos das Marmitas foram derivados por sedimentação gravitacional do tipo fluxo de detrito, sob condições torrenciais, e sua gênese esteve associada a ciclos de pedogênese/morfogênese sob diversas combinações de semiaridez atuantes na área desde o penúltimo máximo glacial.

6.5 Análise Geoquímica

O sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos, e pode ser utilizado na avaliação do nível de contaminação desses ambientes, porque nele podem ser acumulados compostos orgânicos, inseticidas, herbicidas ou inorgânicos como elementos traços, podendo alcançar concentrações elevadas (CORINGA, *et al.*, 2013).

6.5.1 Adoção da Técnica FRX – Espectrometria de Fluorescência de Raios X

A Espectrometria de Fluorescência de Raios X - FRX, é fundamental para definir os elementos químicos das amostras a partir de óxidos, obtendo dados consistentes e contribuindo para determinar as taxas de intemperismo, caracterização geoquímica, origem do sedimento, entre outros (SILVA, 2016, GONÇALVES, 2018; FONSECA *et al.*, 2020).

Neste trabalho, as amostras coletadas em trabalho de campo, por unidade estratigráfica, foram organizadas e processadas seguindo as orientações do Laboratório de Qualidade Ambiental - LAQA, do Departamento de Química de Universidade Federal da Paraíba - UFPB. Os dados gerados permitiram identificar a origem e o grau de intemperismo do sedimento, além de o caracterizar geoquimicamente, estabelecendo relação com a litologia local.

Apesar dos poucos trabalhos no âmbito da caracterização química de sedimentos no semiárido do nordeste brasileiro, já há experiências, como Silva (2019), no estudo sobre os depósitos aluviais da bacia Riacho do Tigre - PB, o qual adotou a Espectrometria de Fluorescência de Raios X (FRX) para definir os elementos químicos das amostras a partir de óxidos, obtendo dados consistentes e contribuindo para determinar as taxas de intemperismo ocorrido através do contato da água pluvial com os minerais contidos nos depósitos sedimentares. Além de outros como (LIRA, 2014; SILVA, 2016, GONÇALVES, 2018; FONSECA, 2018; AMORIM, 2015).

Recentemente, Fonsêca (2018) no estudo sobre a gênese e evolução da paisagem geomorfológica ao longo do Quaternário Tardio, tendo como recorte espacial o rebordo oriental do Piemonte da Borborema. As análises geoquímicas com adoção de FRX e DRX serviram para colaborar na interpretação da análise morfoestratigráfica, junto aos dados sedimentológicos e datação por Luminiscência Ópticamente Estimulada (LOE) dos preenchimentos sedimentares de depósitos coluviais e aluviais.

O processamento das amostras de FRX foi realizado no Laboratório do Grupo de Estudos em Química Ambiental, nas dependências do Departamento de Química da Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

6.5.2 Índices de Ki e Kr

Os dados obtidos pela análise geoquímica permitiram a identificação de óxidos e suas devidas quantidades, onde foi possível determinar a intensidade do intemperismo dos sedimentos que preenche a Marmita. Assim, foi realizada a química total dos sedimentos proposto por Thomas (1994), também trabalhado por Lira, (2014); Amorim (2015); Fonseca (2018); Gonçalves (2018); aplicando-se a relação dos índices Ki e Kr, para se quantificar o grau de intemperismo através das seguintes razões:

$$K_i = (1,7. SiO_2 / Al_2O_3)$$

$$K_r = \{ 1,7. SiO_2 / [Al_2O_3 + (0,6. Fe_2O_3)]$$

O cálculo foi realizado nas amostras que foram coletadas em todos os horizontes da caracterização morfoestratigráfica. Os sedimentos podem ser encaixados dentro de quatro categorias analíticas em relação aos índices Ki e Kr e suas combinações. Sendo o índice $K_i > 2,2$ e $K_r > 0,75$ há uma concentração maior de sialíticos, denunciando a presença maior de silício, alumínio e baixo grau de intemperismo; com o $K_i > 2,2$ e $K_r > 0,75$, há maior ocorrência de fersialíticos, denunciando uma maior presença de ferro e silício, além de alto grau de intemperismo; por último, com os índices $K_i < 2,2$ e $K_r < 0,75$ que há ocorrência de ferralíticos com baixa concentração de silício e elevada concentração de alumínio e ferro, além de alto grau de intemperismo (OLIVEIRA, 2005; SOARS, 2019).

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA DAS MARMITAS DE DISSOLUÇÃO NA SERRA DA BAIXA VERDE PB/PE

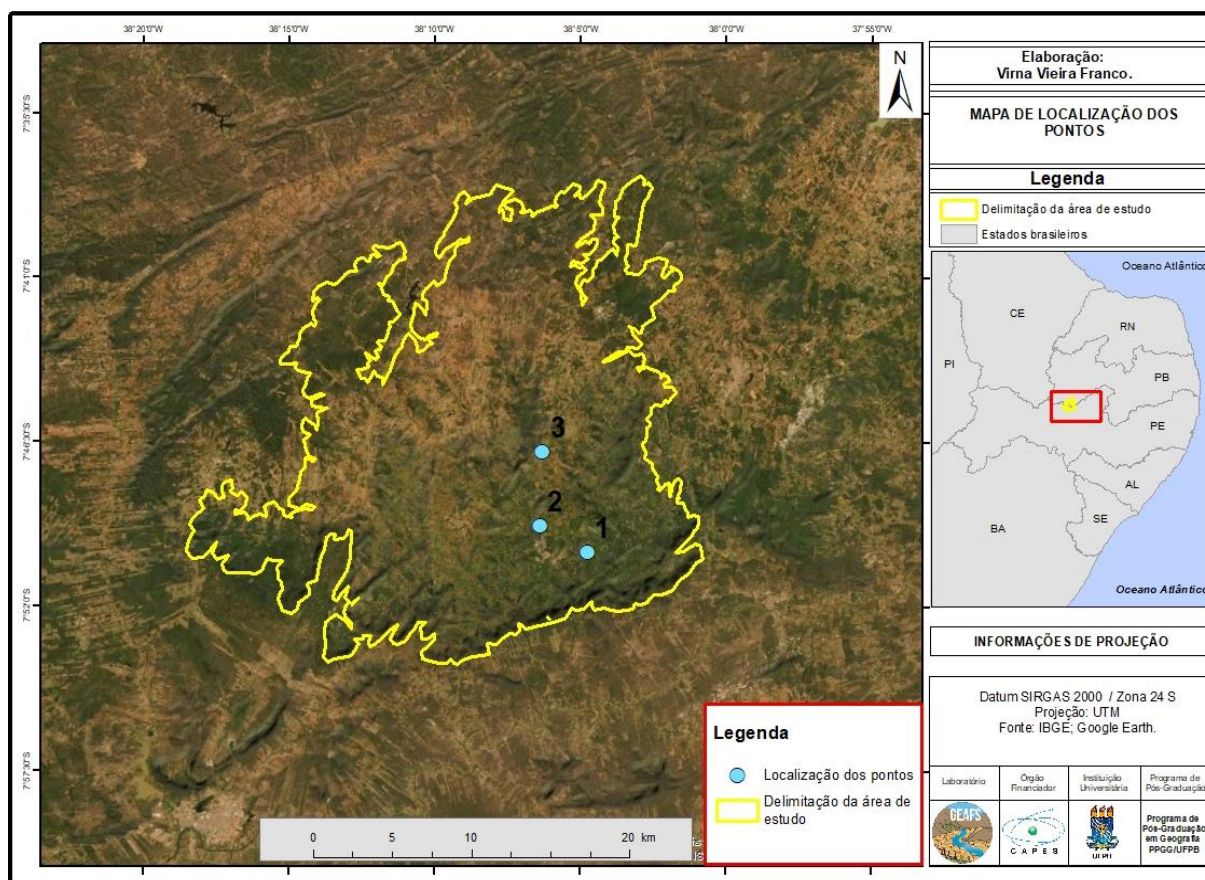
Foram identificados e mapeados seis pontos com a presença de Marmitas de Dissolução, sendo que destes, só foi possível estabelecer a topografia com Drone em apenas 03. Os demais não foram visitados devido as condições das estradas/acesso. Os pontos estão localizados em distintas localidades, com pode ser observado na tabela 02, com diferentes características morfológicas, tais como: altitude, precipitação, solo, vegetação, uso e ocupação. Os pontos 01 e 02 estão centrados em Triunfo - PE, sob um relevo ondulado e forte ondulado, e o ponto 03 em São José de Princesa - PB, que em função de sua altitude, apresenta menor nível de precipitação anual, em um relevo plano e leve-ondulado. Todos os pontos visitados possuem Marmitas com diferentes morfologias e distintas formas de uso.

Tabela 02: Localização Geográfica dos Pontos

Município	Pontos	Coordenadas	Altitude
Triunfo (PE)	Ponto 01	Lat.: 60153577 Long.:913410919	1100 m
Triunfo (PE)	Ponto 02	Lat.: 59613550 Long.:914013988	1111 m
São José de Princesa (PB)	Ponto 03	Lat.:59207849 Long.:913630138	770 m

Elaborado por Jeovanes Lisboa, 2019.

A seguir na figura 08 encontra-se o mapeamento dos três pontos identificados, dois deles com altitudes superiores a 1000 metros, como pode ser visualizado na tabela 02, numa topografia escarpada e com rochas de litologias cristalinas. Nestes pontos mais elevados não foi possível realizar a coleta de material para análise sedimentológica, geoquímica e morfoestratigráfica, devido às chuvas que antecederam o trabalho de campo realizado em outubro de 2019. Sendo assim, apenas no ponto 03 foi possível a coleta de material para análises laboratoriais, na busca de um entendimento da evolução e dinâmica ambiental dos sedimentos que preenche a Marmita.

Figura 06: Mapa de localização dos pontos

A tabela 03 contém algumas características dos pontos mapeados. Todos estão centrados na mesma unidade geológica, denominada Suíte Intrusiva Triunfo - Pluton Triunfo, contendo as seguintes litologias: Álcali-feldspato sienitos e Álcali feldspato quartzo sienito equigranulares; de granulação média e grossa. A vegetação ao entorno dos pontos 01 e 02 encontra-se espaçada, já no ponto 03 apresenta-se densidade intermediária. As intervenções de um modo geral estão ligadas a agricultura, pecuária, irrigação e barramentos. Do ponto de vista morfológico, os dados topográficos apresentaram uma variação quanto as formas e profundidades dos pontos mapeados.

Tabela 03: Dados topográficos e informações sobre os pontos

Informações	Pontos 01	Ponto 02	Ponto 03
Características do Ponto	Sob um afloramento rochoso de origem granítica; apresentando marmitas com diferentes morfologias, sazonalmente alagada.	Sob um afloramento rochoso de origem granítica; apresentando marmitas com diferentes morfologias, sazonalmente alagada.	Marmita sazonalmente alagada sob rochas sieníticas.

Profundidade	A: 0,5 m B: 2,0 m C: 0,8 m, D: 1,5 m	A: 3,5 m B: 4,0 m C: 1,0 m D: 7,0 m	A: 1,0 m B: 1,5 m C: 2,0 m D: 0,8 m
Número de áreas alagadas	Não apresenta áreas alagadas ao entorno.	Não apresenta áreas alagadas ao entorno.	Áreas alagadas ao entorno em períodos chuvosos (Fevereiro a Maio).
Usos e Intervenções	Barramentos; Irrigação; Atividades agropecuárias.	Barramentos; Atividades agropecuárias.	Atividades agropecuárias.
Cobertura da Terra	Espaçada	Espaçada	Intermediária
Litologia	Álcali-feldspato sienitos e Álcali feldspato quartzo sienito equigranulares; e de granulação média grossa.	Álcali-feldspato sienitos e Álcali feldspato quartzo; sienito equigranulares; e de granulação média grossa.	Álcali-feldspato sienitos e Álcali feldspato quartzo; sienito equigranulares; e de granulação média grossa.
Mineralogia	Faldspato; Quartzo; Moscovita; Mica; Biotita.	Faldspato; Quartzo; Moscovita; Mica; Biotita.	Faldspato; Quartzo; Moscovita; Mica; Biotita.
Unidade Geológica	Suíte Intrusiva Triunfo – Pluton Triunfo.	Suíte Intrusiva Triunfo – Pluton Triunfo.	Suíte Intrusiva Triunfo – Pluton Triunfo.

Organização: J. Lisboa, 2020.

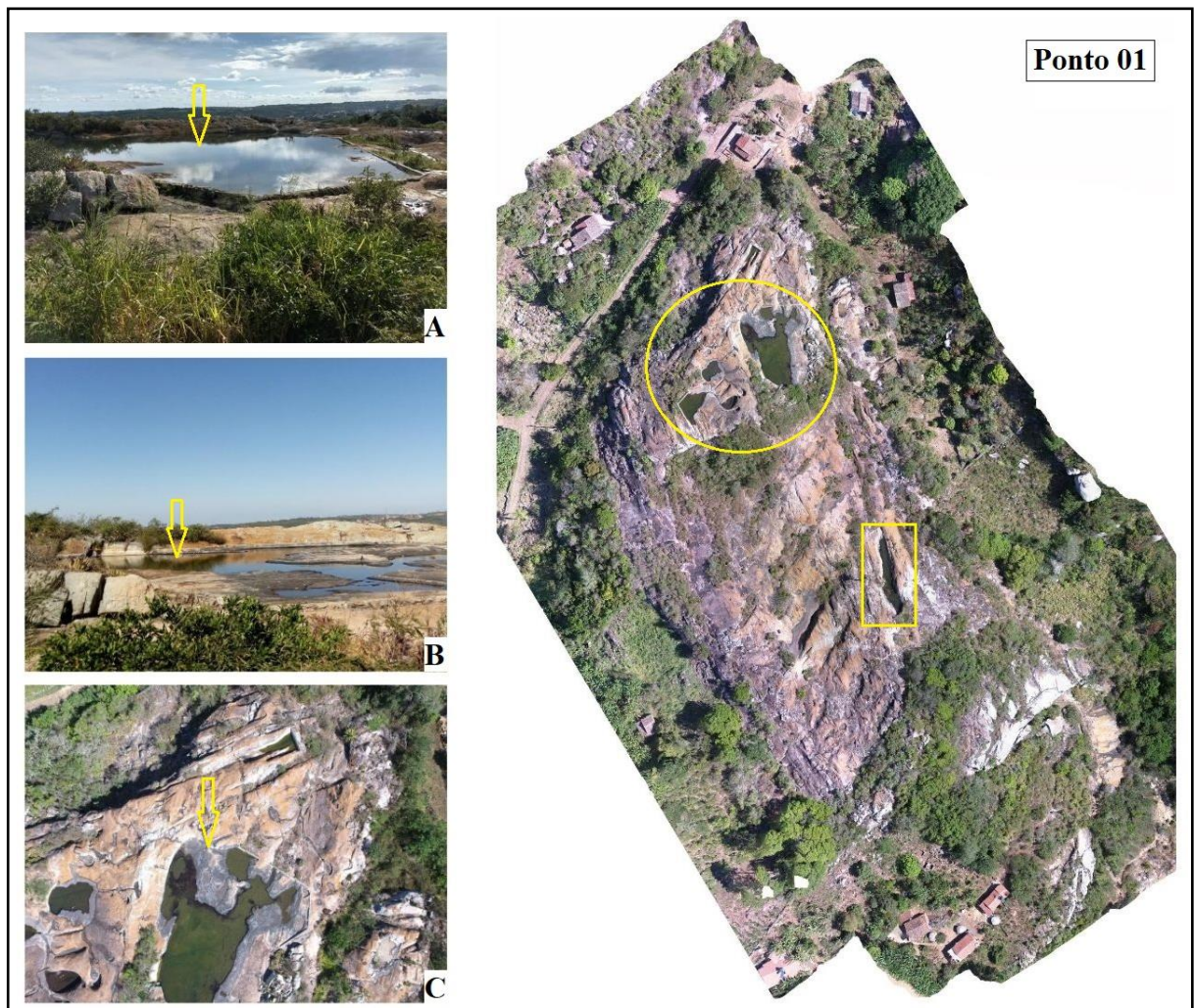
7.1 Ponto 01

No ponto 01, como pode ser observado na figura 07, a Marmita apresenta uma geometria irregular em função do intemperismo diferencial, com morfologia de *fundo côncavo ou panela*, que são superfícies suavemente inclinadas, que em muitos casos não possui exutório definido, e quando existe, apresenta uma morfologia estreita. O uso desta nomenclatura morfológica segue a proposta do trabalho de Gutiérrez (2005), que classifica as marmitas segundo a sua seção transversal, também adotada nos trabalhos de Silva (2011); Silva, Correa e Amorim (2017), no estudo sobre a caracterização morfológica e a dinâmica ambiental dos preenchimentos sedimentares das Marmitas de Dissolução no Distrito de Fazenda Nova (PE).

