

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

TESE DE DOUTORADO

**O SERTÃO EM TRAVESSIA:
INTERPRETAÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA DESERTIFICAÇÃO**

IBRAHIM SOARES TRAVASSOS

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. DIRCE MARIA ANTUNES SUERTEGARAY

PORTO ALEGRE

2018

IBRAHIM SOARES TRAVASSOS

**O SERTÃO EM TRAVESSIA:
INTERPRETAÇÃO PALEOGEOGRÁFICA DA DESERTIFICAÇÃO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito para obtenção do Título de Doutor em Geografia.

Área de Concentração: Geografia: Ambiente, Ensino e Território

Linha de Pesquisa: Análise Ambiental

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dirce Maria Antunes Suertegaray

Banca Examinadora:

Prof^a. Dr^a. Ana Luiza Coelho Netto (UFRJ)

Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza (UFPB)

Prof. Dr. Roberto Verdum (UFRGS)

Prof. Dr. Ulisses Franz Bremer (UFRGS)

PORTO ALEGRE

2018

CIP - Catalogação na Publicação

TRAVASSOS, IBRHIM SOARES
O SERTÃO EM TRAVESSIA: INTERPRETAÇÃO
PALEOGEOGRÁFICA DA DESERTIFICAÇÃO / IBRHIM SOARES
TRAVASSOS. -- 2018.
209 f.
Orientador: DIRCE MARIA ANTUNES SUERTEGARAY.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. GEOGRAFIA. 2. GEOMORFOLOGIA. 3. PALEOGEOGRAFIA.
4. DESERTIFICAÇÃO. 5. SERTÃO. I. SUERTEGARAY, DIRCE
MARIA ANTUNES, orient. II. Título.

Dedico este trabalho a senhora
Francisca Vanir Soares, minha mãe.

AGRADECIMENTOS

Esta parte compõe muito mais que um agradecimento formal. A seguir deixarei registrado um dos principais capítulos de minha vida. Tentarei cumprir o exercício reflexivo de encontrar palavras para agradecer às pessoas e instituições que contribuíram para o desenvolvimento da pesquisa que subsidiou a tese.

Antes, porém, gostaria de registrar o meu agradecimento à sociedade brasileira, que mantém, com seus recursos públicos, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, as bolsas institucionais de pesquisa e todos os Programas de Pós-Graduação nas diversas instituições públicas de ensino superior mantidas pelo Estado brasileiro.

Durante os três anos e meio de estudos e de elaboração, morei em quatro diferentes cidades, localizadas em três regiões do país. Por isso, a estrutura do texto de agradecimento seguirá a ordem cronológica, a sequência das cidades onde vivi. Estabeleci contatos e amizades com muitas pessoas que foram fundamentais para esse trajeto que ajudou a construir não somente essa pesquisa, mas também o seu autor.

Na cidade de Porto Alegre, onde residi pelo período de um ano e meio, numa consideração de ordem geral, faço referência aos amigos da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: alunos, professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geografia. Muitos deles caminharam comigo e tiveram importância para determinados rumos que a pesquisa acabou tomando. Aos amigos do Laboratório de Geografia Física, distingo um obrigado mais que especial. Porém, devo particularizar um grande amigo feito nessa caminha: Jean Carlo. A ele devo muitos obrigados, não só pela amizade (café, chimarrão e cervejas), sempre tão divertida, assim por me acolher em sua casa com seus irmãos, mas, sobretudo, pelas inúmeras ajudas de ordem acadêmica que nunca me negou.

Ainda em Porto Alegre faço referência a Regina Ferreira que também migrou de outra região do país para cursar o doutorado no Rio Grande do Sul. Nossas aventuras culturais, gastronômicas e étlicas na Cidade Baixa, em nossos fins de semana, foram essenciais para amenizar a distância e saudade de nossas casas, sendo companheiros de chegada e de partida de Porto Alegre.

Também não posso deixar de agradecer aos Professores Roberto Verдум e Laurindo Guasselli, pelas arguições feitas no momento do exame de qualificação.

Depois da defesa, tanto o Roberto como Laurindo, me entregaram cópias do texto com seus comentários, as quais, na redação final da tese foram muito importantes. Igualmente, agradeço a Alinny, secretária do POSGea, sempre tão solícita em resolver todas as demandas que envolvem a vida de um pós-graduando.

A Dirce Suertegaray, com quem compreendi o poder da palavra orientação, não imaginas o quanto contigo aprendi. Não tenho dúvida, sem as tuas provocações jamais conseguiria ter vencido as inquietações surgidas ao longo da pesquisa e de ter conseguido chegar tão longe. Sou muito grato por ter contado com seu tão atento quanto generoso apoio no doutorado. És alguém que sempre admirei intelectualmente, a partir da tese a admiração se estende à pessoa Maria Antunes.

Em minha cidade natal, Conceição/PB, local onde residi por dois anos faço uma referência aos amigos: Elvany, Fátima, Marcialana, Kessya, Danila, Jamilya, Vildimar Belmiro, Pedro Júnior, Francisco Soares e Fidel Ferreira. Em especial ao Prefeito Nilson Lacerda pela oportunidade de ocupar diversos cargos na administração pública municipal, bem como pelo apoio, de fundamental importância na realização dos trabalhos de campo.

Em São Paulo, onde residi por seis meses, para realização do estágio Doutorado-Sanduiche no País, faço referência a todos aqueles que fazem o Laboratório de Micropaleontologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (LabMicro/IGc/USP), alunos, professores e funcionários. Muito obrigado pela fraterna acolhida, foi um prazer e um grande privilégio passar esse período na companhia de pessoas tão capacitadas. Peço licença para fazer uma citação àqueles que mantive um contato mais direto. Começo agradecendo ao Professor Paulo Eduardo de Oliveira, pelo aceite e acolhimento durante todo o estágio, por ter me permitido ampliar horizontes a patamares não imaginados. Recorro à uma canção de Gilberto Gil para traduzir o sentimento diante de tantas descobertas – *“eu sabia o que queria, mas também queria o que não sabia”*.

O mergulho no que eu nem sequer sabia foi possível pelo incentivo, apoio e suporte em diversas frentes e de variadas formas, à Jennifer Watling pelos ensinamentos para extração e identificação dos fitólitos. Distingo um obrigado mais que especial a um grande amigo feito durante essa minha estadia na Paulicéia: Maicon Alecrim, pelas muitas ajudas operacionais quando do processamento das amostras, como também pelos inúmeros *rolês* pela metrópole.

Em João Pessoa, onde resido atualmente, começo agradecendo à minha

família por todo o amor nos momentos de maior dificuldade e pela paciência em compreender a importância da realização desse projeto de vida. À minha mainha Vanir, que em um dia qualquer no final da década de oitenta, lembrando-se da responsabilidade e do sonho de “ser alguém”, me entregou um caderno, um lápis e uma borracha, mandou-me enxugar as lágrimas, pegou-me pelo braço e me conduziu à sala de aula no Grupo Escolar Calula Leite, na cidade de Conceição/PB. A partir desse dia eu **nunca** mais soube o que é **desistir**! Tenho certeza que ela é a pessoa mais genuinamente feliz e realizada com a conclusão deste projeto de vida. Não há como expressar tamanha gratidão. O amor que nos une é a única certeza que me restou na vida! Obrigado, mãe!

Meu pai, Travassos, a quem desde a infância carrego como grande referência erudita e ética, o amor pelos livros e o gosto pela leitura vêm de ti, sempre que chegava em casa nos finais de semana trazia livros, jornais e revistas. Tenho a lembrança fotográfica do senhor lendo deitado em uma rede na varanda de nossa casa. A meus irmãos Braz e Loussef, nossa história é um dos maiores testemunhos de amizade que já tive a oportunidade de conhecer. Agradecer aos dois, em conjunto, significa resgatar os rastros de uma história que impulsiona e inspira. Vocês dois me forneceram o melhor que tinham, mesmo quando falhei, mesmo quando lhes faltei, mesmo quando não mereci. E assim seguiremos!

Ainda em João Pessoa, devo particularizar um agradecimento mais que especial ao Prof. Bartolomeu (Bartô), todos os obrigados possíveis e inimagináveis seriam poucos para expressar o tamanho do meu carinho e da minha gratidão a ti. Graças a você que no longínquo ano de 2007, aceitou minhas elucubrações em realizar um trabalho sobre a desertificação em Conceição, que hoje chego ao doutoramento. Obrigado!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão de Bolsa Doutorado-Sanduiche no País (SWP), (Processo nº 304555/2017-7).

Tenho a certeza que os caminhos que me trouxeram até aqui só fizeram sentido por terem sido compartilhados com cada um de vocês. Obrigado!

“Todo o começo é difícil – isto vale em qualquer ciência”.

Karl Heinrich Marx, 1867, prefácio da primeira edição do Primeiro Volume do Livro *Das Kapital: Kritik der politischen Oekonomie*.

RESUMO

Esta tese versa sobre a interpretação dos processos de desertificação sob óptica da ciência geomorfológica, e, por derivação da utilização de técnicas de reconstrução paleoambiental, contribuindo para o deciframento genético de ambientes quaternários pouco estudados no interior do Semiárido nordestino. Oficialmente conceituada a nível internacional, no documento da ONU, Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD, 1994, p. 14) como um fenômeno "[...] provocado pela degradação dos solos nas áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de diversos fatores, indo estes das variações climáticas às atividades humanas". Enquanto temática a desertificação vem sendo discutida a mais de quatro décadas. Há uma clarividente falta de consenso entre os pesquisadores quanto às formas de análise desse fenômeno. Historicamente seus aspectos centrais foram sendo sistematicamente apropriados pelas diversas áreas do saber, até porque estamos diante de uma problemática ainda repleta de imprecisões e dúvidas, as quais acabam por fomentar hesitação e timidez durante toda a trajetória de nossa busca. A premissa fundamental da tese, em toda sua modéstia, é a construção de um postulado analítico que se distancie do modelo hegemônico do conhecimento científico desenvolvido pelos estudos sobre a desertificação no Brasil. Buscamos desenvolver uma investigação de fora do objeto da ciência, ou seja, uma concepção que seja simultaneamente ponto de partida para apresentação de um sistema descritivo e interpretativo dos processos de desertificação, onde tanto a descrição como a interpretação são indivisíveis. Na presente tese, a temática da desertificação é abordada a partir de um viés geográfico, associando-o à sua dimensão espacial e temporal. Para análise e interpretação dos dados, foi necessária uma aproximação teórica com os trabalhos produzidos sobre a temática, muitos destes externos à Geografia. O conjunto de técnicas utilizadas foram: trabalhos de campo, análise sedimentológica, datação por LOE, análise fitólita e análise morfoscópica. O conjunto de reflexões desenvolvidas ao longo da pesquisa permitiram a formulação da tese que a desertificação não tem qualquer ligação com os condicionantes genéticos do ambiente do Sertão paraibano e com as mudanças climáticas ocorridas ao longo do Quaternário.

Palavras-chave: Geografia. Geomorfologia. Paleogeografia. Desertificação. Sertão.

ABSTRACT

This thesis deals with the interpretation of the processes of desertification from the perspective of geomorphological science, and derives from the use of paleoenvironmental reconstruction techniques, contributing to the genetic deciphering of quaternary environments that are little studied in the interior of the northeastern semi-arid region. Officially internationally recognized in the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD, 1994, p. 14) as a phenomenon "[...] caused by soil degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid areas, resulting from various factors, ranging from climatic variations to human activities". While thematic desertification has been discussed for more than four decades. There is a clairvoyant lack of consensus among researchers as to the ways of analyzing this phenomenon. Historically its central aspects have been systematically appropriated by the different areas of knowledge, even because we are faced with a problem still full of inaccuracies and doubts, which end up fostering hesitation and shyness throughout the entire trajectory of our search. The fundamental premise of the thesis in all its modesty is the construction of an analytical postulate that distances itself from the hegemonic model of scientific knowledge developed by studies on desertification in Brazil. We seek to develop an investigation outside the object of science, that is, a conception that is simultaneously the starting point for the presentation of a descriptive and interpretive system of the processes of desertification, where both description and interpretation are indivisible. In the present thesis, the theme of desertification is approached from a geographical bias, associating it with its spatial and temporal dimension. For the analysis and interpretation of the data, a theoretical approach was necessary with the works produced on the subject, many of these external to Geography. The set of reflections throughout the research allowed that a formulation of the desertification had no connection with the genetic determinants of the Sertão Paraibano and with the climatic changes during the Quaternary.

Keywords: Geography. Geomorphology. Paleogeography. Desertification. Sertão.

RESUMEN

Este tesis versa sobre la interpretación de los procesos de desertificación bajo la óptica de la ciencia geomorfológica, y, por derivación de la utilización de técnicas de reconstrucción paleoambiental, contribuyendo al desciframiento genético de ambientes cuaternarios poco estudiados en el interior del Semiárido nordestino. (UNCCD, 1994, p. 14) como un fenómeno "[...] provocado por la degradación de los suelos en las áreas áridas, semiáridas y subáridas secas, en el documento de la ONU, Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación, resultante de diversos factores, yendo estos de las variaciones climáticas a las actividades humanas ". En cuanto temática la desertificación viene siendo discutida a más de cuatro décadas. Hay una clarividente falta de consenso entre los investigadores en cuanto a las formas de análisis de ese fenómeno. Históricamente sus aspectos centrales fueron siendo sistemáticamente apropiados por las diversas áreas del saber, incluso porque estamos ante una problemática aún repleta de imprecisiones y dudas, las cuales acaban por fomentar vacilación y timidez durante toda la trayectoria de nuestra búsqueda. La premisa fundamental de la tesis en toda su modestia, es la construcción de un postulado analítico que se aleja del modelo hegemónico del conocimiento científico desarrollado por los estudios sobre la desertificación en Brasil. Buscamos desarrollar una investigación fuera del objeto de la ciencia, es decir, una concepción que sea simultáneamente punto de partida para la presentación de un sistema descriptivo e interpretativo de los procesos de desertificación, donde tanto la descripción como la interpretación son indivisibles. En la presente tesis, la temática de la desertificación se aborda a partir de un sesgo geográfico, asociándolo a su dimensión espacial y temporal. Para el análisis e interpretación de los datos, fue necesaria una aproximación teórica con los trabajos producidos sobre la temática, muchos de los externos a la Geografía. El conjunto de reflexiones a lo largo de la investigación permitió que una formulación de la desertificación no tuviera ningún vínculo con los condicionantes genéticos del Sertão Paraibano y con los cambios climáticos a lo largo del Cuaternario.

Palabras clave: Geografía. Geomorfología. Paleogeography. La desertificación. Sertão.

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| <u>PALAVRAS INTRODUTÓRIAS</u> | 21 |
| A (re)construção da pesquisa | 25 |
| Tempo, paisagem e ambiente | 27 |
| | |
| <u>CAPÍTULO I – ELUCIDANDO UMA REALIDADE COMPLEXA: REFLEXÕES SOBRE A DESERTIFICAÇÃO</u> | 31 |
| 1.1. Terminologias e classificações: divergências, lutas e tensões em torno da construção da desertificação | 32 |
| 1.2. Desertificação e Geomorfologia | 42 |
| 1.2.1. Processos que atuam na evolução dos complexos paisagísticos..... | 45 |
| 1.2.2. O Quaternário no Nordeste brasileiro | 55 |
| 1.2.3. Reconstrução paleogeográfica do Quaternário..... | 67 |
| 1.3. Desertificação e Geografia..... | 69 |
| 1.3.1. A desertificação no contexto da Geografia acadêmica brasileira..... | 70 |
| 1.3.2. A produção, escalas de análise e as metodologias utilizadas | 74 |
| | |
| <u>CAPÍTULO II – IDAS, VINDAS E IDAS NOVAMENTE: A CONSTRUÇÃO TEÓRICA, METODOLÓGICA E PRÁTICA DA PESQUISA</u> | 80 |
| 2.1. Referencial teórico-prático-experimental da pesquisa | 82 |
| 2.2. Condicionantes geográficos da área de estudo | 84 |
| 2.3. Empilhamento geológico e morfoestrutural..... | 85 |
| 2.3.1. Paleoproterozóico | 87 |
| 2.3.1.1. Complexo Piancó | 87 |
| 2.3.2. Mesoproterozóico..... | 87 |
| 2.3.2.1. Complexo Salgueiro-Gravatá | 87 |
| 2.3.3. Neoproterozóico..... | 87 |
| 2.3.3.1. Formação Santana dos Garrotes | 87 |
| 2.3.3.2. Formação Serra do Olho d'Água | 88 |
| 2.3.3.3. Suíte Intrusiva Conceição | 88 |
| 2.3.3.4. Suíte intrusiva Itaporanga | 89 |
| 2.3.3.5. Granitoides de Quimismo Indiscriminado..... | 89 |
| 2.4. Paleozoico | 89 |

| | |
|--|-----|
| 2.4.1. Formação Mauriti | 89 |
| 2.5. Mosaico geomorfológico..... | 89 |
| 2.6. Domínio Morfoestrutural..... | 91 |
| 2.7. Planalto Sertanejo..... | 92 |
| 2.8. Domínios Morfoclimáticos | 93 |
| 2.9. Domínio Tropical Sertanejo..... | 93 |
| 2.10. Unidades Geomorfológicas da Área de Estudo | 94 |
| 2.10.1. Unidade de cimeira acima de 600 m | 94 |
| 2.10.2. Pedimento dissecado a 550 m | 94 |
| 2.10.3. Inselbergs..... | 95 |
| 2.10.4. Pedimento conservado a 420m..... | 96 |
| 2.10.5. Planície aluvial | 98 |
| 2.11. Contexto pedológico | 98 |
| 2.11.1. Luvisolos e Neossolos..... | 99 |
| 2.11.2. Gleissolos..... | 99 |
| 2.12. Contexto climático..... | 100 |
| 2.12.1. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) | 101 |
| 2.12.2. Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) | 102 |
| 2.12.3. Linda de Instabilidade (LI)..... | 102 |
| 2.12.4. El niño e La niña..... | 103 |
| 2.12.5. Variáveis climáticas (precipitação e temperatura)..... | 103 |
| 2.13. Cobertura vegetal..... | 104 |
| 2.14. Caminho Metodológico | 105 |
| 2.15. Modelagem Digital do Terreno..... | 107 |
| 2.16. Mapeamento Geomorfológico e Pedológico | 108 |
| 2.17. Sedimentologia | 108 |
| 2.18. Datação por LOE | 108 |
| 2.19. Análise fitólica | 109 |
| 2.20. Trabalhos em laboratório..... | 109 |
| 2.21. Análise granulométrica..... | 110 |
| 2.22. Análise morfoscóptica | 111 |
| 2.23. Datação por Luminescência Opticamente Estimada (LOE) | 112 |
| 2.24. Fitólitos como ferramenta de reconstrução paleogeográfica..... | 119 |
| 2.24.1. Fitólitos: definição, origem e produção..... | 120 |

| | | |
|---------|--|-----|
| 2.24.2. | Reconstrução paleogeográfica do Semiárido nordestino | 122 |
| 2.24.3. | Formação das sequências fitolíticas | 124 |
| 2.24.4. | Dinâmica espacial dos fitólitos | 125 |
| 2.24.5. | Utilidades e limites do estudo dos fitólitos..... | 126 |
| 2.24.6. | Extração dos fitólitos | 127 |
| 2.24.7. | Taxonomia e contagem..... | 129 |
| 2.25. | Construção das seções verticais | 130 |

CAPITULO III – DESERTIFICAÇÃO: INTERPRETAÇÃO PALEOGEOGRÁFICA 132

| | | |
|--------|---|-----|
| 3.1. | Processos geomorfológicos: escalas de tempo e magnitude | 133 |
| 3.1.1. | Eventos de curto prazo | 136 |
| 3.1.2. | Eventos de longo prazo | 137 |
| 3.2. | Análise cronológica, morfoestratigráfica e fitológica | 138 |
| 3.3. | Ponto 01..... | 141 |
| 3.3.1. | Reconstrução paleogeográfica | 151 |
| 3.4. | Ponto 02..... | 151 |
| 3.4.1. | Reconstrução paleogeográfica | 161 |
| 3.5. | Ponto 03..... | 162 |
| 3.5.1. | Reconstrução paleogeográfica | 171 |
| 3.6. | Dados <i>proxies</i> em diferentes escalas de tempo | 178 |
| 3.6.1. | Estágio 01 (Ótimo Climático) | 184 |
| 3.6.2. | Estágio 02 (Paleo-ENOS) | 185 |
| 3.6.3. | Estágio 03 (Pequena Idade do Gelo)..... | 185 |
| 3.7. | Desertificação: dinâmica contemporânea | 186 |

CONSIDERAÇÕES FINAIS191

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS194

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|-----|
| Figura 01 – Epirogenias pós-cretáceas do Nordeste brasileiro | 62 |
| Figura 02 – Paleosuperfícies escalonadas do Nordeste brasileiro | 63 |
| Figura 03 – Localização da área de estudo | 85 |
| Figura 04 – Mapa Geológico da Área de Estudo | 86 |
| Figura 05 – Compartimentação geomorfológica da área de estudo | 91 |
| Figura 06 – Configuração geomorfológica do pediplano sertanejo | 92 |
| Figura 07 – Superfície de cimeira no domínio estrutural do pediplano sertanejo | 94 |
| Figura 08 – Pedimento dissecado a 550 m..... | 95 |
| Figura 09 – Inselbergs no domínio estrutural do pediplano sertanejo | 96 |
| Figura 10 – Pedimento conservado a 420 m | 97 |
| Figura 11 – Planície aluvial..... | 98 |
| Figura 12 – Perfil longitudinal e pontos de coleta das amostras..... | 106 |
| Figura 13 – Graus de arredondamento/esfericidade | 111 |
| Figura 14 – Métodos de datação por luminescência | 113 |
| Figura 15 – Ciclo global de ^{210}Pb | 114 |
| Figura 16 – Morfotipos de fitólitos com significado taxonômico e ambiental..... | 140 |
| Figura 17 – Perfil topográfico do Ponto 01..... | 142 |
| Figura 18 – Local da Coleta do Ponto 01 | 143 |
| Figura 19 – Vista panorâmica da área do Ponto 01..... | 143 |
| Figura 20 – Seção vertical do Ponto 01 | 144 |
| Figura 21 – Diagrama de <i>Perjrup</i> do Ponto 01 | 145 |
| Figura 22 – Diagrama de <i>Shpeard</i> do Ponto 01 | 145 |
| Figura 23 – Diagrama da porcentagem de fitólitos do Ponto 01 | 149 |
| Figura 24 – Morfotipos de fitólitos identificados no Ponto 01..... | 150 |
| Figura 25 – Local de coleta do Ponto 02 | 153 |
| Figura 26 – Perfil topográfico do Ponto 02 | 154 |
| Figura 27 – Vista panorâmica da área do Ponto 02..... | 154 |
| Figura 28 – Seção vertical do Ponto 02..... | 155 |
| Figura 29 – Diagrama de <i>Perjrup</i> do Ponto 02 | 156 |
| Figura 30 – Diagrama de <i>Shepard</i> do Ponto 02 | 156 |
| Figura 31 – Diagrama da porcentagem de fitólitos do Ponto 02..... | 159 |
| Figura 32 – Morfotipos de fitólitos identificados no Ponto 02..... | 160 |

| | |
|---|-----|
| Figura 33 – Perfil topográfico do Ponto 03 (Lagoa do Alexandre)..... | 163 |
| Figura 34 – Local de coleta do Ponto 03 (Lagoa do Alexandre)..... | 164 |
| Figura 35 – Vista panorâmica da área do Ponto 03 (Lagoa do Alexandre) | 164 |
| Figura 36 – Seção vertical do Ponto 03..... | 165 |
| Figura 37 – Diagrama de <i>Perjrup</i> do Ponto 03 | 166 |
| Figura 38 – Diagrama de <i>Shepard</i> do Ponto 03 | 166 |
| Figura 39 – Diagrama da porcentagem de fitólitos do Ponto 03..... | 169 |
| Figura 40 – Morfotipos de fitólitos identificados no Ponto 03..... | 170 |
| Figura 41 – Fotomicrografias das espículas de esponjas do Ponto 03..... | 173 |
| Figura 42 – Coluna cronogeomorfológica da área de estudo | 183 |
| Figura 43 – Índice de vegetação NDVI para a área de estudo | 188 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|-----|
| Gráfico 01 – Dissertações e Teses da Pós-Graduação em geografia no Brasil | 72 |
| Gráfico 02 – Produção por Instituição de Ensino..... | 73 |
| Gráfico 03 – Escalas de análise | 74 |
| Gráfico 04 – Metodologias utilizadas..... | 75 |
| Gráfico 05 – Climograma do Município de Conceição..... | 104 |
| Gráfico 06 – Histograma granulométrico do Ponto 01 | 145 |
| Gráfico 07 – Esfericidade dos grãos do Ponto 01..... | 148 |
| Gráfico 08 – Grau de arredondamento dos grãos do Ponto 01 | 148 |
| Gráfico 09 – Textura superficial dos grãos do Ponto 01 | 148 |
| Gráfico 10 – Histograma granulométrico do Ponto 02..... | 156 |
| Gráfico 11 – Esfericidade dos grãos do Ponto 02..... | 158 |
| Gráfico 12 – Grau de arredondamento dos grãos do Ponto 02 | 158 |
| Gráfico 13 – Textura superficial dos grãos do Ponto 02 | 158 |
| Gráfico 14 – Histograma granulométrico do Ponto 03 | 166 |
| Gráfico 15 – Textura superficial dos grãos do Ponto 03 | 168 |
| Gráfico 16 – Esfericidade dos grãos do Ponto 03..... | 168 |
| Gráfico 17 – Grau de arredondamento dos grãos do Ponto 03 | 168 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 01 – Hierarquia das unidades geomorfológicas | 91 |
| Tabela 02 – Idade dos pontos de coleta ao longo do perfil longitudinal | 140 |
| Tabela 03 – Dados característicos do ambiente deposicional do Ponto 01 | 146 |
| Tabela 04 – Análise morfoscópica das frações do Ponto 01 | 147 |
| Tabela 05 – Dados característicos ambiente deposicional do Ponto 02..... | 157 |
| Tabela 06 – Análise morfoscópica das frações do Ponto 02 | 157 |
| Tabela 07 – Dados característicos do ambiente deposicional do Ponto 03..... | 167 |
| Tabela 08 – Análise morfoscópica das frações do Ponto 03 | 167 |
| Tabela 09 – Dados <i>proxies</i> em diferentes escalas de tempo conjugados a ocorrência de eventos globais..... | 182 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|-----------------|---|
| AP | Anos do Presente |
| ASD | Areas Susceptíveis à Desertificação |
| ASTER | Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer |
| Bi | Índice de Estresse Hídrico |
| bTLD | Dose de Termoluminescência da Radiação Beta |
| CAGEPA | Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba |
| CAPES | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior |
| CNPq | Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico |
| CNUMED | Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento |
| CPRM | Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais |
| D/P | Índice de Densidade Arbórea |
| ENOS | El Niño e La Niña - Oscilação Sul |
| ET | Evapotranspiração |
| FAO | Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação |
| GPS | Sistema Global de Posicionamento |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| Ic | Índice Climático |
| ICPN | Código Internacional para Nomenclatura dos Fitólitos |
| IGc | Instituto de Geociências |
| INQUA | União Internacional para Estudo do Quaternário |
| Iph | Índice de Adaptação a Aridez |
| LabMicro | Laboratório de Micropaleontologia |
| LabSed | Laboratório de Sedimentologia |
| LEIF | Luminescência do Infravermelho |
| LLV | Luminescência de Luz Verde para o Quartzo |
| LOE | Luminescência Opticamente Estimulada |
| MDT | Modelo Digital do Terreno |
| Ma | Milhões de Ano |
| NDVI | Índice de Vegetação da Diferença Normalizada |
| NOAA | Administração Oceânica e Atmosfera Nacional |
| ONU | Organização das Nações Unidas |

| | |
|--------------------|---|
| PAN-BRASIL | Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca |
| PNUMA | Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente |
| PVC | Policloreto de Vinila |
| RADAMBRASIL | Projeto Radar da Amazônia |
| RPM | Rotações por minuto |
| SAR | Regeneração de Alíquota Única |
| SAVI | Índice de Vegetação Ajustada pelo Solo |
| SiBCS | Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos |
| SUDENE | Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste |
| UECE | Universidade Estadual do Ceará |
| UFC | Universidade Federal do Ceará |
| UFPB | Universidade Federal da Paraíba |
| UFPE | Universidade Federal de Pernambuco |
| UFRGS | Universidade Federal do Rio Grande do Sul |
| UMC | Último Máximo Glacial |
| UNCCD | Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação |
| UNEP | Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente |
| USP | Universidade de São Paulo |
| VCAN | Vórtice Ciclônico de Altos Níveis |
| ZCIT | Zona de Convergência Intertropical |

PALAVRAS INTRODUTÓRIAS

“O homem de fronteiras segue caminhos que inicialmente surpreendem, em seguida passam a ser rotas e terminam em evidências. Ele caminha ao longo da linha de divisão das águas e escolhe a via que se dirige ao horizonte. Pode passar ao longo de terras prometidas, mas não entra ali. É sua prova. Ele sempre vai em direção a outras terras, ao horizonte dos horizontes, de momentos em momentos, até que ele percebe linhas longínquas de um continente inexplorado. Descobrir é sua paixão” (Henri Lefebvre).

Esta tese, diferentemente de muitas outras, tem uma longa história, principalmente se considerarmos a hegemonia da universidade operacional (CHAUÍ, 2003). Por isso, talvez seja difícil entender o seu significado nestes dias de prestígios fáceis, individuais e intransferíveis em que uma pesquisa de pós-graduação se resume à “leitura” e “análise” de um amontoado de dados, onde cada pós-graduando navega nas águas calmas do seu próprio oceano atormentado pelos prazos da CAPES e/ou do CNPq.

A pesquisa que originou a tese, é a edificação de um desejo da época de quando ainda estávamos na graduação. Com o passar dos anos e a produção de uma série de trabalhos sobre a temática, os questionamentos e a hesitação foram se avolumando, inquietação que perdurou até a nossa qualificação. O exame mostrou a necessidade de ajustes, porém, a certeza de que estávamos no caminho certo. Adiantamos que os resultados alcançados se apresentaram contrários ao que imaginávamos quando da elaboração do projeto para o exame vestibular do doutorado. Entretanto, conforme nossa orientadora, em nada demove o mérito da pesquisa, ao contrário.

A temática que provocou a sua elaboração - *desertificação* - vem sendo discutida a mais de quatro décadas. Há uma clarividente falta de consenso entre os pesquisadores quanto às formas de análise desse fenômeno. Historicamente, seus aspectos centrais foram sendo sistematicamente apropriados pelas diversas áreas do saber, até porque estamos diante de uma problemática ainda repleta de imprecisões e dúvidas, as quais acabam por fomentar hesitação e timidez durante toda a trajetória de nossa busca.

A premissa fundamental da tese em toda sua modéstia, é a construção de um postulado analítico que se distancie do modelo hegemônico do conhecimento científico desenvolvido pelos estudos sobre a desertificação no Brasil. Buscamos

desenvolver uma investigação de fora do objeto da ciência, ou seja, uma concepção que seja, simultaneamente, ponto de partida para apresentação de um sistema descritivo e interpretativo dos processos de desertificação, onde tanto a descrição como a interpretação são indivisíveis. Conquanto o ponto de partida da descrição seja a vontade de explicação, perpassando pela dialética existente entre a essência e a aparência presentes na paisagem. Quando da sua ausência, temos a proliferação de análises isoladas, que acabam se distanciando do próprio ramo do saber e do objeto de pertinência indispensável (SANTOS, 2006).

Desta forma, partimos da máxima de que o pesquisador não lida diretamente com os fatos ou fenômenos que observa e pretende explicar, mas com instâncias empíricas que os (re)produzem. A realidade não é susceptível de apreensão imediata, sua (re)produção para cotejo da investigação científica exige o exercício de atividades intelectuais por deveras complexas. É *mister* que essas atividades são naturalmente reguladas por normas de trabalho por vezes encaixotadas no *mainstream*¹ da ciência moderna. Porém, quando desenvolvidas com propriedade elas são capazes de quebrar as correntes gerando um conhecimento científico emancipatório da realidade no qual é (re)produzido, considerando os graus de aproximação empírica que variam a depender da natureza e dos propósitos das investigações em seus aspectos essenciais. Em outras palavras, significa dizer que os exercícios da descrição e interpretação na ciência moderna repousam numa realidade concreta, operacionalizada através do contato direto com o empírico que acaba por (re)produzir os aspectos essenciais dos fatos ou fenômenos investigados e coligados em totalidades concretas. Para aqueles que se dedicam a estudar a epistemologia do saber, esse seria alcançado com o domínio das técnicas de investigação científica.

No que se refere à aplicação desse conhecimento em termos formais, os procedimentos utilizados se universalizaram, aplicando-se a qualquer campo da ciência (*Hard Science e/ou Soft Science*²). Neste caso, as regras seguem um mesmo núcleo, porém, são ajustadas dentro das especificidades de cada área do saber. Em termos operacionais são variáveis os requisitos de conhecimento objetivo da realidade.

¹Corrente de pensamento mais comum ou generalizada no contexto de determinada cultura.

²Termos coloquiais usados para comparar os campos científicos com base no rigor metodológico, na exatidão e na objetividade.

Na tese, a temática da desertificação é abordada a partir de um viés geográfico, associando-o a sua dimensão espacial e temporal. Inquietações de natureza acadêmica acresceram-se outras de caráter pessoal. Tais preocupações participam da nossa trajetória acadêmica e pessoal ao longo dos últimos onze anos, se desdobrando, justamente, na investigação que originou a tese.

O objetivo primaz busca interpretá-la sob a óptica da ciência geomorfológica, e, por derivação da utilização de técnicas de reconstrução paleogeográfica, contribuindo para o deciframento genético de ambientes quaternários pouco estudados no interior do Semiárido nordestino. Assim, partimos do entendimento que o fenômeno da desertificação é determinado por ações antrópicas que, a depender das características naturais reinantes em uma determinada área, ela se espalha de forma diferenciada pelas paisagens, sendo a relação pedo-geomorfológica um importante elemento constituinte à diferenciação espacial.

No esteio da assertiva, para que esta fosse comprovada ou não, foi necessário a construção de pontes para a edificação da pesquisa, quais foram:

- a) Mapeamento das superfícies de aplainamento na área de estudo, através da utilização das ferramentas de Sensoriamento Remoto e de Geoprocessamento;
- b) Datação por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) dentro de cada seção do perfil longitudinal;
- c) Análise fitológica dentro de cada seção do perfil longitudinal;
- d) Análise granulométrica e morfoscópica em cada seção do perfil longitudinal;
- e) Concatenação dos dados na forma de um postulado interpretativo da relação/influência das marcas/fenômenos pretéritos, direta ou indireta, para com os processos de desertificação dentro da área de estudo.

Para análise e interpretação dos dados, foi necessária uma aproximação teórica com os trabalhos produzidos sobre a temática, muitos destes externos a Geografia. No entanto, ainda que uma parte dos trabalhos contribuísse significativamente para uma melhor compreensão dos processos e seus diferentes aspectos, suas reflexões pareciam não contemplar os anseios de um geógrafo e suas preocupações quanto às reverberações (espaço/tempo) desse tipo de degradação no Semiárido nordestino.

Nestes trabalhos, a semiaridez enquanto condição climática, por vezes era “invisível” ora figurava como um mero receptáculo e/ou “recurso” climático. Quando estava presente, limitava-se ao aspecto natural de forma bastante generalista no que se refere ao histórico das secas e dos processos de degradação por ação antrópica. Além disso, em muitas análises o fenômeno da desertificação servia como preceito ilustrativo para discutir os aspectos ambientais e problemas socioeconômicos de determinadas áreas em segundo plano de análise.

Conferir uma análise de fora do objeto da ciência relacionado à temática, era, justamente o que desejávamos produzir. E isto se torna uma grande responsabilidade enquanto cidadão, geógrafo, pesquisador, nordestino e sertanejo. Pois, ainda que a desertificação seja talvez o mais dramático problema socioambiental brasileiro, os geógrafos pátrios não dedicam atenção suficiente ao tema apesar de seu grande comprometimento com as questões socioambientais. A contribuição da Geografia brasileira está aquém da sua capacidade. Enquanto isso, outras disciplinas têm apresentado maior dedicação à temática, especialmente, à tipificação, quantificação e evolução do fenômeno.

Uma característica comum aos vários trabalhos que analisam direta ou indiretamente o fenômeno, é a postura pouco horizontal e dialógica. Partem, em geral, de categorias e instrumentos de coleta de dados previamente consolidados. Este tipo de concepção e prática intelectual impossibilita que o objeto ganhe forma, conteúdo e visibilidade por meio de amadurecimento das concepções, percepções e classificações. Neste sentido, o trabalho de campo se configurou como um elemento balizador para ressignificarmos a pesquisa e a nossa própria maneira de enxergar e compreender esse fenômeno. Ao longo dos dois primeiros anos de pesquisa, a questão central da investigação e as categorias de análise utilizadas, foram sendo progressivamente construídas a partir de enunciações sobre o fenômeno e dos meandros que o cercam. Processo que envolveu além da observação e do diálogo com outras áreas do saber que contribuíram para com a pesquisa: geologia, climatologia, pedologia, botânica, agronomia, ciência política (governança) e etc.

Durante todo o período de pesquisa bibliográfica procuramos manter uma certa proximidade para com as demais disciplinas, buscando uma melhor compreensão na forma de analisar e interpretar os processos de desertificação. Julgamos de fundamental importância esse diálogo com cada área do saber, tendo em vista suas posições e especificidades, mesmo que estejam sob uma égide

hegemônica, porém, ao nosso alcance para construirmos pontes entre os saberes.

A (re)construção da pesquisa

Acreditamos que o perpassar de um pesquisador na busca pelo traço espaço-temporal de seu objeto de estudo deve ir além de uma linha tênue. Por vezes, as condições materiais e objetivas para produção do conhecimento acabam por influenciar fortemente a pesquisa, seja a definição do que se quer pesquisar, seja a formulação e interpretação dos resultados. Desta forma, o exercício de reconstruir o caminho percorrido no processo de construção do tema e do recorte espaço-temporal desta tese, cuja materialização não pode acontecer senão no contato dialógico com o objeto/temática pesquisados, toando ao desígnio de estabelecer o que estará sob nossa análise, situar a nós mesmos na *orbe* da pesquisa.

O encontro definitivo com a temática da desertificação enquanto objeto de inquietações acadêmicas, se deu graças a um desprezioso trabalho de campo realizado no longínquo ano de 2007, no Cariri paraibano. Por “ironia do destino” estavam presentes os professores que viriam a ser o orientador da nossa dissertação de mestrado e a orientadora desta tese de doutoramento.

A transformação desse tema em uma sucessão de pesquisas realizadas por este autor será colacionada a seguir. Concluímos a Graduação em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), apresentando um trabalho de conclusão de curso cujo título era: *“Extrativismo vegetal e a sua relação com a desertificação no município de Conceição/PB”* (TRAVASSOS, 2009). Discutimos a problemática da degradação das áreas de Caatinga no município de Conceição/PB, devido ao latente crescimento do desmate para extração da lenha e produção do carvão vegetal, ambos com fins comerciais. Uma das principais conclusões a que chegamos foi que parte de toda essa lenha que estava sendo retirada tinha como destino o Polo Gesseiro do Araripe³, localizado no vizinho estado de Pernambuco.

Essa inquietação produziu a necessidade pessoal de permanecer estudando o tema. E assim o foi. Ingressamos no mestrado em Geografia da mesma instituição na qual concluímos os estudos de graduação, a UFPB. Desenvolvemos a pesquisa intitulada: *“Florestas Brancas do Semiárido Nordestino: desmatamento e*

³Formado pelos municípios pernambucanos de: Araripina, Ipubi, Trindade, Bodocó e Ouricuri, a região produz mais de 95% de todo o gesso consumido no país.

desertificação no Cariri paraibano” (TRAVASSOS, 2012). Esse trabalho contribuiu para reforçar algumas ideias que já tinham vindo à tona na pesquisa anterior para desmentir outras, e, naturalmente, para suscitar novas inquietações. A principal delas era a discussão travada por leigos e pela própria academia, neste caso, a desertificação enquanto processo de degradação veio a se incorporar às paisagens semiáridas nordestinas de forma mais recente, em virtude da ação humana ou seria originado pela ação da Natureza, sendo acentuada pela ação antrópica.