Numa altitude superior a 1000 metros, em Triunfo (PE), essas feições geomorfológicas são de caráter intermitente, acumulando água da chuva nos períodos chuvosos e acabam servindo de reservatório, complementando a captação de água para suprir as necessidades da

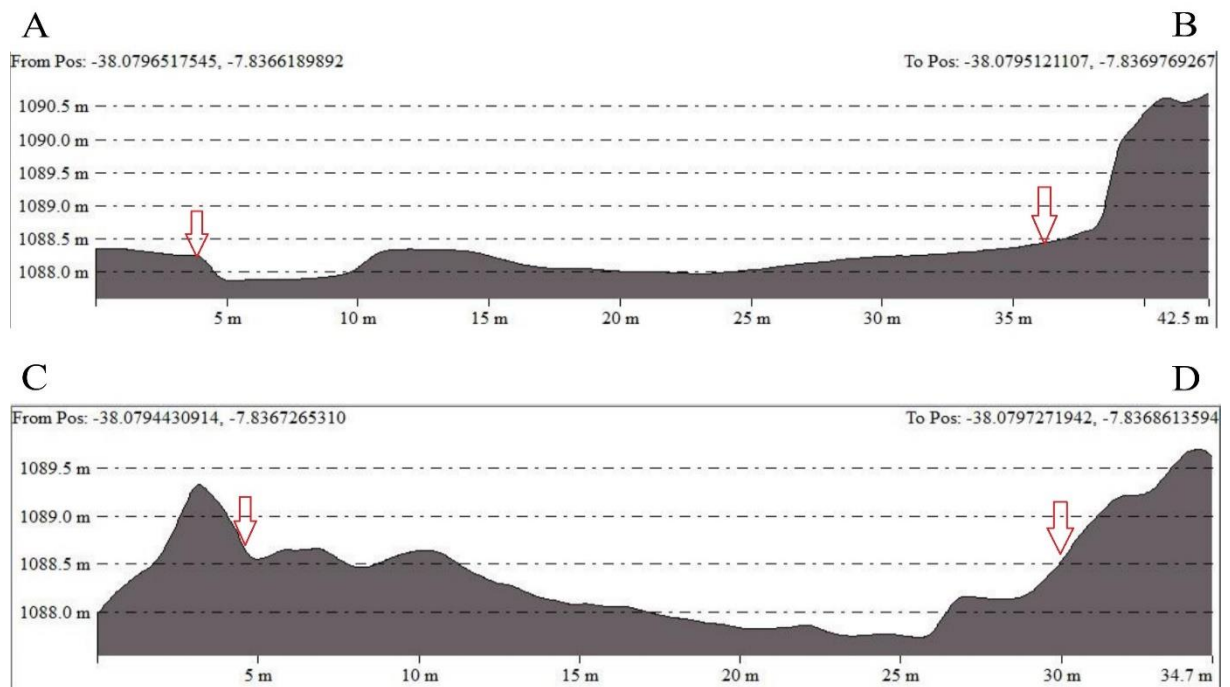
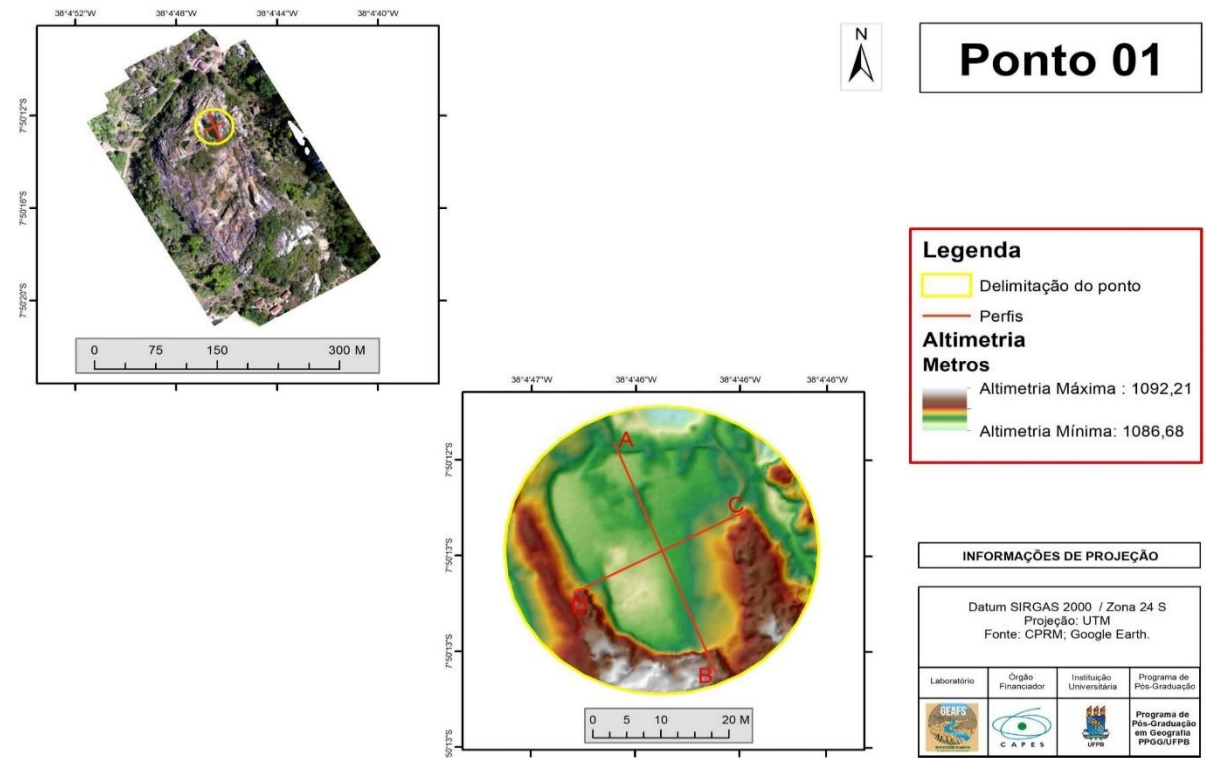
população em suas atividades domésticas e agropecuárias, em uma área onde predominam rios efêmeros e intermitentes. Ao entorno a vegetação é espaçada e com alterações humanas pelo uso prioritário da agricultura.

Figura 07: Ortomosaico do ponto 01 e suas feições morfológicas nas figuras A, B e C. Fotos registradas em outubro e abril de 2019, respectivamente



No mapa da figura 08, verifica-se a altimetria do ponto 01, obtida através de imagens captadas por Drone, fornecendo dados precisos quanto as formas das feições geomorfológicas identificadas e mapeadas. Quanto a profundidade, os perfis (A-B) variam entre 0,5 m e 2,0 m, respectivamente, da base até o topo. Já os perfis C-D registram 0,8 m e 1,5 m, respectivamente, com (42 m de comprimento x 30 m de largura). Observa-se algumas discontinuidades quanto a morfologia da base. As setas em vermelho na figura 09 indicam as áreas sazonalmente alagadas.

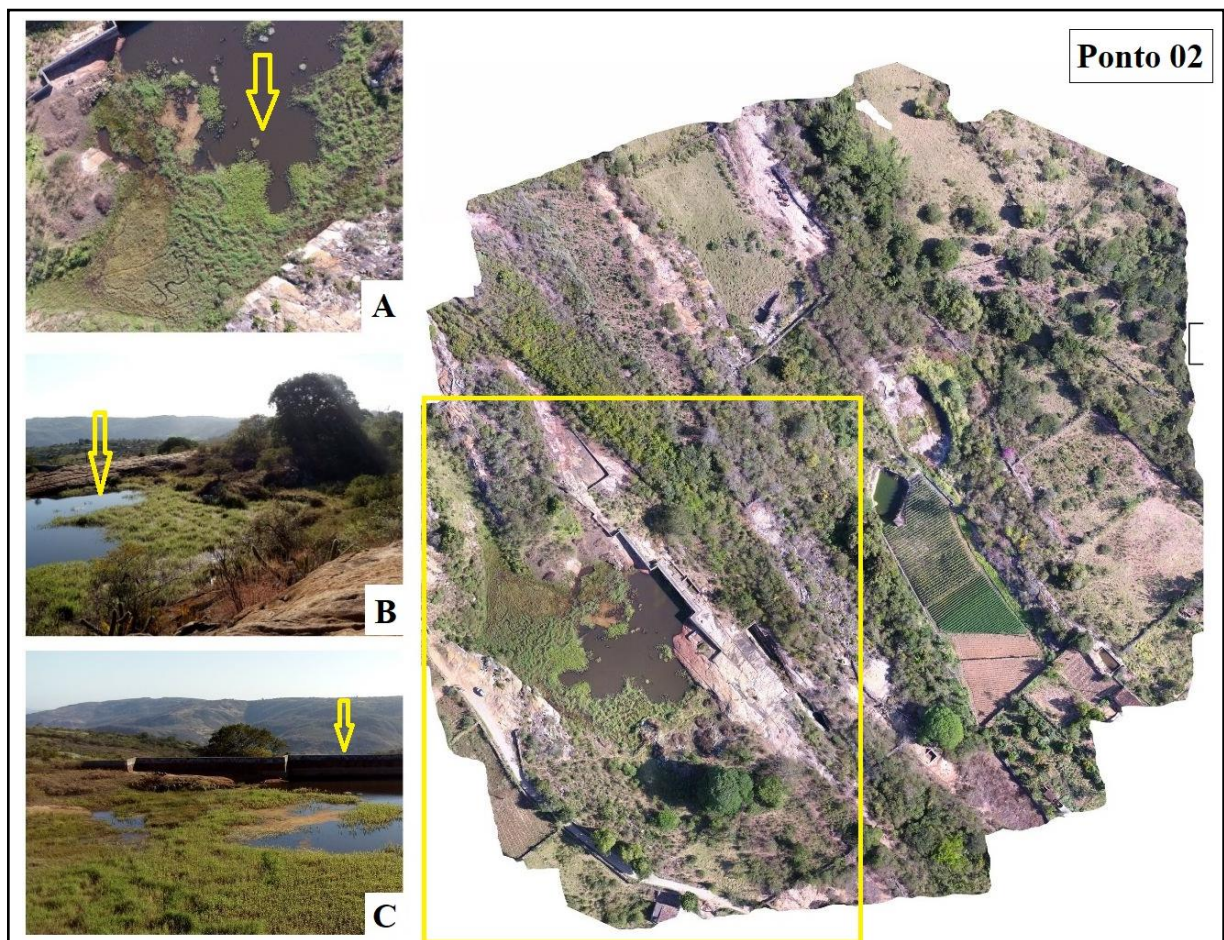
Figura 08: topografia do ponto 01 com os perfis A-B e C-D mostrando a variação altimétrica



7.2 Ponto 02

Sob um relevo forte-ondulado, a Marmita de Dissolução identificada neste ponto apresenta um formato retangular, com a presença de barramentos como podem ser observados na figura 09. Essas depressões são formadas através do processo de alteração do maciço rochoso, seguindo um sistema ortogonal e de descontinuidade (SHAKESBY *et al.*, 2006). Tomando-se como referência Vieira (2008), que realizou um trabalho na perspectiva de compreender o processo de evolução de Marmitas de Dissolução. Para isso, mediu a resistência de rochas graníticas na Serra de Montemuro em Portugal, e chegou à conclusão que as rochas menos resistentes são mais propensas para o desenvolvimento das marmitas em função das ações físicas, químicas e biológicas do intemperismo atuante nas rochas.

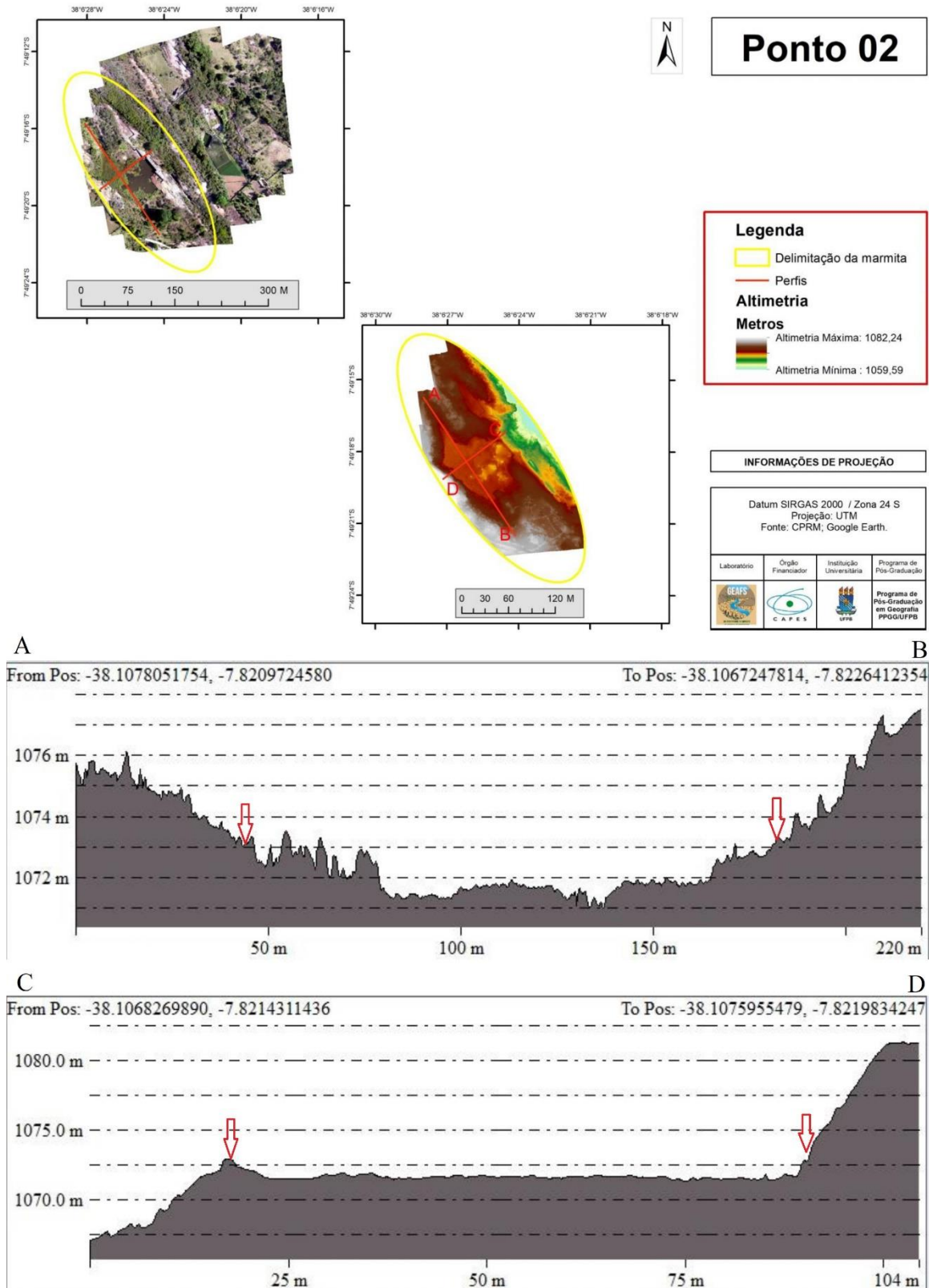
Figura 09: Ortomosaico do ponto 02 e suas feições morfológicas nas figuras A, B e C. Fotos registradas em outubro de 2019



Organização: J. Lisboa (2020)

De um modo geral, observa-se que a topografia do ponto 02 é relativamente plana, com irregularidade descontínua na base, apresentando pouca vegetação e um uso marcado pela agropecuária. As setas em vermelho na figura 10 indicam as áreas sazonalmente alagadas.

Figura 10: topografia do ponto 02 com os perfis A-B e C-D mostrando a variação altimétrica



Pela morfologia apresentada no perfil (A-B) e (C-D), o formato foi classificado como sendo de *bordas suspensas e assimétricas*. Essas morfologias se originam em superfícies rebaixadas, com um fundo que neste caso é plano com algumas descontinuidades, apresentando um aumento progressivo em algumas paredes. Esta variação na morfologia está relacionada ao intemperismo diferencial ao longo de intersecção de planos de fraqueza da rocha, de modo que a parede superior possui maior altura em relação à parede inferior (SILVA, CORREA e AMORIM, 2017). Os perfis (A-B) registram 3,5 m e 4,0 m, respectivamente de profundidade, da base até o topo. Já os perfis (C-D) foram identificados com 1,0 m e 7,0 m, concomitantemente.

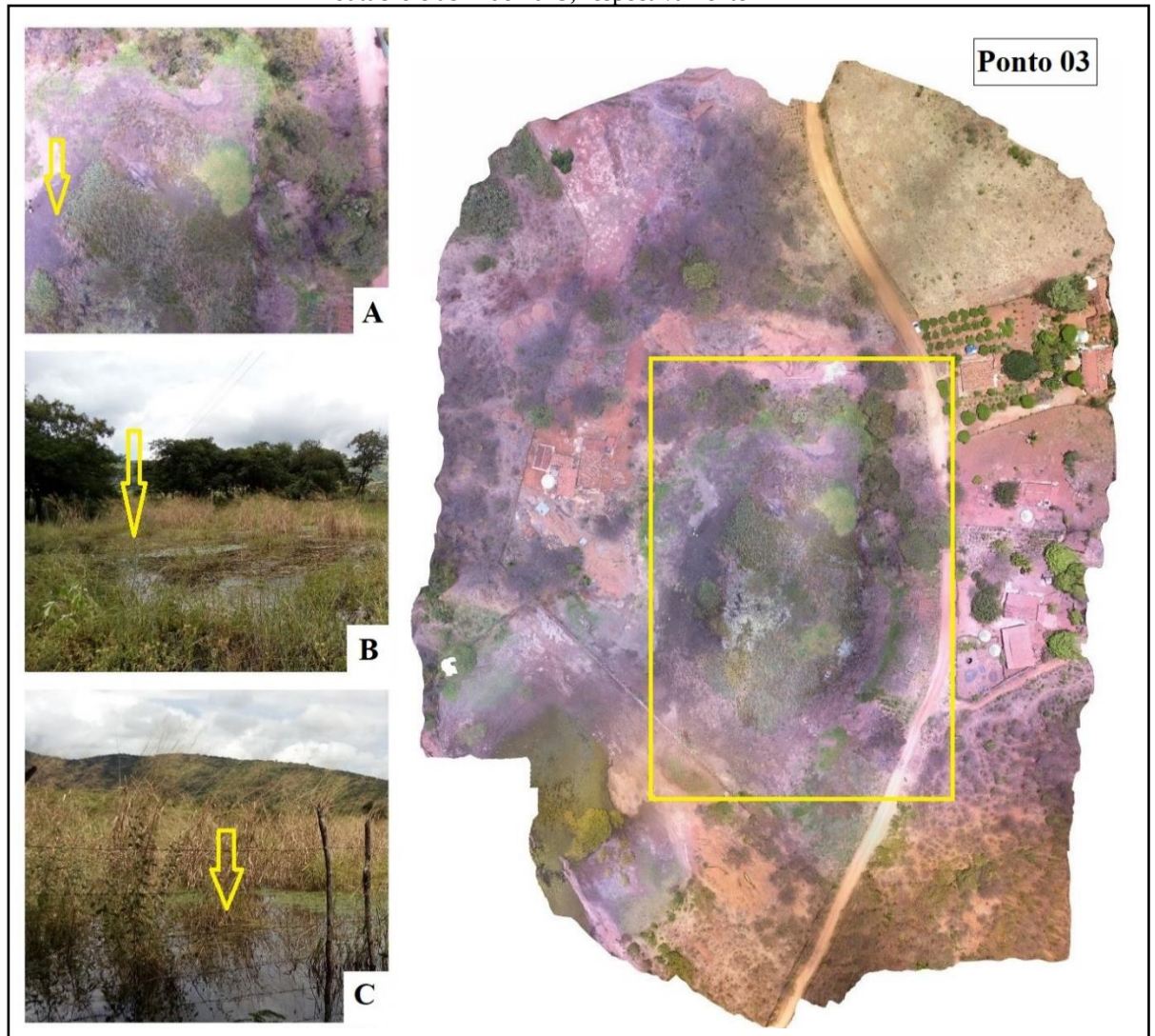
7.3 Ponto 03

Pelo ortomosaico da figura 11, é possível observar que a morfologia deste ponto é mais uniforme-plana, sem a presença de barramentos e com um uso destinado a agropecuária. As imagens B e C foram registradas no período chuvoso, em abril de 2019, já o ortomosaico e a figura A foram registradas em outubro de 2019, no período seco. A sua morfologia foi classificada como *borda suave*, que de acordo com a literatura varia entre circulares, elíptica e poligonais, e um fundo que varia de plano e em alguns lugares mais descontínuos e movimentados. Em função da vegetação, não foi possível estabelecer a morfologia precisa da base. Este ponto encontra-se com preenchimento sedimentar, onde foi possível realizar as coletas para análise sedimentológica, estratigráfica e geoquímica.

É um ponto que apresenta características ambientais bem distintas quando comparado aos demais em função de sua localização, com cotas altimétricas entre 700 m e 800 m, onde o nível de precipitação é menor, o qual influencia na vegetação que é mais próxima de uma caatinga hiperxerófila, e solos menos desenvolvidos quando comparados com as áreas mais elevadas do maciço da Serra da Baixa Verde PB/PE.

Outra característica deste ponto, que o faz diferente dos demais é por estar numa área ao entorno, sazonalmente alagada, bem como uma vegetação mais expressiva, sem a presença de pequenos barramentos e irrigação. Do ponto de vista morfológico, sua dimensão (largura x comprimento) é maior que os demais.

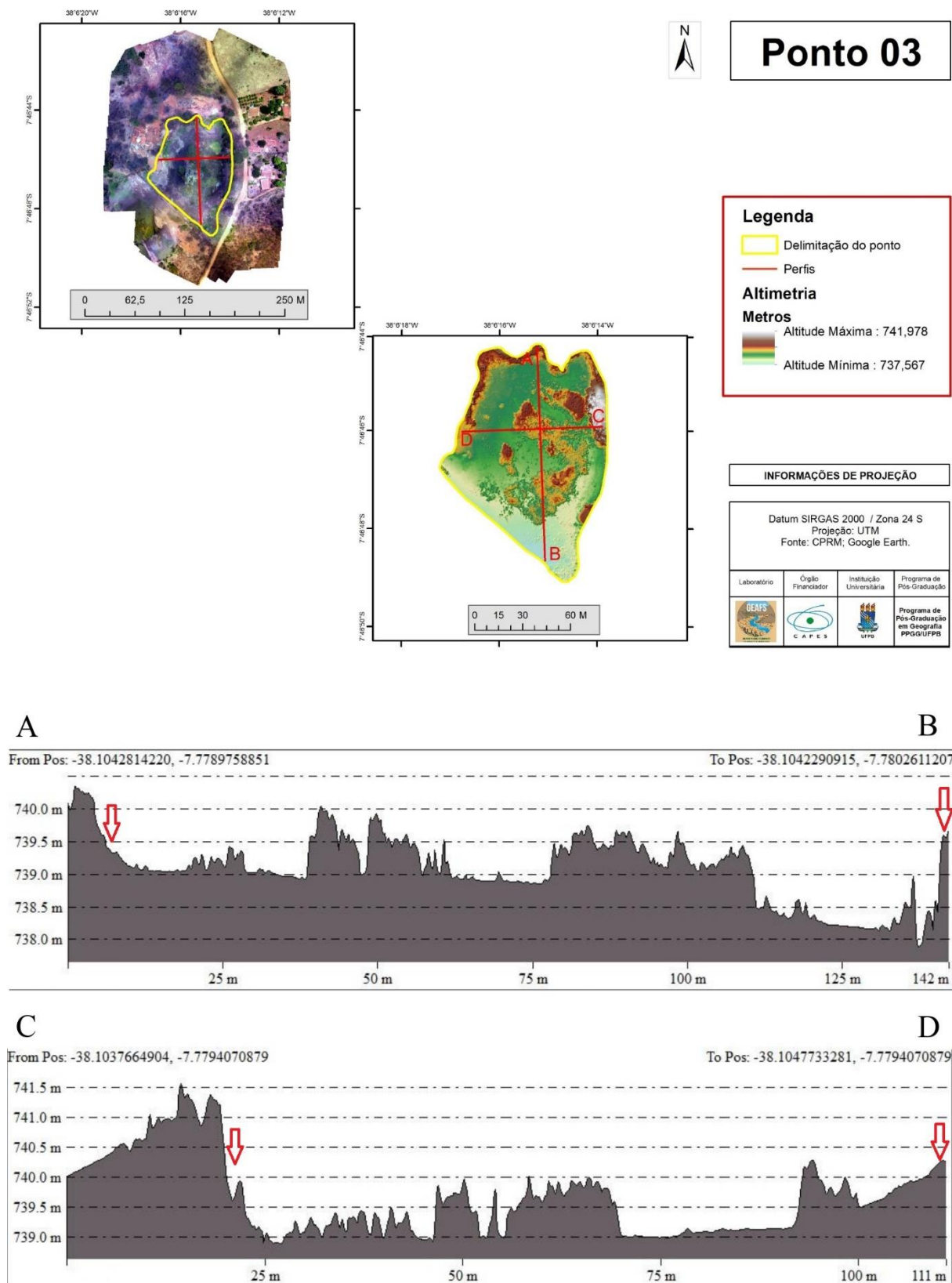
Figura 11: Ortomosaico do ponto 03 e suas feições morfológicas nas figuras A, B e C. Fotos registradas em outubro e abril de 2019, respectivamente



Organização: J. Lisboa (2020)

Quanto as informações topográficas disponíveis na figura 12, a profundidade dos perfis (A-B) apresentam os seguintes valores: 1,0 m e 1,5 m, respectivamente da base até o topo. Já nos perfis (C-D) registraram: 2,0 m e 0,8 m, com (142 m de largura x 90 de comprimento). A base, por sua vez, apesar de sua morfologia ter ficado levemente comprometida em função da vegetação, mas os perfis apontaram uma morfologia plana, com algumas discontinuidades, que pode ser ratificada pela espessura das trincheiras que foram abertas para a caracterização geoquímica, sedimentológica e morfoestratigráfica. As setas em vermelho na figura 12, indicam as áreas sazonalmente alagadas.

Figura 12: Topografia do ponto 03 com os perfis A-B e C-D mostrando a variação altimétrica



A caracterização topográfica com o auxílio de Veículo Aéreo Não Tripulado – VANT, permitiu compreender as diferentes geometrias das Marmitas, as quais são resultados de processos de erosão diferencial da rocha, associada a maior presença de umidade nas zonas de fraqueza litoestrutural, o que influencia no intemperismo químico, resultando em contornos irregulares. Esses dados foram fundamentais para estabelecer a classificação morfológica calcada em Gutiérrez (2005) e Silva, Correia e Amorim (2017). A literatura especializada indica que as Marmitas, quando expostas na superfície podem evoluir para distintos tipos morfológicos, apresentando diferentes formas, tamanhos e profundidades, podendo variar entre: circulares, ovais, elípticas e poligonais. Justamente o que se observa nos dados do presente trabalho.

8. ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA E MORFOESTRATIGRÁFICA

As análises sedimentológicas e morfoestratigráficas foram realizadas apenas no ponto 03, uma vez que foi o único que estava seco no momento do trabalho de campo para coleta, em outubro de 2019. Quatro trincheiras foram abertas para as descrições morfoestratigráficas e coleta de material para análise sedimentológica e geoquímica. Ao todo foram recolhidas dez amostras. Este ponto localiza-se sob uma morfologia que varia de plano para suave ondulada, em cotas altimétricas de 770 metros, e topografia de baixa declividade, com leves ondulações. Na figura 13 a imagem A corresponde ao período chuvoso, registrada no dia 19/04/2019.

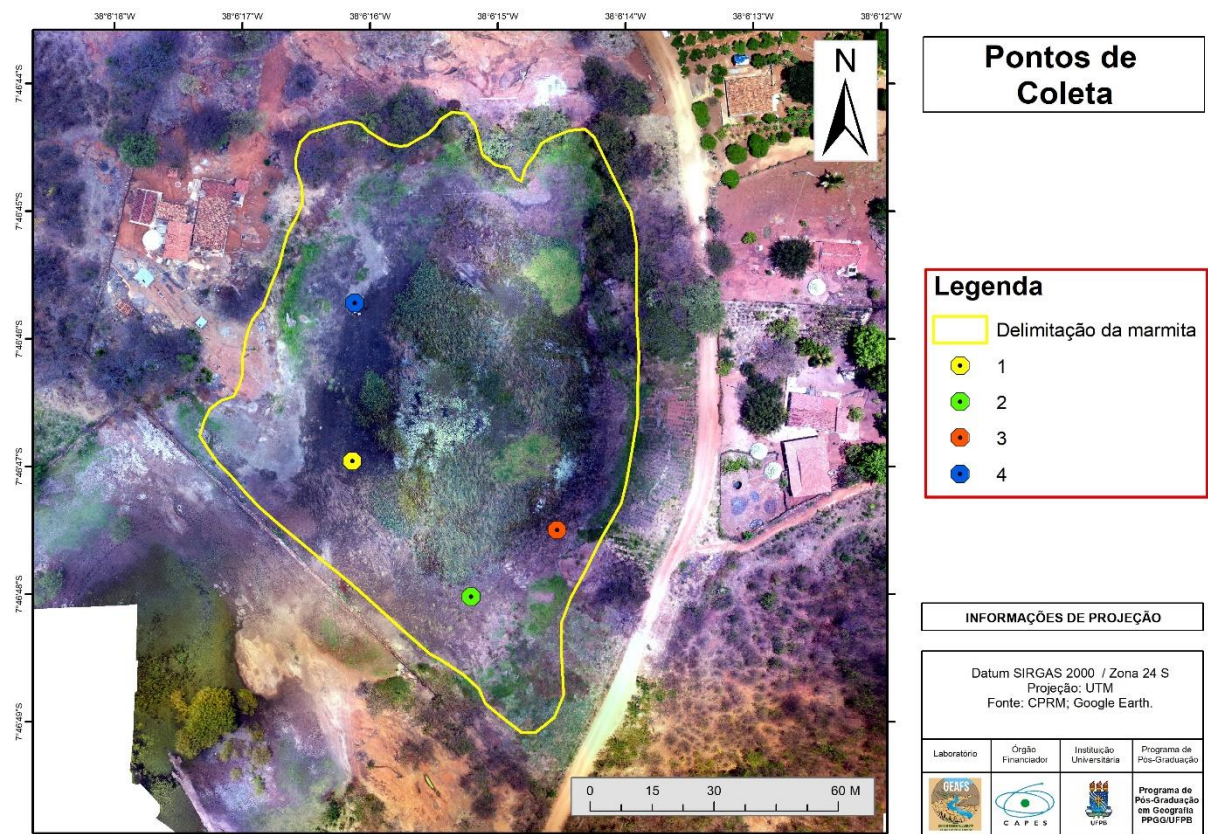
Figura 13: Imagem A com uma visão vertical do ponto de coleta no período chuvoso, e a imagem B com uma visão vertical do mesmo ponto no período seco. Fotos registradas em abril e outubro de 2019, respectivamente.



Fotos: J. Lisboa, 2019.

De acordo com os dados da Agência Executiva de Gestão da Água e Clima – AESA, só no mês de abril de 2019 foi registrado 87 mm de chuva. Já a imagem B, foi captada no dia 18/10/2019, no período seco. Os dados também revelaram que fevereiro, março, abril e maio foram os meses mais chuvosos. A diminuição da precipitação começou a partir de junho e foi até o final de outubro. O período seco favoreceu a diminuição da saturação dos preenchimentos sedimentares, viabilizando a coleta de material para as análises laboratoriais. Os pontos de coletas estão localizados no limite da área central da Marmita que estava alagada. Na figura 14 encontra-se a distribuição dos pontos de coleta.

Figura 14: Pontos de Coletas



A caracterização sedimentológica seguiu a proposta metodológica de Folk e Ward (1957), em relação aos valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras, que foram levantados, quantitativamente, usando o *software* Sysgran 3.0, cujo dados estão organizados em tabela. As proporções granulométricas encontram-se em classes modais, quais sejam: cascalho, areia, silte e argila. As observações e descrições em campo também foram levadas em consideração.

8.1 Estratigrafia e Sedimentologia do Ponto 01

Na figura 15, observa-se o perfil estratigráfico do ponto 01, com 40 cm de espessura, contendo três unidades estratigráficas. Os dados apontam uma presença maior de material cascalhento na unidade basal (21 cm – 40 cm), com 10% do total da amostra.