Com o acúmulo de discussões possibilitadas pela execução desses trabalhos construímos o projeto de pesquisa que aqui se desdobra. A ideia inicial era realizar uma releitura de um trabalho clássico sobre a desertificação no Semiárido nordestino de Monteiro (1983). Que, no limiar da década de 1980, fez um extenso trabalho de campo entre a região limítrofe dos estados da Paraíba, Pernambuco e Ceará, tendo como ponto de partida o município de Conceição, por meio da utilização do Geossistema enquanto método de análise dos processos de desertificação.

As leituras que realizamos durante os dois primeiros anos do doutorado, as dificuldades de operacionalizar uma pesquisa de grande dimensão espacial, somada à falta de aporte financeiro por parte dos órgãos de fomento científico no país, mudanças de postura, de convicções teóricas, metodológicas e práticas frente aos processos de desertificação, amadurecimento pessoal e intelectual que os anos de vida acadêmica trouxeram, podem ser considerados fatores que provocaram a (re)construção de nossa pesquisa. Entretanto, nenhum desses fatores foi tão decisivo quanto a nossa relação pessoal e topofílica para com o Semiárido nordestino e, em especial, com a microrregião do Vale do Piancó, na qual Conceição está inserida. Enquanto *leitmotiv* buscamos contribuir diretamente para um melhor reconhecimento do patrimônio natural e, também, propor táticas e possibilidades de sua conservação. Sendo assim, podemos afirmar que, após esse longo caminhar, conseguimos estabelecer um recorte espaço-temporal bastante conciso para o desenvolvimento da pesquisa.

Buscamos contribuir para o reconhecimento dos ambientes Quaternários inseridos dentro do Semiárido paraibano ainda pouco estudados. *Devir* como ferramenta de auxílio para o reconhecimento paisagístico do Bioma Caatinga. *Porvir* como encaminhamento auxiliar enquanto instrumento sugestivo para o uso

sustentável, avistando num horizonte, mesmo que distante, a possibilidade de preservação da sua biodiversidade paisagística a níveis local e regional.

Tempo, paisagem e ambiente

A questão do tempo sempre ocupou espaço de destaque dentro das discussões filosóficas. Não por menos Santo Agostinho (354-430), enunciou que o conceito de tempo é algo notavelmente enganoso e, ao mesmo tempo, de crucial importância para o entendimento e o reconhecimento da humanidade. Ainda no seio das discussões filosóficas, Martin Heidegger (1889-1979), constrói uma das mais importantes contribuições acerca do tempo. Para este filósofo o propósito e o próprio sentido da vida do homem perpassa pelo seu senso de temporalidade.

Na tese, o mote do tempo se reveste de grande relevo, a questão temporal é, ao mesmo tempo ponto de partida e de chegada em nossa análise. Tempo este, visto sob duas ópticas, quais sejam: "tempo profundo" do inglês *Deep time*, sistematizado por James Hutton (1726-1797) no século XVIII, em referência ao tempo geológico, "sem vestígio de início, sem prospecto de fim"⁴. Este se insere numa escala que costuma ser medida em milhões ou até bilhões de anos, tal como a classificação das eras geológicas e seus respectivos períodos. Quando nos referimos ao "tempo histórico" (incluindo o período Pré-Histórico), consideramos como período de surgimento do homem, o que corresponde ao uso de medidas de dezenas, centenas e até alguns milhares de anos.

É sabido que desde o surgimento da ciência geomorfológica a questão do tempo serviu como pilar fundamental para edificação de várias de suas teorias, inclusive, em muitas há discussões e propostas filosóficas do conceito de tempo (DAVIS, 1899; CAILLEUX e TRICART, 1965). Em contrapartida, carece de maior compreensão quando da sua relação com as diversas escalas de atuação, seja de forma integrada ou na modelagem de uma estrutura superficial em uma paisagem através de um maior contato com o empírico.

Conquanto, a forma como Davis (1899), se utiliza do tempo para edificação de sua teoria do ciclo geográfico, acaba por considerar o modelado como processo

⁴HUTTON, J. Abstract of a Dissertation Read in the Royal Society of Edinburgh, Upon the Seventh of March, and Fourth of April, MDCCLXXXV. **Concerning the System of the Earth, Its Duration, and Stability**. Edinburgh, 1785.

resultante da interação de três categorias basais: processo, estrutura e tempo, sendo a escala de tempo uma variável fundamental. Todavia, em suas entrelinhas, essa abordagem acaba por apresentar e considerar o tempo de forma estanque, ou seja, ele só terá capacidade de balizar a dinâmica evolutiva quando essas variarem em escalas profundas.

Historicamente, há dois marcos fundamentais para entender as transformações do emprego do tempo e seus intervalos dentro da geomorfologia. O primeiro está ligado à edificação da Geologia do Quaternário, propositura de Jules Desnoyers (1800-1887) em 1829, somada às contribuições de Henri Reboull (1763-1839) em 1833, juntamente com a Teoria Glacial de Louis Agassiz (1807-1873) em 1840. O segundo, refere-se ao desenvolvimento dos estudos da paisagem, principalmente à contribuição metodológica da Escola Soviética. Foram graças a essas contribuições que as análises que se sucederam passaram a ser capazes de auferir um maior intervalo de tempo, inclusive, mensurando em intervalos de horas os eventos formativos.

Com o avanço do conhecimento geomorfológico, graças as novas descobertas trazidas pelos estudos geocronológicos, paleoclimatológicos e glaciológicos, realizados a partir de um contato maior com o empírico, o conceito de tempo ganha outro significado, tendo uma direção e aplicação ligada à elucidação do modelado em diferentes escalas de análise. Com destaque para aqueles que buscam elucidar as estruturas superficiais formadas durante o Quaternário.

A partir dessa premissa, a paisagem onde a pesquisa foi desenvolvida pode ser considerada como exemplo da coexistência de diferentes unidades geomorfológicas, as quais evoluem em diferentes escalas de espaço e tempo. Essa característica acaba por adicionar certa complexidade à escala e a sua relação tempo-espaço, considerando a existência de uma dinâmica entre forma e processo quando da evolução da paisagem.

Portanto, devido ao regime processual ocorrer em diferentes intervalos de tempo, tanto o pacote de depósitos como as morfologias associadas irão apresentar diferentes tipos de resoluções no que se refere ao conjunto dos processos formativos. Em última análise, para ser possível reconstruirmos o encadeamento geomorfológico estruturante de uma determinada paisagem, se fará necessário a utilização de uma matriz epistemológica conjugada à aplicação de técnicas utilizadas pela Geomorfologia na contemporaneidade. Desta forma, para chegarmos ao final

da pesquisa com a capacidade de responder aos nossos questionamentos, precisamos ter clareza da latente necessidade da identificação das unidades do modelado dentro da área de estudo, pois estas são portadoras de diversas informações paleogeográficas somado ao entendimento e domínio do *feedback* que desencadeou o conjunto dos processos esculpturadores. Com esse compêndio de dados e informação em mãos, iremos inferir premissas por meio da utilização de modelos interpretativos, levando em conta as especificidades de cada tipo de dado em relação a escala tempo-espaço.

Em relação aos complexos paisagísticos tropicais continentais não glaciados, o processo de reconstrução paleogeográfica desse tipo de ambiente é potencializado. Neste caso, escolhemos traçar um perfil longitudinal, com extensão em linha reta de 12,75 km perfazendo todos os compartimentos do relevo presentes no modelado a nível local/regional. Com destaque para existência dentro da área de estudo de uma morfologia em escala discreta, não agregada, interpretada como resposta local às mudanças climáticas ocorridas no Holoceno Médio.

A paisagem enquanto categoria de análise geográfica para esta tese será considerada em sua acepção clássica. Neste caso, como a expressão holística do homem para com o meio natural (TROLL, 2002), materializando-se em um espaço circunscrito (SUERTEGARAY, 2000). A paisagem tem a capacidade de, ao mesmo tempo, visualizar e representar um determinado quadrante do espaço geográfico. Na tese a sua operacionalização se dará à luz das relações entre a forma e o conteúdo, aparência e essência (SOUZA, 2013).

Inicialmente, a Geografia não fazia referência ao ambiente, mas ao meio (*milieu*) (SUERTEGARAY, 2000). Conquanto, na atualidade o conceito de ambiente, dentro da ciência geográfica se reveste de um terreno movediço quanto à uniformidade de uma definição. Entretanto, não iremos nos furtar em reconhecer as reverberações causadas pelo homem como um ser social produto e produtor de várias tensões ambientais (SUERTEGARAY, 2000).

Além dessa parte introdutória e por último as considerações finais, a estrutura do texto é composta por três capítulos. No primeiro capítulo: *“Elucidando uma realidade complexa: reflexões sobre a desertificação”*, procuramos analisar e refletir o histórico do fenômeno da desertificação e sua inserção no bojo das preocupações geográficas, perpassando pelas transformações na abordagem do fenômeno pelo

olhar sob a óptica da geomorfologia chegando às contribuições da Geografia brasileira para a temática.

O segundo capítulo: *“Idas, vindas e idas novamente: a construção teórica, metodológica e prática da pesquisa”*, apresentamos as bases teórica, metodológica e prática da tese. Partindo dos aspectos mais tradicionais da produção do conhecimento reorientados e ressignificados no afã de possibilitar um maior diálogo entre as dimensões teóricas e empíricas por meio de enunciações do postulado interpretativo presente na pesquisa.

Por último, temos o terceiro capítulo: *“Desertificação: interpretação paleogeográfica”*, após o processamento em laboratório de todo o material coletado em campo, esses foram plotados de forma integrada incorporando o resultado das análises da granulometria, morfoscopia, decaimento por LOE e dos fitólitos, na forma da síntese, na direção do postulado interpretativo da pesquisa, ou seja, a compreensão genética da desertificação.

CAPÍTULO I - ELUCIDANDO UMA REALIDADE COMPLEXA: REFLEXÕES SOBRE A DESERTIFICAÇÃO

A investigação da possível origem genética dos processos de desertificação, partiu do exercício da erudição em conjunto com a faculdade da clarividência. Entendemos que não é possível atingir os objetivos sem o devido delineamento dos caminhos capazes de penetrar em um nível de abstração do teórico e do contato com o empírico.

Com o objetivo de refletirmos sobre os processos de desertificação e, também, de inseri-lo na agenda das preocupações geográficas, buscamos em primeiro lugar, identificar os aspectos centrais e convergentes da bibliografia sobre a temática. Para tanto foi realizado um extenso levantamento histórico-bibliográfico nos diferentes campos do conhecimento no intuito de resgatarmos a curatela do *conceito* como a do *processo*.

Essa análise crítica da bibliografia, teve como objetivo a tentativa de encontrarmos o sistema analítico do estudo da temática ou até mesmo de um possível paradigma edificado e coeso, situado em um eixo central que, de forma clara, permita a execução da análise desse processo. Todavia, conforme será explicitado nas laudas que se sucederão, temos um panorama à primeira vista confuso e pessimista.

A primeira parte do capítulo se dedicará as transformações na abordagem desde a icônica denominação dada por Aubréville (1949), perpassando pelas discussões iniciais ocorridas ao redor do mundo sobre a temática até que a desertificação se tornasse alvo de um maior interesse dos organismos da governança internacional e da comunidade científica.

A segunda parte apresenta um olhar da desertificação sob a óptica da ciência geomorfológica através de indicadores paleogeográficos em diálogo com vários campos do conhecimento. O estudo das feições do relevo e dos processos, responsáveis pela sua evolução, é fundamental para compreendermos a configuração atual da paisagem. Em uma última análise, se apresenta como o saldo das transformações pretéritas.

Portanto, no escorrer do tempo geológico, as formas do modelado terrestre são esculpidas, elaboradas e reafeiçoadas pela dinâmica superficial cujas evidências impressas são capazes de nos mostrar como as diferentes paisagens

foram construídas pelo compasso lento desse tempo profundo e quais processos atuaram na sua configuração (LIMA, 2015).

A morfologia do modelado pode transmitir uma falsa impressão de que seus componentes podem ser dissociados da paisagem e que se apresentam de forma estática em diferentes escalas de espaço e tempo, entretanto, o relevo terrestre está associado aos demais componentes do meio natural e suas interações são responsáveis pela gênese das diversas fisionomias da crosta terrestre refletindo no todo ambiental e o seu constante processo de ajuste (LIMA, 2015).

A terceira e última parte apresenta as contribuições da Geografia brasileira para este debate. Reconhecer as perspectivas das análises geográficas sobre um tema tão expressivo para o Brasil auxilia a compreensão de sua incontornável dimensão ambiental, econômica e social para o Semiárido nordestino.

1.1. Terminologias e classificações: divergências, lutas e tensões em torno da construção da desertificação

Apesar de estudarmos a temática há mais de uma década, compreender o que constitui a desertificação não tem sido uma tarefa fácil para aqueles que têm se dedicado sobre o tema. Estabelecer critérios e variáveis que identifiquem, delimitem e classifiquem este fenômeno é um verdadeiro risco ainda que, muitas vezes, necessário.

Uma revisão histórica da literatura de desertificação mostra uma grande diversidade e confusão entre as definições. Essa combinação de definições e significados atribuídos ao conceito, levou à falta de comunicação entre pesquisadores e a diplomacia internacional. Uma análise das definições de desertificação pode ser útil no desenvolvimento de uma melhor compreensão do fenômeno, de como é vista em diferentes disciplinas e países e do histórico das formas de minorar seus efeitos. Aliás, o uso do vocábulo *desertificação* para definir um tipo de degradação ambiental é resultado de um longo processo histórico de lutas travadas dentro dos gabinetes dos órgãos internacionais e dos muros da academia; dos esforços analíticos empreendidos pelas várias áreas do saber sobre este fenômeno, sem nos esquecermos das necessidades do Estado, por vezes negligente, quanto a real necessidade de melhor conhecer essa problemática.

As primeiras discussões sobre a desertificação emergem durante o período colonial africano, onde, em sua parte Ocidental, aparecem os primeiros sinais de dissecação e deformação nas franjas do deserto do Saara na região do Sahel (BOVILL, 1921; STEBBING, 1935). Na contemporaneidade, o vocábulo desertificação foi utilizado por Aubréville (1949) para descrever as transformações de terra produtiva em deserto em decorrência de atividades humanas na zona de florestal da África tropical.

A grande seca, foi caracterizada por uma intensa diminuição dos níveis pluviométricos. Só para termos uma ideia, em 1968, primeiro ano de seca, choveu apenas 122 mm, volume muito inferior à média histórica anual de 284 mm (HARE, 1992), diminuição essa que perdurou por vários anos, até que em 1972 foi registrado o menor índice de precipitação anual, 54 mm. Este período foi marcado por intensas levadas de migrações e criações de campos de refugiados sem contar com a morte de milhares de pessoas (HARE, 1992).

Nos Estados Unidos em suas planícies do meio-oeste, houve uma intensa expansão da cultura do trigo fomentada pela alta do preço internacional, ampliação essa realizada sem qualquer preocupação com o que esse crescimento poderia ocasionar, principalmente por se tratar de uma região sob um clima seco. O reverso desta forte agressão não tardou a chegar, justamente no auge da Grande Depressão, em 1930. Relatos históricos revelam a aflição dos moradores dessa região com o ressecamento das terras que, associado a um longo período de estiagem, levou à formação de intensas cortinas de poeira pelas longas plantações de trigo (MACINTOSH, 1997).

The day was warm and pleasant, a gentle breeze whimpered out of the southwest. Suddenly a cloud appeared on the horizon. Birds flew swiftly ahead of it, but not swift enough for the cloud traveling at sixty miles per hour. This day, which many people of the area readily remember, was named "Black Sunday" (BONNIFIELD, 1974).

Fato que gerou grande repercussão junto à mídia, tanto que Robert Geiger, correspondente de um canal americano, batizou o evento como *Dust Bowl*, provavelmente em alusão a região ser uma área de passagem de tornados, para determinar uma área de aproximadamente 388.500 km² que inclui os estados do Oklahoma, uma longa e estreita faixa do Texas e trechos vizinhos ao Colorado, Novo México e Kansas (HARE, 1992).

Fenômenos como esses que ocorreram na África e nos Estados Unidos convergiram para a realização da Conferência das Nações Unidas sobre Desertificação (UNCCD), realizada em Nairóbi em 1977. Foi uma resposta frente ao que vinha ocorrendo na região do Sahel africano e do oeste americano bem como das inúmeras discussões internacionais sobre as medidas que poderiam ser tomadas para mitigar seus efeitos. A conferência não só lançou a questão da desertificação na arena política, mas, também, desencadeou um grande interesse científico.

A conferência também serviu para reunir representantes de muitos países cujas paisagens foram diretas ou indiretamente afetadas pela desertificação. A utilidade da conferência variou de país para país. Para alguns países, como a República Popular da China, serviu para direcionar a atenção das decisões a nível mundial para o desenvolvimento de pesquisas nas áreas passíveis de ocorrência deste tipo de degradação e de fomentar a produção científica dando-a *status* internacional. O Comitê Estadual de Ciência e Tecnologia da União Soviética (GKNT) estabeleceu, com o PNUMA, cursos internacionais de treinamento sobre vários aspectos da desertificação e sobre formas de identificá-lo e combatê-lo (SABADELL et al., 1982). No Brasil e em outros países, a atenção dada esse tipo de degradação ambiental ocorreu na forma de um protocolo de intenções para elaboração dos Planos de Ações, com o intuito de avaliar a desertificação dentro do contexto nacional.

Podemos dizer que após essa primeira reunião internacional, os debates e discussões sobre a temática se avolumaram, proliferando uma infinidade de conceituações para o fenômeno da desertificação (GLANTZ e ORLOVSKY, 1983), dentre os quais havia inicialmente a preponderância dos estudos que buscavam atribuir a processos antropogênicos e naturais as causas da desertificação. Merece destaque, mesmo que pontualmente, desde as primeiras discussões, que o consenso nunca foi o forte entre os pesquisadores, refletindo em uma imprecisão prolongada que somada à falta de clareza sobre a natureza do problema e de critérios mensuráveis impossibilitou uma aceitação maior pelos organismos internacionais e pelas populações envolvidas. Como resultado, temos a proliferação de métodos de avaliação e de mensuração de áreas desertificadas. Sem contar nas inúmeras previsões catastróficas as quais enunciam que "pelo menos um terço dos desertos globais presentes são feitos pelo homem, o resultado do uso indevido

humano da Terra" (UNEP, 1991) e a desertificação é um problema mundial que afeta diretamente 250 milhões de pessoas e um terço da Terra (UNCCD, 1994).

Outra corrente defendia a não existência de uma degradação uniforme. Para essa, os dados foram maquiados e analisados de forma diminuta e seletiva (MORTIMORE, 1989, 1998; NIEMEIJER e MAZZUCATO, 2002; TIFFEN e MORTIMORE, 2002). Uma grande parte das críticas contra o conceito posto refere-se à desertificação como um "mito" baseado em afirmações infundadas já que para os críticos, o fenômeno se desenvolveria de forma natural devido às pulsações climáticas (THOMAS e MIDDLETON, 1994). Disputas, imperfeições e insuficiências à parte, o termo desertificação passou a ser fruto de debate dentro e fora da comunidade científica internacional, surgindo a necessidade de seu amadurecimento e a postulação de um discurso oficial, exigindo, assim, outra explicação que precisava provocar um debate mais contextualizado e amplo sobre a desertificação. Fato este só seria possível anos mais tarde quando da assinatura da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), por todos os países dela signatários.

Alguns pesquisadores consideram a desertificação como um processo de mudança enquanto outros atendem como resultado final de um processo de mudança. Esta distinção está subjacente a um dos principais desentendimentos sobre o que constitui a desertificação. A desertificação como processo, geralmente, foi vista como uma série de mudanças incrementais da produtividade biológica em ecossistemas áridos, semiáridos e subúmido seco. Podendo, inclusive, abranger mudanças que contribuam para o declínio agrícola se vista sob uma óptica mais drástica como a da substituição de espécies produtivas e/ou úteis, ou até mesmo, da diminuição na cobertura vegetal existente. Desertificação como evento seria, portanto, a criação de feições de um deserto como o resultado final de um processo de mudança. Para muitos, é difícil aceitar mudanças incrementais como manifestação da desertificação.

De fato, esses dois pontos de vista representam diferentes aspectos de um conceito mais amplo de desertificação. Assim, declarações aparentemente diferentes como "a criação de condições semelhantes ao deserto em áreas uma vez verdes", "invasão de condições semelhantes ao deserto", "intensificação de condições semelhantes ao deserto", bem como projeções menos drásticas como "mudanças em solos e no clima" ou "a Terra tornando-se menos apta para o alcance

e as culturas”, pode ser abrangida pelo conceito de desertificação (HARE, 1992; GLANTZ, 1987).

As referências ao clima também se fizeram fortemente presentes nas discussões iniciais sobre a desertificação, principalmente as que dizem respeito à variabilidade climática, à mudança climática ou à seca. A variabilidade do clima refere-se às flutuações naturais que aparecem nas estatísticas que representam o estado da atmosfera por um período de tempo designado, numa ordem que varia de meses a décadas. Podem ocorrer flutuações em qualquer ou todas as variáveis atmosféricas (precipitação, temperatura, velocidade e direção do vento, evaporação, etc.). Como resultado, essas flutuações podem causar alterações em um determinado ecossistema às quais são potencializadas pelo nível de pressão externa que ele venha a sofrer.

É importante notar que, durante a estação seca anual, as características da atmosfera em uma área árida ou semiárida são semelhantes às de uma região desértica (baixa precipitação, alta evaporação, alta radiação solar, etc.) sendo justamente nesse período que a pressão sobre ela, do ponto de vista do seu uso aumenta, resultando assim na degradação (AUBRÉVILLE, 1949). Portanto, flutuações climáticas bem como períodos sazonais secos quando combinados com práticas impróprias de uso do solo, podem dar aparência do impacto de uma mudança climática em uma determinada área que não tenha sofrido qualquer tipo de pressão (AUBRÉVILLE, 1949).

A mudança climática refere-se à visão de que as estatísticas, que representam o estado médio do clima durante um período de tempo relativamente mais longo estão mudando, logo a desertificação seria o resultado das mudanças naturais nos regimes climáticos. O debate sobre a mudança climática a longo prazo está longe de chegar a um postulado consensual.

Os episódios cíclicos de seca, vez ou outra, são relacionados como uma das principais causas da desertificação, uma vez que, durante períodos mais prolongados, ela torna-se mais grave, generalizada e visível decorrente do espriamento da sua ocorrência onde, na medida em que a probabilidade de secas aumenta, traz consigo rebatimentos nos processos de desertificação. Assim, o modelado, solos e vegetação, muitas vezes, ficam transfigurados durante períodos mais prolongados de estiagem.

Debates sobre a desertificação se sucederam rapidamente dentro e fora das rodas de discussões nas grandes áreas do saber. Inicialmente houve uma dominância de estudos do clima, ecologia, ciências sociais e políticas que alimentou e ajudou a sustentar, até determinado momento, o debate sobre a temática, que, em outro momento histórico, diversos saberes também direcionaram esforços para entendimento da desertificação.

Não é nosso objetivo, nesta seção da tese, rever a evolução do debate sobre a desertificação, mas sim descortinar o contexto que esse debate ocorreu e como o bojo de discussões contribuíram para a evolução histórica na compreensão das disputas internas às quais colaboraram diretamente para amadurecimento da desertificação enquanto objeto científico. É oportuno registrar que, em nível de Brasil, a comunidade científica nacional deu pouca atenção para essa especificidade. A contribuição brasileira buscou sempre fazer uma análise que reproduz um entendimento exterior ao objeto da ciência e não de dentro.

É sabido que a temática, nas últimas décadas, vem recebendo bastante atenção por parte da comunidade científica, nacional e internacional. O termo/conceito desertificação não foi, originalmente, desenvolvido pelo uso, mas a partir de uma definição concebida no meio diplomático internacional quando da Conferência sobre a Desertificação em 1977 em Nairóbi, que cuidou de elaborar a primeira conceituação a nível internacional sobre a temática. Sendo ela definida no documento Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD), quando da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente (CNUED), realizada em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, após uma série de observações e discussões originalmente iniciadas na segunda metade do século XX.

Sendo definitivamente conceituada a nível internacional, no documento da ONU, Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (UNCCD, 1994, p. 14) como um fenômeno "[...] provocado pela degradação dos solos nas áreas áridas, semiáridas e subúmidas secas, resultante de diversos fatores, indo estes das variações climáticas às atividades humanas".

Apesar do reconhecimento e do interesse mundial para com a desertificação ter surgido a partir das questões africana e americana, o fenômeno, em si, já havia sido apontado como responsável pelo declínio de civilizações como a dos Sumérios e Babilônios nas terras de regadio, onde a produtividade agrícola foi duramente

afetada pelo aumento da concentração de sais no solo ocasionando uma drástica diminuição do potencial agrícola dessas terras (MACINTOSH, 1997).

É importante frisar, que, mesmo após o desenvolvimento sistemático de uma série de pesquisas sobre a desertificação pela comunidade científica, o conhecimento sobre o fenômeno em si não é algo tão recente. Entretanto, o reconhecimento da desertificação, enquanto problema global, é bastante recente existindo uma série de controvérsias quanto ao seu real significado.

Segundo Rubio (1992), o termo desertificação é bastante complexo, controvertido e frequentemente usado de forma errônea devido possuir uma imprecisão quanto ao seu verdadeiro significado o qual acaba tornando-se algo de difícil conceituação.

Para Mañas (2001), o fenômeno da desertificação é bastante variável dependendo do grau de desenvolvimento, conhecimento científico, cultural, econômico e social das populações afetadas. Tendo em vista todas as postulações sobre a temática já levantadas, nenhuma ainda foi capaz de caracterizar plenamente os processos de degradação e suas consequências, motivos estes que levam à falta de uma aceitação universal. Essa falta de aceitação está muito ligada ao fato da desertificação, enquanto objeto ainda não ter sido suficientemente delimitado, não podendo atribuir a ele um programa de pesquisa específico que, nas palavras de Matallo Júnior (2001, p. 26): "[...] o que tem ocorrido é o desenvolvimento do tema no contexto dos programas setoriais ou segundo os diferentes paradigmas estabelecidos". Dentro das dezenas de definições existentes da desertificação, muitas palavras são usadas para descrever o fenômeno, algumas das quais se complementam enquanto outras apresentam controvérsias. Um ponto em que todos concordam, porém, é que a desertificação é vista como um processo ambiental adverso.

Descrições utilizadas nessas definições de desertificação incluem: deterioração dos ecossistemas (REINING, 1978), degradação de várias formas de vegetação (LE HOUEROU, 1959), destruição e/ou diminuição do potencial biológico (UN, 1978), decadência de um ecossistema produtivo (HARE, 1992), redução da produtividade (KASSAS, 1977), diminuição da produtividade biológica (KOVDA, 1980), alteração na biomassa (UNEP, 1991) intensificação das condições do deserto (MECKELEIN, 1980) e empobrecimento de ecossistemas (DREGNE, 1976).

Portanto, devido às discussões próprias de cada campo científico, ainda não foi possível ter uma aceitação universal tão pouco um entendimento consensual, ainda que seja bastante complicada a formulação de definições sobre ela. Aliás, até as tentam fazer, porém, ambivalentes e na grande maioria das vezes errôneas, ou seja, é bastante comum pensar a desertificação como um processo que ocasiona o surgimento e expansão dos desertos.

De forma científica, Aubréville (1949) teve a primazia em utilizar o vocábulo *desertificação* para denominar um tipo de degradação onde as áreas atingidas passam a se assemelhar aos desertos ou a expansão dos ecossistemas desérticos.

Aubréville (1949) viu a desertificação como um processo, mas também se referiu a ela como um evento em fase final de um processo de degradação. Ele descreveu como as regiões arborizadas foram transformadas em savanas e savanas com feições de deserto. Uma das preocupações centrais de Aubréville foi a taxa de degradação resultante das atividades humanas nas florestas tropicais de África. Ele observou que o cultivo, o desmatamento e a erosão estavam tão entrelaçados que levaram à destruição da cobertura vegetal e dos solos na região ao não levar em conta a fragilidade ambiental da savana e sua predisposição em apresentar condições verossímeis a de um deserto.

Esta conceituação, por sua vez, mesmo estando apoiada em uma observação pontual é de grande valia até os dias do presente, designando, assim, a degradação da cobertura vegetal e dos solos em decorrência da ação do homem, tal como descreve Mainguet (1995, p. 286):

Du sens étymologique, d'abord humain (creation d'une region inhabitée), Le mot se précise et prend le sens de création d'aire inhabitée par suite d'une présence humaine excessive, génératrice d'une dégradation de l'environnement ne permettant plus à l'homme d'y vivre. La notion de dégradation du milieu s'est substituée à celle de départ et d'absence de population. L'ensemble exprime le fait que l'homme, transformant une aire habitable, crée une situation dont il devient la principale victim.

Grande parte das dúvidas derivava do vocábulo desertificação ser um *portmanteau* tal como atesta Tavares de Melo (1998, p. 02):

Etimologicamente, desertificação deriva de duas palavras latinas: *desertus*, adjetivo, particípio passado do verbo *deserere* (desertar, deixar, abandonar), significando abandonado, desabitado, inculto,

selvagem e, *desertus*, substantivo que quer dizer, solidão, desolação, área vazia; e fixação sufixo verbal proveniente da forma passiva do verbo latino *ficare (ficari)*, ação de fazer, ser feito, ser produzido.

Assim, o significado etimológico dessas duas palavras devido à sua proximidade fez com que a desertificação, enquanto processo de degradação ambiental, fosse confundida com a “formação” de um novo Bioma, ou seja, os processos de desertificação seriam capazes de levar ao surgimento e/ou expansão dos desertos. Entretanto, é importante frisar que até o ano de 1994, o termo desertificação era pouco preciso, o que acabava muitas vezes por gerar várias inquietações, suscitando um sentimento de dúvida conforme destaca Mainguet (1995, p. 285): “[...] *la désertification dont on parle est-elle véritable, c’est-à-dire irréversible ou seulement une dégradation de l’environnement qui a atteint son degré le plus sévère, sans irréversibilité?*”.

Somado à essa fragilidade etimológica, temos um nó górdio que tem gerado bastantes discussões entre os pesquisadores devido a convenção em seu escopo não delimitar indicadores necessários para realização de estudos sobre a desertificação, principalmente os de ordem temporal e espacial. Essa falta de clareza talvez possa ser explicada pelo fato de que quando da promulgação desse tratado, uma série de considerações sobre o processo foram escamoteadas. Neste caso, os conchaves diplomáticos cuidaram apenas em garantir o seu *status quo*, ou seja, *coisificar* a desertificação enquanto *problemática ambiental* ao invés de preocupar-se com a desertificação enquanto *processo*.

Ainda hoje há uma discussão narcísea em torno da desertificação como *fenômeno* ao invés de preocupar-se em considerar a desertificação como *processo*. Assim, infelizmente, temos um esforço de conceituação (re)produzido de fora do objeto da ciência e não de dentro, que, como consequência, gera esse persistente quadro de dúvidas e incertezas quanto a verdadeira face desse processo.

Sob o ímpeto de *coisificar* a desertificação, a diplomacia internacional esqueceu-se de elencar quais seriam os parâmetros metodológicos e escalares (espacial e temporal) mínimos para o desenvolvimento de estudos que buscassem a sua compreensão. Propiciando a proliferação de estudos locais com os mais diversos parâmetros metodológicos para determinar a susceptibilidade à desertificação que, por sua vez, gerou, como passivo, uma série de suposições e

visões distorcidas sobre o processo em si, sua área de abrangência, causas e consequências.

Não custa deixarmos claro que a desertificação não se trata, puramente, de um problema meteorológico ou ambiental. Estamos falando de uma ruptura entre as condições de equilíbrio da natureza e as relações de produção humana (trabalho) ocasionada por uma crise ambiental, econômica ou social que, por sua vez, leva a um novo processo de degradação dificultando ou impedindo que as condições naturais reinantes voltem ao equilíbrio outrora existente.

Logo, a desertificação, enquanto processo de degradação, pode ser vista como uma patologia ambiental, sistêmica e complexa, engendrada a partir de um processo composto de múltiplos fatos os quais circunscreve, relaciona e integra as várias áreas do saber. Até porque o conceito, comumente presente nos documentos internacionais, descreve a desertificação de forma bastante genérica na tentativa de incorporar um significado universal no sentido de reconhecê-la como um processo de degradação, em nível global, que necessita ser urgentemente enfrentado.

Para além das críticas às propostas já desenvolvidas e suas possíveis limitações, devemos reconhecer o avanço e importância de cada um mesmo que se apresentem de forma insuficiente perante a realidade e a complexidade que este processo de degradação representa. A dado de hoje, em alguns casos, tais estudos são os únicos instrumentos desenvolvidos para análise e compreensão da problemática da desertificação em determinadas áreas (MATALLO JÚNIOR, 2001).

No Brasil, o Nordeste Setentrional apresenta a primazia em relação ao desenvolvimento deste processo, nas zonas de clima semiárido e subúmido seco circunscritas nos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia. Estando também inserido a porção norte de Minas Gerais (Vale do Jequitinhonha) por semelhança dos condicionantes climáticos e do uso do solo aos encontrados no Semiárido nordestino. Não obstante, por questões políticas acabaram sendo adicionadas outras áreas localizadas nas cercanias destas, sob a alegação de que elas apresentam um quadro de degradação semelhante à área central de ação do programa. Segundo o Plano Nacional, de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca (PAN-Brasil), tais áreas são denominadas de Áreas de Entorno das Áreas Semiáridas e das Áreas Subúmidas Secas (ASD), o que inclui o noroeste do Espírito Santo, centro norte de Minas Gerais, oeste da Bahia e uma pequena faixa do seu litoral norte,

além das fronteiras litorâneas de Sergipe e Alagoas, Maranhão e Piauí. Com a inclusão dessas novas áreas temos uma superfície de 1.338.076 km² com uma população de 31.663.671 habitantes e 1.482 municípios (BRASIL, 2004). Desta feita, o desenvolvimento de estudos que se proponham a pesquisar os processos de desertificação, em particular no Semiárido nordestino, se revestem de profícua importância.

De forma sintética, qualquer concepção mais ampla da desertificação lançaria uma luz diferente sobre o progresso na compreensão e combate ao fenômeno. Há atualmente muitas pesquisas em andamento sobre erosão do solo, gerenciamento de áreas, desmatamento, aumento da produtividade biológica em terras áridas e assim por diante. Essas atividades de pesquisa contribuem para a luta contra os processos de desertificação independentemente de o termo aparecer ou não no título no escopo do trabalho acadêmico. Visto neste contexto mais amplo, pode-se demonstrar que existem muitas atividades que contribuem para o aumento do conhecimento e compreensão dos processos de desertificação. Graças a esta conceituação mais ampla, temos condições de criar mecanismos capazes de desenvolver uma avaliação mais precisa de como cada saber científico tem dado sua parcela de contribuição para entendimento da desertificação.

1.2. Desertificação e Geomorfologia

No intuito de trazermos o estudo da desertificação para análise sob a óptica da ciência geomorfológica, trabalharemos com indicadores paleogeográficos em um diálogo com vários campos do conhecimento científico, com o desígnio de contribuir com a decifração pedo-geomorfológica da área de estudo e por derivação, dos processos de desertificação que passaram a ser característica marcante na morfologia do modelado regional do Sertão paraibano.

Desta forma, a Geomorfologia, enquanto ciência que estuda as formas do relevo, considera todos os fatores que permitem a sua existência, desde os materiais até aqueles que lhe dão forma evolutiva. Chiristofolletti (2009) aponta a relevância da Geomorfologia enquanto ciência que auxilia a compreensão das formas da terra que constituem o sistema ambiental físico e condicionam as atividades humanas e suas respectivas disposições espaciais.

Assim, o fazer geomorfológico exige do pesquisador: dedicação, preparação e domínio teórico e metodológico deste campo científico. A relevância desse saber aumenta à medida que outras ciências acabam por apoiar suas formulações científicas, configurando no âmbito socioeconômico atual, uma necessidade contínua de se compreender os processos formadores e modeladores do relevo no intuito de empreender as relações contraditórias que a sociedade acaba por desenvolver para com o modelado terrestre.

Enquanto ciência do relevo, a Geomorfologia enxerga o modelado terrestre como um dos principais componentes do meio físico, apresenta-se de maneira dinâmica e multiforme nas várias escalas de tempo e espaço.

O conhecimento humano em geomorfologia não deve se limitar ao reconhecimento de suas formas e tipologias, mas reconhecer seus processos construtivos e, dentro deles, buscar respostas para os diversos efeitos da relação contraditória entre sociedade e a natureza.

Ao tomar os processos Geomorfológicos como objetos de estudo, abrem-se espaços para o desenvolvimento de pesquisas específicas sobre o dinamismo genético das formas presentes e pretéritas em distintos ambientes terrestres, onde podem imperar diferentes agentes exógenos como as águas de escoamento superficial, o vento, o gelo, as águas costeiras e, também, os agentes intempéricos.

Diante da crescente capacidade humana de gerar e alterar processos, de construir e destruir as formas de relevo, cada vez mais a Geomorfologia tem buscado aperfeiçoar as práticas de compreensão e suas respostas para tais intervenções no intuito de direcionar atitudes futuras da sociedade, não no sentido de coibi-las ou justificá-las, mas de ressaltar as potencialidades e, também, os seus perigos.

Assim, diante da influência que o relevo exerce sobre o desenvolvimento da sociedade como sustentáculo de toda a atividade humana, seu estudo se faz necessário diante do poder de transformação cada vez mais intenso que a sociedade é capaz de imprimir sobre a natureza, trazendo para ciência geomorfológica, uma dura realidade descortinada entre causas e efeitos. Portanto, quanto mais forte for o poder de transformar a natureza, maiores serão os efeitos ocasionados pelas escolhas e ações.

Para ser possível aferir premissas sobre o modelado terrestre, a pesquisa em Geomorfologia vale-se de informações referentes à geologia de determinado recorte

espacial, seu clima, hidrologia, topografia, pedologia e seus respectivos componentes biológicos. Toda essa coletânea de dados, sejam eles qualitativos ou quantitativos, contribuirão para a construção de um quadro geomorfológico dinâmico capaz de explicitar a abrangência e a recorrência dos processos responsáveis pela esculturação das formas atuais e pretéritas, seja por ação construtiva ou destrutiva. Portanto, a abordagem do relevo como resultado de processos geomorfológicos sucessivos suscita a relevância da compreensão dessas importantes variáveis elencando-as com objetos de estudo complementares à Geomorfologia (CASSETI, 1994).

De forma especial, o estudo das feições geomórficas e dos processos responsáveis pela sua evolução são de fundamental importância para a compreensão da configuração atual de qualquer paisagem. Numa última análise, essa se apresenta como o testemunho das transformações pretéritas. No decorrer do tempo geológico, as formas de relevo são esculpidas, elaboradas e remodeladas pela dinâmica superficial cujos registros guardados nos modelados de agradação sendo capazes de indicar como as diferentes paisagens evoluíram e quais processos atuaram.

Dentro da análise geomorfológica, destacamos a importância da análise dos depósitos superficiais os quais têm sua gênese a partir das camadas que apresentam características próprias dos processos geradores, tanto do transporte quanto da forma assumida em superfície.

O estudo da sucessão de estratos presentes nos depósitos superficiais revela sequências de diferentes episódios erosivos e deposicionais, obtendo, assim, um panorama geral da cronologia de eventos sucedidos em uma área de estudo qualquer. No entanto, para que se alcance uma interpretação coerente da evolução ambiental recente, o conhecimento estratigráfico dos depósitos deve ser relacionado aos compartimentos e feições geomórficas.