Figura 15: Perfil estratigráfico do ponto de coleta 01

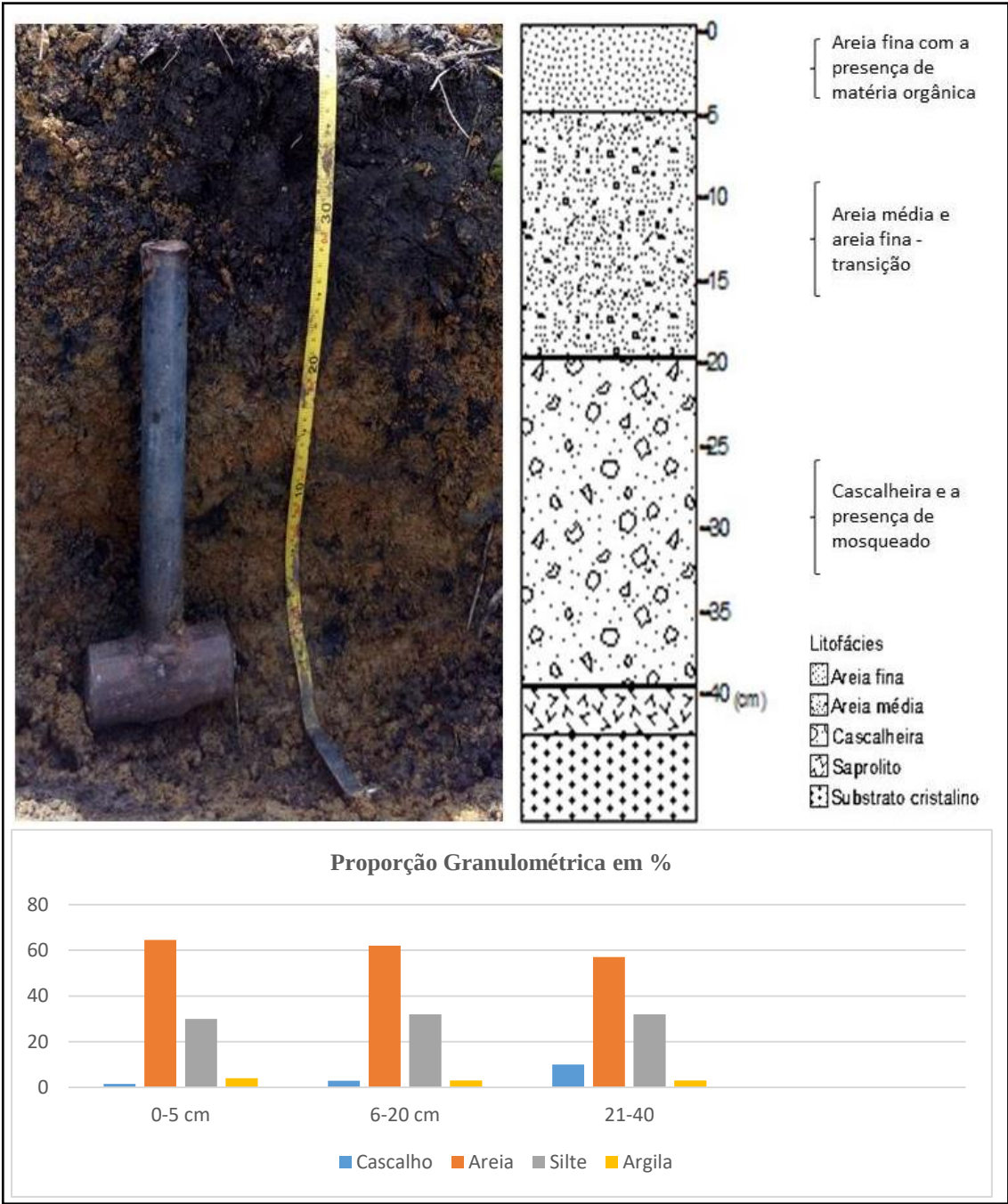


Tabela 04: Caracterização sedimentológica com os valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras.

Profundidade	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação do Sedimento
0 – 5 cm	Pobrememente selecionado	Positiva	Platicúrtica	Areia Fina
6 – 20 cm	Pobrememente selecionado	Muito negativa	Platicúrtica	Areia Fina
21 – 40 cm	Muito pobrememente selecionado	Aproximadamente simétrica	Muito platicúrtica	Areia Fina

Em todas as camadas o sedimento foi classificado como areia fina. Já a assimetria é distinta para as três camadas, revelando a heterogeneidade granulométrica dos grãos. A assimetria positiva na unidade superficial está em consonância com a maior quantidade de grãos de areia identificada na amostra. De forma geral, a granulometria aponta grande concentração de areia, variando de 64,5% (0-5 cm); 62,1% (6-20 cm) e 57% (21-40cm). A segunda maior concentração de grãos foi o silte, com valores que variam de 30% a 32 %, e a argila contém as menores concentrações.

Quanto ao grau de seleção, variou entre grãos pobrememente selecionados nas camadas de (0-5 cm; 6-20 cm) e muito pobrememente selecionado na unidade basal (21-40 cm). A curtose é tanto Platicúrtica quanto muito Platicúrtica, que está relacionada ao predomínio de frações mais finas. Essas características granulométricas foram importantes para auxiliar a caracterização morfoestratigráfica.

Na base, percebe-se um manto de alteração marcado pelo saprolito, seguida da unidade basal propriamente dita, com maior concentração de cascalho, o que evidencia um material em estágio menor de decomposição. As descrições em campo ajudaram a identificar as diferentes descontinuidades a partir da coloração entre as camadas.

8.2 Estratigrafia e Sedimentologia do Ponto 02

No perfil estratigráfico 02, observa-se que a classificação do sedimento variou entre areia muito fina nas amostras (0-10 cm) e (11-23 cm), e areia fina na amostra (24-40 cm).

Figura 16: Perfil estratigráfico do ponto de coleta 02

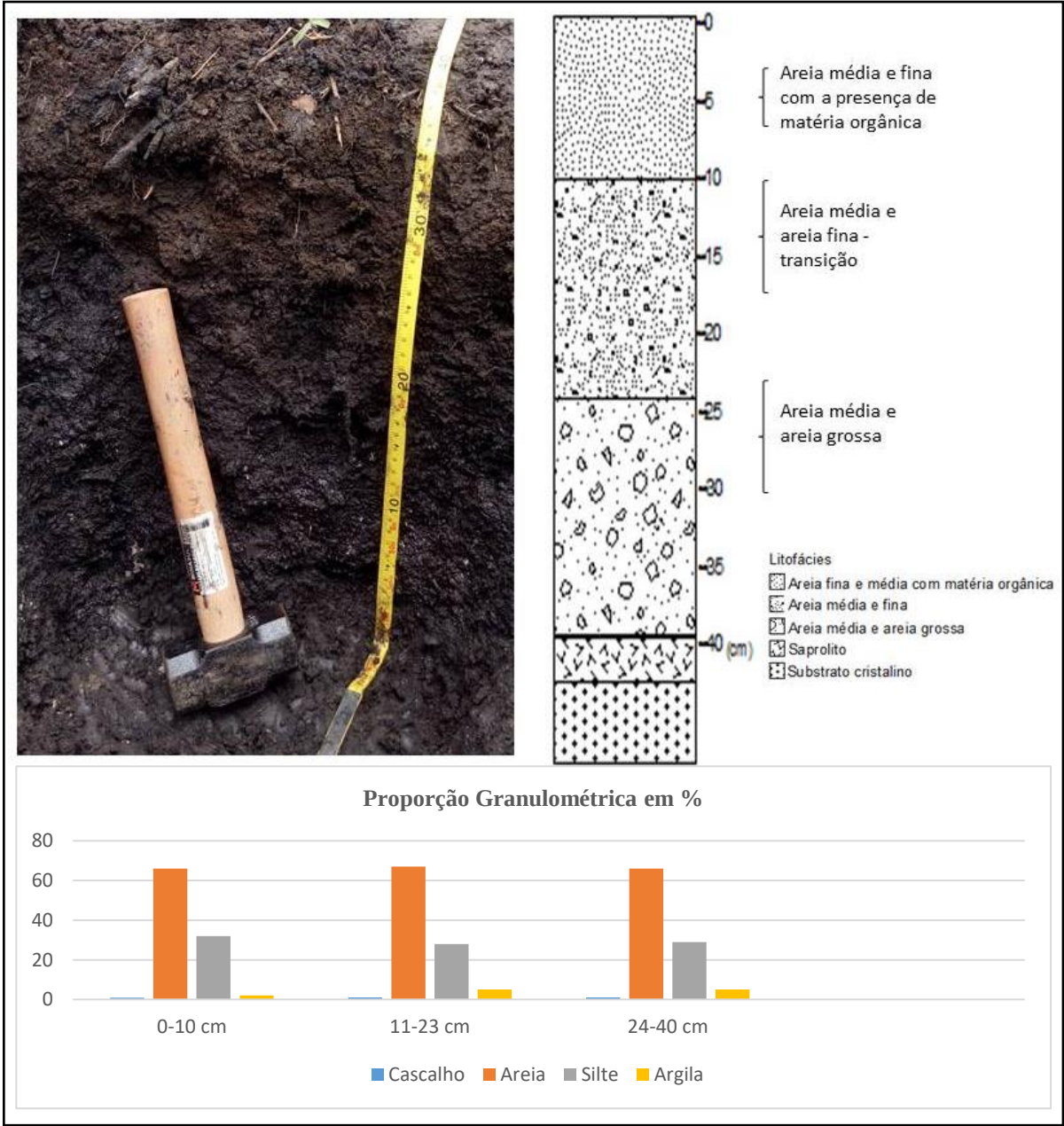


Tabela 05: Caracterização sedimentológica com os valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras.

Profundidade	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação do Sedimento
0 – 10 cm	Pobrememente selecionado	Muito negativa	Platicúrtica	Areia muito fina
11 – 23 cm	Pobrememente selecionado	Muito negativa	Platicúrtica	Areia muito fina
24 – 40 cm	Muito pobrememente selecionado	Positiva	Muito Platicúrtica	Areia fina

Diferentemente dos pontos 01 e 03, este apresenta valores de cascalho bem aproximado entre todas as unidades, registrando 0,8% na unidade superficial (0-10 cm), 0.9%

na unidade transicional (11-23 cm) e 1,1% na unidade basal (24-40 cm). Não tendo nenhuma variação expressiva entre as camadas.

Já em relação ao grau de seleção, a unidade superficial (0-10 cm) foi diagnosticada como pobremente selecionada, e as demais muito pobremente selecionadas. A assimetria e a curtose apresentam os mesmos valores na unidade superficial (0-10 cm) e transicional (11-23 cm), sendo muito negativa e Platicúrtica, respectivamente. Apenas a unidade basal (24-40 cm) conta com uma assimetria positiva, curtose muito platicúrtica, grau de seleção muito pobremente selecionado, e a classificação do sedimento foi diagnosticada como fino, sendo, portanto, diferente das demais camadas. A curtose Platicúrtica está relacionada a má seleção do sedimento, bem como a dispersão das várias classes de sedimento.

Na base, observa-se um manto de alteração assinalado pelo saprolito, seguida da unidade basal, que embora não apresente maior concentração de cascalho, mas a assimetria positiva evidencia a presença de grãos mais grossos, contendo um total de (23,5%) de grãos grossos e muito grossos na amostra, que quando comparada as demais camadas, evidencia um material em estágio menor de decomposição.

A unidade estratigráfica transicional e superficial apresentam os mesmos valores em termos de caracterização granulométrica seguindo a proposta metodológica de Folk e Ward (1957), com dados granulométricos bem semelhantes, ratificando a semelhança entre as camadas. Porém, se diferenciam pela presença de matéria orgânica na unidade superficial. E as descrições em campo revelaram diferenças na coloração entre as três camadas.

8.3 Estratigrafia e Sedimentologia do Ponto 03

Este ponto, como observa-se na figura 17, registra uma espessura de 30 cm, com a unidade basal (24-30 cm), apresentando um total de 9,8% de cascalho, e a quantidade de areia se distribui da seguinte forma: (0-6 cm) 68,5%; (7-23 cm) 68% (24-30 cm) 65%.

Figura 17: Perfil estratigráfico do ponto de coleta 03

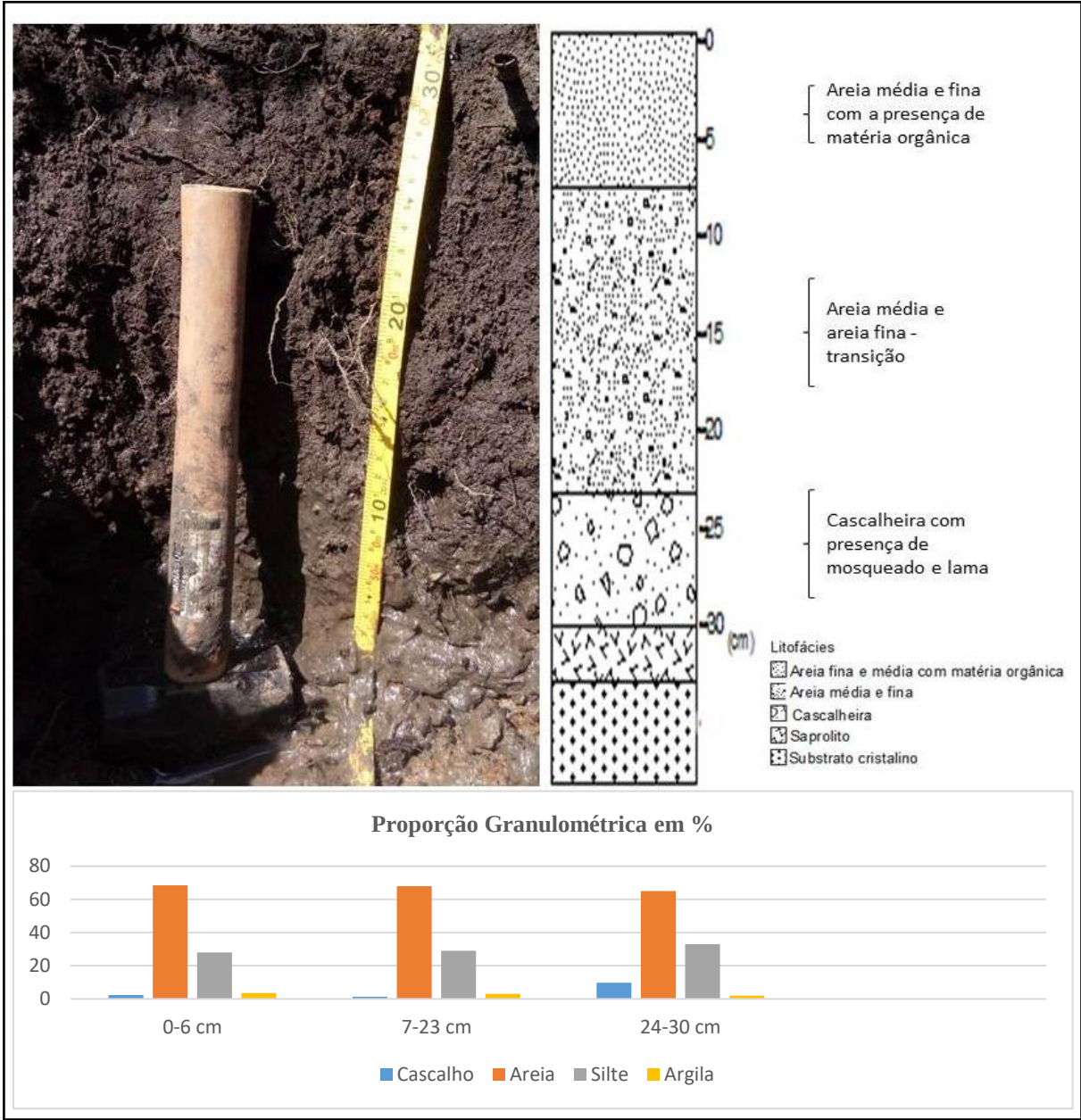


Tabela 06: Caracterização sedimentológica com os valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras.

Profundidade	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação do Sedimento
0 – 6 cm	Pobrementeselecionado	Aproximadamentesimétrica	Platicúrtica	Areia fina
7 – 23 cm	Pobrementeselecionado	Aproximadamentesimétrica	Platicúrtica	Areia fina
24 – 30 cm	Muito pobrementeselecionado	Aproximadamentesimétrica	Platicúrtica	Areia fina

Observa-se à similaridade em quantidade de areia em cada uma das unidades estratigráficas. Os valores de silte são: 28%, 29% e 33% da base até a superfície, e a unidade superficial contém matéria orgânica.

Todas as amostras de sedimentos foram classificadas como areia fina, apresentando a mesma curtose e assimetria, ou seja: aproximadamente simétrica e platicúrtica. O grau de seleção da unidade basal (24-30 cm) é muito pobremente selecionado, sendo as demais unidades (07-23 cm) e (0-6 cm) diagnosticadas como pobremente selecionadas. De forma geral, as amostras apresentam predominância de grãos finos, com uma classificação granulométrica uniforme, o que evidencia a necessidade de adoção de técnicas cronológicas para obter uma melhor acurácia dos dados e poder estabelecer uma evolução mais precisa desses preenchimentos sedimentares.

Quanto as camadas estratigráficas, na base, observam-se, novamente, um manto de alteração marcado pelo saprolito, seguida da unidade basal, com maior concentração de cascalho, relevando o menor grau de decomposição do sedimento. A unidade estratigráfica transicional e superficial apresentam os mesmos valores em termos de caracterização granulométrica, com base na proposta metodológica de Folk e Ward (1957), retificando a semelhança entre as camadas. Todavia, se diferenciam pela presença de matéria orgânica na unidade superficial. E as descrições em campo revelaram diferenças na coloração entre as três camadas aqui consideradas.