Certamente, muitas dessas feições foram retrabalhadas, borradas ou semiapagadas nos eventos de instabilidade causados por variações ambientais e, assim, cada estrato pode indicar episódios de (neo)tectonismo e/ou das sucessivas glaciações pleistocênicas. Assim, as respostas para os mistérios deste mosaico paisagístico se encontram inseridas nos tênues, depósitos encontrados nos diferentes níveis dos compartimentos topográficos. Estas respostas podem, também, serem resgatadas através do estudo das marcas deixadas pelos processos outrora

atuantes, pois existe uma estreita relação entre o clima, a forma do relevo e o seu depósito associado (SUGUIO, 2000). Estudar essa dinâmica, a partir dos depósitos superficiais constitui uma ferramenta poderosa no que concerne às reconstruções paleoambientais, o pulsar espacial e temporal dos processos, seus registros e reverberações nos dias do presente. Até porque as sucessivas variações climáticas ocorridas durante o Quaternário acabaram por desencadear uma série de mudanças na atitude e atuação dos agentes erosivos os quais têm reflexo direto na conformação dos processos responsáveis por originar e remodelar o mosaico paisagístico terrestre.

Ressaltamos, ainda, que não há, na literatura especializada, estudos geomorfológicos tão pouco interpretações paleogeográficas direcionadas ao entendimento da desertificação no Semiárido Nordestino. Contudo, há um incipiente número de trabalhos que buscam compreender a dinâmica pretérita para o Semiárido brasileiro. Afora o ineditismo dentro da ciência, visualiza a grande contribuição para o estudo dos processos de desertificação, a partir da utilização de uma metodologia original e inovadora.

1.2.1. Processos que atuam na evolução dos complexos paisagísticos

As pesquisas sobre a Geomorfologia do território sul-americano, na maior parte do século XX, estavam ancoradas em um modelo de pediplanação cuja lógica propunha uma morfologia dependente de um soerguimento uniforme, regional e simultâneo quanto ao desenvolvimento das superfícies de aplainamentos (BEZERRA et al., 2008 *apud* LIMA, 2015). Foi sob esta óptica que os pioneiros sobre a compartimentação do relevo brasileiro iniciaram seus estudos visando, principalmente, reconhecer e caracterizar as faces de aplainamentos de diferentes idades as quais apesar de possuírem uma origem eivada de controvérsias quanto aos mecanismos que expliquem de forma satisfatória a gênese e evolução. Contudo, para a geração de uma superfície aplainada, defendia-se como critério essencial a existência de uma suficiente estabilidade tectônica dos fragmentos intraplaca cujo ciclo poderia ser interrompido por momentos de ajustamentos isostáticos (BIGARELLA, 2003 *apud* LIMA, 2015). Partindo do pressuposto de ser a fase derradeira da evolução das formas de relevo movido pela dinâmica interna da própria Terra e modelada pelos processos externos, tais superfícies vão responder

pela configuração dos grandes modelos de evolução de longo prazo do relevo continental que acabam gerando reflexões sobre a natureza, funcional ou herdada, sobre o significado cronológico dos fatores envolvidos como também do contexto geodinâmico no qual eles se circunscrevem (MELO et al., 2005, p. 261).

Essa teoria clássica, de influência da escola Davisiana do ciclo geográfico, acabou por influenciar inúmeros trabalhos que buscaram explicar a evolução geomorfológica do Brasil. Para Ab'Sáber (2011 *apud* LIMA, 2015), os estudos sobre aplainamentos no Brasil tiveram início com a publicação pioneira de Harder e Chamberlin (1915), em um trabalho sobre a geologia do estado de Minas Gerais onde compreenderam a superfície aplainada da Serra do Espinhaço. Não obstante, a primeira tentativa de sistematizar tais superfícies deve-se ao francês Emmanuel De Martonne (1873-1955), que nos idos de 1940, apontou os problemas morfológicos do Brasil Tropical Atlântico, esmiuçando as discordâncias de suas feições, seja litoral ou interior, interpretação sempre do ponto de vista de uma Geomorfologia Climática (DE MARTONNE, 1943 *apud* LIMA, 2015).

A partir da década de 1950, houve uma aceleração no desenvolvimento de pesquisas geomorfológicas no país, com destaque para os trabalhos realizados por King (1956) sobre a Geomorfologia do Brasil Oriental, a contribuição de Andrade (1958) que sugeriu a superfície de aplainamento pliocênica do Nordeste do Brasil (LIMA, 2015). Além desses, mereceriam referência uma dezena de trabalhos que buscaram contribuir para com esta temática, optamos por destacar alguns dos que julgamos mais importantes: Ruellan (1950), Almeida (1951), Demangeot (1961), Ab'Sáber (1957, 1960 e 1969b), Bigarella e Mousinho (1965), todos estes buscaram fomentar esse campo da pesquisa geomorfológica (AB'SÁBER, 2011 *apud* LIMA, 2015).

As interpretações sobre superfícies de erosão ou aplainamento estavam fundadas em uma concepção cíclica quanto aos processos de pediplanação os quais são o resultado de sucessivo período erosivo em uma escala regional mantida em uma condição tectônica estável e prolongada (LIMA, 2015). Essa estabilidade teria o seu fim com soerguimentos de ordem regional das crostas, marcando o final e o início de um novo ciclo da superfície de erosão advinda da antiga estrutura, gerando uma feição de relevo progressivamente rebaixado (DE MARTONNE, 1943 *apud* LIMA, 2015).

Como resultado desse produto temos o surgimento de uma morfologia

esculpida por um desgaste erosivo truncado vagamente entre o embasamento cristalino e a(s) sua(s) cobertura(s) sedimentar(es), emergindo uma feição de topografia suave e/ou com declives suficientes apenas para o desenvolvimento do escoamento superficial livre e fluvial (PEULVAST e CLAUDINO SALES, 2002). Feições estas que segundo a interpretação de Bigarella, Mousinho e Silva (1965), se constituíram como peneplanícies e/ou peneplanos sob uma ótica de interpretação Davisiana, outra interpretação da escola geomorfológica franco-alemã os considera como pediplanos recentes (LIMA, 2015).

Esses ciclos eram interpretados como sucessivos estágios de evolução do relevo os quais eram explicados pelo rebaixamento contínuo e redução da declividade conforme a teoria de Davis, o qual chamou ciclo de erosão normal ou geográfico (LIMA, 2015). Eram marcados por um longo período de estabilidade o que permitia a atuação demorada da erosão e um brusco soerguimento responsável pelo desencadeamento de um novo ciclo, cujo desdobramento seguia uma ordem irreversível passando pelos estágios de juventude, maturidade e senilidade (CHRISTOFOLETTI, 2009 *apud* LIMA, 2015).

Nesse modelo interpretativo tem-se "[...] a noção de ciclo supõe uma volta às condições primitivas" (PENTEADO, 1983, p. 94 *apud* LIMA, 2015), o que não acontece na paisagem. Ou seja, "Durante essa sequência pode haver uma fase semelhante a outra passada, mas nunca exatamente igual" (PENTEADO, 1983, p. 94 *apud* LIMA, 2015). Entretanto, Passos e Bigarella (2011, p. 107) ponderam no sentido de que a ideia de um ciclo ideal contínuo só seria possível caso "[...] ocorressem os afastamentos da evolução normal do relevo causados por mudanças climáticas profundas, dificultando a adequação do modelo à realidade do relevo". Essa concepção irá sofrer várias modificações interpretativas no início do século XX com a ressalva da ocorrência de uma negligência quanto à sua problemática central: a sequência de fases até o aplainamento generalizado (CHRISTOFOLETTI, 2009 *apud* LIMA, 2015). Onde, essa concepção "[...] de um desenvolvimento ordenado por ciclos de erosão subsequente é que reside o segredo para a compreensão da Geomorfologia brasileira" (KING, 1956, p. 149 *apud* LIMA, 2015). A partir de tipologias observadas em campo, King (1956 *apud* LIMA, 2015) pondera que a paisagem brasileira tem sua evolução ligada à regressão das escarpas e a processos de pedimentação onde o esboço e as marcas de um ciclo podem ser impressos tão velozmente que ocasionaria o não desenvolvimento completo dos

pedimentos. Destarte, este autor vai interpretar a formação da paisagem brasileira de forma escalonada, à qual sua progressão adentra do litoral ao continente que, em tese, cada superfície aplainada irá permanecer inalterada até a vinda de um novo movimento que seja capaz de soerguer o bloco subcontinental encerrando o ciclo e demarcando um subseqüente, gerando o desenvolvimento de uma nova pediplanície (KING, 1956 *apud* LIMA, 2015).

Em sua proposta interpretativa, King (1956 *apud* LIMA, 2015), todo esse modelado resultaria da interação entre os processos degradacionais, agradacionais e tectônico que seguiria uma ordem cronológica das mais antigas para as mais recentes, tendo ele reconhecido os seguintes níveis para o Brasil: Superfície Fóssil (Carbonífera), com a preponderância de uma sedimentação de uma massa continental em subsidência a qual sofreu uma glaciação antiga; Superfície Desértica (Triásico Superior), possuindo uma grande extensão, com um relevo baixo como uma das características mais marcantes, tendo na série Botucatu a sua base, somada à pouca significação no conjunto paisagístico moderno; Gondwana (Cretáceo Inferior) fazia parte da antiga topografia do continente austral Gondwana antes da abertura do Atlântico; a Pós-Gondwana (Cretáceo Superior), que até então seria a superfície mais alta, gerando uma zona de terrenos de topografia irregular entre um e outro remanescente da superfície Gondwana; Superfície Sul-Americana (Terciário Inferior), tem o início do seu dissecamento ligado, provavelmente, ao início do Paleoceno pelas superfícies subseqüentes que nos dias do presente ainda encontramos resquícios de preservação como as chapadas (cimeira da Chapada do Araripe/CE); Superfícies Velhas (Terciário Superior), característico de uma paisagem pedimentada, pontilhada por remanescentes que muito se assemelham aos *inselbergs*, parcas áreas de aplainamento, principalmente na forma de vales que acabam dissecando o ciclo anterior, gerando, assim, uma extensa sedimentação costeira junto à Formação Barreiras. Por último, tem-se a superfície Paraguaçu (Quaternário) cujas evidências morfológicas estão impressas ao longo das calhas dos sistemas fluviais de menor grandeza que progredem em direção ao oceano (LIMA, 2015).

Ainda segundo King (1956 *apud* LIMA, 2015), o fator climático, com a ressalva das regiões glaciais, periglaciais e extremamente áridas, não seriam capazes de perturbar a evolução das vertentes tendo, ainda, seu potencial reduzido quanto as encostas. Essa calma tectônica, somada às condições climáticas mais

áridas, acabaria gerando ambientes com um ralo e parco extrato vegetal além de um forte regime pluviométrico (SALGADO, 2007 *apud* LIMA, 2015). Em contraponto à concepção proposta por King (1956), Bigarella, Mousinho e Silva (1965 *apud* LIMA, 2015) vão defender que as variações quanto aos tipos de clima (espaço e tempo) irão gerar a dominância de condições morfogenéticas particulares agindo sobre as vertentes. Mesmo que os processos de esculturação do modelado obedeçam às leis físicas específicas, neste caso a intensidade e eficiência estariam diretamente ligadas às condições climáticas locais. Por sua vez, não são capazes de excluir os efeitos tectônicos, contudo, atribuindo-lhes uma relevância secundária cuja função estaria limitada a favorecer a deformação e amplitude altimétrica dos diversos níveis aplainados.

Nos idos da década de 1960, as proposituras de Ab'Sáber e Bigarella (1964 *apud* LIMA, 2015) trarão um novo olhar interpretativo para as pesquisas em Geomorfologia desenvolvidas no Brasil. Esses dois autores foram os pioneiros na inserção da influência climática pretérita sobre morfologia da paisagem (PASSOS e BIGARELLA, 2011 *apud* LIMA, 2015). Neste caso, os princípios da Geomorfologia Climática levariam a considerar o clima como o fator preponderante, essencial e regente dos processos exógenos além de surgir como base explicativa para os processos de pedimentação e pediplanação responsáveis pela esculturação das superfícies de aplainamento no Brasil (BIGARELLA, 2003 *apud* LIMA, 2015). De forma sintética, para Bigarella e Ab'Sáber (1964 *apud* LIMA, 2015), uma condição de clima quente e seco geraria os condicionantes necessário para a formação de extensos pediplanos como também dos níveis de pedimentos encaixados nos vales.

Salvo as suas diferentes formas interpretativas quanto à morfologia do modelado, tanto King (1956 *apud* LIMA, 2015), como Bigarella, Mousinho e Silva (1965), partem de uma premissa comum: a compreensão cíclica do relevo. Enquanto King (1956 *apud* LIMA, 2015) considera o fator tectônico como primordial para o surgimento de novos processos denudacionais, Bigarella, Mousinho e Silva (1965 *apud* LIMA, 2015), se contrapõem, pois, para eles, a ciclicidade dos episódios é preponderante para determinar as alternâncias paleoclimáticas as quais estão essencialmente conjuradas às flutuações do clima entre períodos de aridez e de umidificação. Como síntese de entendimento, teríamos o desenvolvimento das superfícies como alvéolos apresentando diferentes níveis altimétricos estando sua

evolução ligada à ocorrência de *knick-points*⁵ mantidos pela rede de drenagem (BIGARELLA e AB'SÁBER, 1964; BIGARELLA, MOUSINHO e SILVA, 1965; BIGARELLA, 2003 *apud* LIMA, 2015).

Já para King (1956) as superfícies seriam identificadas conforme suas altitudes escalonadas cujos níveis mais baixos corresponderiam às superfícies mais recentes. Não obstante, uma cronologia fortemente delimitada pela posição altimétrica configura-se em um instrumento empírico frágil para o estabelecimento de uma datação relativa e correlação com outras superfícies ao longo do território brasileiro (PASSOS e BIGARELLA, 2011). Devido a possíveis dúvidas quanto ao reconhecimento espacial de feições morfológicas, Mabesoone (2000), alerta para quando se fizer uso do princípio da uniformidade, que seja feito com a devida cautela devido aos processos presentes possam não conter a janela do tempo capaz de desvendar como ocorreu o desenvolvimento pretérito da paisagem.

Outra classificação que foi muito aceita no Brasil é a de Bigarella, Mousinho e Silva (1965). Nela eles identificaram e classificaram o Planalto do Sudeste brasileiro, em três superfícies de aplainamento: Pd3 (Eoceno/Oligoceno), Pd2 (Mioceno) e Pd1 (Plio-pleistoceno); pormenorizado em dois níveis de pedimentos embutidos nos vales: P2 e P1 (Quaternário).

No que tange à interpretação das superfícies de erosão e, por derivação, dos depósitos correlativos estruturados, sobretudo do período Quaternário, esses revelam uma estreita ligação dos eventos agradacionais e degradacionais para com as variações climáticas da Terra, tendo a sua demarcação em dois processos distintos, seguindo, assim, a ideia de bio-resistasia (PASSOS e BIGARELLA, 2011; AB'SÁBER, 2011; MABESOONE e CASTRO, 1975): a primeira fase, de uma erosão extensiva com o desgaste lateral das vertentes, a resistasia, ou atividade morfodinâmica sob um clima árido; a segunda se caracteriza pelo desenvolvimento extensivo dos solos, intitulada de biostasia ou de estabilidade morfodinâmica, sob um clima úmido. O princípio da bio-resistasia é reconhecido no Brasil, principalmente na sua porção meridional e na região sudeste no momento em que a evolução do relevo é concebida e condicionada à alternância de condições úmidas e semiáridas, marcada por decomposição química das rochas e formação de perfis de solos profundos (PASSOS e BIGARELLA, 2011).

⁵Termo geomorfológico para descrever a localização de um canal de rio, ou onde existe uma mudança brusca na inclinação do canal, tal como um lago ou cascata.

A partir desse entendimento, essas paleosuperfícies seriam o produto da ruidosa relação entre mudanças climáticas e processos tectônicos, perpassando por fases pedogenéticas sob condições de um clima quente e úmido em alternância com fases morfogenéticas sob condições climáticas de aridez, sendo marcante a presença de um regime pluviométrico caracterizado por chuvas torrenciais e esporádicas, ocasionando a dominância dos processos de pediplanação na esculturação do relevo. Já nas fases pedogenéticas há o predomínio do dessecamento do modelado provocado por uma incisão linear da rede drenagem. No bojo dessa miscelânea de processos, também ocorreria o recuo das escarpas das vertentes somado ao acúmulo de material detrítico nas bases, levando à formação de rampas que acabam se alongando em direção ao fundo dos vales constituindo a gênese dos pedimentos que, ao coalescerem, acabam originando as superfícies aplainadas ou pediplanos (AB'SÁBER, 1960; BIGARELA, 2003).

Tais modelos interpretativos de evolução cíclica do relevo para o planalto meridional e sudeste brasileiros, foram de grande valia no desvendamento da história geomorfológica do Nordeste tendo em vista que a condição de aridez atual tem relação direta com o modelo de degradação e agradação proposto nesses modelos.

No que diz respeito às contribuições sobre a evolução paisagística do modelado regional do Nordeste brasileiro, primeiro há de se considerar que ela foi interpretada mediante as consequências provocadas pelos sucessivos ciclos de aplainamentos e dos processos epirogenéticos pós-cretáceos (AB'SÁBER, 1969b; MAIA, BEZERRA e CLAUDINO-SALES, 2010). Feita esta colocação, dentre as várias contribuições destacamos as de: Crandall (1910), Dresch (1957) Mabesoone e Castro (1975), Mabesoone (1978), Ab'Sáber (1960, 1969b, 2011), Andrade e Lins (1963), Andrade (1958) e Bigarella (2003). Todos esses trabalhos buscaram identificar a forma como as superfícies escalonadas se desenvolveram ao longo do Cenozoico, por meio dos processos de aplainamentos originados pelo soerguimento de um núcleo primordial, o Planalto da Borborema, o qual Andrade e Lins (1963), fazem referência à sua importância como área nuclear cristalina primaz para deciframento dos processos geomorfológicos pretéritos do Nordeste.

Ainda sobre a importância do Planalto da Borborema, o mesmo pode ser entendido como um maciço elevado, rejuvenescido e com a presença de vastas áreas aplainadas em seu interior (MABESOONE e CASTRO, 1975). Com a ressalva

de que, ao concebê-lo como um maciço soerguido os autores negligenciaram o importante papel da tectônica regional e dos processos morfogenéticos na constituição da estrutura basal em uma escala regional. Outra ponderação a ser feita refere-se à análise de Czajka (1958) que buscou inferir sobre os processos denudacionais do Nordeste sob o enfoque da Geomorfologia Climática enfatizando com veemência a importância da realização da integração entre os fatores tectônicos e erosivos para compreensão atual do modelado regional.

Quanto a esta observação de Czajka (1958), em relação à importância dos fatores tectônicos e erosivos, Mabesoone (1978) acaba por reconhecer, mesmo que de forma genérica, que a reativação tectônica durante Cretáceo e Cenozoico da plataforma brasileira de margem passiva ocasionou rebatimentos na configuração geomorfológica do Nordeste, ao passo "[...] que não é provável existirem ainda restos de superfícies anteriores, como presumem alguns autores. Assim, o relevo nordestino é Cenozoico e talvez na sua maior parte Quaternário". (MABESOONE, 1978, p. 11).

Tomando como base as teorias clássicas, o Planalto da Borborema e adjacências, evoluíram a partir dos disformes e sucessivos aplainamentos escalonados ocorridos ao longo do Cenozoico que nada mais eram do que *feedbacks* erosivos (efeitos) frutos da reativação da plataforma brasileira estando inseparável de uma dinâmica cíclica da epirogenia de margem passiva do continente, moldado, conforme Mabesoone (1966) em vários pediplanos.

Quanto ao Cenozoico, para Mabesoone (1966) suas reverberações no Nordeste brasileiro podem ser compreendidas a partir de três momentos: o primeiro, junto ao Terciário Inferior que faz surgir três pediplanos e dois pedimentos sob condições de semiaridez; o segundo temos as fases intermediárias (umidade) sob um forte intemperismo laterítico com crostas ferruginosas; a última fase tem-se a formação dos depósitos correlativos sedimentares devido ao fim das fases úmidas de erosão sucedidas por fases semiáridas de pediplanação (MABESOONE, 1966).

Tomemos agora como base essa concepção evolutiva de aplainamento no que se refere às superfícies mais antigas do Nordeste brasileiro, estas perfazem os níveis mais elevados (cimeira), todos acima dos 1.000 metros, tendo como característica uma forte dissecação desenvolvida no Albiano e no Oligoceno. Tais níveis teriam correlação direta com as superfícies Pós-Gondwana de King (1956), Pd3 de Bigarella, Mousinho e Silva (1965), superfície Teixeira de Demangeot (1961)

ou ainda, à fase superfície Borborema da superfície Sul-americana de Mabesoone e Castro (1975). Os níveis de aplainamentos intermediários se encontram em áreas com altitudes de 650 a 900 metros, e equivalem à superfície Sul-americana de King (1956), o pediplano Pd2 de Bigarella, Mousinho e Silva (1965) superfície Sul-americana de Mabesoone e Castro (1975) ou ainda Superfície dos Cariris de Demangeot (1961). A cimeira estrutural do Planalto da Borborema seria um testemunho dessas superfícies.

Seguindo, teríamos as superfícies de aplainamento no Planalto da Borborema, com cotas entre 350 e 600 metros de altitude, equivalendo à Superfície Sertaneja de Mabesoone e Castro (1975), Superfície Velhas de King (1956), Pd1 de Bigarella, Mousinho e Silva (1965), a Superfície Patos de Demangeot (1961) ou, ainda, a superfície de aplainamento pliocênico de Andrade (1958) cuja cronologia teve como base os sedimentos do Grupo Barreira de idade Plio-Pleistocênica, formando a superfície de aplainamento mais jovem da região. Iniciando com os vales, a superfície passaria a sofrer um entalhamento no Quaternário, onde os dois níveis (terraços e pedimentos) foram formados. Mesmo não se encontrando abalizados tais níveis são marcas do ciclo polifásico Paraguaçu de King (1956), de Demangeot (1961) e P1 e P2 de Bigarella, Mousinho e Silva (1965).

Devemos trazer sempre conosco ressalvas quanto à compreensão evolutiva do relevo a partir das premissas interpretativas das superfícies de aplainamento as quais se encontram edificadas em um modelo lógico dedutivo também aplicável em um ambiente tectônico de margem passiva. Tendo em vista ser normal o surgimento de críticas, principalmente, quando estes modelos são aplicados de forma setorial e generalista, não fornecendo respostas às questões interpretativas de superfícies compartimentadas em mesoescala ou sub-regional ajustada às peculiaridades locais (TWIDALE, 1982; THOMAS, 1994; MABESOONE, 2000). Entretanto, é comum incorrer em erro quando da tentativa de incorporar ou aplicar os dados obtidos para certa área e até forçá-lo num esquema global sem que sejam considerados os detalhes locais. Tanto para Mabesoone (2000) como para Peulvast e Claudino-Sales (2002), os principais problemas interpretativos estão relacionados ao mau conhecimento dos mecanismos de evolução dos aplainamentos.

As concepções de superfícies escalonadas com idades auferidas por meio do critério topográfico, cuja idade mais antiga estaria relacionada aos níveis altimétricos mais elevados, "[...] não é aplicável extensamente no Nordeste brasileiro onde

paleosuperfícies agradacionais de gêneses e idades semelhantes estão dispostas em cotas distintas” (MAIA, BEZERRA e CLAUDINO-SALES, 2010, p. 11). No entanto, é salutar admitir que as novas constatações para os estudos geomorfológicos, principalmente aqueles conjurados com a Teoria da Tectônica de Placas que, pela feitura de uma correta associação pode levar à construção de contribuições para elaboração de estudos mais coesos sobre a gênese e dinâmica do relevo, seja na borda ou no interior da placa, ressignificando as teorias elucidativas do relevo.

Mesmo que a estabilidade na dinâmica tectônica interplaca fosse condição primaz para a formação de novas superfícies (niveladas) a níveis altimétricos correlatos, não poderíamos esquecer que tais regiões sempre estarão sujeitas às reativações tectônicas, ocasionando uma oscilação entre as fases de estabilidade e instabilidade que acabam por influenciar decisivamente o quadro geodinâmico do modelado geomorfológico do relevo continental.

Em relação ao Nordeste brasileiro, o tectonismo intraplaca é fator condicionante na evolução do relevo (BEZERRA et al., 2008), principalmente quando se observa o trabalhamento na margem passiva da região onde devido ao reativamento das falhas no Cenozoico, acabou por influenciar toda a morfologia e a sedimentação hodierna. Essa concepção se opõe à que considera a tectônica inativa nas bacias sedimentares de margem passiva. Evidências essas comprovadas pelos pulsos tectônicos e às deformações ocorridas nas coberturas sedimentares da porção leste do Planalto da Borborema ocorridas ao longo do Cenozoico (MORAES NETO e ALKMIM, 2001). Devido a essa especificidade, Silva (2012) constatou que a escarpa oriental da Borborema está escalonada a partir do seu *piemont*, estando edificado em degraus de 100, 200 e 250 metros, dando a entender a existência de um movimento tectônico disjuntivo recentemente reativado pelas falhas.

Por esta e por outras características que, “[...] a história geomorfológica de margem passiva é mais complicada do que o prognosticado pelo modelo de pediplanação” (BEZERRA et al., 2008, p. 579). Até porque a origem de tais superfícies é extremamente complexa haja vista que, os postulados não são capazes de desvendar a plenitude da evolução dos aplainamentos, pois os fatores que engendram os processos (exógenos e endógenos) ocorrem de forma muito mutável, no tempo e no espaço, ocasionando uma dúvida quanto à sua adequação

no estudo das formações superficiais sobre as quais estão assentadas o moderno modelado paisagístico. Ficando, portanto, clarividente que uma única teoria não é capaz de interpretar, na totalidade, a origem e formação dessas superfícies em decorrência da “[...] dimensão continental possuem origem poligenética e que a justaposição das diversas teorias constitui uma alternativa para a sua compreensão” (SALGADO, 2007, p. 77).

Partindo da aceção acima, Peulvast e Claudino-Sales (2002, p. 144), trazem o entendimento de que esses aplainamentos não são “[...] fases terminais, mais antes formas transitórias cujos testemunhos, expondo diferentes níveis de evolução ou de degradação, acham-se conservados nas paisagens na forma de heranças”, não devendo ser interpretados tendo como base apenas a sua morfologia e as relações morfológicas que atendam a um modelo hipotético sem dados geocronológicos para suportá-los (CORRÊA e MENDES, 2002). Onde a relação existente entre a geocronologia dos eventos correlatos com os diferentes níveis de resistência das rochas ao intemperismo somado a uma posição relativa dos relevos residuais dentro da paisagem, acabam por fomentar o surgimento de questões-problemas em relação aos modelos hipotéticos das superfícies de aplainamento, seja para invalidar ou reduzir a sua aplicabilidade (CORRÊA, 2003).

Fica latente a necessidade de um melhor entendimento na relação entre a denudação e a deposição a partir da cronologia absoluta, com o intuito de evitarmos possíveis generalizações. Haja vista, para Corrêa e Mendes (2002), essa relação é complexa, partindo do entendimento de que o relevo é um elemento que se arruína concomitante ao tempo em que um nível deposicional correlato continua a evoluir. Tais fatos independem da sua forma e do seu material, até porque o modelado evolui seguindo as leis do equilíbrio dinâmico a partir da tríade - forma, litologia e processos superficiais.

Esses problemas de correlação e da escala espaço-temporal dos processos responsáveis pelo surgimento das superfícies de aplainamentos em áreas de contexto tectônico intraplaca, tendo como exemplo o Nordeste do Brasil, acabaram fomentando o desenvolvimento de uma série de estudos sobre a Geomorfologia do Quaternário para a região (LIMA, 2015). Graças a utilização de técnicas de reconstrução paleogeográfica, mesmo que pontuais, estas acabaram por colocar em xeque as teorias que tentavam conceber a história evolutiva de forma setorial e generalista (LIMA, 2015). Ao fim, não podemos negar a importância das proposituras

clássicas enquanto alicerce para que o conhecimento da ciência geomorfológica fosse ressignificado (LIMA, 2015).

1.2.2. O Quaternário no Nordeste brasileiro

Acerca da importância dos estudos sobre o Quaternário, decorre dele ser o período mais recente da história ecológica da Terra. Nele ocorreu a disseminação da espécie humana somado ao desenvolvimento da quase totalidade da fauna e flora atuais (SALGADO-LABOURIAU, 1994). O vocábulo Quaternário foi utilizado pela primeira vez por Jules Desnoyers (1800-1887), em 1829, numa referência aos depósitos marinhos sobrepostos aos sedimentos terciário da Bacia de Paris, sendo posteriormente ressignificado por Henri Rebour (1763-1839), em 1833, passando a fazer parte da escala geológica como intervalo de tempo cujos depósitos contém associação de restos vegetais e animais atualmente viventes (SUGUIO, 1999). Para além de uma definição puramente bioestratigráfica "[...] pode ser caracterizado também como a idade do homem (SUGUIO, 1999, p. 22).

O Quaternário, por possuir um espaço temporal tão importante para a escala geomorfológica com uma amplitude temporal e processual, fecunda para o desenvolvimento de estudos de compreensão da gênese, dinâmica e processos responsáveis pelo arranjo das várias paisagens que compõe o modelado terrestre, tornando esse período talvez como o mais importante. Na atualidade, a maior parte das paisagens continentais é de uma gênese geomorfológica relativamente recente e os processos que as modificaram continuam atuando. Tais processos estão relacionados, principalmente, com o clima que durante o Quaternário sofreu grandes mudanças (SALGADO-LABOURIAU, 2007), onde muitas das marcas impressas na superfície conseguiram resistir à ação dos agentes erosivos e/ou intempéricos, tornando possível a reconstrução dos processos formadores atuantes durante o Quaternário, leia-se, final Pleistoceno e Holoceno.

Ele abrange os últimos 1,6 milhões de anos, repleto de particularidades ecológicas e ambientais, estando, temporalmente, subdividido em duas épocas temporalmente desiguais: a primeira, o Pleistoceno, que perfaz a maior parte do Quaternário e sucede o Plioceno, demarcado pela primeira grande glaciação de caráter global; e o Holoceno (recente), período breve quando comparado ao Pleistoceno, perfaz os últimos 11.700 anos AP (SUGUIO, 2005; SALGADO-

LABOURIAU, 2007; INQUA, 2014).

Outra característica marcante é a preponderância do frio, com acentuadas mudanças climáticas e intensas modificações na paisagem, ficando conhecido com a “Idade do Gelo” (SALGADO-LABOURIAU, 2007). Apesar de uma série de discussões acerca de qual seria o limite entre o Pleistoceno/Holoceno, Salgado-Labouriau (1994; 2007), considera os 10.000 anos AP, tal como atesta os dados de radiocarbono e, ainda, as recomendações da União Internacional para o Estudo do Quaternário (INQUA).

No perpassar do Quaternário ocorreram cerca de 16 glaciações, de duração variável (média de 100.000 anos cada), sendo interpoladas por curtos e quentes períodos interglaciais, média de 20.000 anos, provocando pulsações climáticas de diferentes intensidades, que por uma questão de disposição cíclica desses eventos acabaram sendo interpretados como o que talvez tenha sido a principal característica desse período (SALGADO-LABOURIAU, 1994, 2007). Entretanto, devido à dificuldade em encontrar marcas dessas glaciações esporádicas sobre a Terra acaba por inibir estudos que busquem melhor elucidar cada ciclo glacial.

As investigações acerca das glaciações quaternárias tiveram início a partir dos vestígios glaciais existentes nos Alpes e nos blocos erráticos no norte europeu. Entretanto, quando do surgimento das observações que indicavam essas duas marcas como evidências de períodos glaciares, as mesmas foram refutadas, pois, a influência da teoria do dilúvio ainda era muito forte o que acabou limitando o desenvolvimento de novas teorias.

Apenas após Louis Agassiz (1807-1873) sistematizar uma série de dados e informações, foi possível comprovar a existências de tais glaciais, abrindo caminho para a proposição da Teoria das Glaciações (SALGADO-LABOURIAU, 1994), permitindo avanços sobre a dinâmica climática global e suas reverberações na paisagem.

Dentre os vários períodos da história da Terra e dos seus períodos glaciares, merece destaque a última glaciação, de *Würn-Wisconsin*, que marcou o Pleistoceno por um frio intenso com uma duração aproximada de 100.000 a 12.000 anos AP, sequencialmente veio o Holoceno com um interglacial ditado por temperaturas mais elevadas e possuidor da maioria dos dados sistematizados. Tal quantidade de dados sobre o Holoceno é devido à sua contemporaneidade para com a civilização humana, do avanço tecnológico que somada à uma curiosidade e

necessidade de entender as flutuações climáticas pretéritas, atuais e futuras, suas respostas interativas nas mais diferentes paisagens da Terra sob uma óptica catastrófica na qual possíveis mudanças bruscas poderiam comprometer a ocupação humana na Terra (INQUA, 2014).

Essa proximidade que o Quaternário apresenta em relação aos dias do presente, quando comparamos com a história da Terra, acaba favorecendo a presença de registros, por vezes bem preservados, mesmo que possam estar espacialmente desconexos e esparsos do continente ao oceano. Some-se a isso a especificidade e complexidade que os dados sobre o Quaternário apresentam, sendo, portanto, mais do que necessário o seu estudo de forma interdisciplinar devido à necessidade de se produzir um conhecimento sólido e correlato, o que poderia ser limitado caso fosse desenvolvido por técnicas isoladas (INQUA, 2014; SUGUIO, 2005). Portanto, estudos interdisciplinares são fundamentais para uma melhor compreensão do Quaternário.

À vista disso, o cenário conhecido para o final do Pleistoceno e de todo o Holoceno é alvo da produção de modelos que fossem capazes de dar suporte às interpretações paleoclimáticas e ambientais dos ciclos glaciais, especialmente, os mais antigos por serem, até o momento, pouco conhecidos (SALGADO, 2007).

No limiar da última glaciação, ocorreu um período de grandes geleiras localizadas no norte europeu e da América do Norte, denominado de Último Máximo Glacial (UMG) (aproximadamente 21.000 anos AP). Nos anos de 1970, por meio do Projeto *Climat*, tomou como referência para delinear o pico do UMG o intervalo de 18.000 a 14.000 anos AP. Em contraponto a esta teoria, Pivel (2009), ao adotar a ordem cronológica do Projeto *Epilog* que estabelece o UMG no intervalo de 23.000 a 19.000 anos AP, chegando a uma janela do passado de 4.000 anos AP, conseguida graças aos testemunhos de gelo e as variações do nível do mar.

Seria errôneo afirmarmos que as mudanças no quadro climático foram sentidas uniformemente ao longo da superfície da Terra, muito menos que tais ciclos se processaram estáveis e livres de oscilações. De uma forma ampla, essas características podem ser facilmente enxergadas quanto aos padrões de oscilações devido eles terem ocorridos de forma extrema - efêmeras ou duradouras, com altas e/ou baixas intensidade, onde as respostas junto às paisagens (*feedback*) acabam sendo mais importantes do que o próprio ciclo em si.

Esta transição ocorrida do Pleistoceno/Holoceno e durante todo o Holoceno,

expressam a importância das flutuações no perpassar de um ciclo para o outro, juntamente, com as impressões que esse momento de transição irá causar às paisagens. Portanto, compreender a influência dessas passagens temporais torna-se um grande desafio para aqueles que estudam o Quaternário.

Esse período oscilatório marcará profundamente o final do Último Glacial pleistocênico, ocasionando, inclusive, desdobramento no Holoceno, em especial no último milênio. Desta feita, teríamos a seguinte descrição: entre 20.000 e 14.000 anos AP, marca o início do recuo das geleiras no sentido dos polos somado a um lento aquecimento da temperatura em todo o planeta; entre 10.000 anos AP e atual interglacial de 8.000 a 7.000 anos AP, teria sido marcado pela presença de um regime pluviométrico torrencial e uma maior umidade devido à influência continental, sobretudo, na América do Norte enquanto que a zona intertropical apresentou uma secura acompanhada de fortes correntes de ventos; entre, 7.600 a 4.500 anos AP marca o início de um Ótimo Climático, marcado como um período mais quente do atual interglacial, na casa dos 2-3°; entre, 4.500 a 4.000 anos AP vai ocorrer uma brusca queda da temperatura, marcando uma das épocas mais frias do interglacial; entre 2.500 e 2.000 anos AP, esta foi a época mais fria do interglacial; entre 1.800 e 1.000 anos AP, devido à elevação das temperaturas este período passou a ser chamado de segundo ótimo climático; seguindo, temos o período entre os séculos XVI e XIX, com o ditame de condições frias junto a paisagem, expressando uma pequena época glacial (pequena idade do gelo); por fim, de 1850 d.C., aos dias do presente, com o retorno e prolongamento às condições mais quentes, juntamente, com recuo do gelo para os polos e às maiores altitudes (SANT'ANNA NETO e NERY, 2005; SALGADO, 2007).

Não há um consenso sobre quando e quanto os níveis de temperatura irão continuar a aumentar em relação ao interglacial tão pouco se permanecerão estanques ou se entraremos em novo ciclo glacial. Contudo, percebe-se que estamos diante de uma nova condição natural da Terra onde os efeitos acabam por interagir em diferentes formas e magnitudes a depender da disposição e das características físicas dos ambientes. Entretanto, as reverberações causadas pelos eventos glaciais não se restringiram às mais elevadas latitudes e às colinas montanhosas do Hemisfério Norte, estas tiveram força para chegar até as baixas altitudes, inclusive, as intertropicais do hemisfério Sul. Tendo em vista a escala espacial e temporal das investigações acerca da “[...] interação dos trópicos com as

regiões extratropicais é fundamental para qualquer visão global do assunto, inclusive, pelo fato dos modelos aplicados aos ambientes de clima temperado não serem capazes de dar conta de explicar as características do modelado presentes nas paisagens tropicais” (THOMAS, 2006, p. 113).

Sobre a assertiva acima, mesmo existindo várias postulações explicativas acerca da ocorrência dos ciclos glaciais e interglaciais, não há um consenso uniforme em relação aos fatores desencadeantes devido a certa ausência de dados quanto a uma causa primaz capaz de potencializar o início e/ou o fim de todo um ciclo glacial. Discordâncias à parte, alguns pesquisadores sugerem a simbiose entre vários fatores, quais sejam: uma mudança topográfica do relevo; alteração dos níveis de radiação solar provocados por meteoros; mudança dos níveis de radiação causada pelas erupções vulcânicas; alterações no eixo de inclinação da rotação (ciclo solar) teoria dos ciclos de *Milankovitch* (SANT'ANNA NETO e NERY, 2005).

Entretanto, Salgado-Labouriau (1994, p. 267) de forma peremptória, afirma que tais teorias não são capazes de “[...] explicar de maneira satisfatória todas as glaciações e os períodos cálidos do passado geológico, nem prevê as futuras glaciações com precisão”. Porém, são capazes de evidenciar possíveis “[...] causas das variações do balanço energético que influem diretamente nas variações da temperatura na Terra” (SALGADO-LABOURIAU, 1994, p. 267).

A importância do Quaternário se sobressai por este ser um momento de profundas modificações em toda a dinâmica climática global com reverberações em praticamente todos os aspectos físicos do planeta: alteração dos padrões de ventos, regime pluviométrico, temperaturas nas faixas latitudinais sem nos esquecermos do expressivo aumento da continentalidade e nos níveis de sedimentação, variações no nível dos oceanos, no regime fluvial, na distribuição da fauna e flora, inclusive, com extinções como também na organização da vida humana.

Em que pese os desafios das pesquisas sobre o Quaternário, estas devem ter a clareza da importância da compreensão que as paisagens, ao longo das mudanças climáticas e suas oscilações, não se processaram de forma homogênea e simultânea como por muito tempo se pensou. Aí é onde entram as especificidades locais e regionais somadas à capacidade de encontrar as respostas necessárias com a ressalva de que tais registros podem não mais expressar os padrões já conhecidos. O que reveste a necessidade da produção de uma quantidade maior de dados a nível local e regional, nas mais diferentes áreas, para que seja possível

fazer o maior número de correlações cronológicas e estratigráficas, possibilitando um avanço no entendimento do período Quaternário.

Deixamos em evidência a importância de não desmerecer o entendimento de toda a dinâmica global de forma que os acontecimentos nas regiões tropicais, bem como interações para com as altas altitudes, durante o último grande intervalo glacial, não sejam negligenciadas. Até porque a ideia de que tais regiões não teriam sofrido qualquer tipo de alteração durante as glaciações já não é mais aceita. Sabe-se hoje que elas sofreram, de forma direta e/ou indireta, as intempéries das variações climáticas do Quaternário (LEDRU et al., 2002; AULER e SMART, 2001).