8.4 Estratigrafia e Sedimentologia do Ponto 04

O perfil estratigráfico 04, em particular, apresenta a menor espessura, com apenas 15 cm. Sendo assim, foi coletado somente uma amostra para análise sedimentológica e geoquímica, visto que em virtude da profundidade, não foi identificado diferenças de unidades estratigráficas.

Figura 18: Perfil estratigráfico do ponto de coleta 04



Tabela 07: Caracterização sedimentológica com os valores de curtose, assimetria, classificação do sedimento e grau de seleção das amostras.

Profundidade	Grau de Seleção	Assimetria	Curtose	Classificação do Sedimento
15 cm	Pobrementemente selecionado	Aproximadamente simétrica	Mesocúrtica	Areia fina

Este ponto se diferencia dos demais pela maior quantidade de areia identificada, registrando 79%, 19% de silte e 3,5% de argila, com 2,7% de cascalho. Comum aos demais é a presença de matéria orgânica na superfície.

A classificação do sedimento foi diagnosticada como areia fina, além de pobrementemente selecionado e assimetria aproximadamente simétrica. A curtose foi distinta quando comparada

aos demais pontos, ou seja, mesocúrtica, que está relacionada a não mistura com outro tipo de material granulométrico.

Essa informação é importante, principalmente quando associada com as informações de campo e a espessura do perfil, constando apenas uma camada estratigráfica. Observa-se a presença de mosqueado próximo ao saprolito, sinalizando a ocorrência de umidade.

As análises granulométricas confirmaram a predominância de grãos finos de areia, anunciando a boa concentração de grãos siltosos em todas as amostras, além de maior concentração de cascalho nas unidades basais, com exceção dos pontos 02 e 04, além da baixa quantidade de argila em todas as amostras.

O coeficiente de seleção do grão indicou a predominância de grãos pobremente selecionados, que está relacionado a ambientes semiáridos, devido à concentração e irregularidade das chuvas, além de revelarem a heterogeneidade de frações por amostra (CARMAGO FILHO e BIGARELLA, 1998; TAVARES e GALVÃO, 2016).

Ao relacionar com outros trabalhos que realizaram análises granulométricas no semiárido, encontra-se em Silva (2013), ao caracterizar os preenchimentos sedimentares das Marmitas de Dissolução em Fazenda Nova (PE) e Afrânio (PI), a qual identificou uma expressiva quantidade de areia nas amostras analisadas, ratificando que as condições climáticas influenciam na granulometria. Dados semelhantes foram obtidos por Goes (2019) em trabalho recente sobre a geocronologia de terraços fluviais e os aluviões no estado da Bahia, com clima tropical semiárido, onde os dados sedimentológicos revelaram amostras com 70%, e/ou mais de 70% de grãos de areia.

Barros (2014), por sua vez, um dos pontos do seu trabalho está localizado numa altitude de 750 metros, na Serra da Baixa Verde, especificamente na Bacia do Riacho Grande - PB. A altitude está bem similar ao ponto do presente trabalho que mede 770 m. O perfil teve profundidade de 65 cm, contendo três unidades estratigráficas, cuja granulometria predominantemente arenosa, pobremente selecionada, com cerca de 60% de fração areia e 30% de cascalho para 10% de silte. Observa-se que do ponto de vista da quantidade de areia, há uma similaridade com os dados encontrados no presente trabalho.

Fonsêca (2018) no estudo sobre a gênese da paisagem geomorfológica do Quaternário Tardio, com ênfase no rebordo oriental do Piemonte da Borborema, pela distribuição espacial dos pontos selecionados, obteve dados granulométricos bem heterogêneos, os quais são influenciados pela espessura do solo, condições climáticas, quantidade de chuva, geologia local, entre outros. Todavia, a geoquímica das amostras também influencia nas características granulometrias, onde as amostras com maior concentração de sílica (SiO_2) e alumínio (Al_2O_3)

apresentam granulometria com altas concentrações de areia, e consequentemente, com grãos de quartzo (FONSÊCA *et al.*, 2020).

As amostras de sedimentos do presente trabalho, sob rochas de litologias cristalinas, com maiores concentrações de Sílica e Alumínio, apresentam granulometria com maior concentração de areia, que também está relacionada com a geoquímica e as condições climáticas local-regional. A coloração dos perfis é cinza, cinza escuro, com a presença de mosqueado e bastante umidade. Além da presença de matéria orgânica na unidade superficial em todos os pontos analisados. Importa ressaltar que as análises estratigráficas e sedimentológicas são mais eficazes para estabelecer a cronologia da paisagem quando associadas com técnicas de datação.

No semiárido do Nordeste brasileiro encontram-se algumas pesquisas já desenvolvidas, tendo como foco a caracterização sedimentológica e morfoestratigráfica, com auxílio de técnicas de datação: Correa, (1997, 2001); Galvão, (2012); Mutzenberg *et al.*, (2013); Tavares; Lima *et al.*, (2017); Silva, Correa e Amorim (2017); Fonseca *et al.* (2020); Lima, Cunha e Perez Filho (2016); Amorim *et al.*, (2020), entre outros. Os resultados indicam que a atual estrutura superficial das paisagens do semiárido brasileiro, em sua maioria, são resultados dos processos geomorfológicos ocorridos ao longo de diferentes eventos climáticos.

9. ANÁLISE GEOQUÍMICA

A aplicação da técnica Espectrometria de Fluorescência de Raios X - FRX, teve como finalidade compreender a proveniência e o grau de alteração do sedimento, além de caracterizar geoquimicamente e estabelecer correlação com as unidades morfoestratigráficas caracterizadas no tópico anterior. A quantidade de óxidos identificados nas amostras variaram entre 15 e 20, como podem ser visualizados na tabela 08.

Tabela 08: Análise Geoquímica em %

Ponto	01			02			03			04
Profundidade em (cm)	0-5	6-20	21-40	0-10	11-23	24-40	0-06	7-23	24-30	15
SiO ₂	61	59.8	56.9	55	57.7	60.6	60	63.5	62.9	66
Al ₂ O ₃	17.7	17.9	17.7	23	22	19.6	18	19.9	20	18
Fe ₂ O ₃	7.07	7.7	11.9	9.4	8.9	6.7	5.4	3.9	3.3	2.3
K ₂ O	8.4	8.4	5.8	4.9	5.1	5.0	9.4	9.1	9.4	9.0
CaO	1.9	1.9	3.2	1.5	1.7	3.7	1.2	0.940	0.469	1.0

SO3	1.8	1.5	1.6	1.2	1.6	1.0	2.2	0.739	0.469	1.0
MgO	-	0.728	0.95	0.612	0.794	1.3	0.060	-	-	-
TiO2	0.684	0.576	0.760	1.5	1,4	1,2	0.867	0.756	0.810	0.925
CeO2	-	-	-	0.174	0.159	0.165	-	-	-	-
V2O5	-	-	-	0.087	0.088	0.080	-	-	-	0.067
SrO	0.119	0.126	0.11	0.063	0.073	0.074	0.122	0.096	0.104	0.029
MnO	0.154	0.212	0.19	0.078	0.057	0.033	-	0.024	0.036	0.026
Cr2O3	-	-	0.03	0.026	0.020	0.023	-	-	-	-
ZrO2	0.013	0.014	0.011	0.024	0.023	0.018	0.019	0.011	0.014	0.037
ZnO	0.007	0.007	0.008	0.018	0.015	0.014	-	-	-	-
Rb2O	0.043	0.044	0.006	0.003	0.008	0.013	0.048	0.038	0.042	0.029
Y2O3	0.005	0.004	0.009	0.011	0.010	0.008	0.003	0.003	0.004	0.002
NiO	0.005	0.008	0.009	0.006	0.008	0.008	-	-	-	-
Br	-	-	-	0.003	-	-	-	-	0.007	-
P2O5	-	-	-	1.242	-	-	-	-	-	-

Organização: J. Lisboa, 2020.

O contexto geológico da área, já destacado anteriormente, apresenta as seguintes litologias: Álcali-feldspato sienitos e Álcali feldspato quartzo; sienito equigranulares, contendo minerais como: feldspato; quartzo; moscovita; mica; biotita, revelando o caráter félsico das rochas inseridas na Suíte Intrusiva Triunfo – Pluton Triunfo, centrada na Serra da Baixa Verde (PB/PE).

Observa-se que os elementos químicos identificados estão diretamente relacionados com a geologia local, os quais variam entre aqueles mais abundantes na superfície terrestre, com grande concentração de sílica, alumínio, ferro e potássio, considerados os elementos maiores, além daqueles de menor abundância, mas de grande relevância geológica como titânio e zinco, chamados de traços.

A grande abundância de sílica, registrando um percentual que varia entre 55% e 66% em cada amostra, ratifica o pouco amadurecimento intempérico do sedimento. Outra explicação para a abundância da sílica, é devido a sua resistência na forma de quartzo (SALGADO, 2002; CRUZ, 2003; CRUZ, 2006). Os teores elevados de (K2O) potássio variam entre 4,9% e 9,4% são condizentes com as rochas graníticas CPRM (2017), como os sienitos alcalino-feldspato da Suíte Triunfo, bem como pela presença de minerais primários, como o feldspato alcalino.

As análises ainda demonstraram uma baixa concentração de elementos facilmente mobilizados como o (ZnO) óxido de zinco, (MnO) manganês, (SrO) estrôncio, (ZnO) zinco, (Rb2O) óxido de rubídio, (Cr2O3) óxido de cromo, (Y2O3) óxido de ítrio, (TiO2) titânio, (SO3)

trióxido de enxofre, (CeO₂) óxido de cério, (NiO) óxido de níquel, (Br) que é um composto inorgânico e binário, contendo dois oxigênios ligados entre si. O óxido de cálcio (CaO) apresenta uma máxima de 3,7% na unidade basal do ponto 02.

A unidade superficial do ponto 02 (0-10 cm), foi diagnosticada com 1,24% de (P₂O₅) Pentóxido de Difósforo, produto encontrado na composição de fertilizantes. Outro óxido que chama atenção é o Trióxido de Enxofre (SO₃), presente em todas as amostras, com leves concentrações nas unidades superficiais dos pontos 01 e 03, registrando 1,8 % e 1,6 %, respectivamente, quanto que o ponto 02 aponta um leve aumento na unidade transicional (11-23 cm), com 1,6%, e o ponto 4 com 1%. Por serem poluentes, a sua influência na qualidade ambiental local pode ser melhor compreendida em trabalhos posteriores.

O comportamento do (ZrO) óxido de zinco, apresenta-se de acordo com uma alteração *in situ* esperada para perfis de solo, ou seja, sendo enriquecido em termos de quantidade em direção ao topo (FRIEDRICH *et al.*, 1992; CRUZ, 2003). Quando se observa os valores de Zr obtidos no presente trabalho, verifica-se que há um leve aumento na porcentagem da camada basal até a superficial. Além do mais, as concentrações dos óxidos identificados estão em consonância com a litologia local, ratificando o caráter *in situ* dos preenchimentos sedimentares

A concentração dos elementos maiores identificados são semelhantes as concentrações identificadas por Silva *et al.*, (2020), quais seja: Si; Al; K; Fe; Ti; Na; Mg; Ca; P; Mn para solos formados em rochas de litologia cristalina, situadas em condições sub-úmidas. Essas informações estão em consonância com as características da área em estudo, situada em cotas superiores a 700 metros, na Serra da Baía Verde PB/PE.

9.1 Análise dos Índices Ki e Kr

Os dados geoquímicos permitiram avaliar a situação do processo intempérico dos pontos analisados, assinalando as discontinuidades presentes nas camadas morfoestratigráficas através dos índices Ki ($1,7 \cdot \text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$) e Kr $\{1,7 \cdot \text{SiO}_2 / [\text{Al}_2\text{O}_3 + (0,6 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3)]\}$ para todas as amostras. Os índices de Ki e Kr, representados no quociente entre os elementos de alta mobilidade (sílica) pelos elementos de baixa mobilidade (alumínio e ferro) no sistema, revelam o grau intempérico das amostras. Quanto menor sua concentração, maior o grau de intemperismo. Ao ponto que, quanto maior a concentração dos índices menor será o grau intempérico (OLIVEIRA, 2005).

Na tabela 09 é possível observar os dados com os índices Ki e Kr. Moniz (1972); Oliveira (2005); Soars (2019); baseando-se na classificação francesa de pedologia, define os solos como: sialíticos, fersialíticos, alíticos e ferralíticos utilizando os índices Ki e Kr. Tendo

em vista essas quatro categorias, as amostras de sedimentos do trabalho em tela são do tipo sialíticos, uma vez que os valores de Ki e Kr são superiores a $Ki \geq 2,2$ e $Kr \geq 0,75$, revelando a presença maior de silício e alumínio, e um estágio inicial de intemperismo.

Tabela 09: Índices de Ki e Kr

Quantidade de Silício, Alumínio e Ferro - Índices de Ki e Kr					
Amostra	SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	Ki	Kr
Ponto 01					
0 – 5 cm	61%	17,7%	7,07%	5,86	4,73
6 – 20 cm	59,8%	17,9%	7,7%	5,68	4,51
21 – 40 cm	56,9%	17,7%	11,9%	5,46	3,89
Ponto 02					
0 – 10 cm	55%	23%	9,4%	4,07	3,26
11 – 23 cm	57,7%	22%	8,90%	4,46	3,59
24 – 40 cm	60,6%	19,6%	6,7%	5,26	4,36
Ponto 03					
0 – 6 cm	60%	18%	5,4%	5,70	4,80
7 – 23 cm	63,5%	19,9%	3,9%	5,42	4,85
24 – 30 cm	62,9%	20%	3,3%	5,35	4,86
Ponto 04					
15 cm	63%	18%	2,3%	6,23	5,79

Organização: J. Lisboa, 2020.

Os índices apontaram que todos os pontos apresentam sedimentos geoquimicamente pouco amadurecidos, devido aos altos valores encontrados, pois quanto maior o valor dos índices de Ki e Kr, menor é o grau de intemperismo. De forma geral, os valores obtidos nos índices não apresentam grandes variações, com exceção apenas do ponto 04, o qual registrou (Ki 6,23 e Kr 5,79), revelando o menor grau de intemperismo. No ponto 04 não foi possível estabelecer relações, uma vez que contém apenas uma camada estratigráfica, com espessura de 15 cm.

A literatura releva que as rochas que contêm uma alta proporção de quartzo, feldspato, e de potássio, geralmente são mais resistentes ao intemperismo. E nas áreas de escudo pré-cambriano, que experimentaram várias fases de intrusão magmática, deformação tectônica e

metamorfismo, os granitóides mais jovens geralmente são mais resistentes ao intemperismo (CAMBRIDGE, 1986; PYE, 1986; ZQUEZ, 2016; EGGETON, 2017).

Além do mais, vários trabalhos afirmam que a granulação da rocha também influencia no processo de intemperismo, onde as rochas com granulação média e grossa, tendem a se diluir de forma mais lenta (BERNER, 1979; WHITE e BRANTLEY, 1995; LUTTGE, 2005). A litológica da área em foco é marcada por rochas de granulação média e grossa. Essas informações é mais um indicativo do pouco amadurecimento intempérico dos sedimentos aqui estudados, como apontou os índices de Ki e Kr.

Em consequência, alguns estudos evidenciam que quando o intemperismo é fraco, os solos tendem a ser relativamente jovens e, portanto, muitas propriedades do solo, como a distribuição do tamanho dos grãos e a mineralogia são essencialmente herdada dos materiais originais, ou seja, *in situ* (GONG, 1999; BAUMANN *et al.*, 2014; LIN e FENG, 2015; ZHANG *et al.*, 2020). Todavia, também entende-se que os solos se desenvolvem sob a influência dos seguintes fatores: material parental, clima, topografia, atividade biológica e tempo (JENNY, 1941; ZHANG *et al.*, 2020).

Cabe evidenciar que este grau de amadurecimento não reflete diretamente na idade de das unidades estratigráficas, uma vez que não necessariamente o material mais intemperizado tem idade mais antiga (FONSÊCA *et al.*, 2020). Então, para apontar a datação exata do sedimento, é necessário utilizar técnicas específicas de datação. Ao estabelecer correlação desses dados com outros trabalhos realizados no semiárido brasileiro, encontra-se Fonseca (2018) em sua proposta de compreender a gênese e evolução da paisagem geomorfológica ao longo do Quaternário Tardio, com ênfase no rebordo oriental do Piemonte da Borborema, entre os Estados de Pernambuco e Paraíba, cujo os resultados das amostras apontaram para diferentes estágios de intemperismo, podendo ser classificado como alítica e sialítica, obtendo índices de Ki que variam de 3,8 a 2,2, e Kr 3,0 a 1,2, sendo classificados como alítica, ferralítica e sialítica, revelando níveis de intemperismos ora mais, ora menos avançados (FONSÊCA *et al.*, 2020).

Soars (2019), por sua vez, ao estudar o tanque natural centrado no sítio Riacho Verde em Ouro Branco, Rio Grande do Norte, aplicou a técnica de FRX, possibilitando estabelecer o grau intempérico dos preenchimentos sedimentares, obtendo valores de Ki que variam entre 1,1 e 1,85 e Kr 0,96 e 0,94. A caracterização geoquímica indicou que o material intemperizado sofreu estágios distintos ao longo do perfil, e que os sedimentos das camadas mais próximas da superfície apresentam características mais recentes, no que tange a evolução geomorfológica.

Numa perspectiva geomorfológica, vários trabalhos brasileiros, e também de caráter internacional têm adotado a (FRX) para a caracterização geoquímica de sedimentos, para

estabelecer sua gênese e grau de intemperismo, principalmente em unidades coluviais (CRUZ, 2005; GONÇALVEZS 2018; RAMOS, 2014; FONSÊCA *et al.*, 2020; SILVA, 2016; SILVA *et al.*, 2020; SOUZA *et al.*, 2020; SARTOR, *et al.*, 2020).

Observa-se que a maioria dos trabalhos já desenvolvidos tiveram como foco os ambientes coluvionares, onde o registro sedimentar apresenta origens diversas devido ao carreamento, podendo ser influenciados pelas condições climáticas, ação dos ventos, precipitação, entre outros. Porém, os registros sedimentos encontrados nas Marmitas do presente trabalho são de caráter *in situ*.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mapeamento permitiu identificar a ocorrência de Marmitas de Dissolução no core da Serra da Baixa Verde, distribuídas nas cotas superiores a 700 metros de altitude, numa área que se configura como Brejo de Altitude, com condicionantes peculiares frente ao contexto regional, apresentando temperaturas mais amenas, precipitações mais elevadas, sob solos de maior profundidade, entre outros.

As informações obtidas por meio da caracterização topográfica com auxílio de Veículo Aéreo Não Tripulado (VANT), permitiram compreender as diferentes geometrias das feições geomorfológicas identificadas e mapeadas. Esses dados foram importantes para estabelecer a classificação morfológica que variaram entre: *fundo côncavo e/ou panela; bordas suspensas e assimétricas, e bordas suaves*, confirmando as diferentes formas, profundidades, contornos irregulares e descontinuidades, que são resultados dos processos de erosão diferencial da rocha.

A caracterização sedimentológica associada a análise morfoestratigráfica revelaram a sequência evolutiva dos perfis *in loco*, onde as unidades basais, sob o saprolito, apresentaram maiores concentrações de cascalho e/ou sedimentos mais grossos. As demais unidades, apesar de exibirem similaridades, muito em função da pouca espessura dos perfis, se diferenciam pela presença de matéria orgânica e, também, pela coloração.

As análises geoquímicas, por sua vez, ratificaram que o sedimento é geoquimicamente pouco desenvolvido, com grandes concentrações de sílica, alumínio e ferro, óxidos em abundância nas litologias cristalinas. A gênese dessas feições centradas, especificamente, nas áreas planas e nos topos da Serra, está associada ao intemperismo químico, sob condições de climas secos (semiárido e sub-úmido), sem recebimento de materiais externos.

Do ponto de vista geomorfológico, as Marmitas são relevantes por estocarem sedimentos que relevam eventos episódicos, e subsidiam informações sobre a reconstrução da paisagem. Ecologicamente, são ambientes eco-hidrofísicos que sustentam e mantêm o funcionamento de diversos ecossistemas, onde há produção de matéria orgânica oriunda da deposição da vegetação aquática. No contexto social, funcionam como armazenamento de água, utilizada sobretudo na agropecuária, e em alguns casos para serviços domésticos.

Mediante o exposto, os dados confirmam que as características dos sedimentos, sua natureza química e arranjo estratigráfico são remanescentes de processos pretéritos, que apesar de fragmentados e disjuntos, atuando com intensidades distintas, fornecem informações sobre a dinâmica geomorfológica. E que a morfologia da paisagem emerge das ligações entrelaçadas entre litologia, clima, vegetação, suscetibilidade ao intemperismo, entre outros.

Referências

AB'SÁBER, A. N. Referências bibliográficas do Nordeste seco. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 13, n. 36, p.115-143, 1999.

_____. **Os domínios de natureza no Brasil**. São Paulo: Ateliê Editora 2003.

ACCIOLY, A. C. A. **Geologia, Geoquímica e Significado Tectônico do Complexo Metanortositico de Passira – Província Borborema – Nordeste Brasileiro**. São Paulo, SP. 168f. 2000. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2000.

AESA. **Agência Executiva de Gestão das águas do Estado da Paraíba**, 2019. Disponível também em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>> Acesso em: 20 de mar. de 2020.

ALBERS, A. P. F., MELCHIADES F. G. MACHADO, R., BALDO J. B., BOSCHI A. O. Um método simples de caracterização de argilominerais por difração de raios X (A simple method for the characterization of clay minerals by X-ray diffraction). **Cerâmica**, v. 48 2002.

ALBUQUERQUE, A. F.; SILVA, D. G.; CORRÊA, A. C. B. Aplicação da abordagem morfoestratigráfica para interpretação de “areias brancas” em um setor colinoso no litoral sul do estado de Pernambuco: o caso da reserva ecológica do Camaçari, município de Cabo de Santo Agostinho. **Geo UERJ**, 13, n. 22, v. 1, 2011.

AMADOR, Maria Betânia Moreira. **Sistemismo e sustentabilidade**: questão interdisciplinar. 1 ed. São Paulo: Scortecci, 2011.

_____. Interconexão Biogeografia, Biodiversidade, Lugar. In: AMADOR, Maria Betania Moreira; BENINI, Sandra Medina. **A complexidade do “lugar” e do “não lugar” numa abordagem geográfico-ambiental** (Orgs.). Tupã, SP: Editora ANAP, p. 20-29, 2016.

AMORIM, Rodrigo de Freitas. **Integração entre dinâmicas geomorfológicas multitemporais no planalto da Borborema, semiárido do NE do Brasil**. Recife, PE. 194 fl. Tese de Doutorado – PPGeo, UFPE, 2015.

AMORIM, Rodrigo de Freitas; SILVA, Danielle Gomes da; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros. Cartografia de relevo aplicado à bacia do riacho Bruscas, maciço da serra da Baixa Verde (PE/PB), nordeste do Brasil. **REGNE**, v. 01, p. 20, 2015.

AMORIM, R. F.; CORRÊA, A. C. B., MUTZENBERG, D., MEIRA, D. A. Evolução holocênica das encostas da bacia do riacho Bruscas, Nordeste do Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 39, p. 112-125, 2020.

ANGELIM *et al.* Folha SB-24-Jaguaribe. In: SCHOBENHAUS C.; GONÇALVES JH; SANTOS JOS.; ABRAM MB.; LEÃO NETO R.; MATOS G.; VIDOTTI RM.; RAMOS MAB. APPLEBY, P.G. Three decades of dating recent sediments by fallout radionuclides: a review. **The Holocene**, p. 83-93, 2008.

APAC. **Agência Pernambucana de Águas e Clima**, 2019. Disponível também em: <<http://www.apac.pe.gov.br/>> Acesso em: 10 de jan. de 2020.

APPLEBY, P., Oldfield, F. The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported ^{210}Pb to the sediment. **Catena** p. 1-8, 1978.

ARCHANJO, C. J.; BOUCHEZ, J. I. Magnetic fabrics and microstructures of the post-collisional aegirine-augite syenite intrusion Pluton, northeast Brazil. **J. Struct. Geol.**, v.19, p. 849-860, 1997.

ARAÚJO-JÚNIOR, H.I.; Porpino, K.O. Assembléias fossilíferas de mamíferos do Quaternário do Estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil: diversidade e aspectos tafonômicos e paleoecológicos. **Pesquisas em Geociências**, p. 67-83, 2011.

ARAÚJO-JÚNIOR, H.I. Taphonomic and paleoecological aspects of the fossil assemblage of Pleistocene vertebrates from the natural tanks of João Cativo, Itapipoca, Ceará State, Brazil: an integrated approach. In: **Reunião anual regional da sociedade brasileira de paleontologia, núcleo Minas Gerais**, Uberlândia, Caderno de Resumos, SBP, 2010.

ATKINS, P. e Jones, L. Princípios de Química: questionando a vida moderna e o meio ambiente, Porto Alegre: **Bookman**, p.39-40, 2001.

BARBOSA, A. J. **Mineralizações auríferas da região de Cachoeira de Minas, municípios de Manaíra e Princesa Isabel - Paraíba**. Recife: CPRM, p. 13, 1998.

BARBOSA, A. H. S.; SILVA, C. S. P.; ARAÚJO, S. E.; LIMA, T. B. B. DANTAS, I. M. Macroinvertebrados Bentônicos como Bioindicadores da Qualidade da Água em um trecho do rio Apodi-Mossoró. **Holos**, v. 07, 2016.

BARBOSA, José Etham de Lucena; MEDEIROS, Elvio Sérgio Figueredo; BRASIL, Janderson; CORDEIRO, Raquel da Silva; CRISPIM, Maria Cristina Basilio; SILVA, Gustavo Henrique Gonzaga. Ecossistemas aquáticos do semiárido brasileiro: aspectos limnológicos e manejo. **Acta Limnol. Bras. online**, v. 24, n 01, p. 103-118, 2012.

BERTALANFFY, Ludwig von. **Teoria geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. 10 ed. Tradução de Francisco M. Guimarães. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2015.

BÉTARD, F. *et al.* Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semiárido do nordeste brasileiro: o caso do maciço de baturité-CE. **Mercator Revista de Geografia da UFC**. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Brasil, v. 6, n. 12, p. 107-126, 2007.

BELLINASSO, T. B.; PAIVA, J. B. D. Avaliação da produção de sedimentos em eventos chuvosos em uma pequena bacia hidrográfica semi-urbana de encosta. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, n. 14, p. 169-181, 2007.

BEZERRA, F. H. R.; BRITO NEVES, B. B.; CORRÊA, A. C. B.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene tectonical-geomorphological development within a passive margin – The Cariata trough northeastern Brazil. **Geomorphology**, v. 97, 2008.

BIGARELLA, J. J.; SUGUIO, K.; BECKER, R. D. **Ambiente Fluvial: Ambientes de Sedimentação, sua interpretação e importância**. 1ª. ed. Curitiba: Editora da Universidade Federal do Paraná. Associação de Defesa e Educação Ambiental, 1979.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e Origem das Paisagens Tropicais**. v. 01. Florianópolis: Ed. UFSC. 1994.

BICHINHO, Kátia Messias. **Utilização de Espectrometria de Fluorescência Raios-X para determinação de resíduos catalíticos em polímeros comerciais**. 103 fl. Tese (Doutorado em Química) - UFRGS, RS, 2008.

BORTOLETO, G. G. **Desenvolvimento de Métodos Analíticos Usando Espectrometria de Raios-X e Quimiometria**. Tese (Doutorado em Química) -Unicamp, Campinas, São Paulo, 2007.

BUTT, C. R. M.; LINTERN, M. J. & ANAND, R.R. Evolutions of regoliths and landscapes in deeply weathered terrain – implications of geochemical exploration. **Ore Geology Reviews**, v.16, p.167-183, 2000.

BLUM, M. D; TÖRNQVIST, T. E. Fluvial responses to climate and sea-level change: a review and look forward. **Sedimentology**, p. 2-48, 2000.

CABRAL, C. J.; LIRA, D. R.; SILVA, O. G.; CORRÊA, A. C. B. Condicionantes Fisiográficos para a Distribuição de Marmitas de Dissolução em rochas cristalinas no estado de Pernambuco. In: PINHEIRO L. S; GORAYEB, A. **Geografia Física e as Mudanças Globais**, Fortaleza Editora UFC, 2019.

CAMBRIDGE, P. Mineralogical and textural controls on the weathering of granitoid rocks. **Catena**, v 13, p 47-57, 1986.

CLARLE, F. M. M. Trace metal concentrations in water sediments and fish tissue from lake langanyika. **The science of the total Environment**, p. 115-121, 2002.

CAMARGO FILHO, M. & BIGARELLA, J. J. Correlação de parâmetros estatísticos de sedimentos de vertentes, rampas de colúvio-alúvio e terraço de várzea de bacia do Bananais – Guarapuava – PR. **Geosul**, v. 14, p. 438-442, 1998.

CHEN, Yiwei, et al. OSL dating of past lake levels for a large dammed lake in southern Tibet and determination of possible controls on lake evolution. **Landforms**, 2016.

CHAPPELL, A. The limitations of using Cs-137 for estimating soil redistribution in semi-arid environments. **Geomorphology**, p. 135–152, 1999.

CHAPPELL, A. Warren, A.; OLIVER, M.A., CHARLTON, M. The utility of ¹³⁷Cs for measuring soil redistribution rates in southwest Niger. **Geoderma**, v. 81, p. 313–337, 1998.

CHAPPELL, A. Modelling the spatial variation of processes in the redistribution of soil: digital terrain models and ¹³⁷Cs in southwest Niger. **Geomorphology**, v. 17, 249–261, 1996.

CHEN, Yiwei, AITCHISON Jonathan, ZONG, Yongqiang. OSL dating of past lake levels for a large dammed lake in southern Tibet and determination of possible controls on lake evolution. **Landforms**, 2016.

CAMPOS NETO, M.C.; BITTAR, S.M.B.; BRITO NEVES, B. B. Domínio Tectônico Rio Pajeú - Província Borborema: Orogêneses superpostas no Ciclo Brasileiro/Pan-Africano, In: CONG. BRAS. GEOL. **Balneário Camboriú**. Boletim de Resumos Expandidos. Balneário Camboriú, SBG, v. 01, p.221-222, 1994.

CANCELLI, Diana Maria. **Um modelo para a evolução térmica de lagos profundos**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Métodos Numéricos em Engenharia do Setor de Tecnologia e Ciências Exatas. Curitiba, 2006.

CAVALCANTE, Andréa Almeida; CUNHA, Sandra Baptista da. morfodinâmica fluvial em áreas semiáridas: discutindo o vale do rio jaguaribe-ce-brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 13, n. 1, p. 39-49, 2012.

CAVALCANTI, Lucas Costa de Souza (Org.). **Cartografia de paisagens: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

CARVALHO, I.S. Bacias Intracratônicas do Nordeste do Brasil. In: **Geologia Histórica**. BRITO, I.M. Editora da Universidade Federal de Uberlândia. p. 115-140, 2000.

CAMPOS, J. N. B., VIEIRA NETO, J., QUEIROZ, E. A. Impacto Cumulativo da pequena açudagem: estudo de caso do açude Várzea do Boi, em Tauá-Ce. 2000 In: **Anais do V Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, v. 01. p. 231-237, 2000.

CAMBRIDGE, P. Mineralogical and textural controls on the weathering of granitoid rock. **Catena**, v. 13, p. 47-57, 1986.

CPRM. **Carta Geológica do Brasil ao Milionésimo**. Programa Geologia do Brasil. Brasília. CD-ROM, 2004.

CPRM. **Serviço Geológico do Brasil**. Solânea - SB.25-Y-A-IV, escala 1:100.000: nota explicativa. Paraíba: UFPE /CPRM, 2007.

CPRM. **Geologia e recursos minerais da Folha Salgueiro**. Escala 1:100.000, Estado de Pernambuco: Recife: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2017.

CPRM. **Geodiversidade do estado de Pernambuco. Recife**. Serviço Geológico do Brasil, p. 282, 2014.

CPRM. **Geodiversidade do estado da Paraíba. Recife**. Serviço Geológico do Brasil. p. 124, 2016.

CPRM. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. Serviço Geológico do Brasil, 2 ed. p. 271 2012.

CIRILO, José Almir. Políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. **Estudos Avançados**, v 22, p. 61-82, 2008.

CHORLEY, R. J.; KENNEDY, B. A. **Physical Geography: a system approach**. Londres: Prentice Hall Inc, 1971.

CRISPIM, MC; LEITE, R.L; WATANABE, T. 2000. Evolução do estado trófico em açudes temporários, no nordeste semi-árido, durante um ciclo hidrológico, com ênfase na comunidade zooplancônica. In **Anais do V Simpósio de Ecossistemas brasileiros: Conservação**, Vitória. v. 3, p. 422-430, 2000.

CHRISTOFOLETTI, Antônio (Orgs.). **Análise de sistemas em geografia: introdução**. São Paulo: Hucitec-Edusp, p. 106, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. A variabilidade espacial e temporal da densidade de drenagem. **Not. Geomorfológica**. p. 3-22, 1981.

CORREA, A. C. B. **Dinamica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. Rio Claro, 386 fl. Tese de Doutorado IGCE, UNESP. 2001.

CORRÊA, A. C. B. **Mapeamento geomorfológico de detalhe do maciço da Serra da Baixa Verde, Pernambuco: estudo da relação entre a compartimentação geomorfológica e a distribuição dos sistemas geoambientais**. Recife, PE. 182 fl. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Recife. 1997.

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**. p. 28- 44, 2005.