Tais flutuações acabaram por influenciar, de sobremaneira, todo o arcabouço sensível das paisagens que compõe a região dos trópicos (THOMAS, 2006). As evidências podem ser vistas nas mudanças da vegetação, origem e característica dos sedimentos, no clima a partir da mudança do balanço mantido entre erosão e intemperismo. Este autor enfatiza também que até pouco tempo atrás as mudanças climáticas no Quaternário ocorridas nos trópicos úmidos, eram consideradas incipientes e de menor importância quando comparadas às latitudes superiores mesmo com a existência de fortes indícios impressos nos biomas das regiões tropicais decorrentes das drásticas mudanças climáticas pretéritas e suas diferentes escalas temporal e espacial.

O Quaternário apresenta uma vasta potencialidade para a realização de estudos, principalmente aqueles mais ligados às preocupações ambientais recentes devido aos efeitos das transformações produzidas pelo homem e todas as suas reverberações nas condições de equilíbrio dos sistemas ambientais que constituem o nosso planeta.

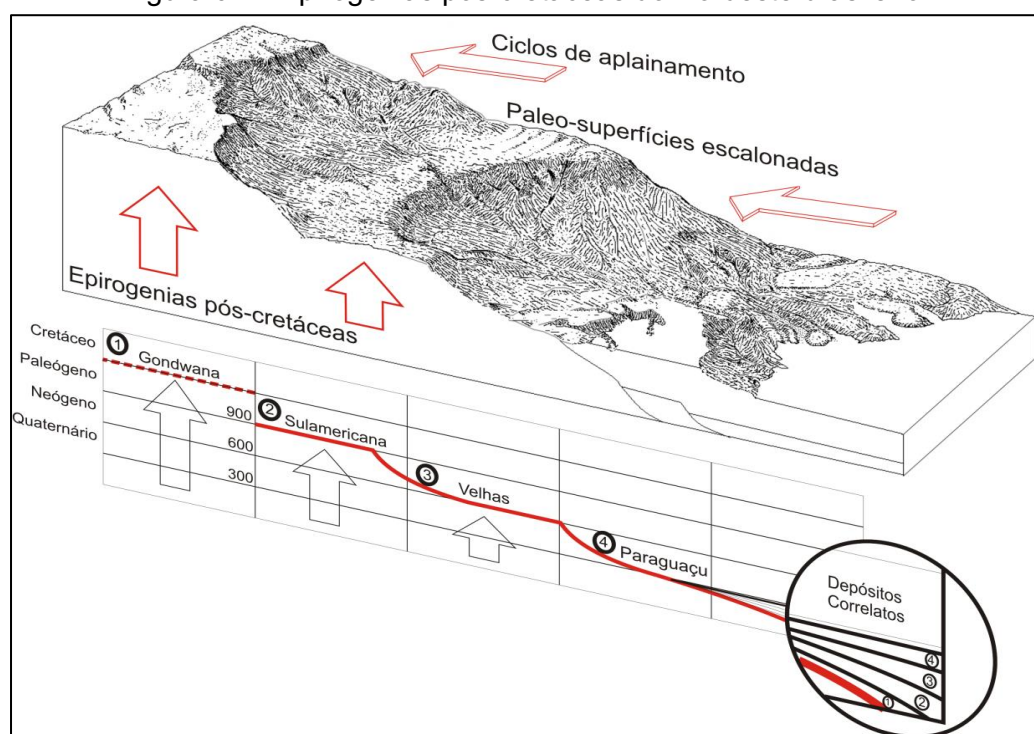
A partir da segunda metade do século XX, com o pioneiro trabalho de Dresch (1957) é que se iniciam as proposições no sentido de compreender a evolução do mosaico paisagístico nordestino. Este autor vai propor uma classificação em três paleosuperfícies de aplainamento. Seguindo, tem-se a proposição de Demangeot (1961) de delimitar em quatro paleosuperfícies, com a inclusão da ocorrência de um evento erosivo precedendo cada fase heterogênea. Entretanto, Ab'Sáber (1960, 1969), propõe a visualização de cinco paleosuperfícies a partir de uma análise geológica-geomorfológica.

O modelado (paleosuperfícies) seria produto dos processos interativos entre a tectônica e as variações climáticas que em decorrência da alternância entre uma

fase pedogenética (quente e úmida) e uma morfogenética (quente e seca) intercalada por um regime pluviométrico torrencial e esporádico, com a dominância dos processos de pediplanação atuando na configuração das paisagens. Em que pese a aplicabilidade desta teoria, podemos dizer que ela foi o catalisador para o desenvolvimento de uma geomorfologia do quaternário para o Nordeste brasileiro.

O modelo baseado na ocorrência de epirogenias pós-cretáceas (Figura 01), as quais são acompanhadas por fases de dissecação e pediplanação potencializadas pela existência de um clima excepcional. Essa concepção evolutiva foi difundida por Ab'Sáber (1960), Andrade e Lins (1963), Mabesoone e Castro (1975). Estes pesquisadores passaram a reconhecer o escalonamento das superfícies, fruto de fases de aplainamentos derivadas de processos erosivos iniciados a partir do soerguimento do centro do bloco continental. Ou seja, tanto as seqüências do Mesozoico como do Cenozoico seriam produto de uma erosão decorrente desse soerguimento e, conseqüentemente, do posterior rebaixamento do nível de base regional (MABESOONE e CASTRO, 1975).

Figura 01 – Epirogenias pós-cretáceas do Nordeste brasileiro.

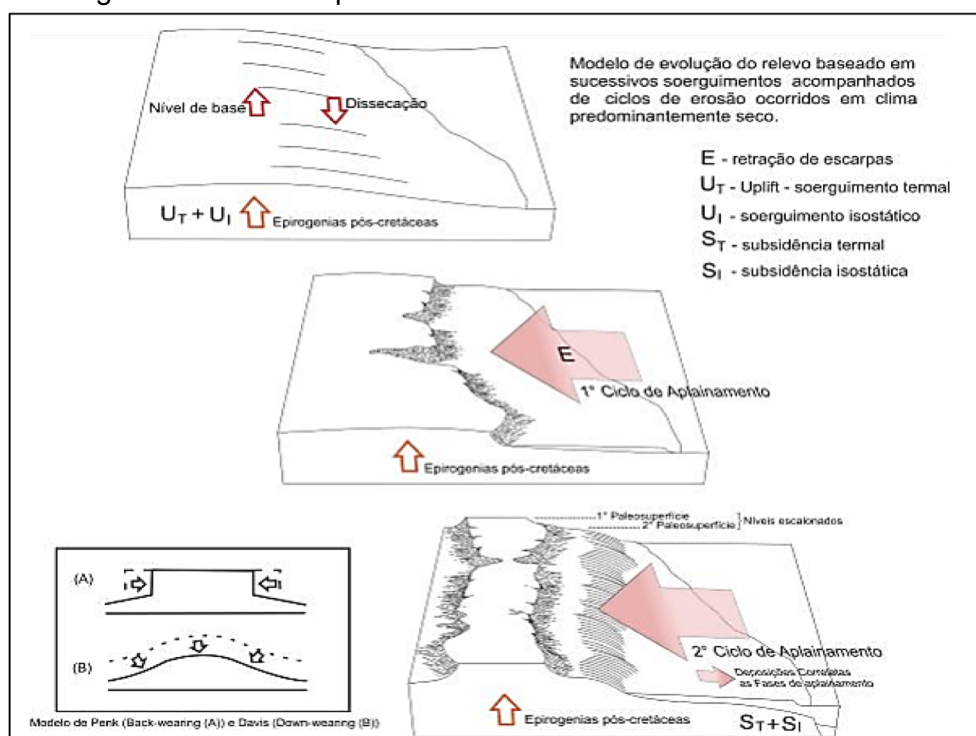


Fonte: Maia e Bezerra (2011).

Desta feita, após o soerguimento poligênico acarretaria o desencadeamento de sucessivos processos de erosão linear entalhando os vales fluviais (DANTAS,

2016). Esse retrabalhamento seria o responsável pela gênese das vertentes que, submetidas à uma condição de aridez, regrediriam lateralmente preservando sua altimetria aqui interpretada como uma paleosuperfície, somado a isso, a tectônica teria o papel de evidenciar a diferenciação dos níveis de base potencializando a atuação dos processos de dissecação (DANTAS, 2016) (Figura 02).

Figura 02 – Paleosuperfícies escalonadas do Nordeste brasileiro.



Fonte: Maia, Bezerra e Claudino Sales (2010).

Assim, este modelo interpretativo, ilustrado na figura acima, considera as morfoestruturas como produtos originados de períodos de soerguimento (dissecação) e estabilização (aplainamento regional) (DANTAS, 2016). Ou seja, os terraços, as superfícies de aplainamento e os depósitos correlativos são fontes de dados imprescindíveis para análise e compreensão do quadro evolutivo geomorfológico do Nordeste brasileiro, não obstante, ressalta-se que a maioria dos depósitos frutos da evolução das superfícies de aplainamento existentes no Nordeste são afossilíferos, ou seja, difícil é o estabelecimento de uma cronologia exata (DANTAS, 2016).

Várias especificidades caracterizam o interior paisagístico do Semiárido nordestino, perfis de solo típicos de ambientes úmidos, áreas com a presença de

cascalheiras, ocorrências de *kettle*⁶, mantos de alteração e depósitos de encosta. Essas características acabam por fomentar pesquisas que buscaram elucidar o quadro evolutivo dessas paisagens, sobremaneira, durante o Pleistoceno Superior e todo o Holoceno. Para Pessenda et al. (2010 *apud* LIMA, 2016) o Nordeste do Brasil se apresenta com uma área estratégica para a realização de pesquisa sobre as mudanças climáticas a nível de América do Sul em decorrência das suas características físico-climáticas e sua posição privilegiada em relação ao equador (LIMA, 2016).

Mutzenberg (2007) assinalou uma série de evidências ligadas à deposição no Nordeste quando do Último Máximo Glacial (UMG), onde prevalecia um clima mais frio e seco, com a presença de um regime de chuvas torrenciais e irregulares. Em seu estudo, Mutzenberg (2007), conseguiu identificar vários episódios de deposição, permitindo inferir quatro postulações: a primeira, que durante a transição do Pleistoceno para o Holoceno, tenha ocorrido um período de maior umidade possibilitando o desenvolvimento de uma cobertura vegetal mais densa, em decorrência de um possível aquecimento do planeta; a segunda, conforme dados geocronológicos, há cerca de 11.000 anos AP, portanto, anterior ao limite Pleistoceno/Holoceno, haveria ocorrido intenso resfriamento acompanhado de um clima mais seco, característico de eventos *Younger Dryas*; a terceira seria o súbito e marcante aumento da umidade ao longo do Holoceno Inferior que acabou por impregnar suas marcas na paisagem por meio da remobilização do regolito potencializado pela ocorrência de eventos pluviométricos extremos; a quarta liga essa umidade à uma condição climática mais quente que acaba permanecendo no Holoceno Médio, potencializando o intemperismo químico, a expansão e o adensamento da cobertura vegetal; o último, tendo como quadro o Holoceno Superior, haveria um processo de equilíbrio entre os processos de deposição e de estabilização do conjunto paisagístico (MUTZENBERG, 2007).

O autor detectou, também, que o perpassar do Penúltimo Máximo Glacial e o Último Interglacial, 42.000 anos AP, foi marcado pela existência de grandes episódios de dissipação de energia com uma rápida remobilização dos depósitos de tálus devido a presença de regime pluviométrico torrencial em uma área de vegetação aberta após a ocorrência de um período seco. Remobilização essa

⁶Marmita de gigante.

ocorreu através dos leques aluviais que portavam grande carga energética.

O entendimento acima já havia sido atestado por Barreto (1996), mediante a utilização de técnicas de datação por Termoluminescência (TL) que conseguiu observar descontínuas e intensas fases de sedimentação eólica entre 28.000 e 9.000 anos AP, nas paleodunas existentes no município de Xique-Xique, no estado da Bahia. Para a referida autora, essa intensa sedimentação eólica viria acompanhada de um aumento na taxa de umidade para toda a região. Aumento esse comprovado por meio dos registros de pólen coletados no vale do Rio Icatu (oeste da Bahia), os quais sugerem níveis elevados de umidade e expansão da vegetação úmida (DE OLIVEIRA, BARRETO e SUGUIO, 1999).

Entretanto, é sabido que o Holoceno Superior foi marcado por uma reduzida taxa de sedimentação de encosta e o surgimento de sedimentação aluvial em resposta ao início do ENOS contemporâneo de alta frequência, secas de elevada magnitude e abrangência regional com intervalos úmidos menores somados à uma baixa capacidade de gerar significativos fluxos gravitacionais (BARRETO, 2010).

Acerca da paleopluviosidade na região, Barreto (2010) constata que durante todo o período deglacial e Holoceno bem como em parte da última glaciação, a porção central do Nordeste brasileiro esteve sob condições de paleopluviosidades subordinadas, essencialmente, às fases de alta (baixa) insolação de verão cuja alteração gradativa na insolação levaria à uma diminuição da paleoprecipitação na região, o que não foi observado apenas para o período entre 40.000 e 20.000 anos AP (BARRETO, 2010).

Todavia, as condições climáticas regionais ao final do último período glacial se encontram divergentes em relação às condições climáticas mais úmidas aferidas para grande parte do período deglacial e no Holoceno Superior e Médio, principalmente, entre os intervalos de 17.000 a 15.000 AP e 13.000 a 5.000 anos AP. Apenas no seu limiar, de 5.000 anos AP até o presente, foi possível observar o retorno às condições climáticas secas que caracterizam a região (BARRETO, 2010).

Ressalta-se, também, que para o Nordeste do Brasil, o UMC acabou não seguindo o seu padrão geral tal como ocorreu na Amazônia e no Sudeste brasileiro, em decorrência, principalmente, de marcas que comprovam uma determinada variabilidade nos padrões pluviométricos ocorridos na região quando das glaciações, mostrando que é necessário que sejam tomadas as devidas precauções quanto à formulação de interpretações generalistas.

Outro fator muito importante para entendermos as mudanças paisagísticas ocorridas durante o Quaternário no Nordeste brasileiro diz respeito à análise das paleovegetações, até porque a sua formação, expansão e retração estarão diretamente ligadas às mudanças ocorridas no modelado onde os registros de pólen são uma importante ferramenta para compreensão da dinâmica vegetacional e climática. Behling et al. (2000), demonstram que desde o final do Último Glacial e início do Holoceno (42.000 a 8.500 anos AP) a Caatinga já se fazia presente em todo o Nordeste brasileiro, inclusive com a sua marcante condição de semiaridez apresentando alternância nos níveis pluviométricos (BEHLING et al., 2000).

Seguindo ainda as conclusões dos referidos autores, de 15.500 a 11.800 anos AP, houve uma expansão da vegetação de floresta e de mata de galeria devido à ocorrência de maior umidade no Nordeste, aumento o qual estaria diretamente ligado ao final do glacial em toda a região que acabou favorecendo o deslocamento anual da ZCIT sobre o Nordeste, trazendo consigo correntes de frentes frias da Antártida e gerando mudanças das células de alta pressão que atuava junto ao atlântico Sul (BEHLING et al., 2000; BEHLING e HOOGHIEMSTRA, 2001). Ao tempo que, para Damuth e Fairbridge (1970), a história do Quaternário do Brasil foi ditada a partir de um deslocamento repetido da célula de alta pressão do Atlântico Sul, na direção norte, principalmente, nas épocas glaciais e para o sul nos períodos interglaciais.

Em relação às paleovegetações, Pessenda et al. (2010) reconhece três fases: a primeira, de 18.000 a 10.000 anos AP, com predomínio de um extrato arbóreo, típico de floresta favorecido por um clima mais úmido, conforme constatado por Behling et al. (2000); a segunda, entre 10.000 anos AP para 4.500 a 3.200 anos AP, que culminou com a expansão de uma vegetação aberta (savana), ocorrendo, inclusive, uma redistribuição das espécies vegetais (BIGARELLA, ANDRADE-LIMA e RIEHS, 1975); a última corre após 3.000 anos AP, com o estabelecimento do domínio da vegetação verossímil ao estágio atual, decorrente de uma sutil fase mais úmida (BIGARELLA, ANDRADE-LIMA e RIEHS, 1975).

Em face dos registros paleoclimáticos postulados para a região Nordeste, verifica-se uma padronização dos eventos que ocorreram desde o UMG até o Holoceno Superior. A transição Pleistoceno/Holoceno foi marcadamente mais úmida enquanto o Holoceno Inferior e Médio esteve sob condições climáticas menos úmidas e mais quentes (BIGARELLA, ANDRADE-LIMA e RIEHS, 1975). A partir do

Holoceno Médio, características próximas das atuais foram registradas.

Apesar de todos os dados apresentados até aqui, seja sobre a evolução do modelado e relativo às mudanças paleovegetacionais, far-se-á necessário a realização de outros trabalhos, principalmente nas escalas locais e regionais, no intuito de fortalecer tais postulações, evitando de cairmos nas generalizações, pois, devemos reconhecer as especificidades desse extenso conjunto paisagístico. Até porque, toda e qualquer sistematização deve ser edificada em uma sólida base de dados no intuito de garantir a qualidade dos trabalhos que busquem reconstruir os eventos ocorridos ao longo do Quaternário no Nordeste brasileiro.

1.2.3. Reconstrução paleogeográfica do Quaternário

O olhar detalhado sobre os registros quaternários impressos nas plataformas continental e marinha, são o caminho para descortinarmos a história ecológica do conjunto paisagístico do planeta, principalmente nos últimos 100.000 anos. A criação de modelos (cenários) de forma que possam cingir o tempo no Quaternário servirão como espelho para as investigações que busquem compreender as transformações ocorridas nesse importante período do tempo geológico.

O desenvolvimento de pesquisas paleogeográficas eram minoritárias quando comparadas com as compartimentadas, setoriais e regionais, somada à uma falta de métodos, forma de coleta de dados e, principalmente, técnicas capazes de alavancar de uma vez esta forma de pesquisa que, em seu cerne, sempre teve uma preocupação em desvendar o tempo profundo da história ecológica da terra.

Foi graças às presunções trazidas pelas teorias do uniformitarismo, das glaciações, dos sistemas e das diferenças sobre a causa principal dos câmbios climáticos, ciclo natural da natureza ou ação humana, que novos postulados surgiram para estudos sobre o Quaternário, sobretudo, os propunham, de forma ousada, a reconstrução ambiental na direção da proposição de panoramas (LIMA, 2016).

Por possuir a sua própria dialética, a natureza acaba por reverberar suas ações bióticas em diferentes escalas, seja no tempo ou no espaço, fazendo necessária a devida cautela quando se busca compreender e correlacionar os seus acontecimentos. Essa característica demonstra, mais uma vez, o peso que as informações auferidas do Quaternário, tendo em vista a possibilidade de abscessos

nas correlações na relação tempo-espço, nas múltiplas escalas e dos processos evolutivos que atuaram na configuração de determinada paisagem a partir de um passado remoto no contexto dos dias do presente.

O início das pesquisas paleoambientais no Brasil datam da década de 1950, contudo, apenas após a década de 1970, favorecida pela primeira grande expansão do ensino superior no país somado ao avanço tecnológico fez com que esse tipo de pesquisa ganhasse envergadura. A partir de então, teve início o que seriam as primeiras tentativas de esboçar o Quaternário tardio a nível regional. Como em qualquer ciência todo começo é difícil, inúmeros foram os problemas e dificuldades encontradas no desenvolver das primeiras pesquisas.

Sobre as dificuldades e problemas iniciais, os mais recorrentes eram os relacionados aos problemas quanto à identificação de feições geomorfológicas de ambientes semiáridos em regiões de ambiente úmido, padrões fitogeográficos discordantes, condições pedogenéticas atuais e perfis de solos típicos de ambientes úmidos em regiões dominadas pela semiaridez (SUGUIO, 1999). As respostas para essa janela sob a óptica do atual estado climático, só seriam respondidas quando o compasso do tempo profundo fosse capaz de ser resgatado, ou seja, era necessário realizar uma interpretação cronológica dos eventos que modelaram essas paisagens discrepantes. Tarefa essa difícil de alcançar, tais registros são capazes de permitir a construção de uma interpretação paleogeográfica de forma fragmentada e descontínua, portanto, limitada em relação à possibilidade de se estabelecer as devidas interpretações e correlações observadas em campo.

É no contexto deste momento histórico que se inicia o desenvolvimento das pesquisas paleogeográficas no Brasil, merecendo destaque o esforço inicial dos trabalhos que buscavam entender os processos morfogenéticos característicos que se sucederam (cronologia) numa determinada estrutura superficial durante as variações intertropicais do Quaternário (LIMA, 2016). Tais variações rechaçam a possível existência de uma ideia de limite invariável de formas climaticamente definidas (THOMAS, 2006 *apud* LIMA, 2016).

Um grande passo foi dado quando Ab'Sáber (1969^a, p. 16 *apud* LIMA, 2016, p. 62-63) enfatiza a importância da estrutura superficial da paisagem, já que "[...] é feita à custa das marcas acumuladas pelos processos morfoclimáticos e deposicionais de um flutuante quaternário". As feições geradas, mesmo que sejam praticamente apagadas, semiapagadas e/ou remodeladas "[...] pelos processos

morfoclimáticos ulteriores, os seus escombros - inclusos descontinuamente na estrutura superficial das paisagens - terão o valor objetivo de uma correlação a ser historicamente registrada.

Mesmo com a existência na literatura de uma numerosa quantidade de contribuições sobre as flutuações climáticas pretéritas e seus rebatimentos na modelagem do relevo, é importante cotejarmos que de forma isolada elas não são capazes de dar conta de todo o quadro evolutivo do modelado terrestre. Devemos considerar que para além do quadro climático oscilante, temos a tez da terra sendo diretamente influenciada por um complexo sistema estrutural e sua dinâmica interna que acabam por exercer um forte comando sobre a superfície. Onde, tanto a intensidade como a frequência dos pulsos superficiais foram capazes de desenhar as paisagens quaternárias, são *feedbacks* das interações entre o arcabouço estrutural e os fatores internos somados à ocorrência dos processos superficiais potencializados pelas condições climáticas, fatos os quais devem ser ressaltados e pormenorizados quando da realização das reflexões e interpretações geomorfológicas.

1.3. Geografia e Desertificação

Em nossa breve trajetória enquanto pesquisador da temática, percebemos que o campo de estudo relacionado à desertificação encontra-se, ainda, bastante disperso e carente de maior atenção. Em meio ao exercício da leitura e reflexão, despertou a necessidade e a vontade de investigarmos as produções dessa área buscando conhecer quais contribuições, conclusões e as questões em aberto que elas têm apresentado ao debate contemporâneo da desertificação. Essa dificuldade decorre, principalmente, devido o próprio conceito de "desertificação" ir de encontro com o *modus operandi* das disciplinas tradicionais da ciência. Não obstante, sua forte conotação transdisciplinar acaba à fórceps capitalizando um necessário, porém, difícil diálogo entre as diferentes áreas do saber. Historicamente esse quadro tem influenciado a forma como as pesquisas abordam a temática.

A análise do tipo Estado da Arte permite aferir num recorte temporal definido de forma sistemática para um determinado campo de conhecimento. Reconhecer os principais resultados da investigação, identificar temáticas e abordagens dominantes e emergentes bem como lacunas e campos inexplorados abertos a pesquisas

futuras. Nossa intenção foi descortinar o Estado da Arte referente à produção acadêmica discente dos programas nacionais de pós-graduação *stricto sensu* em Geografia a partir da análise das dissertações de mestrado e teses de doutoramento, tendo como objetivo avaliar o caminho já percorrido, as fragilidades e as lacunas que por ventura precisem de ajustes.

A primeira etapa da pesquisa consistiu na identificação, dentro do levantamento realizado, nas dissertações de mestrado e teses de doutorado sobre a temática da desertificação. A identificação dos trabalhos pertinentes ao campo foi realizada através da pesquisa nas palavras-chave e conteúdo dos resumos das obras, elaborados pelos próprios autores. Posteriormente, as dissertações e teses foram processadas em maior profundidade, todos os apontamentos de análise foram sistematizados (fichamento) para complementar a análise do conteúdo das obras. Essa análise compreendeu a identificação do objetivo, do problema de pesquisa, da abordagem teórica, tipo e metodologia da pesquisa e suas conclusões, terminando com uma apreciação crítica do trabalho.

A presente análise, por uma questão de demanda de tempo e, também, por não ser o foco principal da tese, não incide sobre a produção de conhecimentos total processada - embora o levantamento e a base de dados bibliográficos permitam esse nível de análise - tarefa pendente para um outro momento, que com dedicação e cuidados necessários, será possível aferir de forma mais abrangente todo o conhecimento produzido sobre a desertificação no Brasil.

O campo teórico e prático do estudo da desertificação é um terreno vasto e movediço, repleto de inquietações e árido de convergências, sem contar nas numerosas interfaces com temas correlatos espalhados por diversas áreas do conhecimento. Para efeito do levantamento, foram considerados os estudos relativos à degradação preconizada na UNCCD (1994). Portanto, a pesquisa compreendeu trabalhos que abordam diferentes concepções, metodologias e práticas de análise da problemática da desertificação, envolvendo questões relativas à geologia, climatologia, pedologia, botânica, economia, agronomia, ciência política e etc. Como há uma lacuna no conceito oficial da desertificação quanto ao reconhecimento e utilização de escalas (espacial e temporal) para reconhecimento e análise dos processos de degradação, foram considerados também estudos com a presença ou ausência desses componentes analíticos.

1.3.1. A desertificação no contexto da Geografia acadêmica brasileira

Para desenvolvimento desta etapa, o primeiro passo foi a realização de buscas e coleta do material para análise: dissertações de mestrado e teses de doutorado existentes nos 65 Programas de Pós-Graduação (27 programas de mestrado acadêmico, 03 programas de mestrado profissional e 35 programas de mestrado/doutorado), alocados na área da Geografia da CAPES, relacionadas à temática da desertificação. Foram selecionados para análise documentos nos quais constasse no título, no resumo ou na ficha catalográfica menção a palavra “desertificação”, dentro do Banco de Teses da CAPES, da Plataforma Sucupira da CAPES e da realização de busca individualizada nos sítios eletrônicos de cada programa.

Estabelecemos uma forma de trabalho a partir da interação entre o pesquisador e o objeto, pois esta implica em primeiro examinar o texto e classificá-lo com a maior clareza possível de acordo com as seguintes etapas:

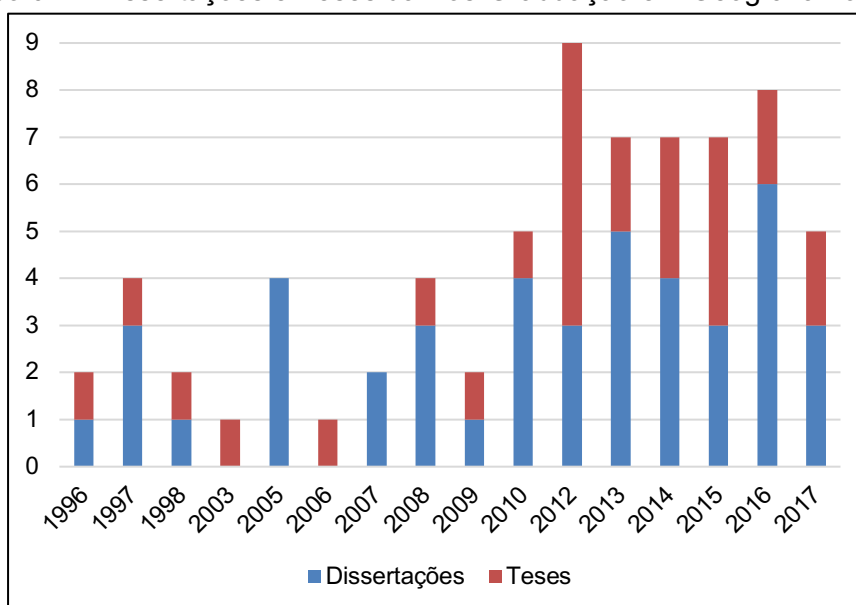
- a) Configuração dos aspectos considerados na classificação e descrição dos trabalhos;
- b) Leitura e classificação dos documentos com relação aos aspectos definidos na etapa anterior;
- c) Organização dos dados observados em fichas de classificação para a geração de um banco de dados;
- d) Análise dos dados identificados por cada um dos pesquisadores para obtenção de um consenso dos resultados a respeito de cada item classificado e assim validar os dados obtidos;
- e) Organização dos resultados da classificação dos documentos com relação aos vários aspectos analisados em tabelas e gráficos utilizando como ferramenta o software Excel;
- f) Análise dos resultados e elaboração das principais tendências verificadas nos documentos, com o intuito de observar as possíveis contribuições desta produção acadêmica e apontar possíveis lacunas existentes.

Os documentos selecionados foram classificados conforme os seguintes critérios:

1. Ano da defesa;
2. Tipo de trabalho: dissertação ou tese;
3. Instituição de vínculo dos autores;
4. Nível de análise (local ou regional);
5. Metodologia utilizada (climática, degradação dos solos, geoprocessamento, degradação da vegetação e governança).

Reunimos 70 documentos, sendo que deste total, identificamos 43 dissertações de mestrado e 27 teses de doutorado, relacionadas à temática da desertificação, produzidos nos Programas de Pós-Graduação da área de Geografia, no último decênio. A distribuição do número de dissertações e teses de acordo com o ano de defesa está representada abaixo (Gráfico 01), que ilustra o crescimento da produção de documentos relativa à temática da desertificação ao longo do período analisado.

Gráfico 01 – Dissertações e Teses da Pós-Graduação em Geografia no Brasil.



Fonte: CAPES.

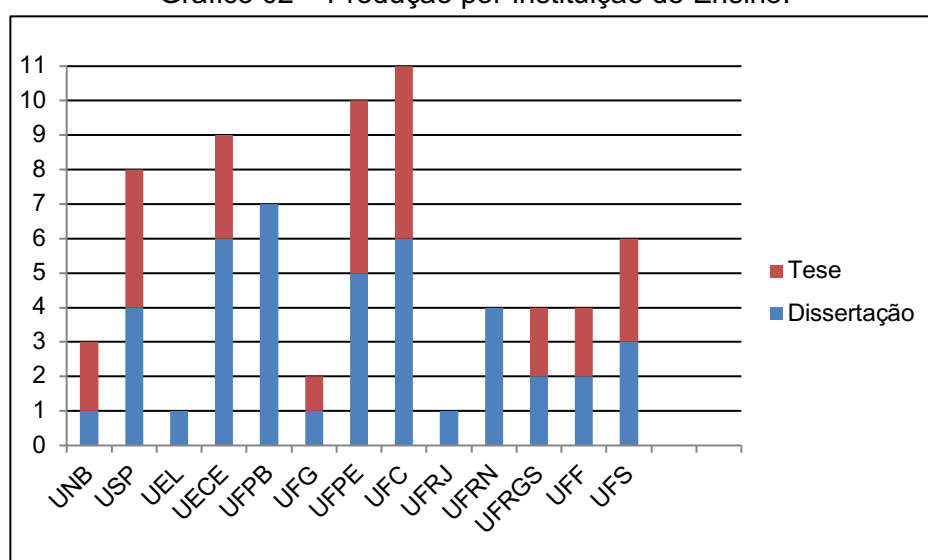
Tanto a primeira defesa de mestrado como a de doutorado foram realizadas no ano de 1996, referente a trabalhos desenvolvidos junto aos Programas de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo. O Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFPE foi o primeiro no Nordeste a obter

credenciamento em nível de doutorado, no ano de 2003, o que em parte explica a localização da produção da primeira tese defendida na região, fato que explica o porquê da primeira tese sobre a desertificação ter sido realizada no Programa de Pós-Graduação em Geografia Física da Universidade de São Paulo.

Também podemos notar que 61,42% da produção analisada correspondem a dissertações de mestrado. Este resultado se deve ao fato de alguns Programas de Pós-Graduação em Geografia, em especial no Nordeste, terem começado a desenvolver trabalhos acadêmicos em nível de doutorado somente a partir de 2003.

É digno de nota o crescimento substancial no número de teses e dissertações a partir do ano de 2010 (Gráfico 02). Percebe-se esse crescimento após o ano, como resultado da expansão e fortalecimento dos Programas de Pós-Graduação em Geografia localizados no Nordeste a partir do ano de 2003, como já foi mencionado anteriormente. No total, foram reconhecidos 07 novos cursos (04 de mestrado e 03 de doutorado).

Gráfico 02 – Produção por Instituição de Ensino.



Fonte: CAPES.

É importante frisar a contribuição de Programas das regiões Sul e Sudeste, que juntas contribuíram com significativos 25,71% do total de produções em análise. Em relação aos Programas do Nordeste, estes contribuíram com 67,14% das dissertações e teses defendidas sobre a temática no período em análise. A região Centro-Oeste, contribuiu com 7,14%.

Nessa perspectiva de um contínuo crescimento a médio e longo prazos de estudos sobre a desertificação no âmbito da Pós-Graduação em Geografia, podemos ressaltar que algumas instituições, mesmo que timidamente, já despontam como centros aglutinadores de estudiosos debruçados sobre a temática em destaque. Regionalmente, as Universidades Federais de Pernambuco (UFPE) e da Paraíba (UFPB), Universidade Estadual do Ceará (UECE) e Universidade Federal do Ceará (UFC) são as que apresentam maior produção acadêmica.

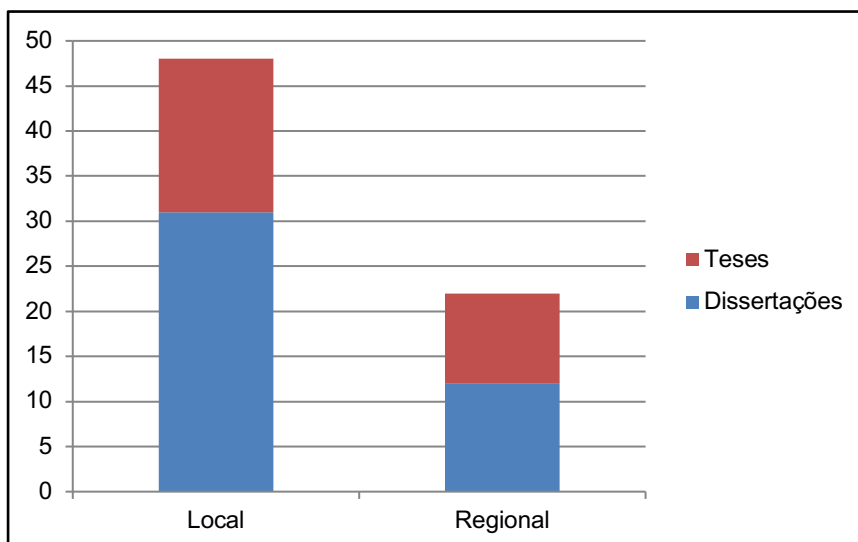
Assim, ao verticalizarmos a nossa análise, podemos ter a compreensão da formação desses centros. O gráfico anterior expressa esse quadro onde os programas de pós-graduação localizados na região Nordeste apresentam a primazia no desenvolvimento de tais pesquisas pelo conjunto de razões já expostas.

1.3.2. A produção, escalas de análise e as metodologias utilizadas

É perceptível o crescimento de estudos sobre a temática da desertificação junto aos Programas de Pós-Graduação em Geografia (Gráfico 01), em especial aqueles localizados na região Nordeste. Tal crescimento justifica-se não só pela necessidade que esta temática representa ao considerarmos o crescente quadro evolutivo de degradação no Semiárido nordestino.

No que se refere às escalas de análise (Gráfico 03), conforme pode ser observado, percebe-se a dominância de trabalhos locais em detrimento dos regionais. Assim, prevalecem os trabalhos desenvolvidos dentro de determinadas áreas de estudos localizadas no interior dos municípios, mormente chamados de “núcleos de desertificação”. A título de exemplo, podemos citar os estudos realizados nos municípios e/ou núcleos de desertificação de: Cabrobó (PE), Gilbués (PI), Inhamus (CE), Irauçuba (CE), Jaguaribe (CE) e Seridó (PB e RN), com 59 municípios inseridos no perímetro (BRASIL, 2005).

Gráfico 03 – Escalas de análise.



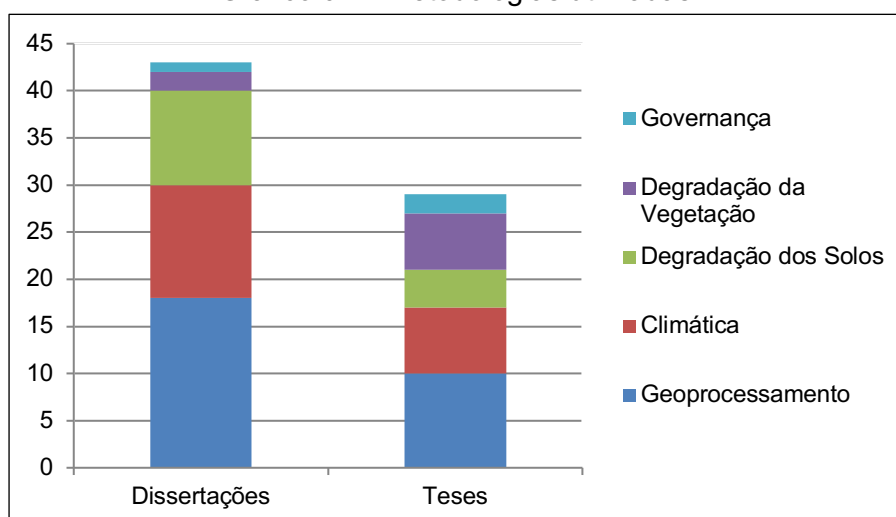
Fonte: CAPES.

Em que pese a importância destes trabalhos, estudos locais acabam por pouco contribuírem para a construção de uma compreensão mais sólida quanto à dimensão dos processos de desertificação no Semiárido nordestino, sem contar que não são capazes de gerar subsídios que mitiguem seus efeitos, pelo fato da grande maioria desses trabalhos terem como base empírica observações pontuais e momentâneas de determinadas áreas. Quando nos referimos a análises pontuais e momentâneas, queremos dizer que o pesquisador possa ter negligenciado um dos principais quesitos para o estudo da desertificação: a temporariedade dos dados. Portanto, a depender da forma de coleta e obtenção dos dados, a realização de uma análise que acompanhe a dinâmica processual de uma determinada paisagem fica comprometido.

Assim, é salutar o estímulo a reflexões que busquem discutir critérios escalares regionais através da análise de como têm sido apresentadas as pesquisas científicas sobre a temática na perspectiva de construir e difundir, ainda mais, o conhecimento sobre a desertificação (VERDUM, et al., 2002).

Em se tratando das metodologias empregadas, conforme pode ser observado há uma grande diversidade quanto às que são empregadas. Vão desde as modernas técnicas de Geoprocessamento, principalmente na realização de mapeamentos e classificação das áreas degradadas com uma posterior confirmação em campo e de análise multitemporal com o emprego de índices de vegetação (Gráfico 04).

Gráfico 04 – Metodologias utilizadas.



Fonte: CAPES.

Dentre os quais se destaca a utilização dos Índices de Vegetação de Diferença Normalizada (NDVI), pelas análises climáticas, degradação dos solos, degradação da vegetação e até mesmo as que fazem uso da análise da governança pública e suas políticas de combate à desertificação (Gráfico 04). Em relação às outras duas temáticas metodológicas, climática e degradação dos solos, a primeira é analisada basicamente numa perspectiva da análise rítmica histórica, atentando, justamente, para a variação dos volumes de precipitações em determinadas porções do Semiárido nordestino. Análise essa, também, em sua maioria, realizada a nível local que, por vezes, esbarra na falta de séries históricas como por exemplo os mapas pluviométricos.

A análise da degradação dos solos como parâmetro metodológico para o estudo da desertificação, consideramos a mais bem estruturada das metodologias presentes nas teses e dissertações analisadas. Nesse caso, temos a coleta de solos para análise laboratorial dos seus atributos físico, químicos e de fertilidade em pontos de amostras que sofreram supressão da vegetação e/ou vêm sofrendo outros tipos de uso, a fim de identificar se houve alterações nos padrões normais de fertilidade natural encontrado, originalmente, em decorrência do próprio conceito de desertificação em sua essência relacionar diretamente esse tipo de degradação com a diminuição desses parâmetros pedológicos.

Outro ponto de destaque é a precaução de realizar essas ações onde as características de preservação/degradação apresentassem o espaço temporal de

pelo menos 20 anos a partir do relato das populações que habitam o entorno dessas terras.

A adoção desse procedimento procura assim seguir o que a UNCCD (1994) define como degradação da terra, onde uma questão de fundamental importância está relacionada à aquisição dos dados no que diz respeito a série temporal em que foram adquiridos para acompanharmos a dinâmica do que vem acontecendo (SAMPAIO, ARAÚJO e SAMPAIO, 2005), evitando, assim, qualificarmos a paisagem como desertificada utilizando informações extraídas com base em uma situação momentânea.

Apesar das análises se apresentarem concisas quanto aos objetivos a serem alcançados, se horizontalizarmos um pouco o nosso leque de análise é perceptível as dificuldades para a construção de uma metodologia enquanto instrumento "universal" para a geração de conhecimentos específicos sobre desertificação. Ou seja, os procedimentos que vêm sendo praticados nos levam a pensar que as atuais metodologias de estudo da desertificação se configuram como aglomerados de conhecimentos de diferentes áreas que se deseja colocar a serviço da compreensão de um problema.

Quanto as metodologias empregadas nos estudos de desertificação para o Nordeste, observam-se, como em todo o mundo, muitas divergências. A dificuldade de compreensão, e de uma melhor abordagem do problema, parece estar relacionada à inadequação existente entre as escalas de trabalho e as metodologias propostas. Aos trabalhos realizados para grandes áreas, em âmbito regional, a análise climatológica (tendências, ciclicidade, variabilidade, índices de aridez) e técnicas ligadas ao uso de sensoriamento remoto, como medidas de refletividade, índice de vegetação, umidade do solo, entre outras, parecem ser as que oferecem resultados mais próximos a realidade e compatíveis com a escala proposta.

Por outro lado, a defesa da construção desses estudos aponta na direção que eles acabam por oportunizar a compreensão das concepções sobre a desertificação. Entretanto, essa deficiência, no que se refere às metodologias de estudo da desertificação, tem sido apontada por inúmeros pesquisadores que estudam este fenômeno e, como mencionamos, fato este que persiste em acontecer.

Assim, no desenvolvimento de estudos sobre a desertificação, é importante que o pesquisador busque seguir aquilo que a UNCCD (1994), define como degradação da terra. Apesar da própria Convenção não definir o que se considera

como “degradação da terra”, não há um consenso quanto a este conceito entre aqueles que estudam a desertificação, ainda é algo complexo com diferentes componentes. Tais componentes são: degradação de solos; degradação da vegetação; degradação de recursos hídricos; e a redução da qualidade de vida da população. Eles dizem respeito a quatro grandes áreas do conhecimento: físicos, biológicos, hídricos e socioeconômicos.

As áreas de conhecimento científico mencionadas possuem uma longa tradição de pesquisa e uso de indicadores e metodologias de trabalho muito particulares e adequadas a seus objetos de estudo que são inteiramente diferentes entre si. Imagina-se, então, que um estudo ou uma metodologia de estudo sobre desertificação deva compatibilizar esses diferentes ramos do conhecimento no âmbito do conceito proposto pela convenção.

As primeiras perguntas que surgem de tal perspectiva são: qual o real significado dessa compatibilização? Seria uma espécie de superposição das diferentes metodologias (com uma espécie de somatório dos indicadores já existentes em cada uma delas), ou um novo método desenvolvido a partir do conhecimento existente? Se aceita a segunda hipótese, quais seriam, então, os procedimentos a serem usados para definição da nova metodologia e seus indicadores?

Com isso surge outra questão, relacionada à uma provável tendência de proliferação de "métodos" tendo em vista que o acúmulo de conhecimentos ocorre dentro dos diferentes paradigmas de cada saber e de suas diversas variações, já que há sempre a perspectiva de "incorporar" aspectos de outras disciplinas que o pesquisador julga necessários.

Por tudo isso é que se pode afirmar que tem havido muito mais um somatório das metodologias e indicadores de cada um dos grupos de conhecimentos segundo a perspectiva e experiência dos pesquisadores que trabalham com o tema e ao qual vimos chamando de "metodologia de estudo da desertificação", do que propriamente o desenvolvimento de um campo especial de pesquisa e produção de conhecimento.

Caso fosse realizada uma avaliação da produção teórica sobre desertificação, esta, provavelmente, revelaria uma pluralidade de métodos e sistemas de indicadores utilizados em todo o mundo, o que revela a dificuldade em estabelecer-se um consenso sobre um sistema básico de investigação sobre o fenômeno que considere a multiplicidade de aspectos nele imbricados.

Portanto, sem a clareza necessária à diferenciação dos processos e metodologias bem definidas em cada estudo, continuaremos a produzir sistemas de indicadores altamente complexos e de difícil operação por parte das instituições que estão a cargo do problema, o que, de certa maneira, se reveste como uma crise de identidade e de confiança nos estudos.

De forma sintética, há um expressivo conjunto de produções sobre a desertificação abrangendo diferentes escalas (local e regional) bem como diferentes concepções metodológicas para estudo e compreensão do fenômeno. Igualmente, chegando a propor, mesmo que timidamente, possíveis soluções capazes de mitigar os efeitos deste processo. Importante destacar a unanimidade em todos os trabalhos quanto à utilização da Convenção como ponto de partida para análise e compreensão do fenômeno.

Ressalta-se, também, a não intensão em fomentar possíveis adequações quanto aos procedimentos utilizados no conjunto de trabalhos analisados. Buscamos apenas pontuar que estão em curso mudanças significativas na forma como a desertificação vem sendo concebida enquanto objeto de estudo. Portanto, é clarividente que esse novo *modus operandi* da prática científica não resolve os problemas aqui levantados e discutidos, contudo, acrescenta outra série de questões e possibilidades a essa temática.

Discussões e polêmicas à parte, é visível uma grande lacuna na maioria dos trabalhos quando se trata da questão da adoção de parâmetros para caracterizar uma área como desertificada, não ficando claro, na maioria deles, o que seria uma área degradada, deixando a impressão ao leitor que o pesquisador qualificou aquela paisagem como desertificada utilizando informações extraídas com base em uma situação momentânea.

Mesmo já existindo uma grande variedade de metodologias utilizadas nos estudos sobre a desertificação, pôde-se observar que estas ainda aparecem de maneira setorial. Neste sentido, as diversas áreas do saber demonstram interesses particulares e específicos sobre a temática, ou, quando analisada mais de uma área, a metodologia ainda não pode ser considerada multidisciplinar o suficiente para abordar tanto a parte relacionada ao lado ambiental, econômico e social afetado pela desertificação, devido, justamente, as especificidades analíticas que cada área do saber apresenta.

É importante lembrar que, no Nordeste brasileiro, a diversidade dos ambientes naturais e dos arranjos socioeconômicos existentes, requer, para as áreas afetadas pelos processos de desertificação, estudos individualizados e soluções também diferenciadas. Assim como no restante do mundo, dada a complexidade existente nas chamadas terras secas. Por isso é difícil sistematizar essa situação em uma definição e normatização dos elementos causadores, assim como as consequências.

Ressaltamos a importância do desenvolvimento desse conjunto de produções no âmbito da Pós-Graduação bem como das demais formas de produção do conhecimento, mesmo com todas as lacunas existentes nos estudos sobre a desertificação na Geografia brasileira, reconhecemos a sua importante contribuição para a compreensão do problema. Não se trata, portanto, de renegar a existência da desertificação pela falta de metodologia(s) adequada(s) para a sua identificação e compreensão, mas de buscar os melhores instrumentos teórico-metodológicos.

CAPÍTULO II – IDAS, VINDAS E IDAS NOVAMENTE: A CONSTRUÇÃO TEÓRICA, METODOLÓGICA E PRÁTICA DA PESQUISA

De antemão é preciso deixar claro que não colacionamos a construção de um prontuário de pensamento. Defendemos e tentamos praticar o antagonismo disso, com a defesa da capacidade criadora e da autonomia na produção de um conhecimento livre de amarras. Por isso, iremos apresentar uma parcela de um singelo e particular modo de pensar e fazer Geografia, utilizada para edificação da pesquisa que originou a tese.

Deste modo, o exercício científico pode ser compreendido como algo dinâmico e complexo. Reúne inúmeros aspectos que necessitam serem pensados de modo imbricados, o que se apresenta como um desafio para a produção e construção de determinado saber. Assim, teoria, método, metodologias, trabalhos de campo, trajetórias de vida, posições éticas, estéticas e a própria complexidade da vida por meio de encontros, desencontros, diálogos, olhares, tensões, desacordos, conflitos, solidariedade e indiferenças são partes que permearão todo o processo construtivo de uma pesquisa.

Neste capítulo objetivamos apresentar as bases teórica, metodológica e prática que fundamentaram a tese. Com alguns aspectos mais tradicionais da produção do conhecimento reorientados e ressignificados no afã de possibilitar um maior diálogo entre as dimensões teóricas e empíricas por meio das enunciações do postulado interpretativo. A questão dialógica possui papel central neste trabalho, uma vez que questões relacionadas à desertificação no Brasil e no mundo apresentam um caráter marginal, estigmatizado e sem voz, mesmo com a temática recebendo atenção especial por parte da Organização das Nações Unidas (ONU), inclusive, com um fórum dentro do Fundo das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO).

Iniciamos com mais perguntas do que respostas e, diante de uma centena de pesquisas já realizadas, foi fácil reconhecer que a desertificação é uma temática extremamente complexa. Analisá-la envolve múltiplas adversidades, para esta tese não foi diferente. Inicialmente a adversidade se relaciona ao conhecimento e informações oficiais sobre a desertificação, principalmente as de ordem espacial e temporal. Ainda que o Estado brasileiro reconheça esta problemática ambiental e atue no sentido do desenvolvimento de uma série de políticas públicas e do apoio ao desenvolvimento de estudos científicos, os dados sobre o real quadro da desertificação no território brasileiro carecem de uma maior sistematização e integração entre o conjunto dos entes federados.

Embora reconheçamos as dificuldades para a produção destes conhecimentos, sobretudo se considerarmos a falta de investimento em pesquisa científica e para o desenvolvimento de políticas públicas capazes de mitigar os efeitos nas populações afetadas, sem contar com o baixo desenvolvimento tecnológico das populações afetadas que, com o agravamento da seca, aumenta a pressão sobre os ecossistemas ocasionando o agravamento e expansão dos processos de desertificação no Semiárido nordestino.

Não podemos deixar de ponderar que por questões óbvias, alguns dos esforços do Estado possuem critérios metodológicos duvidosos além de resultados que parecem camuflar aspectos escalares (quantitativo e qualitativo) da desertificação frente aos órgãos de governança internacional. Estas vinculações a depender da sua continuidade ou ruptura das condições políticas, se desfazem, são negadas ou simplesmente acabam abandonadas. Ou seja, há o desmonte das pesquisas, dos projetos e programas em desenvolvimento.

Portanto, os resultados desses esforços analíticos, acabam por justificar, legitimar e garantir a inoperância através da afirmação de que o poder estatal não mede esforços para “combater” a desertificação. Dessa maneira, o Estado acaba por se eximir de suas responsabilidades sobre a população afetada e frente à sociedade civil. Verificamos a insuficiência de dados oficiais organizados em uma base nacional capaz de fornecer um melhor embasamento para compreensão da desertificação, impondo a esta pesquisa a necessidade de produzir dados de maneira direta. Foi necessário estabelecer uma série de aspectos e questões que orientaram a pesquisa como o recorte espacial da análise e as questões relacionadas à forma de análise de dentro do objeto da ciência, neste caso a desertificação. Assim, diante de toda essa problemática, a decisão que tomamos foi de reconhecer que não haveria outra forma para obtenção e produção de conhecimento que não fosse por meio dos trabalhos de campo. Decisão essa que contribuiu decisivamente para a direção que a pesquisa tomaria. Os trabalhos de campo apresentam uma função histórica importante para a Geografia.

A pesquisa de campo constitui para o geógrafo um ato de observação da realidade do outro, interpretada pela lente do sujeito na relação com o outro sujeito. Esta interpretação resulta de seu engajamento no próprio objeto de investigação. Sua construção geográfica resulta de suas práticas sociais. Neste caso, o conhecimento não é produzido para subsidiar outros processos. Ele alimenta o processo, na medida em que desvenda as contradições, na medida em que as revela e, portanto, cria nova consciência do mundo. Trata-se de um movimento da geografia engajada nos movimentos, sejam eles sociais agrários ou urbanos. Enfim, movimentos de territorialização, desterritorialização e reterritorialização (SUERTEGARAY, 2002, p. 2002, p. 03).

Entretanto, na contemporaneidade, esta ferramenta tem perdido espaço frente, principalmente, ao uso de novas tecnologias. Por vezes, quando tem aparecido nas investigações acabam por apresentarem um caráter meramente formal, carente de problematização e preguiçoso quanto a esforços que integrem determinada pesquisa na direção e forma de análise do processo como um todo. Desta forma, ao assumirmos a prática e a experiência dos trabalhos de campo como ponto de partida e de fontes reflexivas, na tentativa de construirmos um postulado de modo integrado e indissociado aos aspectos teóricos, metodológicos e práticos que permeiam a tese. Esses não serviram apenas como instrumento para a coleta de

dados, mas, também, como elemento transformador da pesquisa e do próprio pesquisador, mesmo este sendo nativo e de conhecer relativamente bem a área onde a pesquisa foi desenvolvida. Assim, os trabalhos de campo possibilitaram uma abertura fundamental para o amadurecimento da compreensão da desertificação junto a área em que desenvolvemos a pesquisa.

2.1. Referencial teórico-prático-experimental da pesquisa

Ab'Sáber (1969a) propõe uma concepção de Geomorfologia tripartite onde, de forma bastante didática, expõe os três níveis de abordagem e tratamento de um dado eminentemente geomorfológico que, por sua vez, são reveladores das facetas teórico-metodológicas abrangidas por esta área do saber.

[...] pensamos que, em um primeiro nível de considerações, a geomorfologia é um campo científico que cuida da compartimentação da topografia regional, assim como, da caracterização e descrição, tão exatas quanto possíveis, das formas de relevo de cada um dos relevos estudados (AB'SÁBER, 1969a, p. 01-02).

[...] em um segundo nível de tratamento [...] procura obter informações sistemáticas sobre a estrutura superficial das paisagens, referentes a todos os compartimentos e forma de relevos observados. Através desses estudos, por assim dizer estruturais superficiais, e, até certo ponto estáticos, obtém-se ideias da cronogeomorfologia e as primeiras proposições interpretativas sobre a sequência dos processos paleoclimáticos quaternários da área em estudo (AB'SÁBER, 1969a, p. 02).

[...] em um terceiro nível, a geomorfologia moderna cuida de entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura compreender globalmente a fisiologia da paisagem, através da dinâmica climática e de observações mais demoradas e sob controle de equipamentos de precisão (AB'SÁBER, 1969a, p. 02).

Dentro desse contexto teórico e prático proposto pelo autor, destaca-se o estudo sobre o Quaternário, principalmente para as porções terrestres abrangidas pelas isotermas tropicais. A partir da premissa de que a Geomorfologia é a ciência das formas terrestres que, por sua vez, são resultantes de processos sucessivos recentes assentados sobre o substrato rochoso pré-existente, intensamente estudado pela geologia.

Cassetti (1994), considera que esses três níveis de abordagem proposto por

Ab'Sáber (1969a) como os constituintes do núcleo estrutural da geomorfologia, ao analisar o trabalho do supracitado autor, o mesmo contempla algumas postulações, antes apenas nas entrelinhas ou subentendidas, pondo-as em evidências e definindo-as de forma mais clara e concisa, tal como apresentamos a seguir: **Compartimentação Topográfica** – define-se pela distinção e identificação de domínios morfológicos que se individualizam por apresentarem determinados tipos de formas ou domínios de cotas altimétricas. Sua identificação reflete o antagonismo entre as forças morfogenéticas, de características estrutural ou escultural (CASSETI, 1994); **Estrutura Superficial da Paisagem** – é apontada por Casseti (1994) como o nível de abordagem que trata dos depósitos correlativos posicionados ao longo das vertentes ou em diferentes compartimentos topográficos. Esses depósitos são vulneráveis ao tempo geológico sendo alterados por processos erosivos sequenciais, perturbações tectônicas locais e é modificado, em sua composição material, graças às alterações climáticas cíclicas as quais é submetido o planeta Terra. Através do estudo da estrutura superficial “[...] pode-se compreender os processos morfogenéticos pretéritos e oferecer subsídios, através das propriedades físico-químicas dos depósitos de cobertura, para o entendimento da vulnerabilidade do terreno” (CASSETI, 1994, p. 24); **Fisiologia da Paisagem** – reporta-se ao momento atual do quadro de evolução e dinâmica do relevo. Seu principal indicador é a morfodinâmica atual, processada e viabilizada pelos fatores exógenos definidos pelos diferentes domínios morfoclimáticos que compõem o sistema Terra. A ação antrópica também recebe importante significado quando se trata de fisiologia e funcionamento paisagístico já que as intervenções humanas devem ser consideradas desde o Neolítico, período em que o homem começa a praticar a agricultura alterando a intensidade e a frequência dos processos impactantes do meio físico (CASSETI, 1994).

Esse encadeamento teórico de grande relevo proposto por Ab'Sáber (1969a), teve fundamental importância na organização e direcionamento que a pesquisa tomou, principalmente nos termos de ordenação e objetivação das atividades (de campo e interpretativas) bem como no desenvolvimento das fases operacionais para que, ao final, fôssemos capazes de interpretar os resultados da pesquisa.

2.2. Condicionantes geográficos da área de estudo

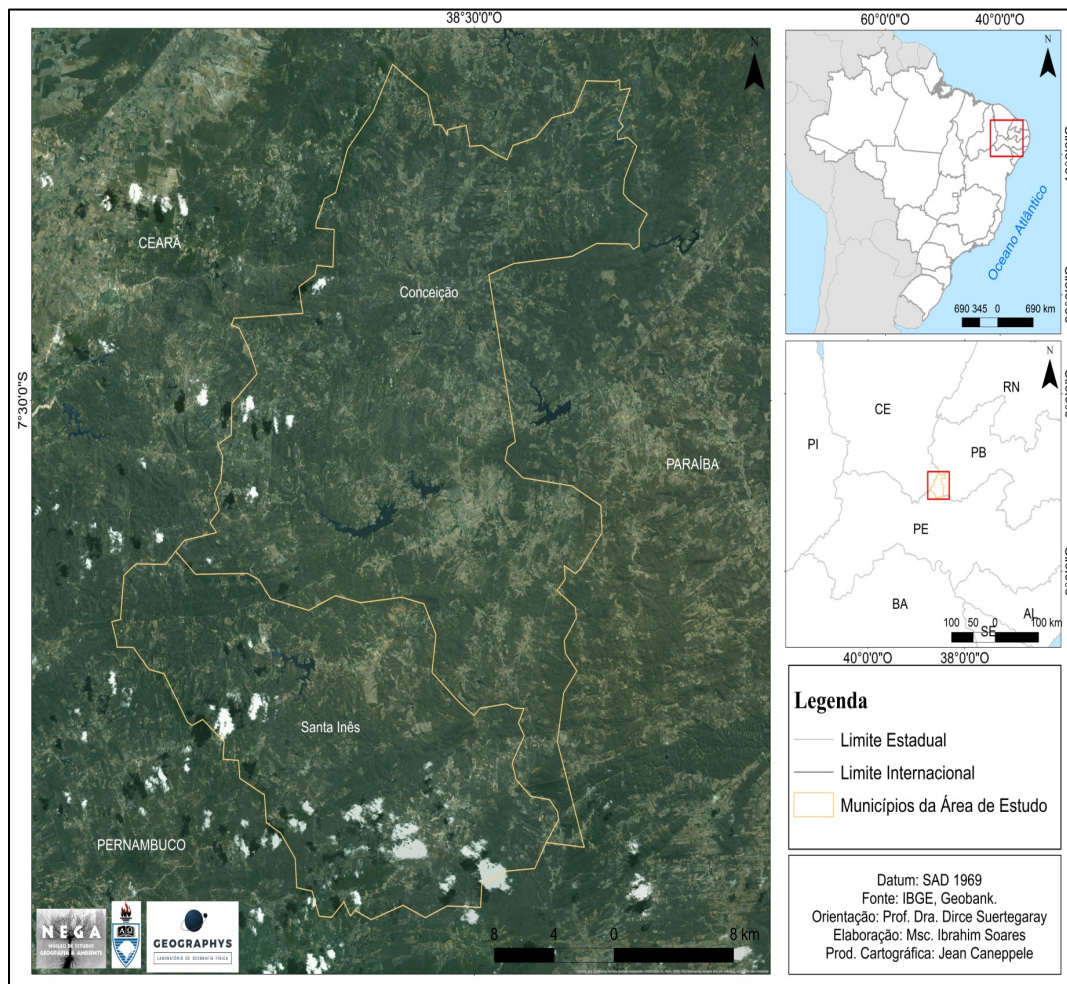
No que concerne à área de estudo, a mesma perfaz a reborda de áreas dos estados da Paraíba, Pernambuco e Ceará, onde pode ser identificada a inserção de pelo menos três grandes unidades (*táxons*) paisagísticas definidas de acordo com o seu potencial ecológico, conforme Monteiro (1988), sendo elas: as bacias hidrográficas dos rios Jaguaribe (CE), Piancó (PB) e Pajeú (PE), as quais apresentam o nível de base mais conspícuo da área de estudo.

Em toda a área é marcante a presença da superfície arrasada do pediplano sertanejo pontilhada pelos *geótopos* “altos pelados”⁷ e as “malhadas”⁸; na sua periferia temos a presença de unidade com uma topografia mais vigorosa com os vales cortados que acabam por formar novas formas até o ponto onde os processos de pediplanação se estendem ao longo do pediplano sertanejo (Figura 03).

Figura 03 – Localização da área de estudo.

⁷Toponímia regional para designar: “[...] interflúvios, desnudos de rasas colinas sertanejas, sujeitas a fortes dessoalagens [...]” (AB’SÁBER, 1977, p. 06-10).

⁸Toponímia regional para designar: “[...] manchas de maior pedregosidade das colinas sertanejas [...]” (AB’SÁBER, 1977, p. 06-10).



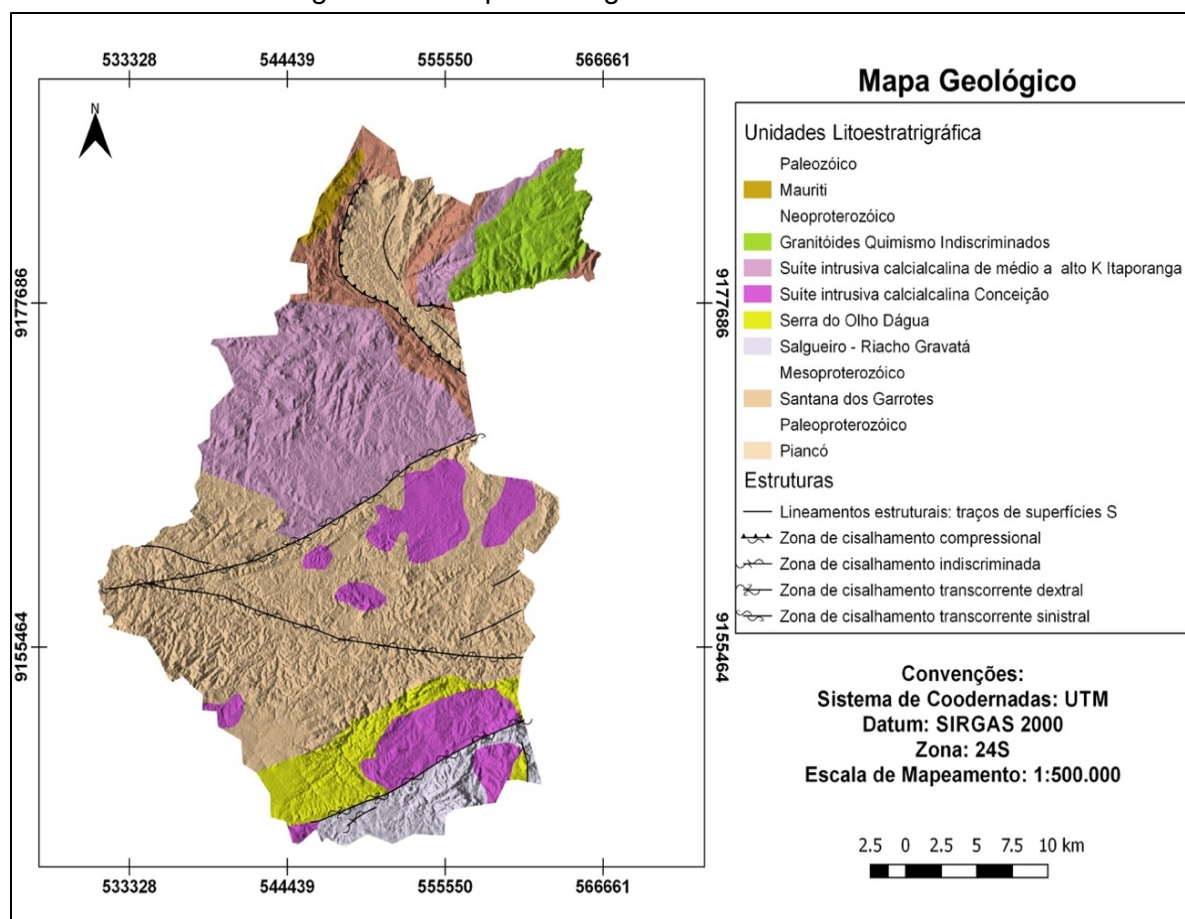
No horizonte, surgem dois relevos opostos, ao sudeste a “Serra de Triunfo”, que fica na reborda do Planalto da Borborema, ao Nordeste e a Chapada do Araripe, formação que corresponde a uma das morfoestruturas mais complexas dentre as formações fanerozóicas do interior do Nordeste brasileiro associado ao rifteamento da Gondwana e a abertura do Atlântico Sul.

2.3. Empilhamento geológico e morfoestrutural

Na área de estudo é preponderante a presença de uma estrutura originada em dois grandes eventos geológicos, o primeiro no Mesoproterozóico, Ciclo Cariris Velhos, entre 950 e 1.100 Ma, tendo a formação Complexo Piancó e Complexo Riacho Gravatá. O segundo evento ocorreu no decorrer do Neoproterozóico, Ciclo Brasileiro, entre 550-750 Ma, originando a formação Santana dos Garrotes, formação Serra do Olho d’Água, Suítes Intrusivas de Conceição e de Itaporanga,

Granitoides de Quimismo Indiscriminado. Em relação a unidade mais recente, tem uma diminuta representação, sendo resultado das coberturas inconsolidadas do Quaternário, principalmente quando da transição Pleistoceno/Holoceno. A seguir (Figura 04), são descritas as unidades litológicas com as idades associadas.

Figura 04 – Mapa Geológico da Área de Estudo.



Fonte: Elaboração a partir da Folha de Serra Talhada (SB.24-Z-C) e de Gomes (2001).

Para descrição das unidades litoestratigráficas presentes utilizamos a base de dados contida na Carta Geológica, Folha Serra Talhada (SB.24-Z-C), escala de 1:250.000 e descrições integradas elaboradas por Gomes (2001) relativo ao Programa Levantamentos Geológicos básicos do Brasil desenvolvido pela CPRM. Destaca-se a sua inserção no embasamento cristalino da Província estrutural da Borborema bem como a representatividade dos terrenos do Complexo Piancó e parte dos sistemas de dobramentos Piancó-Alto Brígida, devidamente individualizados por Brito Neves (1975), estes correspondem respectivamente aos domínios Cearense, Transnordestino e Extremo Nordeste (SANTOS et al., 1984).

2.3.1. Paleoproterozóico

2.3.1.1. Complexo Piancó

Disposta dentro da área de estudo em uma pequena faixa na porção norte, englobando as rochas metapelíticas e metagrauváquicas presentes no Terreno Piancó, as quais fazem parte do Complexo Caicó (MEUNIER, 1964). Este complexo é de origem metamórfica com formação alóctone e transporte para sudeste situado na região de Itaporanga, Piancó, Ibiara e Conceição, ambas localizadas no estado da Paraíba.

Embora às vezes ocorra um aparente zoneamento interno, foi possível separar duas zonas metamórficas nesse complexo, sendo uma mais profunda e outra mais rasa; a primeira é representada por ortognaisses tonalíticos com intercalações de anfibolitos e rochas calcissilicáticas.

2.3.2. Mesoproterozóico

2.3.2.1. Complexo Salgueiro-Gravatá

Perfaz de forma espaiada o extremo sul da área de estudo formado por metassedimentos de médio grau metamórfico. Abrange uma associação de fácies com dominância psamítica, individualizada por quartzo-plagioclásio-muscovita xistos com alternâncias de xistos de muscovita. Nas porções com maior concentração de micáceas, estas ocorrem associadas a biotita ou granada e, por vezes, carbonato.

A unidade basal é formada por quartzitos, que devido ao destaque topográfico estes balizam estruturas levemente dobradas constituídas por quartzo e muscovita, de granulação média e uma coloração branco-acinzentada. Chegaríamos a dizer que este empilhamento tem um forte caráter tectônico, devido seus traços não apresentarem a estratigrafia original.

2.3.3. Neoproterozóico

2.3.3.1. Formação Santana dos Garrotes

A Formação Santana dos Garrotes é composta por metapelitos impuros que se espraiam por uma centena de metros acompanhados de metagrauvacas e/ou metarenito lítico entremeados por uma forma descontínua originária de um material básico e ácido (BITTAR, 1998).

Em sua composição é marcante a presença de: biotita-muscovita, xistos finos placosos de cor cinza e/ou cinza-prateado, quanto à sua forma tanto pode ser homogênea como bandada. As bandadas apresentam constituintes grafitoso ou quartzos. Em decorrência da presença de intercalações, estas acabam por gerar contatos gradacionais de diferentes níveis (BITTAR, 1998).

Do ponto de vista do domínio estrutural, a sua circunscrição dentro da área de estudo caracteriza-se seja pelas zonas de cisalhamento na porção centro-sul, inclusive com a presença de dobras abertas e suaves (raramente fechadas), somadas a um plano axial sub-vertical.

2.3.3.2. Formação Serra do Olho d'Água

Perfazendo a porção sul da área de estudo, numa faixa larga e contínua, apresentando duas litofáceis. A primeira marcada pela presença de conglomerados polimíticos com espessura de aproximadamente 1.200 m, já a segunda arenopelítico com uma espessura na casa dos 400 m, ambas as estruturas se apresentam bem postadas e definidas junto à paisagem (BITTAR, 1998).

Constitui um conjunto litológico onde predominam metapelitos com feições de turbiditos e se caracteriza por apresentar um baixo grau metamórfico. Esse conjunto metassedimentar apresenta uma ampla distribuição na Folha Serra Talhada, tendo sido designado originalmente de Grupo Cachoeirinha, a partir da classificação proposta por Barbosa (1970).

2.3.3.3. Suíte Intrusiva Conceição

Esse conglomerado aflora na porção centro-sul da área de estudo, com uma granulação variando entre média e fina, sendo constituída por biotita, anfibólio e plagioclásio. O empilhamento é formado por rochas dioríticas com uma textura mineralógica e química analógica aos enclaves e diques máficos existentes no plutão de Itaporanga.

2.3.3.4. Suíte intrusiva Itaporanga

São corpos relativamente pequenos situados no extremo norte da área de estudo. Estes corpos apresentam supersaturação em sílica, sendo os sienitos álcali feldspatos e granitos alcali feldspáticos os de maior representação. Esse tipo de rochas mesocráticas apresenta um baixo nível de foliação em suas bordas somada à uma granulação variando entre média e fina, equigranular e de cor rósea a cinza. Na área de estudo é marcante a presença de veios pegmatíticos cortando os corpos.

2.3.3.5. Granitoides de Quimismo Indiscriminado

Ocorrem na porção norte da área de estudo, são considerados tardia pós-transcorrência. Com uma tipologia petrográficas homogêneos, róseos e grosseiros, somada a uma foliação protomilonítica, por vezes apresentam pórfiros feldspáticos transformados em porfiroclastos decorrentes da milonitização. Com uma textura xenomórfica granular, esta variando entre cataclásticas *mortar* ou mesmo protomiloníticas, situando-se nas proximidades das falhas. Em relação ao material constituinte temos os seguintes minerais: microlina, quartzo oligoclásio, biotita e porções subordinadas de muscovita e outros minerais secundários e acessórios.

2.4. Paleozoico

2.4.1. Formação Mauriti

Apresenta como principal constituinte a miscelânea de arenitos grosseiros conglomeráticos e conglomerados de matriz arenosa, acompanhados com presença de seixos, blocos de feldspato, rochas graníticas, quartzo e siltitos esverdeados. Em relação aos atributos litológicos, por estarem diretamente ligado às estratificações cruzadas porte médio, podemos aferir que os sedimentos foram carreados e depositados graças a existência pretérita de um fluxo de alta competência e dos sistemas fluviais acanalados.

2.5. Mosaico geomorfológico

Tomando o quadro macrorregional no qual a área de estudo se circunscribe, temos como produto inicial o mapeamento geomorfológico elaborado através do projeto (RADAMBRASIL, 1981; AMORIM, 2015), Folha SB 24-Z-C Serra Talhada, na escala de 1:250.000. Neste documento a área encontra-se individualizada dentro do domínio geomorfológico do Pediplano Sertanejo.

Conforme essa divisão, na área de estudo o Pediplano Sertanejo está subdividido em três unidades de formas de dissecção: aguçadas (topos contínuos, com boa drenagem, separados por vales em “V”), convexas (topos convexos de várias ordens de grandeza, com aprofundamento da drenagem, vales em “V” de fundo plano) e tabulares (topos planos de diferentes ordens de grandeza, por vezes separados por vales de fundo plano) (RADAMBRASIL, 1981; AMORIM, 2015).

Essas unidades apresentam intensidade de dissecção variando entre muito fraca a forte (AMORIM, 2015). Ressaltando que, devido ao nível de generalização empregada no RADAMBRASIL, possibilitou, por exemplo, a identificação de formas tabulares na área em estudo, contudo, com um olhar mais apurado em campo, esse tipo de forma não ocorre na área de estudo. Entretanto, o mapeamento geomorfológico do RADAMBRASIL possibilitou a visualização da área de estudo dentro de um domínio morfoestrutural macrorregional (AMORIM, 2015).

Com as devidas escusas, aproveitamos o ensejo para deixar um pouco de lado a classificação geomorfológica ancorada no binômio identificação e definição geomórficas (AMORIM, 2015). Assim, numa leitura clássica, o relevo em toda a circunscrição da área de estudo se apresenta como produto das quatro fases de aplainamento regional que se sucederam episódios de soerguimento epirogênico a partir do Cretáceo (CORRÊA, 2001; AMORIM, 2015).

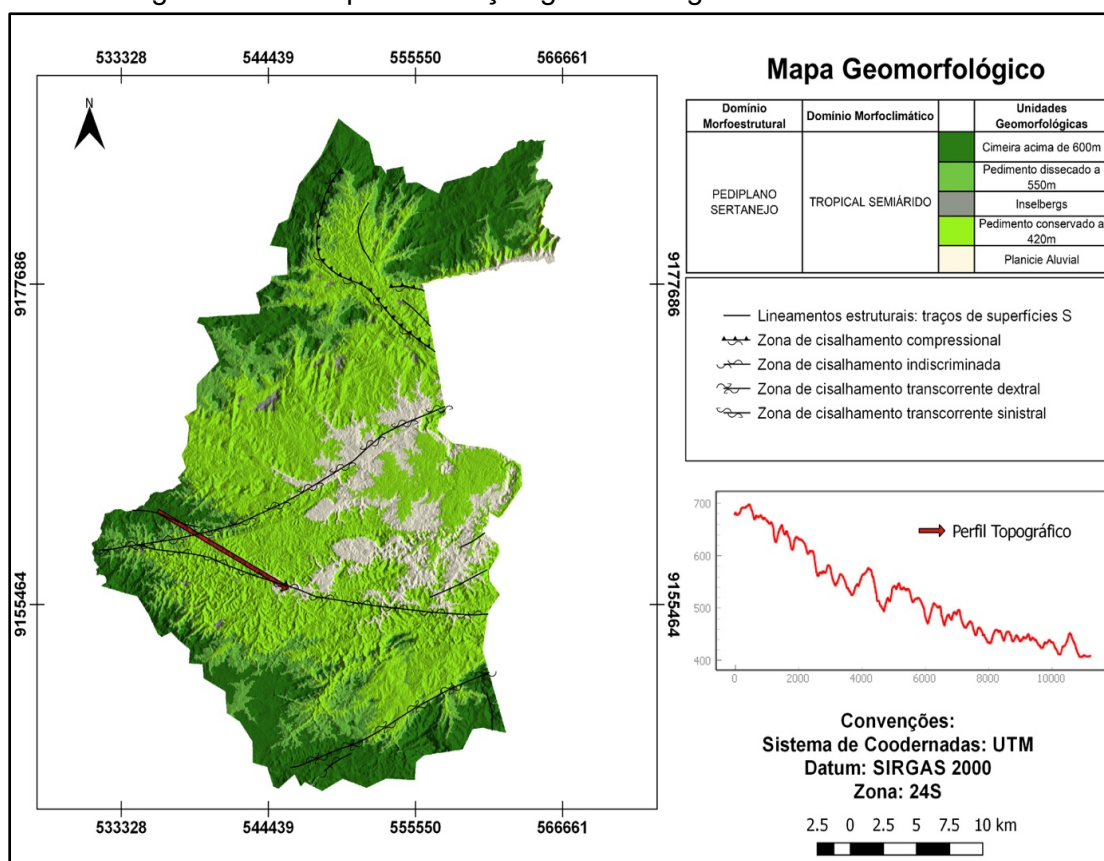
Pensando em proporcionar uma maior didaticidade e de facilitar a visualização da hierarquia utilizada por Amorim (2015) na qual descreve a compartimentação geomorfológica (Tabela 01), em: domínio morfoestrutural, domínio morfoclimático, unidades geomorfológicas e tipo de modelado predominante. Sequencialmente, temos o mapa geomorfológico (Figura 05), com a descrição de cada domínio e unidade presentes na área de estudo.

Tabela 01 – Hierarquia das unidades geomorfológicas.

| Domínio Morfoestrutural | Domínio Morfoclimático | Unidades Geomorfológicas | Modelado |
|-------------------------|------------------------|------------------------------|-----------|
| PEDIPLANO SERTANEJO | TROPICAL SEMIÁRIDO | Cimeira acima de 600 m | Denudação |
| | | Pedimento dissecado a 550 m | |
| | | Inselbergs | |
| | | Pedimento conservado a 420 m | Agradação |
| Planície aluvial | | | |

Fonte: Elaborado a partir da proposta de Amorim (2015).

Figura 05 – Compartimentação geomorfológica da área de estudo.



Fonte: Elaboração a partir da Folha de Serra Talhada (SB.24-Z-C) e de RADAMBRASIL (1981).

2.6. Domínio Morfoestrutural

Este conceito de Domínio Morfoestrutural remete a classificação taxonômica dos fatores geomorfológicos presente na proposta de Cailleux e Tricart (1956 *apud* AMORIM 2015), a partir da aplicabilidade da relação espaço e tempo para a compartimentação do relevo. Portanto, um Domínio Morfoestrutural é um compartimento de relevo, em escala regional onde os atributos geomorfológicos estão diretamente ligados aos condicionantes do arcabouço geológico e estrutural,

compreendido pela natureza das rochas e da tectônica atuante em escala de tempo longa, representando os maiores táxons na compartimentação do relevo (AMORIM, 2015).

Graças a utilização da técnica do modelo digital do terreno (MDT) e sobreposição das estruturas geológicas, foi possível identificarmos com maior clareza dentro da área de estudo a existência do Domínio Morfoestrutural do Pediplano Sertanejo, este decorrente do conjunto de características estruturais e topográficas distintas que se esparramam em toda a sua extensão (AMORIM, 2015).