CORRÊA, Antonio Carlos de Barros. Contribuição à análise do Recife como um Geossistema Urbano. **Revista de Geografia, UFPE**, Vol.23 n.3. p.86-102 Recife: UFPE, 2006.

CORRÊA, A. C. B. *et al.* Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, n. 31, p. 35-52, 2012.

CORRÊA, A. C. B.; SOUZA, J. O. P.; CAVALCANTI, L. C. S. Solos do ambiente semiárido brasileiro: erosão e degradação a partir de uma perspectiva geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T.; JORGE, M. C. O. (Org.). **Degradação dos Solos no Brasil**. 1ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 127-166, 2014.

CORRÊA, A.C.B; TAVARES, B.A.C; MONTEIRO, K.A; CAVALCANTI, L.C.S; LIRA, D.R. Megageomorfologia e Morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, v. 31, n. 1/2, p.35-52, 2010.

COELHO NETTO, A. L. Evolução de Cabeceiras de Drenagem no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul (SP/RJ): a Formação e o Crescimento da Rede de Canais sob Controle Estrutural. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n. 02, p.69-100, 2003.

COTTINGHAM, KL; CARPENTER, SR. Population, community, and ecosystem variates as ecological indicators: phytoplankton responses to whole-lake enrichment. **Ecol. Appl.**, v. 8, n. 2, p. 508-530, 1998.

CORNELL, R.M.; SCHWERTMANN, U. The iron oxides: structure, properties, reactions, occurrence and uses. New York: VHC Publishers, 1996. DANTAS, J.R.A. **Mapa geológico do estado de Pernambuco**. Recife: DNPM, 1980.

CUNHA, S. B. da. Geomorfologia fluvial. GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Orgs). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.

COLLINS, A.L, *et al.* Using ^{137}Cs measurements to quantify soil erosion and redistribution rates for areas under different land use in the Upper Kaleya River basin, southern Zambia. **Geoderma** 104, 229–323, 2001.

COSTA JÚNIOR, C. E. O. **^{210}Pb em urina de habitantes de áreas com anomalias radioativas naturais no estado de Pernambuco**. Recife, PE. 77 fl. Dissertação Mestrado, UFPE, 2011.

CRUZ, L. O. M. **Assinatura Geoquímica de unidades coluviais da bacia do Córrego do Rio Grande – Depressão de Gouveia/MG. Belo Horizonte, MG**. Belo Horizonte, MG. 152f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Minas Gerais, 2006.

DANTAS, J. R. A. **Mapa geológico do Estado de Pernambuco**. Recife: DNPM/Minérios de Pernambuco S.A. p. 112, 1980.

ELORZA, M.G. **Geomorfología y cambio climático en zonas áridas**. Zaragoza: Sdad. Coop. de Artes Gráficas, 1998.

FÁVERA, J. C. D. Eventos de sedimentação episódica nas bacias brasileiras. Uma contribuição para atestar o caráter pontuado do registro sedimentar. In: XXXIII **Congresso Brasileiro de Geologia**. Rio de Janeiro, Anais, p. 489-501, 1984.

FRYIRS, K.; GORE, D. Sediments tracing in the upper Hunter catchment using elemental and mineralogical compositions: implications for catchment-scale suspended sediment (dis)connectivity and management. **Geomorphology**, v.193, p.112-121, 2013.

FERREIRA, Clarisse Wanderley Souto. **Sedimentação em um reservatório de água no semiárido de Pernambuco**. 109 fl. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2012.

FERREIRA, V. P.; SIAL, A. N.; JARDIM DE SÁ, E. F. Geochemical and isotopic signatures of Proterozoic Granitoids in terranes of the Borborema structural province, northeast Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 11, n. 5, p. 438-455, 1998.

FEITOSA, Leonardo Schramm. **Aspectos Limnológicos da Pequena Açudagem no Semiárido: estudo de caso dos açudes do assentamento 25 de maio, Madalena-CE**. Fortaleza, CE. 196 fl. Dissertação de Mestrado, Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, 2011.

FIGUEIREDO, M.A. **Óxidos de ferro pedogênicos e sua influência na agregação de partículas de argila: estudo de caso nos solos da região de Gouveia - Serra do Espinhaço Meridional-MG**. Belo Horizonte: IGC/UFMG. 95p, 1999.

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

FÖRSTNER, U. Non-linear release of metals from aquatic sediments. In: Salomons, W.; Stigliani, W. M. (Ed.). Biogeodynamics of pollutants in soils and sediments. **Springer, Berlim**, p. 247-307, 1995.

FORMOSO, M. L. L. Difractometria de Raios X. In: GOMES, C. B. (Org.). **Técnicas Analíticas Instrumentais Aplicadas à Geologia**, São Paulo: Edgard Blücher Ltda, p.1-43, 1984.

FONSÊCA, D. N. **Reconstrução da paisagem geomorfológica através da assinatura geoquímica dos eventos deposicionais da bacia do rio Capibaribe-Mirim, Pernambuco**. Recife, PE. 167f. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2012.

FONSÊCA, D. N; CORRÊA, A. C. B.; LIRA, D. R. TAVARES, B. A. C. Chemical, physical and mineralogical attributes as markers in the identification of depositional events in the Eastern Northeast of Brazil. **Journal of South American Earth**, v 103, 2020.

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

FUENTES-PÉREZ, J. F.; NAVARRO HEVIA, J.; RUIZ LEGAZPI, J.; GARCÍA-VEGA, A. Inventario y caracterización morfológica de lagos y lagunas de alta montaña en las provincias de Palencia y León (España). Pirineos – **Revista de Ecología de Montaña**. Huesca – Espanha, v.170, 2015.

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

GALE, S. J. & HOARE, P. G. **Quaternary sediments: petrographic methods for the study of lithified rocks**. Londres: Bethaven Press, 1991.

GRAF, W. L. **Fluvial Process in Dryland Rivers**. Caldwell: The Blackburn Press, 1988.

GRENFELL, S.E; ROWNTREE, K.M, GRENFELL, M.C. Morphodynamics of a gully and floodout system in the Sneeuberg Mountains of the semi-arid Karoo, South Africa: Implications for local landscape connectivity. **Elsevier B.V**, 2012.

GRIZIO-ORITA, E. V.; COSTA, S. B. PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS. In: **Decimocuarto Encuentro de Geógrafos de América Latina**, 2013.

GONÇALVES, Rhandysson Barbosa. **Significado geomorfológico dos sedimentos cenozóicos do baixo curso do Rio Capibaribe (PE)**. Dissertação de Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE, Recife, 2018.

GOBBO, L. A. **Aplicação da difração de raios X e método Rietveld no estudo de cimento Portland**. 251 p. Tese (Doutorado em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

GOIS, Susana de Souza; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros; Monteiro, Kleython de Araújo. Análise Integrada dos Brejos de Altitude do Nordeste do Brasil a partir de Atributos Fisiográficos Laís. **Espaço Aberto**, v. 9, n. 2. P. 78-98, 2019.

GODOY, José Marcus. Datação de Sedimentos com ^{210}Pb : Resgate do Histórico da Poluição Ambiental no Antropoceno. **Rev. Virtual Quim.** v. 10 n. 6 pp. 1733-1757, 2018.

GUERRA, Antonio José Teixeira; MARÇAL, Mônica dos Santos. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

GUERRA, Antônio Teixeira. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 6 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

GUTIÉRREZ, M. Climatic Geomorphology. **Elsevier Science & Technology**, 774p, 2005.

HAGGE, Rita de Cássia Ferreira; ALMEIDA, Maria do Carmo Barbosa. Contribuição da geomorfologia aos estudos ambientais do semi-árido nordestino. In: **Encuentro de Geografos de America Latina**. Resúmenes, Santiago: Universidad de Chile, p. 176-177, 2001.

HAIGH, martin. Geography and General System Theory, Philosophical Homologies and Current Practice. **Geoforum**. v. 6 n. 2, pp. 191-203, 1985.

HUGGETT, Richard A history of the systems approach in Geomorphology. **Géomorphologie: relief, processus, environnement**, n° 2, p. 145-158, 2007.

IBGE. **Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro: IBGE, p. 179, 2019.

IBGE. **Banco de Informações Ambientais**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, 2019.

KAGEYAMA, Paulo Yoshio. In: **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. (Orgs), Kátia C. Porto, Jaime J. P. Cabral e Marcelo Tabarelli. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. p. 324, 2004.

KUO, Cheng-Wei; BRIERLEY, Gary J. The influence of landscape configuration upon patterns of sediment storage in a highly connected river system. **Geomorphology**, v. 180, p. 255-266, 2013.

LAN, Bo, ZHANG, Dongliang, Yang, Yunpeng. Lacustrine sediment chronology defined by ^{137}Cs , ^{210}Pb and ^{14}C and the hydrological evolution of Lake Ailike during 1901–2013, northern Xinjiang, China. **Catena**, 104-112, 2018.

LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, E. M. **Geomorfologia Fluvial**. Oficina de Texto, coleção geografia, 2017.

LEITE; Niedja Malaquias de Castro; ARAUJO, Rosa Maria Dias; AMADOR, Maria Betânia Moreira. A presença de caldeirões na paisagem e na agropecuária de Ibirajuba –PE. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 12, n. 6, 2016.

LEINZ, Viktor; AMARAL, Sérgio Estanislau. **Geologia Geral**. (Org.) v. 01 Editora: **Companhia Editora Nacional**, v. 01, 2001.

LIMA, F. J.; PAISANI, J. C.; CORREA, A. C. B.; PONTELLI, M. E. Micromorfologia de colúvios em sequencias pedoestratigráfica e litoestratigráfica – o caso das superfícies de palmas/água doce (sul) e planalto sedimentar do Araripe (Nordeste do Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, p. 329-348, 2017.

LIMA, Kleber Carvalho; CUNHA, Cenira Maria Lupinacci da; PEREZ FILHO, Archimedes. Relações entre rede de drenagem e superfícies de aplainamento semiáridas. **Mercator, Fortaleza**, v.15, n.2, p. 91-104, 2016.

LIMA, Kleber Carvalho; PEREZ FILHO, Archimedes; CUNHA, Cenira Maria Lupinacci. Características morfológicas e morfométricas dos canais de drenagem da bacia hidrográfica do rio bom sucesso - Semiárido da Bahia/Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 14, nº 4, p. 309–317, 2013.

LIMA, F. J. **Evolução geomorfológica e reconstrução paleoambiental do setor subúmido do Planalto Sedimentar do Araripe: um estudo a partir dos depósitos coluviais localizados nos municípios de Crato e Barbalha – Ceará**. Recife, PE. 192fl. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

LIMA, MC, et al. Especiação de cobre e chumbo em sedimentos do rio Tubarão (SC) pelo método tissier. **Nova Química**. vol. 24, n. 6, 734-742, 2001.

LIRA, L. **Geologia do Canal de Santa Cruz e praia submarina adjacente à Ilha de Itamaracá – PE**. Porto Alegre. 102 fl. UFRGS/IG. Dissertação de Mestrado, 1975.

LIRA, D. R. **Evolução geomorfológica e paleoambiental das Bacias do Riacho do Pontal e GI-8 no Sub-Médio São Francisco**. Recife, PE. 234 fl. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2014.

LIKENS, GE. Biogeochemistry, the watershed approach: some uses and limitations. **Marine and Freshwater Research**, v. 52, n. 1, p. 5-12, 2001.

MABESOONE, J.M., Oliveira, L.D.D. & Damasceno, J.M. Desenvolvimento dos Tanques Fossilíferos no Semi-árido Norterio-grandense. In: **Congresso brasileiro de geologia, Natal**, v. 2, p. 733-741, 1990.

MACHADO, A. S.; MEXIAS, A. S.; VILELA, A. C. F.; OSÓRIO, E. **Quantificação por drx dos componentes carbonosos presentes no pó de balão do alto-forno**. **Tecnol. Metal. Mater. Miner**, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 254-260, 2011.

MAIA, R.P; NASCIMENTO, M.A.L. Relevos Graníticos do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. São Paulo v.19, p.373-389, 2018.

MATTOS, S. H. V. L.; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 5 n.1, p. 11-18, 2004.

MALTCHIK, L. and MEDEIROS, ESF. Conservation importance of semi-arid streams in north-eastern Brazil: implications of hydrological disturbance and species diversity. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 16, n. 7, p. 665-677, 2006.

MANUAL. Técnico de geomorfologia. 2. ed. Rio de Janeiro: **IBGE**. Manuais técnicos em geociências, n. 5, p. 178, 2009.

MANUAL técnico de geologia. 2. ed. Rio de Janeiro: **IBGE**. Manuais técnicos em geociências, n. 5, p. 178, 2009.

MELO, M. L de. **Áreas de exceção da Paraíba e dos sertões de Pernambuco**. Recife, SUDENE-PSU-SRE, 1988. 321p.

MEDEIROS, Vladimir Cruz. **Evolução Geodinâmica e Condicionamento Estrutural dos Terrenos Piancó-Alto Brigida e Alto Pajeú, Dominio da Zona Transversal, NE do Brasil**. (Tese de Doutorado) Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 195 f. 2004.

MELO, O. O. de. **Petrologia e geoquímica das rochas Gabro-Anortosíticas e mineralizações de Fe-Ti associadas, de Barro Vermelho, CustódiaPE, Nordeste do Brasil**. Recife, PE. 216p Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 1998.

MELLO, C. L. **Sedimentação e tectônica cenozóicas no Médio Vale do Rio Doce (MG, Sudeste do Brasil) e suas implicações na evolução de um sistema de lagos**. Tese de doutoramento, Instituto de Geociências – USP, São Paulo, p. 275, 1997

MISSURA, Ronaldo. **Bacia do riacho Pioré-PE, análise morfotectônica e morfoestratigráfica**. 196 fl. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2013.

MISSURA, R. **Análise morfoestratigráfica da bacia do ribeirão dos Ponçianos – MG. Rio Claro, SP**. 136f. Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

MIALL, A. D. **Description and interpretation of fluvial deposits: a critical perspective**. *Sedimentology*, 370-384, 1985.

MIALL, A. D. **The geology of stratigraphic sequences**. Springer, Berlin, 1996.

MIZUGAKI, S; NAKAMURA F; araya T. Using dendrogeomorphology and ¹³⁷Cs and ²¹⁰Pb radiochronology to estimate recent changes in sedimentation rates in Kushiro Mire, Northern Japan, resulting from land use change and river channelization. **Elsevier**, 2006.

MONTEIRO, Kleython de Araújo; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros. A PAISAGEM NA GEOGRAFIA FÍSICA: UMA PEQUENA DISCUSSÃO. **Boletim de Geografia do Vale do São Francisco**, n.1, v.1, p.40-54, 2014.

MOTTA, J. M; SIAL, A. N; FERREIRA, V. P. Estudos Gravimétricos no Plúton Sienítico de Triunfo – PE. **Estudo Geológico**, v. 12, p. 41-52, 2002.

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.

MÜTZENBERG, Demétrio; CORRÊA, Antônio Carlos de Barros; CISNEIROS Daniela; VIDA, Irma Asón; FELICE, Gisele Daltrini; SILVA, Daniele Gomes; Khoury, Helen; LIBONATI, Renata. Sítio Arqueológico Lagoa Uri de Cima: cronoestratigrafia de eventos paleoambientais no semiárido nordestino. **Fundamentos**, v. 01, n. 10, p. 51-67, 2013.

MMA. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**, Edition: 1.ed., Chapter: Diagnóstico da vegetação nativa do bioma Caatinga, Publisher: MMA, Editors: MMA; UFPE; CI; CPATSA, pp.45-90, 2016.

MORIN, Edgard. **O método: a natureza da natureza**. Lisboa. Publicações Europa-América. Coleção Biblioteca Universitária, 1977.

MONIZ, A. C. **Composição química e estrutura dos minerais de argila**. In: MONIZ, A. C. (org.). Elementos de Pedologia. São Paulo: Universidade de São Paulo, p.29-44, 1972.

NASCIMENTO, Flávio Rodrigues. Bacias Hidrográficas intermitentes sazonais e potencialidades hidroambientais no nordeste setentrional brasileiro. **Geographia, UFF**, v. 16, p. 90-118, 2014.

NEARING, M.A., KIMOTO, A., NICHOLS, M.H. Spatial patterns of soil erosion and deposition in two small, semiarid catchments. **Journal of Geophysical Research**, v. 110, F04020, 2005.

NEIVA, A. C. et al. Cuidados com picos espúrios no uso de espectroscopia de fluorescência de raios x para a análise de peças metálicas pré-hispânicas do museu de arqueologia e etnologia da USP. In: **III Simpósio de Técnicas Avançadas em Conservação de Bens Culturais**, 2006.

OLINDA, A. **Revista Brasileira de Arqueometria Restauração Conservação**. AERPA, Edição Especial n. 1, Março, 2006

OLIVEIRA, L.D.D. de; Damasceno, J.M.; Lins, F.A.L.; Medeiros, W.E.de; Moreira, J.A. Estudo macrofossilífero dos tanques da Fazenda Capim Grosso, São Rafael – RN, auxiliado por métodos geofísicos. In: **Congresso Brasileiro de Paleontologia**, 11, Curitiba. Anais. Curitiba: SBP, 1: 551-570, 1989.