2.7. Pediplano sertanejo

Na área de estudo, o Pediplano Sertanejo compreende o compartimento que vai da cota de 700 a 400 m (Figura 06). Sua estrutura é composta por rochas cristalinas do ciclo Brasileiro com idades variando de 550 a 750 Ma, com relevo bastante dissecado com formas aguçadas e vales predominantemente em “V”, drenagem encaixada e concordante para com as estruturas em falhas e zonas de cisalhamento. Já os interflúvios se apresentam em cumes e cristas simétricas, mergulhando na direção dos falhamentos, estes dispostos a dominância da direção SW.

Figura 06 – Configuração geomorfológica do pediplano sertanejo.



Fotografia: Ibrahim Soares, dezembro de 2017. Fonte: Trabalhos de Campo.

2.8. Domínios Morfoclimáticos

O vocábulo Domínio Morfoclimático denomina a combinação de um conjunto de elementos da natureza – relevo, clima e vegetação – que se inter-relacionam e interagem, formando uma unidade paisagística, neste sentido a variação de altitude favorece uma diferenciação de umidade decorrente da precipitação oculta contribuindo para um melhor desenvolvimento dos solos (AMORIM, 2015).

2.9. Domínio Tropical Semiárido

Inserido dentro da área de estudo, engloba o domínio do Pediplano Sertanejo. A grande característica desse domínio está relacionada à irregularidade espaço-temporal e intensidade da precipitação bem como temperaturas médias anuais elevadas e uma considerada amplitude térmica (AMORIM, 2015, p. 40). O período de estiagem se concentra entre os meses de maio a dezembro, tendo como resultado um manto de intemperismo pouco espesso e uma distribuição irregular (espacial) de solos.

2.10. Unidades Geomorfológicas da Área de Estudo

2.10.1. Unidade de cimeira acima de 600 m

Ao longo de toda a área de estudo o nível de cimeira bordeia as partes sul e oeste, ou seja, ao longo da divisa com os estados do Ceará e Pernambuco, ocorrendo acima da curva de nível de 600 m (Figura 07). Conforme Amorim (2015, p. 40) a região:

Apresenta uma superfície variando de suavemente ondulada a ondulada, com topos concordantes e blocos rochosos formando matacões o que causa a falsa impressão da existência de uma superfície plana. As encostas são em sua maioria desprovidas de cobertura sedimentar e apresentam formato convexo. Trata-se de uma superfície que foi bastante dissecada em razão da retirada da cobertura vegetal original para extração da lenha e produção de carvão vegetal.

Figura 07 – Superfície de cimeira no domínio estrutural do pediplano sertanejo.



Fotografia: Ibrahim Soares, dezembro de 2017. Fonte: Trabalhos de Campo.

2.10.2. Pedimento dissecado a 550 m

Essa unidade exibe como característica Neossolos, por vezes recobertos por mantos detríticos intercalados por afloramentos de rochas (Figura 08). Regime erosivo laminar, com um transporte dos finos que resulta em uma camada de cascalho, com profundidade que chega a passar dos 30 cm. Interflúvios íngremes em cristas com orientação NE-SW, e encostas com declividade apresentam um formato heterogêneo. Em razão da ausência de solos cultiváveis, grande parte das encostas dessa unidade apresentam-se, ainda, alguma cobertura vegetal, porém, a pressão sob elas vem aumentando vertiginosamente devido a expansão da produção de carvão vegetal, principalmente se levarmos em conta a forte estiagem que a região enfrenta de forma ininterrupta ao longo dos últimos 5 anos.

Figura 08 – Pedimento dissecado a 550 m.



Fotografia: Ibrahim Soares, dezembro de 2017. Fonte: Trabalhos de Campo.

2.10.3. Inselbergs

Enquanto unidade está inserida na classe modelado de denudação, estando distribuída de forma pontilhada e localizada junto ao domínio morfoestrutural circunscrito na área de estudo, que por sua vez apresenta diferentes formatos determinados pelos condicionantes estruturais existentes na área (AMORIM, 2015). [...] os inselbergs apresentam formato tipo domo com encostas de declives entorno de 60° transitando de forma abrupta (*knick-point*) para as rebordas erosivas (Figura 09).

Os corpos intrusivos apresentam arranjo granítico e granodiorítico de textura porfirítica, com foliação magmática, um amplo diaclasamento cujo resultado pode ser observado na atual morfologia dessas formas, onde alguns inselbergs chegam a apresentar relevo em *tors*⁹. Destacamos que, os inselbergs em cristas apresentam uma direção E-W, ou seja, seguem o *trend* regional da faixa móvel da unidade morfoestrutural Pediplano Sertanejo (AMORIM, 2015, p. 42-43).

⁹ Colina encastelada ou, afloramento de uma rocha bem diaclasada, que se sobressai de forma abrupta de uma vertente ou de um topo relativamente plano.

Figura 09 – Inselbergs no domínio estrutural do pediplano sertanejo.



Fotografia: Ibrahim Soares, dezembro de 2017. Fonte: Trabalhos de Campo.

2.10.4. Pedimento conservado a 420 m

Esta superfície de denudação do domínio morfoestrutural do Pediplano Sertanejo é delimitada pela cota altimétrica de 350 a 420 m. Tem por característica primaz uma baixa variação topográfica, seus interflúvios apresentam feições predominantemente colinosas e truncamentos indistintos devido a origem litoestrutural, estes foram retrabalhados pela erosão areolar com desenvolvimento de superfícies pediplanizadas (Figura 10). Suas encostas apresentam uma variância entre retas a convexas e em menor número côncavas. A erosão decorre tanto de processos laminares como lineares, contudo, há de se destacar que suas feições lineares no modelado são incipientes devido à pouca profundidade de seus solos.

Figura 10 – Pedimento conservado a 420 m.



Fotografia: Ibrahim Soares, dezembro de 2017. Fonte: Trabalhos de Campo.

2.10.5. Planície aluvial

A unidade corta horizontalmente a morfoestrutura pediplano sertanejo. Representa as áreas de menor elevação que acabam por margear o canal principal (Rio Piancó) e seus tributários de maior ordem, onde as formas alongadas e uma deposição predominante da acreção lateral de sedimentos ocasionam a formação de bancos de sedimentos de composição variada (Figura 11). O contato com as unidades adjacentes varia entre o suave e o gradual, tendo uma transição lateral nas rampas dos pedimentos ou abrupta gerando rupturas no relevo. O processo de sedimentação nessa unidade é predominantemente curto, principalmente, através da formação de bancos aluviais que podem modificar significativamente durante a época das chuvas. Em razão da predominância dos processos deposicionais, essa unidade enquadra-se no modelado de agradação.

Figura 11 – Planície aluvial.



Fotografia: Ibrahim Soares, dezembro de 2017. Fonte: Trabalhos de Campo.

2.11. Contexto pedológico

Dentro do postulado desenvolvido ao longo da tese, entendemos os solos como sendo o resultado da relação por vezes antagônica mantida entre o intemperismo e a denudação no escorrer do tempo (AMORIM, 2015). Assim, buscamos descrevê-lo e interpretá-lo sob a óptica inserida no contexto dos processos operativos que estruturam a paisagem atualmente, ratificando e fortalecendo a relação binomial geomorfologia-pedologia (AMORIM, 2015).

Seguindo o escopo técnico-prático para elaboração do mapeamento dos solos junto à área de estudo, oportunamente descrito no caminho metodológico, e, para além de mapeamentos genéricos já realizados, identificamos na área de estudo, três agrupamentos de classes de solos: Luvisolos, Neossolos e Gleissolos

Observa-se uma forte correlação das classes de solos com as unidades geomorfológicas da área, o que corrobora com a identificação e interação dos processos geomorfológicos nas diferentes unidades da bacia.

2.11.1. Luvissolos e Neossolos

As classes, Luvissolos e Neossolos, no quadrante da área de estudo estão relacionados à variância pontual da declividade topográfica e/ou de uma sombra pluvial graças a configuração morfoestrutural somada aos espriados afloramentos rochosos ao longo da paisagem. Este agrupamento ocorre no domínio morfoestrutural Pediplano Sertanejo, unidade morfoescultural do pedimento conservado a 420 m.

Os Luvissolos, caracterizam-se pela presença de minerais, com horizonte B textural rico em argilas de atividade alta e saturação por bases alta, imediatamente a baixo de horizonte A ou E (SANTOS et al., 2006). Essa abundância de argilas 2:1 expansivas decorre do condicionante climático do semiárido proporcionar alterações mineralógicas em menor velocidade. Os minerais parentais apresentam maior concentração mineralógica junto as rochas subjacentes. Os interflúvios apresentam baixa declividade e drenagem em “V”, podendo ocorrer vales de fundo chato.

Em relação as pontuais áreas com maior grau de declividade, nessas áreas a classe Neossolos Flúvicos está relacionada à existência de uma morfologia residual de gênese estrutural, inclusive, com a presença de inselbergs de origem litológica.

2.11.2. Gleissolos

Na área de estudo, a classe dos Gleissolos, ocorrem ao longo da reborda da porção sul, na divisa como o estado de Pernambuco, com destaque para a ocorrência de pequenas lagoas que se espriam pela paisagem. A literatura especializada indica a baixa potencialidade agrícola deste tipo de solo. Comumente essa classe apresenta um quadro de saturação por água variando entre o constante e o periódico, determinado pelo tipo e clima que esteja inserido salvo aqueles que tenham um sistema de drenagem artificial. Justamente pela água permanecer por longos períodos estagnada, esta acaba provocando a saturação por fluxo lateral junto ao solo. Considerando a definição do Sistema Brasileiro de Classificação dos

Solos (SiBCS), estes se classificam como hidromórficos, compostos por material mineral, apresentando um horizonte glei (diagnóstico), que também pode ser classificado como horizonte subsuperficial (C, B ou E) ou superficial A.

Em relação ao seu horizonte superficial, tem como característica a coloração variando entre tons de cinza e preto, espessura entre 10 e 50 cm com variância de médios a altos teores de carbono orgânico. Sua gênese remete à sedimentos recentes nas cercanias dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluvial sob condições de hidromorfia (ambientes de influência de água), mormente, ocorrem nas partes mais planas dos terraços fluviais, lacustres e, também, a partir da deposição de materiais residuais em áreas abaciadas e nas depressões.

2.12. Contexto climático

Os condicionantes climáticos da área de estudo são determinados pela influência isolada e/ou combinada de sistemas sinóticos em diferentes níveis de escala: global, regional e local, esta última atuando principalmente no aumento da umidade e da precipitação oculta nas bordas onde estão localizadas as cimeiras (AMORIM, 2015).

Estando a área inserida no Semiárido nordestino, o *quantum* pluviométrico acaba se tornando a mais complexa e principal variável climática da área de estudo, que segundo de Amorim (2015) a sua distribuição na relação espaço-tempo sofre influência direta da atuação do conjunto de sistemas sinóticos globais que configuram os sistemas de mesoescala os quais são os principais responsáveis pelas chuvas. Segundo Nimer (1989), os sistemas de circulação atmosférica e as características do modelado acabam imprimindo a climatologia da região em especial o seu regime pluviométrico como um dos mais complexos do mundo (AMORIM, 2015).

No que se refere às condições Amorim (2015, p 100), assevera que:

[...] dentro de uma escala regional (Semiárido nordestino) distinguimos facilmente dois momentos distintos, um curto período chuvoso entre os meses de fevereiro a maio e um longo período seco compreendido entre os meses de junho a janeiro. Entretanto, não podemos escamotear a variação sazonal da relação espaço-tempo quanto às precipitações, agindo como condicionante dos processos intempéricos nas rochas e no transporte de sedimentos.

Sob a óptica da geomorfologia, estes condicionantes trazem consigo uma certa complexidade para o deciframento das distintas escalas de tempo dentro de uma análise geomorfológica.

Colacionada a caracterização anteriormente, a área de estudo apresenta um domínio climático: clima semiárido, com duas estações bem definidas, a duradoura estação seca e a efêmera e espasmódica estação chuvosa, com chuvas de verão-outono. Sequencialmente, expomos os principais sistemas sinóticos que influenciam o clima na área de estudo, os quais foram descritos por Amorim (2015) quais sejam: Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), atuando entre os meses de fevereiro e abril; Complexo Convectivo de Mesoescala (CCM), ocorre de forma isolada entre os meses de fevereiro e maio; Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN), originários do Oceano Atlântico, atuando entre novembro e março ao adentrarem no continente no sentido E-W; e, por último, as Linhas de Instabilidade, com destaque para os conhecidos fenômenos el-Niño e la-Niña.

2.12.1. Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

Enquanto sistema climático, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), apresenta um alcance de atuação global, por meio da convergência dos ventos alísios de sudeste vindos do Hemisfério Sul e os ventos alísios de nordeste vindos do Hemisfério Norte que, somados aos baixos níveis meteorológicos, reverberam junto aos trópicos. Seu período de atuação compreende os meses de agosto-outubro, principalmente na porção posição 14° N, com migração sazonal para o sul, variando de 2° a 4° S, entre os meses fevereiro a abril (FERREIRA e MELLO (2005 *apud* AMORIM, 2015)).

Diversos condicionantes a nível global acabam por influenciar a movimentação da ZCIT trazendo para o Semiárido nordestino, condições de maior estiagem ou de um regime pluviométrico acima das médias históricas (FERREIRA e MELLO, 2005). Contudo, o seu deslocamento é determinado pelos Anticiclones do Atlântico Sul/Norte e o dipolo do Atlântico (AMORIM, 2015, p. 101).

Sem embargo, a atuação da ZCIT no Semiárido nordestino se configura como o principal sistema meteorológico responsável pelas precipitações, conquanto, é o mais estudado e citado nas produções sob as condições climáticas da região.

Assim, estudos para compreensão desse sistema são fundamentais para entendimento da dinâmica climática sazonal existente em todo o Semiárido Nordeste. Contudo, estes devem levar em consideração os sistemas que marcadamente influenciam a movimentação sazonal da ZCIT e, também, o conjunto de sistemas de mesoescala que atuam em conjunto com ela (AMORIM, 2015).

2.12.2. Complexo Convectivos de Mesoescala (CCM)

Os primeiros entendimentos da influência do Complexo Convectivos de Mesoescala (CCM) foi feita por Madox em 1980 (SOUZA et al., 1998 *apud* AMORIM, 2015), a partir da utilização de imagens de satélite no canal infravermelho. Esse sistema pode ser entendido como o somatório de nuvens *cumulonimbus* (Cb) frias e espessas que apresentam forma circular e crescimento vertical explosivo em um intervalo de tempo entre 6 a 12 horas (SOUZA, et al., 1998 *apud* AMORIM, 2015). A sua transição é discreta com uma baixa amplitude escalar de atuação, variando entre 50 a 1.000 km², sua capacidade de atuação está condicionada ao nível de radiação disponível para convecção na superfície terrestre, ocorre de forma isolada, com intensas pancadas de chuva, relâmpagos e trovoadas (FERREIRA e MELLO, 2005, *apud* AMORIM, 2015).

O CCM não ocorre de forma isolada, estando diretamente relacionado a atuação da ZCIT, ela tem o condão de modular condições em que o CCM irá se desenvolver e atuar. No Nordeste brasileiro, esse sistema atua entre os meses de fevereiro a maio, ou seja, quando a ZCIT está atuando sob a região (SOUZA et al., 1998 *apud* AMORIM, 2015). Em relação à geomorfologia da área, esse sistema apresenta a primazia para compreendermos a intensidade e escala espacial de atuação dos processos geomorfológicos, principalmente, os de escala temporal de curto prazo. Na literatura especializada existe uma infinidade de produções que buscam compreender os sistemas em escala global, a ZCI, EL NIÑO e LA NIÑA, e dipolo do atlântico (AMORIM, 2015).

É conhecimento dado que, esses sistemas acabam por influenciar diretamente a sazonalidade e o volume das precipitações a nível regional, onde a relação espaço-tempo do evento chuvoso estará ligada aos sistemas efêmeros, tais como os CCMs.

2.12.3. Linhas de Instabilidade (LI)

Esse sistema sinótico é constituído pelas nuvens causadoras de chuva, geralmente as do tipo *cumulus*, dispostas linearmente (FERREIRA e MELLO, 2005 *apud* AMORIM, 2015). Formadas sobre os estados do Pará e de Tocantins, elas migram para leste entre o final da primavera e o início do outono, justamente quando o ASA diminui de intensidade (AMORIM, 2015; NIMER, 1989). Tal como os complexos convectivos de mesoescala, as LI apresentam fundamental importância para o entendimento das precipitações na região. As LI que atuam no Semiárido nordestino estão relacionadas ao contato das frentes frias com a zona tropical continental, ao se deslocarem no sentido E e SE, provocando chuvas tropicais (AMORIM, 2015; NIMER, 1989).

2.12.4. El Niño e La Niña - Oscilação Sul (ENOS)

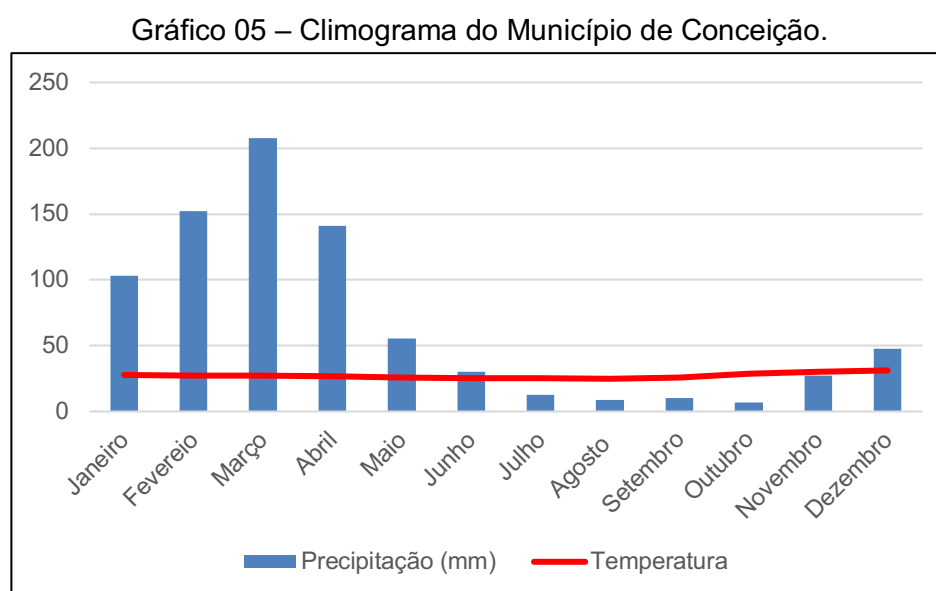
O entendimento dos processos geomorfológicos no Semiárido brasileiro estão diretamente relacionados a atuação dos fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS), em suas fases quentes e frias, a fase de maior resfriamento é denominada de La Niña (AMORIM, 2015). O fenômeno El Niño decorre de anomalias positivas no dipolo do Atlântico, estas reverberam em anos com baixas precipitações, porém, quando a sua atuação ocorre em conjunto com a La Niña, os valores negativos do dipolo negativo do Atlântico acabam favorecendo a elevação das precipitações anuais (FERREIRA e MELLO, 2005 *apud* AMORIM, 2015). Toda essa dinâmica que varia entre períodos secos com pouca precipitação a anos com precipitações muito acima das medias históricas, é pouco estudado pelo viés da dinâmica de transporte de sedimentos (AMORIM, 2015).

2.12.5. Variáveis climáticas (precipitação e temperatura)

A variação no regime de chuvas e de temperatura é ínfima junto a área de estudo conforme já mencionado anteriormente ao longo das bordas da divisa com o vizinho estado do Pernambuco, temos uma pequena variação devido a uma amplitude topografia, com 700 m e o exutório com 350 m. As áreas mais elevadas

compreendem um contexto bioclimático de uma maior umidade graças a precipitação oculta, garantindo um maior desenvolvimento pedológico.

Para a caracterização das variáveis climáticas a nível local, foram utilizados dados dos últimos cinquenta anos (1967-2017), a partir do Banco de Dados Hidroclimatológicos do Nordeste da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE) e dos dados coletados pela estação climatológica localizada na Estação de Tratamento de Água da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), localizada no município de Conceição – PB (Gráfico 05).



Elaboração própria. Fonte: CAGEPA e SUDENE.

Os dados indicam a ocorrência das maiores temperaturas entre os meses de outubro a dezembro e as menores entre os meses de abril a junho. O período chuvoso tem início em janeiro, estendendo-se até a primeira quinzena do mês de maio com destaque para o trimestre, fevereiro, março e abril, pelo maior *quantum* de chuvas. Em relação ao período de maior aridez, ele se estende entre meses de junho a dezembro com destaque para trimestre outubro, novembro e dezembro como o período de incidência das maiores temperaturas.

2.13. Cobertura vegetal

No que se refere ao contexto vegetacional da área de estudo, temos o Bioma Caatinga. Esse tipo de vegetação ocorre, predominantemente, nas depressões

interplanálticas nordestinas (AB'SÁBER, 1974) podendo ser vistas algumas exceções em áreas de chapadas, platôs e planaltos.

No que se refere ao porte edáfico, a área de estudo apresenta uma variação entre uma Caatinga hipoxerófila e uma Caatinga arbórea-arbustiva de porte médio, a depender dos condicionantes pedológicos, geomorfológicos e do nível de uso que a área tenha sofrido. As características da Caatinga hiperxerófila são determinadas pelos fatores vitais como baixo índice pluviométrico, temperaturas elevadas durante a estação seca o que provoca aridez e incapacitação do solo predominantemente raso e pedregoso ou com afloramentos cristalinos, o que inviabiliza a absorção da água. Junto a área de estudo podem ser facilmente encontrados, entre outras espécies vegetais, o facheiro (*Pilosocereus piauhiensis*), a macambira (*Bromelia laciniosa*), marmeleiro (*Croton sonderianus*) e jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*).

O extrato arbóreo encontra-se, principalmente, nas áreas de maior altitude, historicamente estas sofreram menor uso. De forma geral a vegetação da área amostral é constituída por extrato arbustivo-arbóreo. Observa-se, contudo, que a região abriga um grande número de indivíduos, porém, com pouca diversidade de espécies, característica esta, comum em diversas áreas da Caatinga. Com relação às espécies vegetais de porte arbóreo comumente encontrado na área de estudo destacamos: angico (*Anadenanthera colubrina*), umbuzeiro (*Spondias tuberosa*), ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa*), imburana-de-cambão (*Commiphora leptophloeos*).

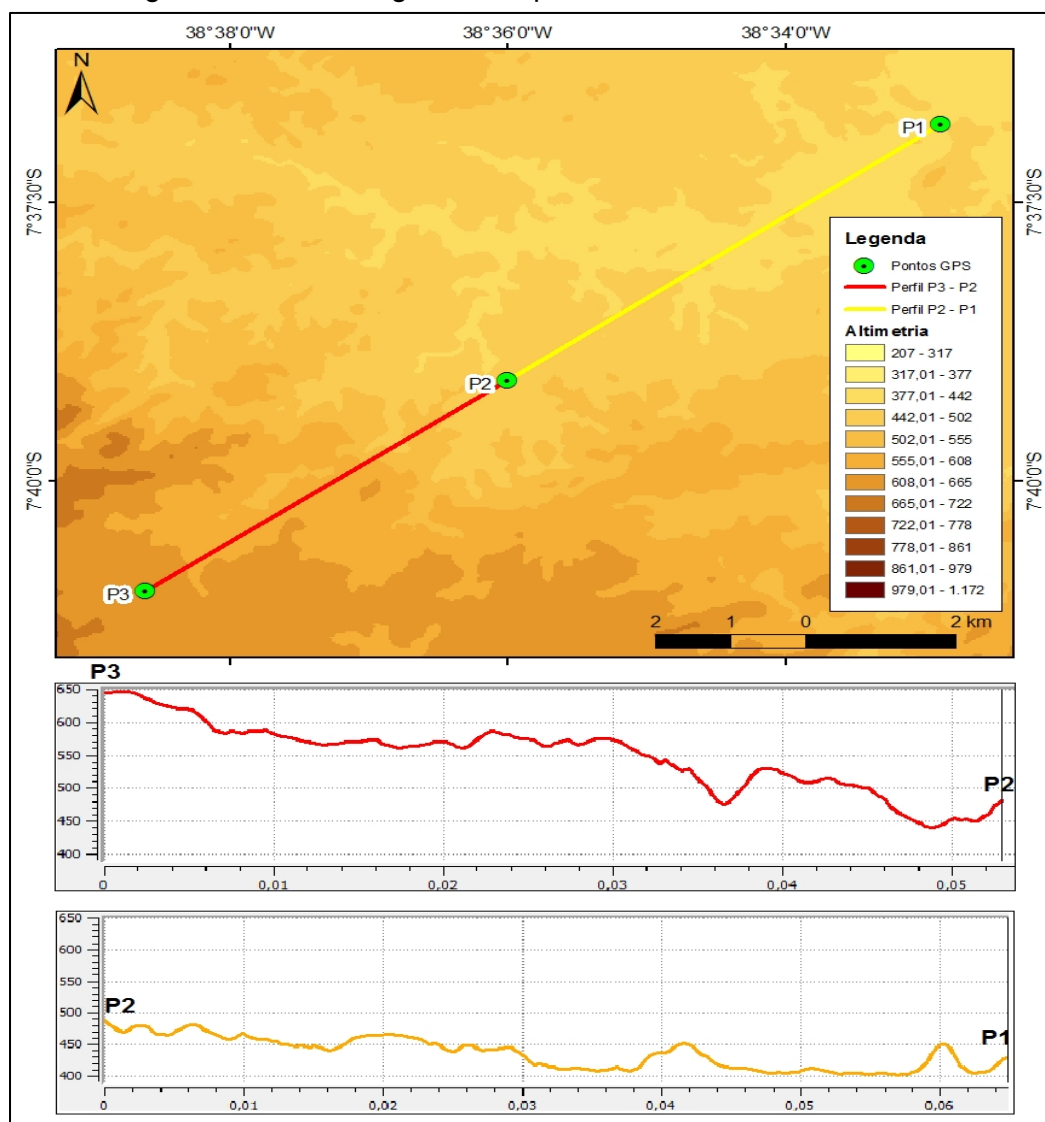
2.14. Trabalhos de campo

As saídas ao campo foram precedidas de uma análise prévia dos possíveis locais de coleta. Para uma melhor identificação dos pontos de coleta, utilizou-se o *Google Earth* por fornecer imagens de satélite com alta resolução espacial bem como a possibilidade de associação entre imagem e topografia. Foram realizados quatro trabalhos de campo entre os meses de outubro e dezembro de 2017, todos com objetivo de mapear, coletar dados e amostras.

A escolha dos pontos de coleta (Figura 12), buscou subsidiar os objetivos de cada atividade: mapeamento geomorfológico, mapeamento das coberturas intempéricas, coleta de amostras para decaimento por LOE, análise sedimentológica e coleta de amostra para extração e análise fitológica. Desta forma, buscou-se

identificar: as feições, a existência de estradas de acesso, e existência de possíveis cortes na estrada, falhas, inselbergs, etc.

Figura 12 – Perfil longitudinal e pontos de coleta das amostras.



Elaboração própria. Fonte: Trabalhos de campo.

Nos locais escolhidos para prospecção do material, foram realizadas escavações por meio de trincheiras em cada compartimento do relevo, quais sejam: o primeiro ponto está localizado nas proximidades de uma planície inundação em um tributário do Rio Piancó (**P1**), com o cuidado de não ser em área que sofra, direta ou indiretamente, qualquer influência fluvial, entre 300 e 400 metros de altitude; o segundo ponto localiza-se em uma rampa de pedimentação (**P2**), ou seja, na área de contato entre a superfície pedimentada e uma colina, entre 400 e 500 metros de altitude; e o terceiro ponto está situado em uma lagoa temporária na parte mais

elevada desse perfil longitudinal (**P3**), regionalmente denominada de "topo de serra", toponímia regional para denominar as áreas de maior altitude, entre 600 e 700 metros de altitude.

Em cada ponto ao longo do perfil, foram realizados os seguintes procedimentos:

- a) Análise estratigráfica;
- b) Coleta de sedimento para datações por Luminescência Opticamente Estimulada (LOE);
- c) Coleta de sedimento para extração e análise fitológica;
- d) Coleta de sedimento para análise sedimentológica e morfoscopia.

Todos os pontos de coleta foram georreferenciados com o uso de GPS *Garmin Etrex 10*, realizadas em alturas iguais dentro dos perfis, garantindo uma correlação cronoestratigráfica.

2.15. Modelagem Digital do Terreno

O Modelo Digital do Terreno (MDT) foi desenvolvido por meio da utilização dos dados do sítio da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). O tratamento digital da imagem foi realizado com software *ArcGis 10.3*, por meio da ferramenta *3D*. O sistema de referência geocêntrico utilizado foi o SIRGAS 2000, para fins de checagem foi utilizado o software *Google Earth Pro*.

Para elaboração dos perfis topográficos dos locais de coleta, estes foram gerados a partir das curvas de nível extraídas e geradas no *ArcGis 10.3*, como base utilizou-se as imagens do ASTER GDEM. Enquanto escala de trabalho, adotamos a de 1:150.000, com a ressalva da unidade planície aluvial, mapeada mediante utilização do *Google Earth*, em uma escala de 1:50.000. O *Google Earth* auxiliou no processo de checagem das unidades geomorfológicas, considerando a ótima resolução das imagens, possibilitando, inclusive, visualização em detalhe, com o mapa geomorfológico em escala de 1:150.000. Em relação a hierarquia das unidades de mapeamento, seguimos o protocolo do IBGE (2009), pois, é capaz de evidenciar toda a hierarquia dimensional na área de estudo.

2.16. Mapeamento geomorfológico e pedológico

Considerando o mapeamento preliminar realizando junto às unidades geomorfológicas e coberturas intempéricas no campo, executamos a validação e checagem de cada unidade/classe que fora previamente mapeada. Cada unidade validada fora escolhida levando em conta o acesso ao local e o seu nível de pertinência dentro de todo o quadrante mapeado. Assim, após verificado cada ponto foi georreferenciado com um GPS *Garmin eTrex 10*, sequencialmente os pontos foram plotados nos mapas geomorfológicos e de coberturas intempéricas. A sua descrição em campo (geomorfologia, cobertura intempérica e solos), perfaz o registro das suas características através do estudo e do exame do seu perfil em seu meio natural (IBGE, 2009). Na descrição das seções estratigráficas, buscou-se identificar as camadas, bem como os registros das características morfológicas de forma individualizada.

2.17. Sedimentologia

Foram coletados 250 g de material análise das propriedades sedimentológicas nas mesmas profundidades onde houve prospecção de sedimento para datação por decaimento de LOE. Para o acondicionamento do material foi utilizado sacos plásticos, com capacidade para 2 kg.

2.18. Datação por LOE

Enquanto método geocronológico insere-se em um portfólio de técnicas cujo o objetivo é medir o nível de [...] carga radioativa acumulada em armadilhas cristalinas, após a carga anterior ter sido zerada pela radiação solar, em grãos de quartzo e feldspato, resultante do decaimento de materiais radioativos existentes no depósito sedimentar (AMORIM, p. 108).

O método por LOE trabalha com o princípio da luminescência, este se baseia na propriedade física dos materiais cristalinos (minerais), previamente irradiados por uma radiação ionizante, os quais emitem luz quando submetidos a algum estímulo externo, como por aquecimento até determinadas temperaturas. Sendo a interação entre radiação e matéria a variável capaz de auferir a idade dos materiais

deposicionais definidos a partir das concentrações de defeitos induzidos no material por radiações ionizantes (SALLUN e SUGUIO, 2006; STOKES, 1999).

Para coleta usou-se canos de PVC na cor preta e de aço inox, com 30 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro. Os tubos foram introduzidos na direção horizontal, evitando ao máximo qualquer contato com a luz solar, para que as amostras não sofram zeramento. Por precaução utilizamos sacos pretos para colocar no interior do cano, pois a extremidade do cano voltada para fora do perfil, pode expor o material à luz do sol. Finalizada a coleta, os tubos foram fechados com tampas plásticas de borrachas bem ajustadas e vedadas com fita isolante na cor preta.

O material foi coletado a partir da prospecção de três canos em cada trincheira aberta. A coleta foi realizada obedecendo os mesmos níveis das amostras destinadas às análises sedimentológicas, a fim de permitir uma correlação cronoestratigráfica compatível.

2.19. Análise fitólica

Foram coletadas 30 g de sedimento para cada amostra, em intervalos de 10 cm, começando pela base da trincheira indo até o topo, evitando, assim, possíveis desmoronamentos que poderiam comprometer a qualidade das amostras. Neste caso, o P1 apresentou uma altura de 150 cm, portanto, foram coletadas 15 amostras; o P2 apresentou uma altura de 100 cm, sendo coletadas 10 amostras e, por último, o P3 com também 150 cm e 15 amostras coletadas.

2.20. Trabalho em laboratório

As análises sedimentológica, granulométrica e morfoscopia foram realizadas no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (LabSed/IGc/USP); as amostras para datação por LOE, foram enviadas à empresa Datação, Comércio & Prestação de Serviços LTDA; o processamento, extração e contagem dos fitólitos foi realizada no Laboratório de Micropaleontologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (LabMicro/IGc/USP).

2.21. Análise granulométrica

Na análise granulométrica, o tamanho das partículas é um critério fundamental para a classificação dos sedimentos detríticos (MABESOONE, 1983), para o Quaternário. Suguio (2003) aponta que a análise granulométrica vem para auxiliar a identificação dos ambientes deposicionais na descrição mais precisa dos sedimentos e na obtenção de informações sobre os processos físicos como a hidrodinâmica ocorrida durante a deposição. Possibilitando reconhecer os condicionantes da natureza na área-fonte dos diferentes depósitos como também caracterizar de forma quantitativa e qualitativa os sedimentos que os estruturam.

Operacionalmente, optamos por seguir o protocolo comumente utilizado para este tipo de análise constituído das seguintes etapas:

- a) Separação de uma amostra de 100 g de sedimento inconsolidado;
- b) Aplicação de solução contendo 20 g do dispersante Hexametáfosfato de Sódio (NaPO_3)₆ e 500 ml de água, agitada por 20 minutos para desflocular;
- c) Após o período de repouso de 24 horas, a amostra é lavada para separação dos sedimentos finos (silte e argila) e grossos (areia e cascalho);
- d) Vai para estufa para ser secada a uma temperatura de até 100 °C.

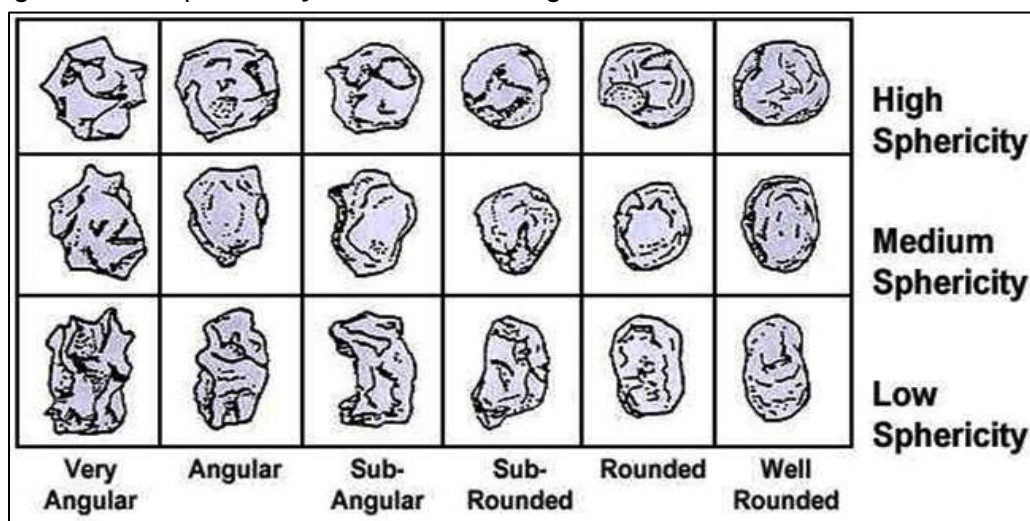
Depois de seca a amostra foi novamente pesada, passando por um peneiramento em jogos de peneira com intervalos sucessivos de 1 *phi* (ϕ) para a determinação das frações areia grossa, areia fina, silte e argila. A obtenção dos valores em grama para cada fração granulométrica, estes foram submetidos a tratamento seguindo os parâmetros estatísticos dos protocolos de Folk e Ward (1957), possibilitando o cálculo do diâmetro médio, do grau de seleção e do grau de assimetria. Para classificação dos sedimentos e da hidrodinâmica utilizaremos, respectivamente, os diagramas de Shepard (1954) e Perjrup (1988).

Após finalizado o processo de peneiramento seco é gerado os valores específicos para cada fração granulométrica. Em seguida foi realizado o tratamento estatístico conforme o protocolo de Folk e Ward (1957), tendo sido calculados o diâmetro médio, o grau de seleção, grau de assimetria e a curtose. Por fim, e, para uma maior didaticidade na geração da classificação dos sedimentos, utilizou-se os diagramas de Shepard (1954) e Perjrup (1988), por meio da utilização do *software SysGran 3.0*.

2.22. Análise morfooscópica

A análise morfooscópica foi realizada no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (LabSed/IGc/USP). Nesta etapa realizamos a análise do grau de arredondamento e esfericidade do grão, textura (brilho, fosco e polido), opacidade (transparente e opaco) e composição mineralógica (material homogêneo ou heterogêneo). Ela seguiu o protocolo do método, ou seja, a comparação entre a projeção máxima do contorno da partícula e um conjunto de imagens onde o arredondamento é previamente calculado (TUCKER, 1995) (Figura 13).

Figura 13 – Representação dos diferentes graus de arredondamento/esfericidade.



Fonte: Tucker (1995).

Os dados processados têm grande importância para caracterização e interpretação dos diferentes tipos de ambientes em que foram transportados e depositados. Para cada amostra de sedimento, selecionaremos 100 grãos na fração 0,250 mm e visualizados através da lupa binocular técnica (com aumento de 2x e 4x). Essa fração decorre pela representatividade em relação ao ponto de ruptura entre o predomínio do transporte por tração (grãos > 0,400mm) e por suspensão (grãos < 0,200 mm) (TUCKER, 1995).

Para fins de uma melhor operacionalidade quanto ao grau de arredondamento dos grãos avaliados, optamos por dividir em nove categorias na forma que segue: muito angular (0,5); angular (1,5), subangular (2,5); subarredondado (3,5); arredondado (4,5); e bem arredondado (5,5) e para o grau de

esfericidade foram definidas as seguintes categorias: esfericidade alta (0,5 a 4,5); esfericidade média (-2,5) e baixa esfericidade (-0,5), considerando o arredondamento previamente calculado conforme o protocolo de Tucker (1995). Os grãos foram visualizados em uma lupa binocular *Stemi SV 6 Zeiss*.

2.23. Datação por Luminescência Opticamente Estimada (LOE)

É conhecimento dado que, o conjunto de bases para a reconstrução de cronologias geomorfológicas relativas antes do século XIX era edificado nas propriedades da continuidade lateral, sobreposição das camadas, discordâncias erosivas e a inclusão de xenólitos (GOUDIE, 2013).

As modernas técnicas de datação se apresentam na contemporaneidade como alguns dos mais importantes recursos disponíveis para diagnósticos geomorfológicos. Na verdade, o atributo-chave para as técnicas contemporâneas de datação advém do fato dessas constituírem técnicas absolutas e não relativas em sua maior parte radiométricas, ou seja, baseadas no decaimento diferencial de isótopos radioativos no escorrer do tempo. A mais difundida técnica radiométrica utilizada pela Geomorfologia e pelas Ciências da Natureza é o decaimento por carbono radioativo (^{14}C).

Tais abordagens fornecem condições necessárias para o estabelecimento de correlações espaço-temporais, por vezes confrontadas com o registro contínuo da história climática do planeta, mormente descortinada através da estratigrafia dos isótopos de oxigênio proveniente da análise do gelo tanto do *inlandis* antártico quanto groenlandês (SHACKLETON, 2000).

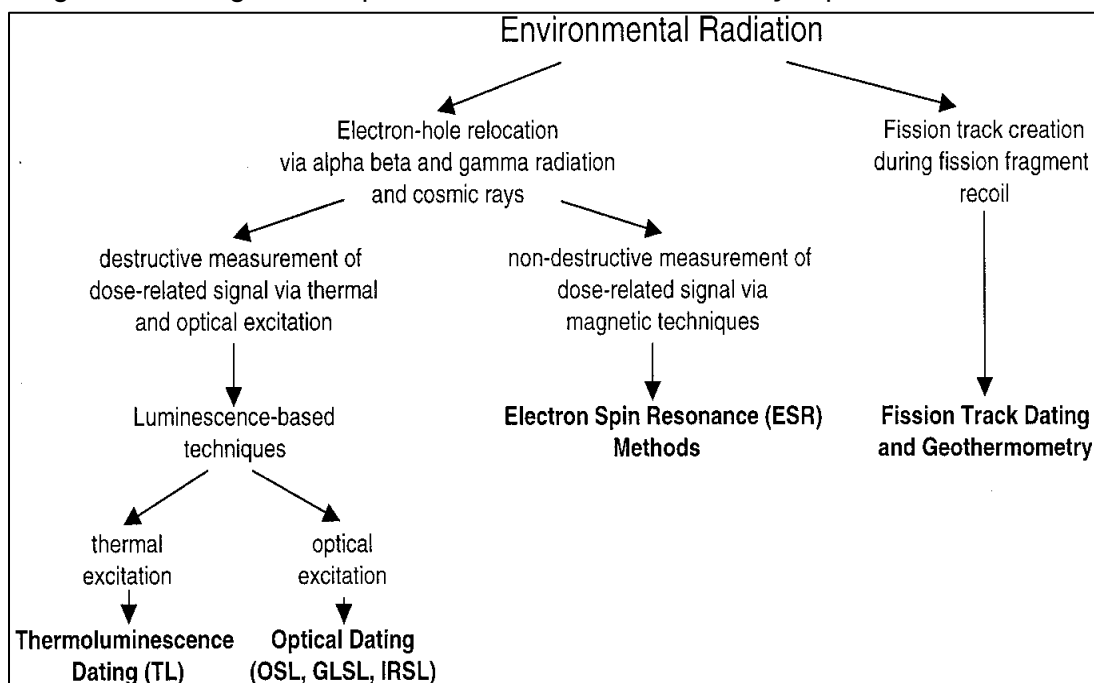
Para Goudie e Viles (2010), graças à disseminação de técnicas de datação absoluta em Geomorfologia foi possível a verificação das assinaturas catastróficas decorrentes de mudanças climáticas pretéritas na paisagem, sendo elas marcadas por períodos de relaxamento e por curtos intervalos de uma intensa atividade geomorfológica no bojo das mudanças ambientais onde o catalizador decorre da dinâmica interna quanto a externa do planeta.

Entretanto, recentemente outras técnicas geocronológicas tem ganhado espaço e acabaram se tornando importantes ferramentas de auxílio ao desenvolvimento de pesquisas geomorfológicas, principalmente, por terem aplicação em ambientes sedimentares inorgânicos somado à uma mais longa abrangência

temporal.

Entre esse conjunto de técnicas e métodos geocronológicos temos a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE), que se caracteriza por apresentar boas respostas para a datação a partir dos minerais de quartzo e feldspato, sendo o primeiro um resistato altamente resiliente constituinte da maior parte dos sedimentos e em todos os ambientes continentais (Figura 14).

Figura 14 – Diagrama esquemático dos métodos de datação por luminescência.



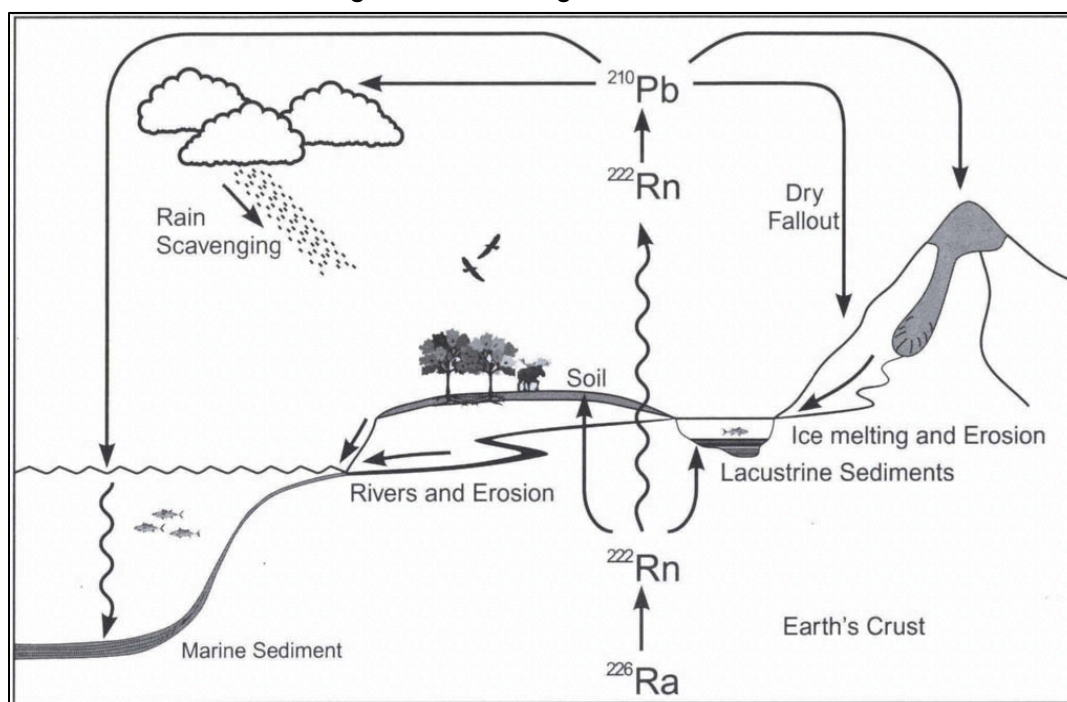
Fonte: Stokes (1999).

Em relação aos métodos de luminescência, eles se caracterizam por envolver um conjunto de técnicas ligadas a um decaimento eletro-radioativo ambiental. Com maior destaque para a Luminescência Opticamente Estimulada (LOE) que, pode servir como importante técnica capaz de auferir a cronologia absoluta dos depósitos Quaternários. Ela foi desenvolvida nos idos da década de 1980, por Huntley et al. (1985), e que acabou se popularizando de forma rápida na Geociências e Arqueologia (STOKES, 1999).

Os elétrons saem de um estado estável ao ser adicionado energia ao sistema, tal como quando ficam expostos à radiação ionizante proveniente do decaimento radioativo. Portanto, uma vez aprisionados, determinados elétrons podem acabar se fixando em áreas defeituosas levando a uma estabilidade que será quebrada com

uma nova entrada de energia que pode ser introduzida pelas vias óptica ou térmica (figura 15).

Figura 15 – Ciclo global de ^{210}Pb .



Fonte: Preiss et al. (1996).

Esse *quantum* adicional de energia está acima do patamar de ativação permitindo, inclusive, que elétrons acabem se combinando nos “vazios” dos centros de recombinação. Os elétrons acabam por regressar ao seu estado de base e, caso o centro de recombinação seja do tipo luminescente, a energia é emitida em forma de fótons. A literatura especializada indica que duas subdivisões para este método a depender do comprimento de onda da fonte luminescente: LEIF – Luminescência do Infravermelho, para o feldspato potássico e LLV – Luminescência de Luz Verde para o quartzo.

A LOE enquanto método, parte da premissa de que qualquer carga pretérita de elétrons contida em um sedimento é substancialmente reduzida ou completamente removida durante os processos de erosão, transporte e sedimentação restando apenas uma pequena carga residual não removível (Figura 15). Geoffrey-Smith, Huntley e Chen (1988) demonstraram que especificamente no quartzo e no feldspato esta redução, que assinala o estímulo óptico, pode ter níveis muito mais baixos inclusive valores residuais inferiores a 5% da carga inicial após

uma exposição à luz do sol por um minuto (GEOFFREY-SMITH, HUNTLEY E CHEN, 1988).

Outra característica quanto à escolha pela utilização da LOE é que este método pode ser utilizado para estimar o tempo transcorrido desde que os clastos componentes de um sedimento foram expostos pela última vez à luz do sol; portanto, este fornece a idade da última estabilização do depósito ao considerar que a luminescência presente nos minerais naturais é determinada pela sua exposição à radiação *in situ*, podendo ser zerada por exposição à luz durante o transporte e a deposição. O seu cálculo da idade por luminescência pode ser expresso pela equação:

$$\text{Idade} = \text{Paleodose} / \text{Dose Ambiental}$$

Na literatura especializada o termo paleodose também pode aparecer como dose equivalente (ED), por sua vez corresponde à radiação ionizante do decaimento dos isótopos de urânio, tório, potássio e em menor escala a radiação cósmica, as quais o material esteve exposto desde a sua deposição.

Em relação à dose ambiental faz referência à taxa da qual a amostra foi exposta à radiação ionizante, ou seja, à taxa pela qual o conjunto de elétrons foi acumulada. Assim, para os casos onde o intervalo de tempo for igual a um ano, considera-se a taxa como “Dose Anual”. Todavia, o seu cálculo pode apresentar algumas complicações decorrentes dos níveis de umidade ambiental, do intemperismo químico na medida em que a sua fórmula final é representada da seguinte forma:

$$D_a = 0,92 (D_\beta) / 1 + 1,25 H_2O + D_c / 1 + 1,14 H_2O + D_c + (D_{\beta i})$$

Onde temos: D_a (dose anual), D_β (dose de radiação beta), D_c (dose de radiação gama), D_c (dose de radiação cósmica), $D_{\beta i}$ (dose de radiação beta interna oriunda do K40 para as amostras de K-feldspato) e H_2O (teor de água da amostra, expresso de 0 a 1). Devemos ter ciência que o método de datação óptica é validado na medida em que a luz do sol libera a cadeia de elétrons sensíveis e existentes na estrutura cristalográfica dos cristais de quartzo ou feldspato (STOKES, 1999).

A liberação da cadeia de elétrons por estímulo luminoso reduz o sinal da LOE a zero. Portanto, quando há o soterramento dos grãos e com sua permanência fora do alcance da luz solar, concomitantemente estes começam a acumular elétrons que serão aprisionados devido ao efeito da radiação ionizante emitida pelo decaimento de radioisótopos contidos na estrutura do próprio depósito, onde parte desta radioatividade natural acaba se originando no interior dos próprios grãos de quartzo e feldspato (radiação beta), entretanto, a sua dose de radiação é oriunda, principalmente, do depósito em si (radiação gama). Caso o fluxo radioativo ionizante apresente certa estabilidade, o tempo de soterramento será auferido pela medição da dose armazenada nos grãos dividida pelo fluxo da radiação ionizante ambiental (dose ambiental).

A dose ambiental nada mais é do que a medida de valor da radiação ionizante à qual o mineral é submetido. Sendo determinada pelos métodos da ativação de nêutrons, pela bTLD (dose de termoluminescência da radiação beta) e pela espectrometria gama de alta resolução capaz de aferir também a existência de equilíbrio radioativo no depósito.

Com a liberação desses elétrons aprisionados por estímulo luminoso, tem-se uma redução do sinal de LOE a zero. Em condições em que os grãos estejam soterrados permanecendo fora do alcance da luz solar, os elétrons começam a ser aprisionados novamente provocando a concentração de energia por meio da radiação ionizante emitida pelo decaimento de radioisótopos contidos no próprio depósito (FUCHS e LANG, 2009).

Caso os sedimentos não tenham sofrido exposição à luz solar suficiente antes do seu soterramento, a LOE acaba por superestimar o lapso temporal decorrido após o último soterramento. Assim, para evitar erros, é necessário o estabelecimento de uma série de testes preliminares para garantir a viabilidade de uma determinada área para prospecção de amostradas para datação por LOE.

Contudo, em relação aos sedimentos que sofram um “zeramento” do sinal de luminescência durante o transporte, estes acabam por exibir uma dose acumulada de radiação similar desde que o material apresente sensibilidade homogênea à radiação ambiental ionizante – decorre desta particularidade uma observação para fins de verificar a consistência mineralógica do material a ser datado (CLARKE, RENDEL e WINTLE, 1999). Deve se considerar a possibilidade de que, ao longo do tempo analisado a radiação ambiental tenha se comportado, até certo ponto,

homogênea sem que tenham ocorrido “perturbações” externas decorrentes do aumento do intemperismo químico. Com este método é possível também a realização de distintos estudos relacionados às taxas de sedimentação a médio e longo prazos. Sua resolução cronológica abre a possibilidade de realizarmos todo o escalonamento da dinâmica evolutiva das paisagens sob diferentes eventos formativos e ambientes deposicionais (MADSEN e MURRAY, 2009).

Em síntese, o portfólio de métodos de datação por luminescência acaba abrangendo um extenso leque de técnicas baseadas no acúmulo de cargas radioativas produzidas por uma população de elétrons aprisionados em minerais cristalinos. Estes métodos são capazes de estabelecer o período de tempo transcorrido desde que a população aprisionada de elétrons foi liberada pela última vez.

A literatura especializada indica que o evento de liberação da carga acumulada para os materiais sedimentares é o instante em que este material foi exposto a luz diurna pela última vez, antes de ser recoberto por novo episódio deposicional. A técnica se impôs a partir da década de 1980 e da contribuição de Huntley et al. (1988). A descoberta mais significativa foi, sem dúvida, a da possibilidade de medir o sinal de luminescência diretamente relacionado à carga da população de elétrons aprisionada no cristal, mediante estímulo luminoso, assim definindo o próprio método da LOE (Luminescência Opticamente Estimulada). Entretanto, o seu começo não foi nada fácil. Alvo de uma série de desconfianças seu uso só se tornou mais sistemático a partir dos avanços tecnológicos que fomentaram o reconhecimento de sua veracidade e potencialidade como método de datação dos sedimentos siliciclásticos do Quaternário, tendo um alcance temporal muito mais amplo quando comparado com o método de datação por radiocarbono.

De acordo com as características das amostras, do poder e calibração de alcance do equipamento, ela pode desvendar idades que variam entre dezenas de anos até aproximadamente 1 Ma, cobrindo um espaço temporal de importantes mudanças ao longo do Quaternário. Além de fornecer dado sobre a idade absoluta de períodos deposicionais, com ele é possível, também, a realização de distintos estudos relacionados às taxas de sedimentação a médio e longo prazos. Sua resolução cronológica abre a possibilidade de realizarmos todo o escalonamento da dinâmica evolutiva das paisagens sob diferentes eventos formativos e ambientes deposicionais (MADSEN e MURRAY, 2009). Por sua característica única, entre os

métodos geocronológicos, ela é capaz de datar diretamente o tempo de deposição de sedimentos com base nos minerais mais comuns da superfície da terra - quartzo e feldspato - excluindo os restos orgânicos, sendo hoje uma das principais ferramentas no auxílio às pesquisas de reconstrução paleoambiental (SALLUN et al., 2007).

O aumento da sua utilização de forma mais recente, recai do refinamento dos protocolos que norteiam a parte prática dessa técnica, ocasionando uma maior consistência e compatibilidade cronológica dos dados, sobretudo, pela presença dos sinais de luminescência presentes nos grãos de quartzos e feldspatos por serem os de compreensão mais fácil (STOKES, 1999).

Fazendo uso corretamente nas amostras de sedimentos que sofreram o "zeramento" adequado do sinal de luminescência durante o transporte, Clarke, Rendell e Wintle (1999) demonstram que estas apresentam a mesma sensibilidade de luminescência como uma taxa de dose ambiental homogênea sendo obtida, também, uma idade exata para a deposição do material. Desse modo, os pesquisadores comprovaram a viabilidade desse método em datar, de forma precisa, os sedimentos do Quaternário.

Utilizamos na tese o protocolo SAR¹⁰ para operacionalização das datações por LOE. Para a determinação de uma idade média dentre, pelo menos, 10 a 20 alíquotas, ou seja, são construídas de 10 a 20 curvas de calibração onde são encontradas de 10 a 20 idades sendo possível a construção de um histograma de idades e interpretação da variação de idades em cada amostragem.

No protocolo SAR apenas uma alíquota (~7 mg) é utilizada para a determinação de cada Paleodose (P). Dessa forma, a alíquota usada na medida do sinal natural de LOE, é a mesma utilizada nas diversas etapas de irradiação para a construção da curva de calibração (WALLINGA, MURRAY e WINTLE, 2000). No protocolo SAR, se utilizado sempre as mesmas 10 alíquotas, será obtido, ao final 10 valores de P e, conseqüentemente, 10 idades diferentes para uma mesma amostra.

De forma sintética, em nossa tentativa em verticalizar os estudos da desertificação no Semiárido nordestino, primamos pela utilização de novos conhecimentos e abordagens teórico-metodológicas aos postulados mais fortemente difundidos. Estes, muitas vezes, se apresentam como verdadeiros paradigmas

¹⁰*Single-Aliquot Regeneration.*

capazes de determinar se uma determinada área encontra-se ou não em processo de desertificação.

A tese vislumbra a possibilidade de uma aproximação geomorfológica na escala espaço-temporal para investigação da desertificação. Ou seja, uma tentativa de reconstruir eventos geomórficos do passado a partir de um espaço mais restrito em um período de tempo mais curto e, assim, construir uma ponte interpretativa para com o fenômeno da desertificação.

No decorrer da tese, será recorrente indicarmos idades para os eventos pretéritos ocorridos em todo o Semiárido nordestino e de forma mais específica na área de estudo, justificando a apresentação e discussão das bases teóricas e práticas relacionadas à utilização das técnicas geocronológicas que utilizamos para aferir e interpretar estas idades. Inclusive, para conseguir datar períodos de tempo transcorridos durante o Quaternário, os quais serão apresentados e discutidos de forma pormenorizada no corpo da tese.

2.24. Fitólitos como ferramenta de reconstrução paleogeográfica

As técnicas de reconstrução paleogeográfica exigem sempre a utilização de um dado (*proxy*), ou mesmo a combinação de vários indicadores (*proxies*). Neste campo de utilização de técnicas, a palinologia é de longe o método mais utilizado quando em estudos de reconstrução da vegetação. Contudo, esse indicador, mesmo com sua larga utilização, somada à uma comprovada eficiência na série de estudos realizados, apresenta algumas limitações à disponibilidade de fontes de coleta de material parental, principalmente, para ambientes de clima seco no que se refere a pouca residência de matéria orgânica. Essa dificuldade fez surgir a necessidade do desenvolvimento e aprimoramento de outras técnicas capazes de responder a questionamentos onde a palinologia por essa especificidade não conseguia responder. Dentre o portfólio de técnicas, temos a análise dos fitólitos, que são capazes de se preservarem em condições adversas (oxidantes), como nos solos. Assim, nas áreas em que não há a formação de testemunhos (lagos e turfeiras), os fitólitos se apresentam como a única fonte de dados possível para a reconstrução de determinado ambiente sem falar da sua excepcionalidade para estudos das gramíneas. Conquanto, a técnica fitólica pode tanto ser utilizada para substituição ou

complementação à análise polínica. A qual tem a aptidão para ser utilizada concomitantemente com análises isotópicas.

Portanto, para que consigamos compreender as idiosincrasias existentes entre a atual vegetação e a pretérita e suas relações com o meio físico é que existem os estudos paleoambientais. Sem nos esquecermos de que os paleoambientes quaternários serão melhor desvendados se formos capazes de conjurar uma abordagem interdisciplinar envolvendo as diversas contribuições que as várias áreas do saber científico forneceram à temática. Essa análise deve ser construída na perspectiva de uma metodologia variável com a inclusão de dados de Sedimentologia, Estratigrafia, Geomorfologia, Climatologia, Botânica, Zoologia e Biogeografia. Até o momento, ainda há grandes lacunas no nosso conhecimento sobre a evolução e diversidade atual da flora de algumas regiões brasileiras, razão pela qual acreditamos na relevância do incentivo aos estudos paleoambientais.

Para Bigarella e Andrade-Lima (1982), qualquer análise paleoambiental do passado deve partir do entendimento da distribuição atual da vegetação. Não por acaso, os estudos de Fitogeografia são de grande valia para a compreensão do dinamismo comportamental dos mosaicos vegetacionais. Estudos dessa natureza demonstram com certa clareza que consideráveis partes do arcabouço vegetacional de ordem primária em determinadas áreas do Brasil, está em desacordo com o atual quadro climático e edáfico, evidenciando que a distribuição dos táxons é um problema de ordem ecológica com relação direta aos condicionantes atuais e paleoambientais. Mormente, podemos, a partir do conhecimento dado que, em conjunto com técnicas de reconstrução paleogeográfica, aferir as marcas impressas pelas mudanças paleoclimáticas no mosaico paisagístico em um determinado quadrante.

2.24.1. Fitólitos: definição, origem e produção

Os fitólitos nada mais são do que partículas de opala ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) microscópicas (<60-100 μm) originárias da precipitação da sílica amorfa entre e nas células de diversas plantas vivas (PIPERNO, 1988). Estes são resultado do processo de biomineralização a partir do controle biológico, em outras palavras, devido à mediação da matriz orgânica: os organismos - no caso, as plantas – em sua organização interna originam uma estrutura ou molde onde se introduzem os

íons e ali são induzidos a se precipitar e cristalizar (OSTERRIETH et al., 2009). Assim, a estrutura dos fitólitos aparenta forma de constituição da célula em que este foi formado, ou seja, ao se analisar no microscópio enxerga-se o “molde” da célula.

As plantas absorvem a sílica por meio do seu sistema radicular na forma de ácido monossilícico Si(OH)_4 , quando o pH do solo está entre 2 e 9. Caso a pressão no interior da planta seja negativa, esta vai absorver água (solução circulante do solo). Ou seja, quanto maior for a evapotranspiração, diretamente maior será a pressão negativa e o poder de absorção. O processo absorvivo pode ser de dois tipos: ativo e passivo. Ativo, quando a célula na raiz tem a função de gerir o reconhecimento de Si, agindo como instrumento regulador da diferença eletrostática existente entre o interior e o exterior da célula. Em outras palavras, o nível de silicificação da planta tende a ser maior, mormente, raras as plantas que apresentam unicamente a absorção ativa, a exemplo o arroz (*Oryza sativa*). Em se tratando do processo passivo, este é metabolizado através de um canal existente na raiz da planta, que, por força do gradiente osmótico, há o transporte dos elementos em solução onde, concomitantemente, a planta absorve Si(OH)_4 e a água absorve os demais elementos (MADELLA, 2008).

A sílica provém do material que for dissolvido em solução do solo, na forma de ácido silícico Si(OH)_4 , que ao ser transportado pelas raízes passa a fazer parte na composição da seiva bruta das plantas, incluindo, todos os mecanismos relacionados aos processos de absorção, passivo e ativo, transporte e precipitação (MOTOMURA, FUJII e SUSUKI, 2004).

O entendimento sobre o processo de formação dos fitólitos no meio natural é repleto de divergências. As principais contribuições estão apresentadas a seguir:

- a) Folhas: prioritariamente na epiderme, neste caso, ocorrendo a evapotranspiração (ET). A evaporação de água nas plantas se concentra em suas folhas. A concentração de ácido monossilícico é tão grande que a Si não circula, se precipita;
- b) Troncos: tem o poder de originar importantes e interessantes informações ao considerar a sua Taxonomia e o tipo de tecidos;
- c) Raízes: têm uma informação de tipo taxonômico ou ecológico muito baixo ou nulo, morfotipo muito repetitivo, pouco característico.

No bojo das divergências há de consideramos que: as células são muito

uniformes, não há grande diferenciação morfológica; junto as raízes não há evapotranspiração, sua função é de absorção no local por onde o ácido silícico é transportado; A silicificação, em sua maior parte ocorre, no interior da célula (citoplasma). No espaço intercelular há grande dificuldade de identificação dos morfotipos por vezes acompanhados do baixo nível de silicificação (PIPERNO, 1988).

A precipitação ocorre, principalmente, junto aos tecidos da epiderme no mesófilo das gramíneas e no xilema secundário das dicotiledôneas lenhosas (MOTOMURA, FUJII e SUSUKI, 2004). Para as células bulbiformes, as quais tem funções específicas junto às gramíneas, sendo o agente que aciona o abrir e fechar nos períodos de maior temperatura do dia provocando a diminuição da evapotranspiração. Neste processo é que se originam os fitólitos no interior das células. Entretanto, em condições de elevada concentração de Si, o conjunto de células do mesófilo também serão capazes de produzir fitólitos. Para as regiões de clima tropical, caso do Brasil, tem-se a formação de fitólitos articulados – sílica *skeleton* – a partir das células do mesófilo que foram recobertas por Si opalina.

2.24.2. Reconstrução paleogeográfica do Semiárido nordestino

Compreender a trajetória do homem a partir de sua relação pretérita com a natureza pode servir, enquanto fonte de dados capazes de contribuir para reconstruirmos parte da cultura de determinados grupos humanos. A manipulação de alimentos ou de utensílios acabam imprimindo suas marcas mesmo após o processo de decomposição.

Para este tipo de análise, a identificação taxonômica dos grupos vegetais está baseada, essencialmente, na comparação de sua estrutura anatômica dos fragmentos carbonizados com amostras de madeiras atuais de uma coleção de referência sendo possível graças o lenho conseguir manter-se conservado mesmo após a carbonização (PIPERNO, 2006).

Através da interpretação dos corpos de sílica presentes é possível identificar os grupos e/ou famílias de plantas e, também, sobre o solo em si. Considerando que muitos dos cristais são encontrados corroídos, seja ela ocasionada pela ação de micro-organismos, diatomáceas e radiolárias que se utilizam da sílica em suas cascas como também por uma precipitação de silicatos, glauconita, feldspato

autigênico, clorita e illita, ou, por último, acabam por auxiliar a capacidade do solo em reter água que após observações em microscópios algumas superfícies apresentam ranhuras que podem ter a capacidade de reter água da chuva (PIPERNO, 2006). Portanto, quanto mais corroído for o grão, maior será o potencial de retenção de água. Entretanto, essa resposta física ainda carece da devida atenção por parte daqueles que estudam a relação água-solo em terrenos de textura arenosa.

Nesse sentido, é importante destacar que, as coleções de referência de fitólitos se revestem de grande importância para os estudos de reconstrução paleogeográfica. Pouco explorada, essa base de dados é fundamental para esse tipo análise no direcionamento de se comparar arcabouços vegetacionais pretéritos e atuais, possibilitando a identificação das plantas por famílias, ou seja, garante uma análise consistente das assembleias de fitólitos preservadas em amostras de solos e sedimentos.

O desenvolvimento de pesquisas com a aplicação dessa técnica vem ganhando cada vez mais espaço, especialmente para estudos em regiões tropicais, berço de uma grande biodiversidade e estruturas morfológicas de vegetação passíveis de preservação em solos e sedimentos pouco conhecidas como é o caso dos fitólitos (PIPERNO, 2006). As coleções de referência para regiões tropicais e subtropicais e, em especial, para o Semiárido nordestino, ainda são muito incipientes. Como referência da utilização desse tipo de técnica no Semiárido nordestino, temos a pesquisa de Silva (2016) com a ressalva de que, em seu trabalho, o autor analisou um ambiente sedimentar, localizado na superfície fanerozóica da Chapada do Araripe, no estado do Ceará. Na tese a análise se processa em ambiente cristalino do Semiárido nordestino.

A utilização dessa ferramenta de reconstrução paleogeográfica nesta tese tem o condão de identificar e classificar morfotipos de fitólitos em plantas modernas na forma de uma análise comparativa nos sedimentos coletados na área de estudo, neste caso no Sertão paraibano. Contribuindo, assim, de forma bastante positiva, para a reconstrução paleogeográfica em área de clima semiárido, inclusive, para geração de uma coleção de referência do Bioma Caatinga, a partir da classificação e identificação dos fitólitos de espécies típicas desse domínio morfoclimático, contribuindo para realização de estudos nas mais diversas áreas saber ligadas diretamente a Geografia, quais sejam, a Geomorfologia, a Biogeografia, a Pedologia e a Climatologia.

Por fim, o desenvolvimento de estudos através de fragmentos de vegetação apresenta uma boa perspectiva de análise onde a sua identificação pode ser comprovada por meio dos fitólitos encontrados nos sedimentos, comprovando ou diferenciando o grupo vegetacional de outrora (PIPERNO, 2006).

2.24.3. Formação das seqüências fitolíticas

Os solos são as unidades preponderantes para o desenvolvimento da análise fitolítica por apresentarem condições favoráveis à estabilidade dos minerais silicosos juntamente com uma série de indicações em regiões onde faltam outros tipos de indicadores, a exemplo, o pólen. Na distribuição dos marcadores de vegetação no interior dos sedimentos há uma enorme, e quase que exclusiva, dependência do nível de acumulação das partículas detríticas onde a sua distribuição, enquanto marcadores nos solos ou perfis de alteração, deverão estar a interação entre diversos processos pedogenéticos, seja a acumulação, erosão, dissolução seletiva e a translocação. (PIPERNO e BECKER, 1996; ALEXANDRE et al., 1997a, 1999).

O conjunto dos processos de acumulação e erosão que agem sobre o solo necessitam serem levados em consideração no intuito de estabelecer bases entre o nível do aporte e de perdas de material (inclusive fitólitos). Estes, por sua vez dependerão dos atributos: topografia do perfil, tipo de solo, cobertura vegetal e da pluviometria e da sua capacidade erosiva. A dinâmica interna da translocação no interior do solo, mormente o fluxo de atributos do topo para a base do solo e vice-versa, resulta do transporte de fluidos através dos poros do solo e da ação muito particular dos animais escavadores (formigas, térmitas, minhocas e etc.), a duração e intensidade dos processos de translocação tem ligação direta com a forma (morfologia), do tamanho (quanto menor maior mobilidade), da superfície específica das partículas (potencializando ou não formação dos agregados) e a presença ou ausência de horizontes impermeáveis (PIPERNO, 2006; ALEXANDRE et al., 1997b).

A dissolução seletiva conta com algumas variáveis indo da superfície específica e o teor em água das partículas (correlacionadas a sua solubilidade e velocidade de dissolução) ao alumínio absorvido quimicamente entre as partículas (diminui a solubilidade) e a estabilidade dos agregados de matéria orgânica/fitólitos/argila (ILLER, 1979).

Assim, podemos inferir que as translocações em conjunto com atividades

biológicas são capazes de transportar os fitólitos ao longo dos perfis. Todo esse processo de translocação e de dissolução seletiva dos fitólitos ao longo de um perfil de solo acabam misturando fitólitos "jovens" e "velhos" em diferentes profundidades, que quando analisada pode ser facialmente modelado por uma distribuição bicompartimentada devido à similaridade das matérias orgânicas do solo (MOS) (ALEXANDRE et al., 1997b).

Portanto, há de se considerar, enquanto polo lábil, aquele originado por fitólitos juvenis que são rapidamente dissolvidos. Pouca abundância à medida que a profundidade aumenta zerando na base do perfil. Já um polo mais estável apresenta, em sua gênese, partículas mais senis e resistentes à dissolução, inclusive, conseguindo resistir à medida que a profundidade do perfil aumenta sem falar na representatividade e a totalidade dos fitólitos da base do perfil (ALEXANDRE et al., 1997b, 1999).

Em se tratando de um possível modelo bicompartimentado de distribuição dos fitólitos, este nos leva à compreensão do aumento da idade média das partículas com a profundidade, hipótese primordial para interpretar as assembleias fitolíticas dos solos em termos paleoambientais (PIPERNO, 1996) onde o aumento da quantidade de morfotipos de dissolução na superfície dos fitólitos pode representar um marcador do tempo de permanência e/ou do aumento da idade média das partículas com a profundidade.

2.24.4. Dinâmica espacial dos fitólitos

A dinâmica fitólica no interior dos sistemas do solo tem o poder de determinar as mudanças de vegetação nas escalas local ou regional. Considerando que os fitólitos são dispersos pelo processo de humificação e/ou combustão da matéria orgânica que ocorre nos solos, sendo possível que um grande número de fitólitos de solo tenha sua origem junto à própria cobertura vegetal local. Esta possibilidade pode ocorrer principalmente nas regiões de clima equatorial, devido as condições genéticas e externas favoreceram o escoamento e o transporte eólico. A dispersão vertical dos tipos de fitólitos ao longo de um solo está diretamente ligada à sua composição edáfica em escala local (RUNGE, 1999; BREMOND et al., 2005).

É sabido que dentro da dinâmica de um determinado ambiente, seus condicionantes têm a capacidade de transportar fitólitos e outros minerais do solo,

do seu sítio original pelo vento, água e animais dispersores por longas distâncias (OSTERRIETH et al., 2009). Ou seja, nas regiões de clima árido com a presença de ventos fortes e uma rarefeita cobertura vegetal, o poder de transporte eólico para longas distâncias é potencializado, refletindo nas mudanças vegetacionais a nível regional (PIPERNO, 1988; BREMOND et al., 2005). Eventos extremos e, por vezes anômalos (fogo, enchentes e escavações), têm o condão de produzir grandes quantidades de fitólitos de fácil mobilidade (PIPERNO, 1985).

Assim, em uma pesquisa que busque compreender a produção, o depósito e a dispersão dos fitólitos visando reconstituir a história da vegetação e a sua relação com os solos há de consideramos as três principais fontes de origem dos fitólitos, e a sua importância relativa com os horizontes do solo: a) produção *in situ* (*autóctone*), através da própria vegetação desenvolvida sobre os solos; b) produção por migração (*alóctone*) através do poder de transporte das águas superficiais, sub-superficiais ou verticais, transporte eólico, pelo fogo e vento; c) e, em último caso, animais de grande porte que com seu poder de pisoteio herdaram o material parental.

Em tese, dentro de um determinado perfil de solo os aportes da vegetação local comportam-se de forma flutuante, ou seja, o poder de migração superficial e subsuperficial vão diminuir na medida em que a profundidade do perfil aumenta. Para o material herdado ocorre o contrário, quanto maior a profundidade maior será o aporte. Em relação aos aportes oriundos por transporte eólico e pela combustão, estes acabam por se manterem constantes ao longo do perfil. Além disso, quanto maior a distância da planta produtora, maior será os aportes extra locais e regionais.

2.24.5. Utilidades e limites do estudo dos fitólitos

A utilização dos fitólitos enquanto método para reconstrução paleogeográfica nos permite inferir os seguintes resultados:

- a) caracterização e dinâmica específica e funcional das plantas;
- b) reconstruções paleobotânicas, paleoambientais e arqueológicas;
- c) relação da evolução/degradação dos solos;
- d) adaptação das matrizes e sua relação de estabilidade com os agregados.
- e) compreensão do ciclo biogeoquímico da sílica, por meio dos processos de dissolução, preservação e transferência de material.

Como qualquer outro processo de biomineralização, os fitólitos se constituem numa importante ferramenta – ao agregar dados, permitir interpretações, sem falar da necessidade de sua utilização ocorrer no seio de estudos multidisciplinares sob o risco dos dados se apresentarem de forma simplista. Em se tratando de fitólitos extraídos em um determinado perfil de solo, para o seu processamento e análise, há de considerar o dado que o solo é um recurso natural enquanto sistema completo e aberto, em contínuo processo evolutivo na relação espaço-tempo, condicionado pelo mister de relações mantidas com a água, com a atmosfera, com a vida biótica e abiótica e com a sociedade.

Nesse contexto, ao realizarmos estudos nos solos por meio da utilização de técnicas de biomineralização não podemos nos esquecer das dinâmicas internas que garantem as adições, transformações, transferências, perdas, estabilidade e instabilidade ambiental. Para os solos inseridos em ambientes instáveis é necessário que seja analisada a influência que os sucessivos períodos de estabilidade/instabilidade causaram ao material estudado ao longo da história geológica (OSTERRIETH et al., 2009).

2.24.6. Extração dos fitólitos

Todo o processo de extração foi realizado no Laboratório de Micropaleontologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (LabMicro/IGc/USP). O método utilizado foi por ataque de Ultrassom desenvolvido por Lombardo, Ruiz-Pérez e Madella (2016).

A primeira etapa consiste na dispersão das argilas, iniciada com o quarteamento de 15 g de sedimento, cada amostra foi acondicionada em tubos de 50 ml cheios de água e 5% de solução de Hexametáfosfato de Sódio (NaPO_3)₆, esses vão para banho em ultrassom devidamente pré-aquecido a 60 °C por 15 minutos. Decorrido o período do banho e o tempo necessário para resfriamento das amostras à temperatura ambiente, os tubos com as amostras são centrifugados, inicialmente a 1500 rpm com duração de 3 minutos. Realizada a operação, a água é descartada, adiciona-se água aos tubos e repete-se a operação. Na sequência, as amostras são lavadas e centrifugadas por duas vezes a 2.500 rpm por um período de 2 minutos.

A segunda etapa tem o objetivo de remover os carbonatos, para tanto é adicionado 20 ml de Ácido Clorídrico (HCl), os tubos vão para o ultrassom com o ataque ocorrendo no intervalo de 30 minutos até que estes não apresentem qualquer tipo de reação. Sequencialmente o Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂) é descartado, adiciona água aos tubos e centrifugados por duas vezes a uma velocidade de 2500 rpm com duração de 2 minutos. Na terceira etapa temos o peneiramento das amostras, onde foram criadas duas sub-amostras 250-53 µm (fração grossa) e <53 µm (fração fina).

Continuando, temos a quarta etapa: remoção da matéria orgânica. Em cada amostra é adicionado 20 ml de 30% de Peróxido de Hidrogênio (H₂O₂), após misturando os tubos são imersos para banho e ataque do Ultrassom pré-aquecido a 60°C, ataque realizado em ciclos alternados de 30 minutos até que as amostras não apresentem qualquer tipo de reação. Decorrido o período do banho e o tempo necessário para resfriamento à temperatura ambiente, as amostras vão para a centrifugação por três vezes a uma velocidade de 2.500 rpm por 2 minutos.

Na quinta etapa realizamos a remoção das argilas, com tubos de 45 ml de água e 5% de solução de Hexametáfosfato de Sódio (NaPO₃)₆, mistura-se bem com bastão de vidro e depois com um agitador *Vortex*. As amostras vão para banho e ataque do Ultrassom pré-aquecido a 60 °C por 15 minutos. Após o período de ataque no Ultrassom e do resfriamento das amostras à temperatura ambiente temos a centrifugação a 1500 rpm com duração de 3 minutos, por inúmeras vezes, até que as argilas sejam totalmente dispersas.

Na sexta etapa temos a flotação das amostras, adicionando 20 ml de Cloreto de Zinco (ZnCl₂) (densidade de 2,3 g/cm³), mistura-se manualmente com um bastão de vidro e com agitador *Vortex*. Os tubos são centrifugados a 3.000 rpm durante 5 minutos. Por meio da utilização de uma pipeta descartável transferimos 3 ml do material floculado nas extremidades para um tubo de 15 ml. Adiciona-se água até completar os 15 ml do tubo, mistura-se com bastão de vidro e vai para a centrifuga por 2 minutos em velocidade de 2.500 rpm, a operação é repetida duas vezes.

A sétima etapa, com as amostras secas adiciona-se 4 ml de Acetona Pura (C₃H₆O) ao resíduo, mistura com bastão de vidro, centrifuga-se a 2.500 rpm por 2 minutos, descarta a acetona e deixa a amostra secar por vinte e quatro horas.

Por fim, temos a oitava etapa: montagem das lâminas. Com as amostras secas, as lâminas foram montadas ao pipetarmos 50 µl do material em lâminas que

foram cobertas com *Permault* e lamínula. Os fitólitos foram visualizados em microscópio óptico *Scope A1 Zeiss Axioplan 503 Color*, com objetiva de 20x para fração grossa e 40x para a fração fina.

2.24.7. Taxonomia e contagem

A linha de corte por amostra foi de 200 fitólitos classificados (*classified phytoliths*), estes foram contados a partir de sua forma original incluindo sua subsequente dissolução ou fragmentação. Os fitólitos não classificados (*unclassified phytoliths*) também foram contados mesmo tendo uma forte possibilidade de serem fitólitos por não ser possível distinguir sua forma original é que foram considerados como não classificados.

As assembleias fitolíticas se apresentam como a soma de fitólitos classificados e não classificados. Foi observado o grau de alteração dos fitólitos, contado em fitólitos do tipo *Bulliform*. Para cada lâmina foi feita uma dupla contagem onde a diferença não pode ser superior a 2%.

Primeiramente foi realizada a contagem bruta, sendo observado e anotado o conjunto de todos os morfotipos analisados. Em seguida, foi feita uma contagem mais detalhada: classes com menos de 0,5% de fitólitos foram reagrupadas ou mesmo eliminadas. Na última etapa foi realizada a contagem e cálculo dos índices fitolíticos. Para fins de análise e classificação dos tipos de fitólitos a serem utilizados em cada índice consideramos significativos todos aqueles que apresentaram mais de 5% do total de fitólitos contados.