OLIVEIRAA, D.P. Weathering and clay formation in semi-arid calcareous soils from Northeastern Brazil, **Catena**, 2017.

PAOLIELLO, M.M.B.; CHASIN, A.A.M.– Ecotoxicologia do Chumbo e seus Compostos. **Série Cadernos de Referência Ambiental**, v.3, 2001.

PAIVA, Ana Claudia. **Dispersão de Chumbo em ambientes aquáticos da região de Belo Jardim – PE.** (Dissertação de Mestrado) Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, 85f, 2005.

PEJRUP, M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: BOER, P. L.; VAN GELDER, A.; NIO, D. D. **Tide-Influenced Sedimentary Environments and Facies.** Reidel: Dordrecht, p.289-300, 1988.

POESEN, J.W., BUNTE, D. Torri. Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review, **Catena**, 141-16, 1994.

RAN, L., ZHU, H., AYINUEr, Z. Impact of climate change on hydrological regime in the Baiyanghe river basin in Tacheng, Xinjiang during 1962-2007. **J. Glaciol. Geocryol.** 32, 2010.

RANULPHO, Rodrigo. **Fitólitos em depósitos de colúvio do quaternário superior na face nordeste da bacia sedimentar do Araripe/CE: significado paleoambiental.** 102 fl. Dissertação de Mestrado em Geografia, IFCH, UFPE, Recife, 2016.

REMUS, Marcus Vinicius Dorneles; SOUZA, Rogério Schiffer; CUPERTINO, José Antonio; ROS, Luiz Fernando; DABI, Norberto; LELARGE, Maria Lidia Vignol. Proveniência sedimentar: métodos e técnicas analíticas aplicada. **Revista Brasileira de Geociências**, p. 166-185, junho de 2008.

REID, I.; FROSTICK, L.E. Distinctiveness and diversity of arid zone river systems. Stephen Tooth and Gerald C. Nanson. **Arid Zone Geomorphology.** 3. ed. Chichester, England: John Willey and Sons, p. 270-300, 2011.

RODRIGUEZ, José Manuel Mateo; SILVA, Edson Vicente da. A classificação das paisagens a partir de uma visão geossistêmica. **Mercator**, ano 01, número 01, 2002.

RODAL, Maria Jesus Nogueira; COSTA, Keila Cristina Carvalho; SILVA, Ana Carolina Borges Lins. Estrutura da vegetação caducifólia espinhosa (Caatinga) de uma área do sertão central de Pernambuco. **Hoehnea**, v. 35 n.2 São Paulo, Apri-Jun, 2008.

SADOWSKI, Georg Robert. O batólito quartzo-sienítico da Serra da Baixa Verde, Pernambuco. **Boletim IG. Instituto de Geociências, USP**, v. 4, 39-46, 1973.

SANCHES CABEZA, J. A.; ANI-RAGOLTA, I.; MASQUE, P. Some consideration of ²¹⁰Pb Constant Rate of Supply (CRS) dating model. **Limnology and Oceanography**, v. 45, n.4, p. 990-995, 2000.

SANTOS, J. C. B; PERA, E; SOUZA, V. S; CORREA, J.M.M; AZEVEDO, A.C. Gneiss saprolite weathering and soil genesis along an east-west regolith sequence (NE Brazil). **Catena**, v 150, p. 279-290, 2017.

SANTOS Elenir Souza; GAMA Ednilton Moreira; FRANÇA, Robson Silva da; SOUZA, Anderson Santos; MATOS, Roberta Pereira. Espectrometria de Fluorescência de Raios-x na determinação de espécies químicas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17, p. 3413, 2013.

SANTOS, E. J. dos; MEDEIROS, V. C. Constraints from granitic plutonism on proterozoic crustal growth of the transverse zone, Borborema Province, NE Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 29, n.1, p.73-84, 1999.

SALAS, H.J. & MARTINO, P. A simplified phosphorus trophic state model for warm-water tropical lakes. **Water Research**, v. 25, n. 3, p. 341-350, 1991.

SANTOS, E. J. dos; VAN SCHMUS, W. R.; BRITO NEVES, B. B de. Investigação geocronológica U-Pb e Sm-Nd em zona de colisão múltipla de arcos na região de Floresta (PE), Faixa Pajeú-Paraíba, Província Borborema. In: **Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Camboriú-SC**, v.1 p.247-249, 1994.

SANTOS, L.A. **Geomorfologia e Quaternário do rio Vaza-Barris, Nordeste, Brasil**. 2015. 79 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Rio Claro, 2015.

SANTOS, J. M.; dos Santos, L. O.; Costa, J. A. S.; Menezes, L. C. S.; Holanda, F. S. R.; Bellin, I. C. Caracterização Geoquímica Orgânica e Inorgânica de Sedimentos de Manguezais do Estuário São Francisco, Sergipe. **Rev. Virtual Quim**, 2015.

SARI, Vanessa; POLETO, Cristiano; CASTRO, Cristiano Nilza Maria dos Reis. Caracterização dos processos hidrossedimentológicos em bacias rurais e urbanas. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, N.16; p. 2013.

SCHUSTER, R., KOLLER, F., HOECK, V., HOINKES, G. & BOUSQUET, R. Explanatory notes to the map: Metamorphic structure of the Alps - Metamorphic evolution of the Eastern Alps, **Mitt Osterr Miner Ges**, p. 175–199, 2004.

SILVA, I. J. Y. et al. Concentrations of major and trace elements in soil profiles developed over granites across a climose quence in northeastern Brazil. **Catena**, 2020.

SILVA, Diogo Rodrigues Andrade. **Geoquímica e geocronologia sedimentar no estudo das sequências paleozoica e pré-rifte de bacias do nordeste brasileiro**. IGEO/UFRGS, Porto Alegre, p.146, 2011.

SILVA, D. G. & CORRÊA, A. C. B. Evolução paleoambiental dos depósitos de tanques em Fazenda Nova, Pernambuco - Nordeste do Brasil. **Rev. Bras. Geografia Física**, v. 2(2), p. 43-56, 2009.

SILVA, D.G.; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros. A Abordagem Morfoestratigráfica como Instrumento para a Reconstrução Ambiental dos Depósitos de Tanques em Fazenda Nova, Município de Brejo da Madre de Deus - Pernambuco. In: **VII Simpósio Nacional de Geomorfologia e II Encontro Latino-Americano de Geomorfologia**, Belo Horizonte, 2008.

SILVA, Danielle Gomes da; CORRÊA, Antonio Carlos de Barros; AMORIM, Rodrigo de Freitas. Caracterização morfológica e dinâmica ambiental das marmitas (weathering pit) no distrito de fazenda nova, Pernambuco - nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 18, n. 2, pp. 350-362, 2017.

- SILVA, D. N. F. **Reconstrução da Paisagem Geomorfológica através da Assinatura Geoquímica dos eventos deposicionais da bacia do rio CapibaribeMirim, Pernambuco.** Recife, PE. 167 fl, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação Geografia, 2012.
- SILVA, Amanda Luzia. **Caracterização mineralógica por difração de raios x e determinação de terras raras por ICP-MS de rochas da região sul da Bahia.** Belo Horizonte. 100f. Dissertação de Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares, 2013.
- SILVA, Daniele Gomes. **Evolução Paleoambiental dos depósitos de Tanques em Fazenda Nova, Município de Brejo da Madre de Deus – Pernambuco.** 155 fl. Dissertação de Mestrado em Geografia, IFCH, UFPE, Recife, 2007.
- SILVA, D. G. **Reconstrução da dinâmica geomorfológica do semiárido brasileiro no Quaternário Superior a partir de uma abordagem multiproxy.** Recife, PE. 227f. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.
- SILVA, A. C. da. **Reconstrução quaternária da dinâmica geomorfológica a partir das análises dos depósitos do baixo curso do Rio Capibaribe/PE.** Recife, PE. 206f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.** Ed. RIMA, 2004.
- SILVA, Y. J. A. B; NASCIMENTO, C. W. A; BIONDI, C. M. B; STRAATEN, P; SOUZA Jr; V. S. S; FERREIRA, T. O. Weathering rates and carbon storage along a climosequence of soils developed from contrasting granites in northeast Brazil. **Geoderma**, v, 289, p. 1-12, 2016.
- SILVA, *et al.* Concentrations of major and trace elements in soil profiles developed over granites across a climosequence in northeastern Brazil. **Catena**, 2020.
- SOUZA, Jonas Otaviano Praça. **Modelos de evolução da dinâmica fluvial em ambiente semiárido bacia do açude do saco, Serra Talhada, Pernambuco.** 188fl. Tese de Doutorado em Geografia, IFCH, UFPE, Recife, 2014.
- _____. **Sistema fluvial e açudagem no semi-árido, relação entre a conectividade da paisagem e dinâmica da precipitação, na bacia de drenagem do riacho do saco, Serra Talhada, Pernambuco.** Recife, PE. 169 fl. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação Geografia, 2011.
- _____. Catenas e Detalhamento Expedito dos solos da Bacia do Riacho do Saco, Serra Talhada, Pernambuco. **Geosul**, v. 28, p. 163-182, 2013.
- _____. Dos sistemas ambientais ao sistema fluvial – uma revisão de conceitos. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia v. 14, n. p. 224–233, 2013.
- SOUZA, J. O. P.; CORREA, A. C. B.; Cenários Evolutivos da Conectividade da Paisagem em ambiente semiárido – bacia do riacho do Saco, Serra Talhada, Pernambuco. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 21, n. 01, 2020.

SOUZA, J. O. P.; ALMEIDA, Joana D'arc Matias de. Processos Fluviais em Terras secas: uma revisão. **Revista OKARA, Geografia em debate**, v.9, n.1, p. 108-122, 2015.

SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. Conectividade e área de captação efetiva de um sistema fluvial semiárido: bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco-PE. **Sociedade e Natureza**, v. 24, n. 2, p. 379-332, 2012.

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

SOUZA, J. J. L. L. *et al.* Archaeoanthrosol formation in the Brazilian semi-arid. **Catena**, 2020.

SOUZA, J. E. S. Mineralogy and genesis of Planosols under a semi-arid climate, Borborema Plateau, NE Brazil. **Catena**, 2019.

SMITH, V.H.; BIERMAN, V.J.; JONES, B.L.; HAVENS, K.E. Historical trends in the Lake Okeechobee ecosystem IV. Nitrogen: phosphorus ratios, cyanobacterial dominance, and nitrogen fixation potential. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 107, p. 71-88, 1995.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. São Paulo: Edgar Blücher, 2003.

_____. **Geologia do quaternário e mudanças ambientais**, São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

SAUER, Carl O. A morfologia da paisagem. In: CORRÊA, Roberto Lobato; ROSENDAHL, Zeny (orgs.). **Paisagem, tempo e cultura**. Rio de Janeiro: EdUERJ, p. 12-74, 1995.

SMITH, V. H. & SCHINDLER, D. W. Eutrophication science: where do we go from here? **Trends in Ecology and Evolution**. 201-207, 2009.

SHAKESBY, R. A.; MATTHEWS, J. A. & OWEN, G. The Schmidt hammer as a relative age dating tool and its potential for calibrated-age dating in Holocene glaciated environments. **Quaternary Science Reviews**, v. 25, 2846-2867. 2006.

SHEPARD, F. P. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 24, p. 151-158, 1954.

SHUCHUN Y.; BIN X.; WEILAN X.; YUXING, S. Z. L. Lead pollution recorded in sediments of three lakes located at the middle and lower Yangtze River basin, China. **Quaternary International**, 208, p.145-150, 2009.

SCHUMM, S. A. **The fluvial system**. Caldwell: The Blackburn Press, 1977.

SUGUIO, K. **Geologia Sedimentar**. Edgard Blücher Ltda./EDUSP, São Paulo, SP, p. 400, 2003.

TAVARES, Bruno de Azevedo Cavalcanti. **A participação da morfoestrutura na gênese da compartimentação geomorfológica do Gráben do Cariatá, Paraíba**. 139 fl. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Recife, 2010.

TAVARES, B. A. C. **Evolução morfotectônica dos pedimentos embutidos no Planalto da Borborema**. Recife, PE. 251f. 2015. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, 2015.

TUCKER, M. **Techniques in Sedimentology**. London: Blackwell, 1995.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TUNDISI, Jose Galizia; ABE, Donato S.; STARLING, Fernando. **Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos**. 2006.

TOOTH, S. Downstream changes in dryland river channels: the Northern Plains of arid central Australia. **Geomorphology**, p.33-54, 2000.

TOOTH, S. Process, form and change in dryland rivers: a review of recent research. **Earth-Science Reviews**, p.67-107, 2000.

THOMAS, M. F. Geomorphology in the Tropics: a study of weathering and denudation in low latitude. **Chinchester: John Wiley Sons**, 460p, 1994.

THOMAS, M. F.; NOTT, J.; LATE, D. M. P. Quaternary stream sedimentation in the humid tropics: a review with new data from NE Queensland, Australia, **Geomorphology**, p. 53–68, 2001.

TROPPEMAIR, H.; GALINA, M. Geossistemas. **Mercator Revista de Geografia**, UFC. v. 5, n. 10, p. 79-89, 2006.

TRAJKOVSKI, K. K; PETROVIC, D. G. D. Optimization of UAV Flight Missions in Steep Terrain. **Remote Sensing**, p. 01-20, 2020.

VASCONCELLOS, Maria José Esteves de. **Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência**. 10 ed. Campinas, São Paulo: Papirus, 2013.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. de. *et al.* **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização**. Recife, CONDEPE. 442, 1971.

VALEZIO, Éverton Vinícius. **Equilíbrio em geomorfologia: geossistemas, planícies de inundação e morfodinâmica dos rios Jacaré-Pepira e Jacaré-Guaçu (SP)**. Dissertação de Mestrado em Geografia, IG UNICAMP. Campinas, SP, p. 110, 2016.

VAN SCHMUS, W.R.; BRITO NEVES, B. B. de; HACKSPACHER, P.; BABINSKI, M. U/Pb and Sm/Nd geochronologic studies of the Eastern Borborema Province, Northeastern Brazil: initial conclusions. **Jour. South Am. Earth Sci**, v.8, p.267-288, 1995.

VICENTE, L.E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Geografia**. Rio Claro, v. 28, n. 3, p. 345-362, 2003.

VIDAL ROMANÍ, J. R.; TWIDALE, C.R. **Formas y Paisajes Graníticos**. A Coruña. Universidade da Coruña, 1998.

VIDAL ROMAÍ, J. R.; RODRIGUEZ, M. V. Types of granite cavities and associated speleothems: genesis and evolution. **Nature Conservation**, p 41-46, 2007.

VIEIRA, A. Análise de Formas do Modelado Granítico de Pormenor na Serra de Montemuro: Factores de Génese e Evolução das Pias. In: VII **Simpósio Nacional de Geomorfologia**. São Paulo: Tecart, p. 3860-3875, 2008.

XIMENES, CE Celso Lira. **Tanques Fossilíferos de Itapipoca**. p. 465-478, 2008.

WIEGAND, M. C. **Proposta Metodológica para Estimativa de Produção de Sedimentos em Grandes Bacias Hidrográficas**. Fortaleza, CE. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola/concentração: Manejo de Bacias Hidrográficas, Universidade Federal do Ceará, 2009.

WALDHERR, Felipe Rodrigues; ARAÚJO JÚNIOR, Hermínio Ismael de. RODRIGUES, Sérgio Wilians de Oliveira. Origem e morfologia dos tanques naturais do Nordeste do Brasil. **Pesquisas em Geociências**, p. 467-488, 2017.

WILLIAM D. Williams. Dryland lakes. **Lakes & Reservoirs: Research and Management**, p. 207–212, 2000.

WALLING, D.E., He, Q. Interpretation of caesium-137 profiles in lacustrine and other sediments: the role of catchment-derived inputs. **Hydrobiologi**. p. 219–230, 1992.

WIEGAND, Mario Cesa, Piedra, GONZÁLEZ, Julio Iván, ARAÚJO, José Carlos. Vulnerability towards eutrophication of two tropical lakes in both humid (Cuba) and semiarid (Brazil) climates. **Eng Sanit Ambient**, v. 21 n. 2, p. 415-424, 2016.

ZERFASS, Henrique, ZERFASS, Geise de Santana dos Anjos. A sedimentação em uma abordagem sistêmica. **Terra Didática**, p. 126-149, 2016.

ZHU, M.; LIU, Z; LI; X, LIANG; S, GONG, J; ZHANG, P. Structural division of granite weathering crusts and effective reservoir evaluation in the western segment of the northern belt of Dongying Sag, Bohai Bay Basin, NE China. **Journal Pre-Poof**, 2020.

TWIDALE, C. R. Granite Landforms. **Amsterdam: Elsevier Scientific Publishing**, p. 372, 1982.