Os fitólitos foram classificados seguindo a classificação de Twiss, Suess e Smith (1969), Twiss (1992) e Alexandre et al. (1997a) a partir da nomenclatura do ICPN (2005). Os procedimentos de identificação e classificação foram realizados com base no ICPN 1.0 (MADELLA et al., 2005) e também nas coleções de referência de fitólitos do LabMicro/IGc/USP.

Os índices fitolíticos na contemporaneidade têm a função de servir como auxílio às interpretações ambientais e taxonômicas (TWISS, 1992; ALEXANDRE et al., 1997a, 1999; BREMOND et al., 2005; BREMOND et al., 2008). Para a tese os seguintes índices foram calculados: **Índice de densidade arbórea (D/P)** – Infere a proporção da quantidade fitólitos de dicotiledôneas $D/P (\%) = \frac{\text{Globular granulate} + \text{Bilobate} + \text{Cross} + \text{Saddle} + \text{Bulliform cuneiform} + \text{Bulliform parallepiped}}{\text{Total}}$. Para

valores elevados de D/P temos predomínio de elementos arbóreos, ou seja, estrato de porte florestal. Já para valores baixos temos o domínio das gramíneas, ou seja, uma vegetação predominantemente herbácea. Valores superiores a 150 sinalizam uma Floresta Equatorial, quando variam entre 10 a 7 indicam uma Floresta Subcaducifólia e para valores <1 para savanas (ALEXANDRE et al., 1997a); **Índice de adaptação à aridez (lph)** – Emite o sinal do volume das gramíneas C₄ adaptadas a condições de maior (*Panicoideae*) e de menor umidade (*Chloridoideae*). O índice é calculado a partir da equação $lph (\%) = \frac{Saddle}{Saddle + Cross + Bilobate} \times 100$, onde: $lph > 40\%$ caracteriza formações de gramíneas dominadas por *Chloridoideae* sob condições quentes e secas, assim um $lph < 20\%$ indica associações sob clima quente e úmido, ou ainda devido à presença de umidade no solo (ALEXANDRE et al., 1997a); **Índice climático (Ic)** – É capaz de sinalizar abundância das gramíneas C₃ e C₄, e sua capacidade em se adaptar da formação vegetal a uma temperatura mínima e/ou à pressão parcial de dióxido de carbono (CO₂). Calculado a partir da seguinte equação: $Ic (\%) = \frac{Rondel + Polylobate + Trapeziform}{Rondel + Polylobate + Trapeziform + Saddle + Cross + Bilobate} \times 100$. $Ic > 70\%$ domínio de *Pooideae* – C₃, quando inferiores a <30% indicam predomínio de gramíneas C₄ (TWISS, 1992); **Índice de estresse hídrico (Bi)** – Calculado a partir da porcentagem dos fitólitos do tipo *Cuneiform bulliform* em relação à soma de fitólitos de gramíneas, através da equação $Bi (\%) = \frac{Bulliform}{Short\ cells + Acicular + Bulliform\ cuneiform} \times 100$. Altos valores do índice Bi podem indicar estresse hídrico local ou alta taxa de transpiração, acarretando na alta produção de fitólitos buliformes pelos tecidos vegetais (BREMONT et al., 2005).

Sem embargo, a tentativa de revisão, análise e aplicação desse procedimento na tese para fins de reconstrução paleogeográfica torna a utilização dos fitólitos como importante técnica para compreensão das paleopaisagens pelo fato deles serem portadores de uma série de informações acerca da configuração dos ambientes pretéritos, principalmente durante as oscilações ocorridas no Quaternário e suas possíveis reverberações no escorrer do tempo junto ao Semiárido nordestino.

2.25. Construção das seções verticais

A construção de seções verticais, teve como objetivo facilitar a operacionalização das informações sobre as litofáceis, a geocronologia, análise

fitológica e as paleotemperaturas, inclusive garantindo uma maior didaticidade às interpretações. Cada dado foi inserido no mesmo eixo de orientação correspondente a cada intervalo temporal dentro da sessão vertical. As paleotemperaturas foram plotadas a partir da curva de desvio de temperatura elaborada Petit et al. (1999).

CAPÍTULO III - DESERTIFICAÇÃO: INTERPRETAÇÃO PALEOGEOGRÁFICA

“Minhas primeiras viagens, ainda na infância, feitas por alguém que não pensava que um dia viesse a se tornar geógrafo, adquiriram, posteriormente, uma importância fundamental. Ao longo da vida, cada impressão que tive de paisagem, de clima ou de tempo foi por mim interpretada geograficamente mais tarde, por mais recôndita que estivesse da memória. Aos poucos, atingi a noção da organização natural do espaço em face da (des)organização humana do território” (Aziz Nacib Ab'Sáber).

A grosso modo, podemos afirmar que determinado compartimento do modelado, enquanto unidade individualizada de uma estrutura da paisagem, se apresenta como saldo de uma longa história evolutiva. Considerando esse aforismo, some-se ao fato da ciência geomorfológica dedicar-se a elucidar os processos e/ou eventos que moldaram determinada paisagem, ou seja, as respostas sobre a cronologia dos eventos de denudação e agradação podem ser decifradas por meio da utilização das técnicas de datação absoluta. Com a utilização deste tipo de tecnologia é possível explicarmos a importância de determinados episódios do passado e confrontarmos sua relevância frente aos processos geomorfológicos nos dias do presente.

Na introdução da tese meio que *em passant* enunciamos que nos primórdios da ciência geomorfológica não era comum a utilização da escala de tempo. Essa *mis na-scène* acaba por resultar em estudos sem uma definição clara da relação existente entre a forma/processo e o tempo decorrido da paisagem em análise (AMORIM, 2015). Na edificação de sua teoria sobre a evolução do modelado Davis (1899), o revelado se apresenta como saldo de três variáveis preponderantes: estrutura, processo e tempo. Para esse teórico o tempo é um evento cíclico, escorrendo em períodos sucessivos e imutáveis sendo reverberado na paisagem pelo soerguimento e pela denudação em períodos que abarcam milhões de anos (AMORIM, 2015).

Para Davis (1899), intervalos de tempo que variam entre dezenas e centenas de anos são irrelevantes para entendimento dos ciclos de denudação – ciclos geográficos – pelo fato destes não se sucederem ao longo do tempo profundo (AMORIM, 2015). No esteio da teoria Davisiana é sabido que seus contemporâneos, em especial Walter Penk (1888-1923) na Alemanha e Laster King (1907-1989) na

Inglaterra, trataram de centrar esforços em desconstruir seus postulados, com a valoração do tempo dentro da análise geomorfológica (AMORIM, 2015).

Essa matriz teórica davisiana acabou por ditar os rumos da ciência geomorfológica ligados a filogênese anglo-saxônica até a segunda guerra mundial (ABREU, 1983). Graças à inovação tecnológica, por meio da utilização de novas e modernas técnicas, acabaram por embasar empiricamente, o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à geocronologia, paleoclimatologia e neotectônica. A partir de então o conceito de tempo passou a ter uma maior complexidade, advindo, inclusive, a possibilidade de explicar problemas geomorfológicos em diferentes escalas de análise.

Segundo Amorim (2015) o avanço teórico foi tão forte que acabou por influenciar e fortalecer a compreensão da ciclicidade dos eventos formativos com destaque para: Ciclos Tectônicos, Ciclos Orbitais de *Milankovitch*, Ciclos de *Dansgaard Oeschger*, Ciclo do ENOS e a Variação Anual das Estações.

A abordagem e aplicação da escala de tempo, dentro da ciência geomorfológica pode ser operacionalizada a partir de três intervalos: geológico (10^5 anos), moderno (10^2 anos) e recente (SHUMM e LICHTY, 1965 *apud* AMORIM, 2015). Além de implicarem diretamente no entendimento sobre o equilíbrio, esse padrão escalar propicia a operacionalização desse importante conceito frente aos diferentes métodos e metodologias desenvolvidos pela ciência geomorfológica (AMORIM, 2015).

Partimos do entendimento de que o conjunto das dinâmicas geomorfológicas que atuam no modelado em curtos espaços de tempo, tem o condão de desenvolver ambientes de acomodação que serão preenchidos pelos sedimentos no decorrer das dinâmicas a longo prazo (THOMAS, 2004 *apud* AMORIM, 2015). Ou seja, a relação entre os processos de sedimentação e erosão acabam transgredindo eventuais intervalos ocasionados por alterações das condições climáticas, estes últimos, basilares para a compreensão da dinâmica geomorfológica. Conquanto, é sabido do crescente interesse por esse tipo de análise num cenário onde temos uma busca incessante em ritmar a cronometragem das mudanças do clima ao passo que se negligencia as suas reverberações sobre o modelado (AMORIM, 2015).

3.1. Processos geomorfológicos: escalas de tempo e magnitude

Conforme colacionamos anteriormente o tempo, enquanto evento cíclico para análise geomorfológica não é tão recente assim. Historicamente se verifica uma maior verticalização de sua utilização quando direcionado a estudos sobre as mudanças climáticas ao longo do Quaternário, principalmente quando acoplado às técnicas geocronológicas (datação absoluta) (AMORIM, 2015).

Em relação às escalas de tempo, destacamos a aplicação da escala de curto prazo dentro da ciência geomorfológica onde o homem apresenta um papel preponderante enquanto agente capaz de transfigurar uma determinada paisagem, ou seja, as flutuações no câmbio climático estarão coligadas à dinâmica geológica, climática e antrópica, seja de forma isolada ou associada (AMORIM, 2015).

Conquanto, devemos sempre estar atentos quanto as generalizações, neste caso as dinâmicas obrigatoriamente não apresentam um comportamento cíclico, tão pouco sua atuação ocorrerá de forma isolada, ou seja, o tempo deve ser compreendido como uma variável. Ele por si só, não tem o poder de transportar matéria ou energia dentro da dinâmica geomorfológica (AMORIM, 2015).

Dentro da história evolutiva destacamos nove significativos eventos ocorridos nos últimos 10 milhões de anos: glaciações no hemisfério norte, a revolução do Pleistoceno médio, interglacial ocorrido entre 410 e 125 mil anos, Cíclicos *Heinrich* e *Dansgaard-Oeschger*, a deglaciação e o episódio *Younger Dryas*, os episódios ENOS e as oscilações no Atlântico Norte, e por último o início de um possível aquecimento global (AMORIM, 2015).

De acordo com Adams et al., (1999; THOMAS, 1994 *apud* AMORIM, 2015), ao longo dessa história evolutiva pela sua importância, magnitude e diferença escalar temos cinco ciclos que se sobressaem, estes apresentam um lapso temporal variando de 10^7 a 10^{-1} anos. São eles: Ciclos Tectônicos, Ciclos Orbitais de *Milankovitch*, Eventos *Dansgaard Oeschger*, Ciclo do ENOS e o Ciclo Anual.

Seguindo essa lógica e, considerando a ordem de grandeza, temos os ciclos tectônicos como formadores das maiores feições terrestres, quais sejam: as placas tectônicas e cadeias de montanhas, eventos estes com mais de 10 milhões de anos de duração (SELBY, 1985 *apud* AMORIM, 2015). A dinâmica desses ciclos envolve todo o processo de movimentação das placas tectônicas com seu saldo sendo medido em uma escala de milhões de anos (AMORIM, 2015).

Quanto aos Ciclos de *Milankovitch*, talvez sejam os mais conhecidos e estudados dentre os demais. Estes relacionam-se às variações no formato da órbita

da terra e da sua inclinação frente ao eixo de rotação do planeta em relação ao sol a partir de dois ciclos: o ciclo maior é marcado pela excentricidade da órbita da terra com aproximadamente 100 mil anos (AMORIM, 2015). Os menores, também conhecidos como subciclos de *Milankovitch* apresentam dois intervalos, o primeiro de 41 mil anos (obliquidade), já o segundo apresenta uma variação de 24 mil a 18 mil anos (precessão) (DANSGAARD et al., 1993; ADAMS et al., 1999 *apud* AMORIM, 2015).

Na sequência temos os Ciclos de Dansgaard Oeschger, com ocorrência ao longo dos últimos 120 mil anos em intervalos que chegam a 1.470 anos e ciclos de 15 mil anos, há registros de pelo menos 25 eventos (DANSGAARD et al., 1993; ADAMS et al., 1999 *apud* AMORIM, 2015). O aumento abrupto das temperaturas seja talvez a característica primaz dos “*Dansgaard-Oeschger Events*”, aumento este varia de 5° a 10° C por períodos de 10 a 15 anos, o registro do último evento ocorreu no Pleistoceno Superior, por volta de 15.000 anos A.P (ADAMS et al., 1999; NOAA, 2018 *apud* AMORIM, 2015).

Em relação à atuação dos Ciclos Milenares e os de menor duração, Adams et al. (1999) apresentam uma explicação lastreada em três possíveis causas: primeiro, para os ciclos milenares, a conformidade da força astronômica; segundo, para os ciclos em décadas ou seculares, o conjunto de ação dos fenômenos relacionados à circulação secundária, seja do ENOS ou das Oscilações do Atlântico Norte; e terceiro, a ação de um novo organismo móvel que necessita ser melhor estudado (AMORIM, 2015). Os autores são categóricos ao afirmarem que pouco ou quase nada se sabe sobre o impacto das mudanças em escala de décadas para o passado geomorfológico recente. Essa dificuldade em gerar dados, decorre principalmente em relação à escala de cada método de datação e sua respectiva margem de erro. Inclusive, este fato se evidencia dentro da tese, na sequência deste capítulo será oportunamente apresentado e discutido (AMORIM, 2015).

“Even if we knew everything there was to know about past climate mechanisms, it is likely that we would still not be able to forecast such events confidently into the future. This is because the system will have been influenced by probabilistic processes (due to the chaotic nature of the ocean climate system, with runaway changes coming from minuscule differences in initial conditions (ADAMS et al., 1999, p. 26).

Transgredindo um pouco para além desse entendimento da ciclicidade funcional não coligada a uma escala de tempo definida para evolução da paisagem, temos o modelo proposto por Knox (1972 *apud* AMORIM, 2015). Ou seja, a ocorrência desses ciclos obedece a um padrão de resposta da relação que a cobertura vegetal mantém para com os processos geomorfológicos, ambos interligados às pulsações climáticas repetitivas com a ressalva de que eles não seguem obrigatoriamente uma mesma sequência de intervalos de tempo de igual duração (AMORIM, 2015).

Por último temos o Ciclo Anual, ele é o saldo da variação da inclinação do eixo da Terra ao longo do ano, este acaba por gerar uma diferenciação no balanço de energia no planeta, sendo mais frequente do que se imagina, porém, apresenta uma grande ciclicidade e uma pequena oscilação, estas irão variar de acordo com a latitude (AMORIM, 2015).

3.1.1. Eventos de curto prazo

Para formulamos o entendimento dos eventos formativos dentro da dinâmica geomorfológica e da sua temporalidade, temos a erosão enquanto processo de curto prazo coligado à uma dinâmica climática de intensidade média em uma escala regional, estes atuando de forma conjunta sobre diferentes unidades do relevo (AMORIM, 2015).

Para a presente tese, o mote “escala de curto prazo” precisou ser ressignificada através de uma aproximação para com as dimensões forma e conteúdo da temática desenvolvida (AMORIM, 2015). Neste caso, para fins de referenciar a relação espaço-tempo dos processos geomorfológicos que atuam sobre o modelado cristalino no Semiárido nordestino, portanto, será necessário estimarmos intervalos de tempo em uma ordem de centenas de anos, divididos em lapso decadal. Conquanto, esbarramos justamente na falta de trabalhos com essa metodologia desenvolvida em ambiente cristalino, na literatura especializada apenas consta trabalhos em ambientes de origem sedimentar (AMORIM, 2015).

Particularmente ao optarmos pela utilização desse formato de divisão, buscamos alcançar uma melhor compreensão da gênese dos pequenos pacotes sedimentares em uma ordem de centena de m³, inseridos dentro da unidade do perfil longitudinal, depositados ao longo de cada compartimento que compõe o perfil.

A utilização dessa escala possibilita visualizarmos como a ação antrópica altera os processos denudacionais e deposicionais por meio da modificação do tempo de residência do material parental sobre cada unidade (AMORIM, 2015).

Os depósitos estudados em cada unidade do relevo, obrigatoriamente, não tem o condão de evidenciar a taxa atual dos processos erosivos que operam no presente, seja pela mobilização dos sedimentos ao longo dos diferentes compartimentos, como também por estes apresentarem um tempo de sedimentação diferenciado e conjugado a eventos de magnitude superior ao seu período de estocagem, ou seja, fica claro a necessidade do exercício da utilização das escalas relacionadas para gênese e dejeção dos depósitos (AMORIM, 2015).

3.1.2. Eventos de longo prazo

Dentro da análise geomorfológica a escala de longo prazo está relacionada ao conjunto das mudanças climáticas em nível global, principalmente, devido aos ciclos glaciais e interglaciais com intervalos de 10^5 anos (AMORIM, 2015). Por derivação, infere-se que a potência desses eventos é muito superior às máximas pulsações dos dias do presente. Tais eventos foram capazes de imprimir suas marcas e estas permaneceram por muito tempo visíveis na paisagem mesmo que borradas ou semiapagadas (AMORIM, 2015).

Toda a dinâmica do câmbio climático vem sendo amplamente estudado, inclusive reconhecido como peça fundamental para elucidação das mudanças paleoambientais ocorridas durante o Pleistoceno/Holoceno (DANSGAARD et al., 1993; ADAMS et al., 1999; THOMAS, 2004), ou seja, mesmo com essas mudanças ocorrendo em todo o globo, temos um *delay* espaço-temporal para algumas regiões do planeta (AMORIM, 2015).

Os movimentos da crosta terrestre capazes de gerar deformações, soerguimentos e subsidências acabam gerando reflexos em toda dinâmica que vai desde a circulação atmosférica passando pela alteração do nível dos oceanos (THOMAS, 1994 *apud* AMORIM, 2015). Seguindo esse raciocínio temos a Geomorfologia Clássica, que busca interpretar a sequência e a natureza do conjunto dos eventos que esculpiram o modelado ao longo do tempo geológico (GUTIÉRREZ, 2005 *apud* AMORIM, 2015).

Outro ponto que tem gerado bastante discussão é a questão das mudanças climáticas a médio e longo prazos. Para Thomas (1994 *apud* AMORIM, 2015), essas variações oscilam de 10^6 a 10^7 anos, vindo sempre acompanhadas de movimentos da deriva continental e de mudanças no nível dos oceanos. Suas reverberações são capazes de modificar a circulação atmosférica em todo o planeta. A médio prazo teríamos um conjunto de mudanças que oscilam de 10^3 a 10^4 anos e um poder de alcance à nível regional (THOMAS, 1994 *apud* (AMORIM, 2015).

Sinteticamente temos que toda e qualquer tentativa de padronização das escalas (longa, média ou curta) deve ser feita de forma coligada ao conjunto de técnicas utilizadas para decifrar o processo geomorfológico, neste caso a técnica tem o condão de evidenciar aquilo que se quer analisar (AMORIM, 2015).

Por fim, para a ciência geomorfológica a análise do modelado, do sistema ambiental, do processo, da morfologia ou de uma paisagem quando desconexos do conceito de tempo ocasiona a formulação de um entendimento inacabado do processo evolutivo e da dinâmica do objeto de estudo. Ou seja, quando uma paisagem é visualizada, evidenciamos a evolução das unidades espaciais em diferentes escalas ao longo de uma mesma escala de tempo.

3.2. Análise cronológica, morfoestratigráfica e fitólita

Temos como ponto principal a interpretação paleogeográfica. A análise paleogeográfica busca a reconstrução histórica dentro do tempo geológico conjugado as mudanças ocorridas em uma determinada superfície. Para construção de uma compreensão do modo como as diferentes escalas de processos geomorfológicos agem de forma associada na construção da estrutura superficial do modelado e suas possíveis repercussões nos processos de desertificação que se espriam pelas paisagens sertanejas. Assim, as características genéticas (cronológica e morfoestratigráfica) dos depósitos localizados ao longo do perfil longitudinal são portadores de uma série informações capazes de gerar modelos interpretativos capazes de explicar a atual estrutura da paisagem.

A interpretação paleogeográfica está edificada na premissa da qual os condicionantes genéticos dos sedimentos (natureza química, geometria, textura, arranjo estratigráfico e etc.) são o resultado da ação de processos pretéritos, fragmentários e disjuntos que tiveram intensidades distintas no espaço-tempo. Nos

dias do presente esse pacote de sedimentos é portador de informações sobre os processos geomorfológicos dentro da área de estudo.

Para subsidiar a análise morfoestratigráfica e cronológica dos sedimentos nos locais onde foram realizadas as coletas, foram analisadas as características granulométrica, morfoscópica e morfológica de cada seção estratigráfica. Em relação à granulometria, o coeficiente de seleção indica variação do fluido transportador, tanto para a velocidade como para o grau de turbulência (CAMARGO FILHO e BIGARELLA, 1998). Ou seja, essa dinâmica acaba por selecionar aquilo que será depositado ao longo do pacote sedimentar que poderá ser interpretado a partir das características de sua distribuição granulométrica heterogênea, homogênea e a direção de fluxos (CAMARGO e BIGARELLA, 1998).

Quanto à análise dos dados estáticos referente aos valores de seleção, assimetria e curtose, foram calculados a partir do protocolo de Folk e Ward (1957). Na análise dos sedimentos das seções estratigráficas ao longo do perfil longitudinal buscou-se fazer uma reconstituição das condições dos ambientes de sedimentação. Neste caso, a assimetria é capaz de informar a classificação textural e a natureza do transporte dos sedimentos: unidirecional (assimetria positiva) ou bidirecional (assimetria negativa). Quando a assimetria apresenta valores muito positivos temos fácies areno-argilosas, para valores muito negativos temos fácies argilo-arenosas e argilo-sílticas (CAMARGO e BIGARELLA, 1998).

No que se refere às características de cada pacote sedimentar, o grau de arredondamento, esfericidade e mineralogia dos grãos foi executada através da análise morfoscópica tradicional por lupa binocular, permitindo caracterizar qualitativamente e quantitativamente, o material a fim de possibilitar a identificação dos processos operantes durante a dinâmica deposicional, e, secundariamente, as características composicionais do material residual que deu origem aos depósitos.

De forma sintética, os resultados das idades obtidas do decaimento por Luminescência Opticamente Estimada (LOE) são apresentados abaixo (Tabela 02). Com a finalidade de corroborar com a dinâmica sedimentológica e paleoclimática interpretadas ao longo do perfil longitudinal. De forma inédita dentro da ciência geomorfológica para estudos relacionados a ambiente cristalino do Semiárido nordestino, acoplamos os dados obtidos pela análise fitológica em cada seção estratigráfica, a partir da individualização dos ciclos paleoclimáticos e de sua influência na vegetação.

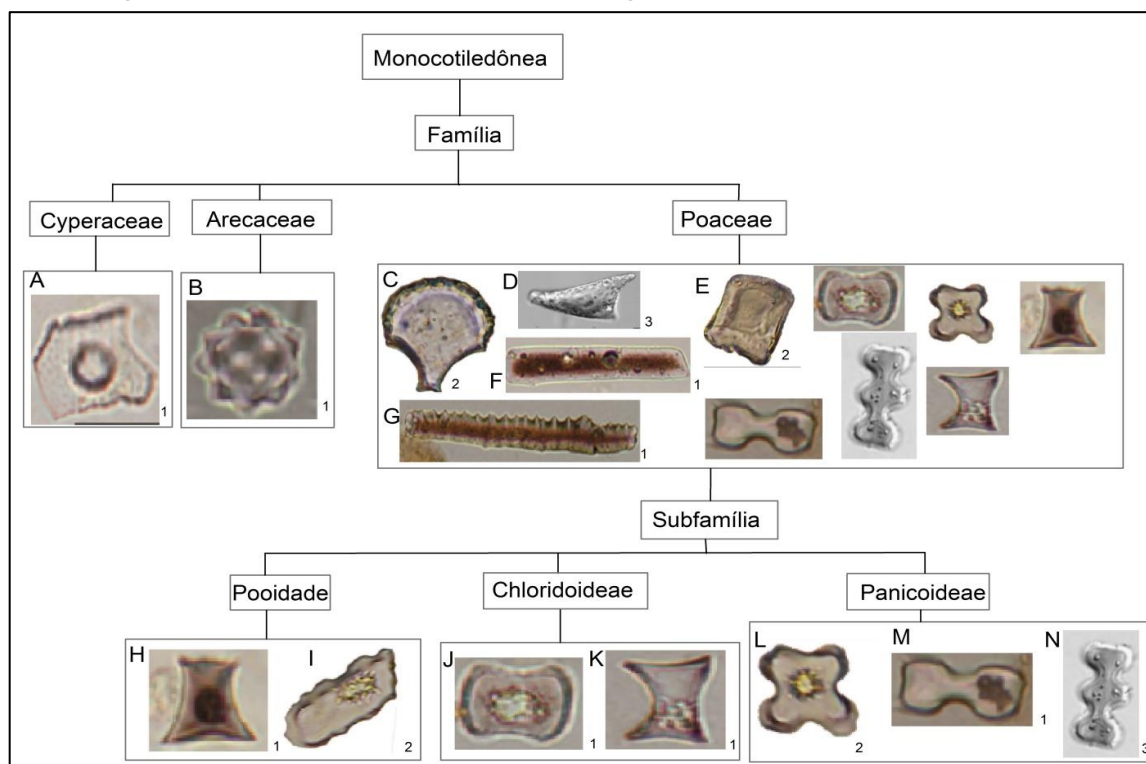
Tabela 02 – Idade dos pontos de coleta ao longo do perfil longitudinal.

| Local | Dose Anual ($\mu\text{Gy}/\text{ano}$) | P (Gy) | Desvio Padrão | Idade | Erro |
|-----------|--|--------|---------------|-------|------|
| P1 120 cm | 6.200 \pm 600 | 3,5 | 0,6 | 210 | 30 |
| P1 80 cm | 6.600 \pm 800 | 3,5 | 0,4 | 530 | 90 |
| P1 30 cm | 4.550 \pm 160 | 6,5 | 0,8 | 1.450 | 110 |
| P2 80 cm | 4.600 \pm 800 | 5,4 | 0,5 | 465 | 80 |
| P2 40 cm | 9.500 \pm 210 | 9,5 | 0,6 | 1.350 | 110 |
| P2 10 cm | 8.500 \pm 1.100 | 19,3 | 0,5 | 2.300 | 190 |
| P3 130 cm | 4.260 \pm 160 | 3,4 | 0,4 | 790 | 100 |
| P3 100 cm | 4.910 \pm 160 | 13,2 | 0,6 | 2.450 | 280 |
| P3 30 cm | 8.150 \pm 970 | 42,6 | 0,9 | 5.300 | 600 |

Fonte: Elaboração própria.

A literatura especializada indica que alguns morfotipos de fitólitos se apresentam como diagnóstico para algumas sub-famílias, entretanto, não há um endemismo produtivo. Pelo contrário, tem-se uma infinidade de morfotipos devidamente caracterizados, sendo que não é possível a associação deste à uma única família devido a sua variação e difusão (Figura 16).

Figura 16 – Morfotipos de fitólitos com significado taxonômico e ambiental.



(A) *Papillae*, (B) *Globular echinate*, (C) *Cuneiform bulliform*, (D) *Point-shaped*, (E) *Parallepipedal bulliform*, (F) *Elongate smooth*, (G) *Elongate echinate*, (H) *Rondel*, (I) *Trapeziform*, (J-K) *Saddle*, (L) *Cross*, (M) *Bilobate*, (N) *Polylobate*. Fonte: Adaptado de Silva (2016).

Determinadas famílias e sub-famílias de gramíneas e dicotiledôneas foram agrupados e relacionadas à presença de determinados morfotipos de fitólitos. Coe (2009), seguindo a classificação de Twiss, Suess e Smith (1969), Twiss (1992) melhorada por Bremond (2003), analisou as sub-famílias de maior significado taxonômico¹¹ e ambiental¹² para as monocotiledôneas e dicotiledôneas enfatizando que as dicotiledôneas não produzem fitólitos com significado taxonômico, embora alguns morfotipos foram identificados para as espécies arbóreas.

3.3. Ponto 01

A seção estratigráfica está a 432 m de altitude apresentando 150 cm de espessura vertical, dividida em quatro unidades litoestratigráficas. A unidade basal (I) é constituída pelo embasamento cristalino alterado, com 10 cm de espessura; justaposta à mesma temos a presença de um pacote de areia grossa com grânulos (unidade II) resultante de fluxo de detritos, com 40 cm de espessura. A unidade III e IV são constituídas pelo mesmo material com granulação média e fina respectivamente. As amostras para datações por LOE apresentaram as seguintes datas: unidade II (1.450 ± 110 anos AP), unidade III, amostra A (530 ± 90 anos AP) e amostra B (210 ± 30 anos AP), descritas e interpretadas nas Figuras 17, 18, 19, 20, 21 e 22, Gráficos 06, 07, 08 e 09, Tabelas 03 e 04.

¹¹ Indica a presença de determinados grupos botânicos.

¹² Indica os condicionantes físicos predominantes em determinado ambiente.

Figura 17 – Perfil topográfico do Ponto 01.

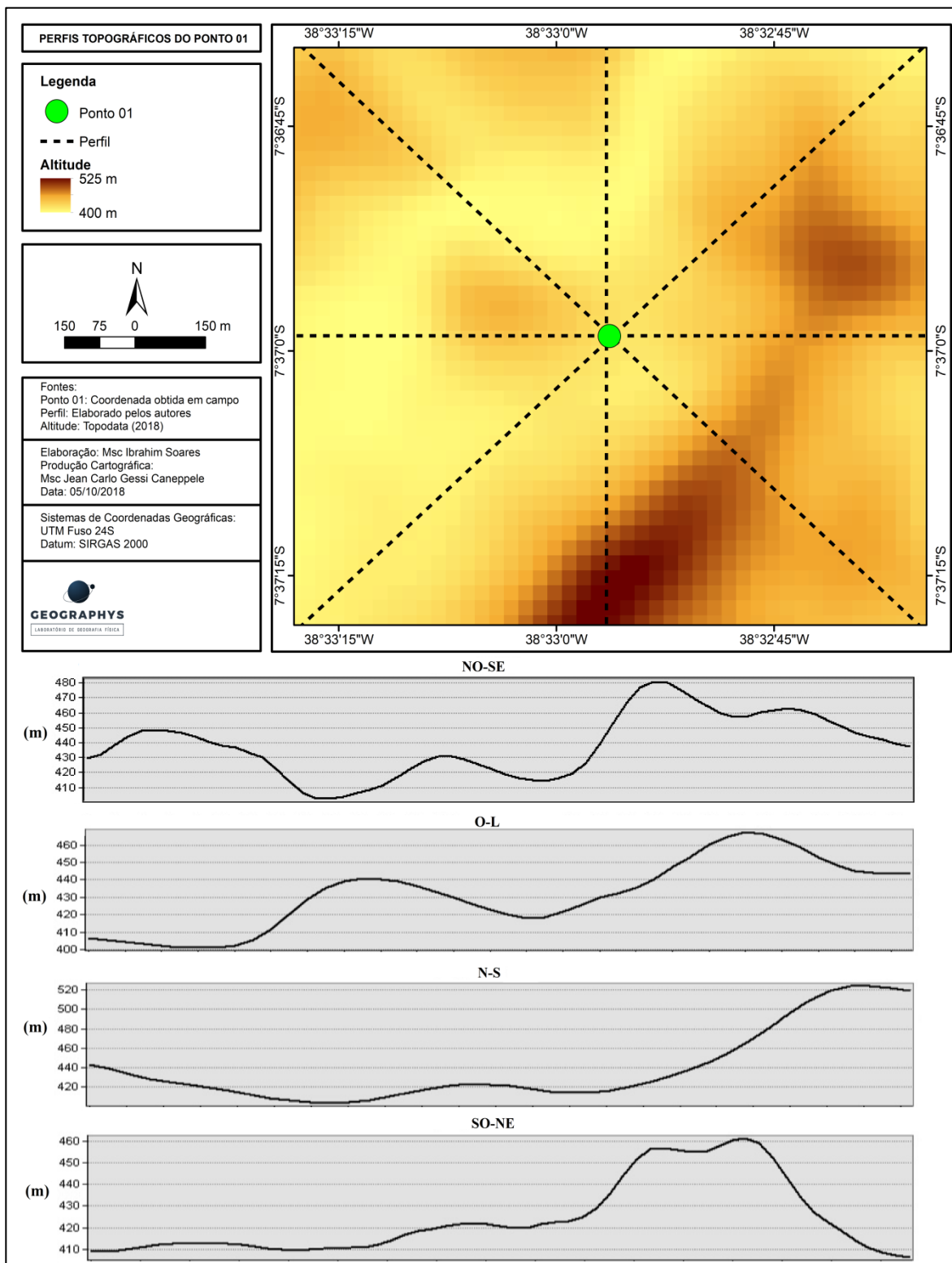


Figura 18 – Local da Coleta do Ponto 01.



Foto: Ibrahim Soares, dezembro de 2017. Fonte: Trabalhos de Campo.

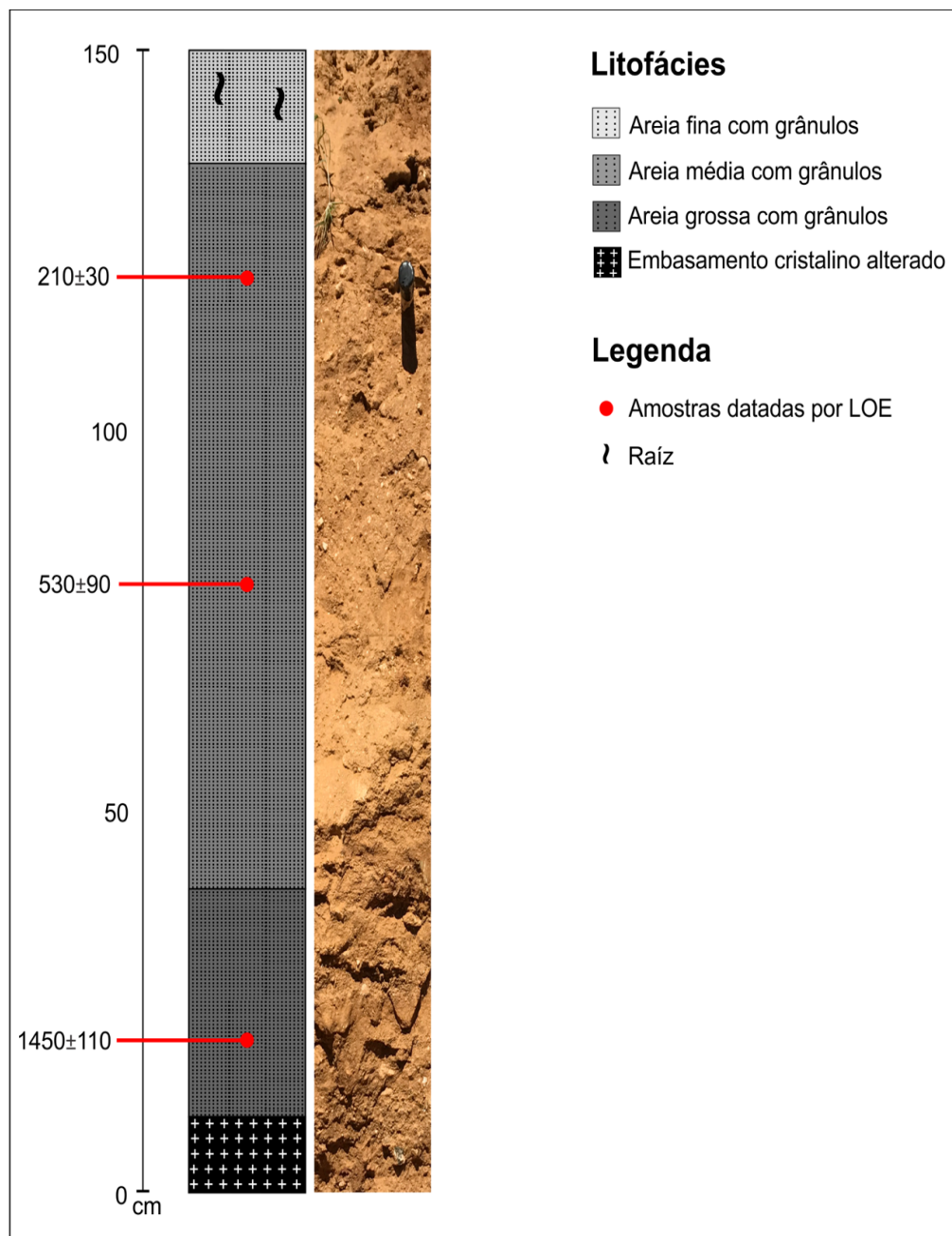
Figura 19 – Vista panorâmica da área do Ponto 01.



Fonte: Google Earth.

Em razão da falta de cobertura vegetal no “alto pelado”, o processo de recuo das vertentes por *weathering*¹³ encontra-se ativo. Os procedimentos em campo de medição e amostragem do perfil ocorreu da base para o topo com a coleta de sedimento nas profundidades: 30, 80 e 120 centímetros em relação ao topo da superfície.

Figura 20 – Seção vertical do Ponto 01.



Fonte: Elaboração própria.

¹³ Conjunto de processos meteóricos de recuo das vertentes nos declives desnudos dos *iselbergs* e pedimentos.

Figura 21 – Diagrama de *Perjrup* do Ponto 01.

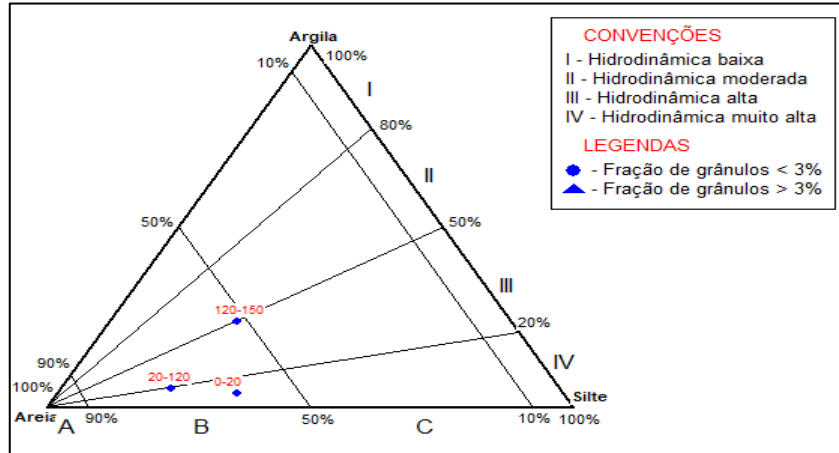


Figura 22 – Diagrama de *Shepard* do Ponto 01.

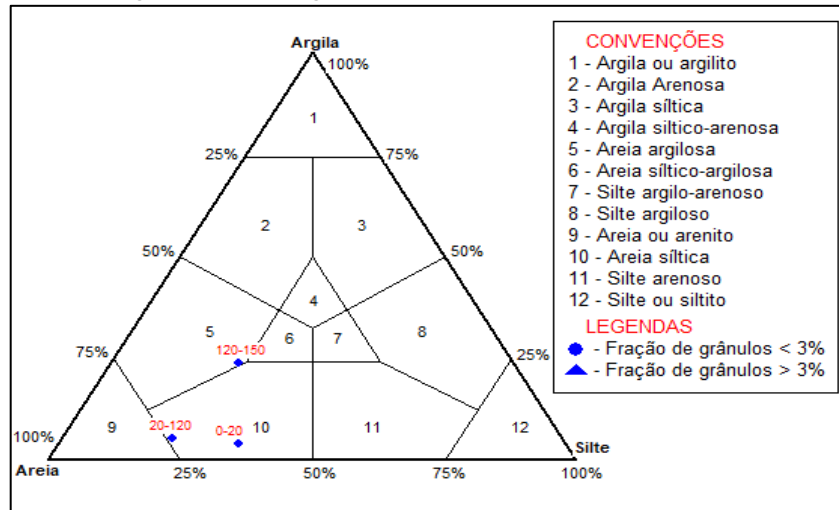
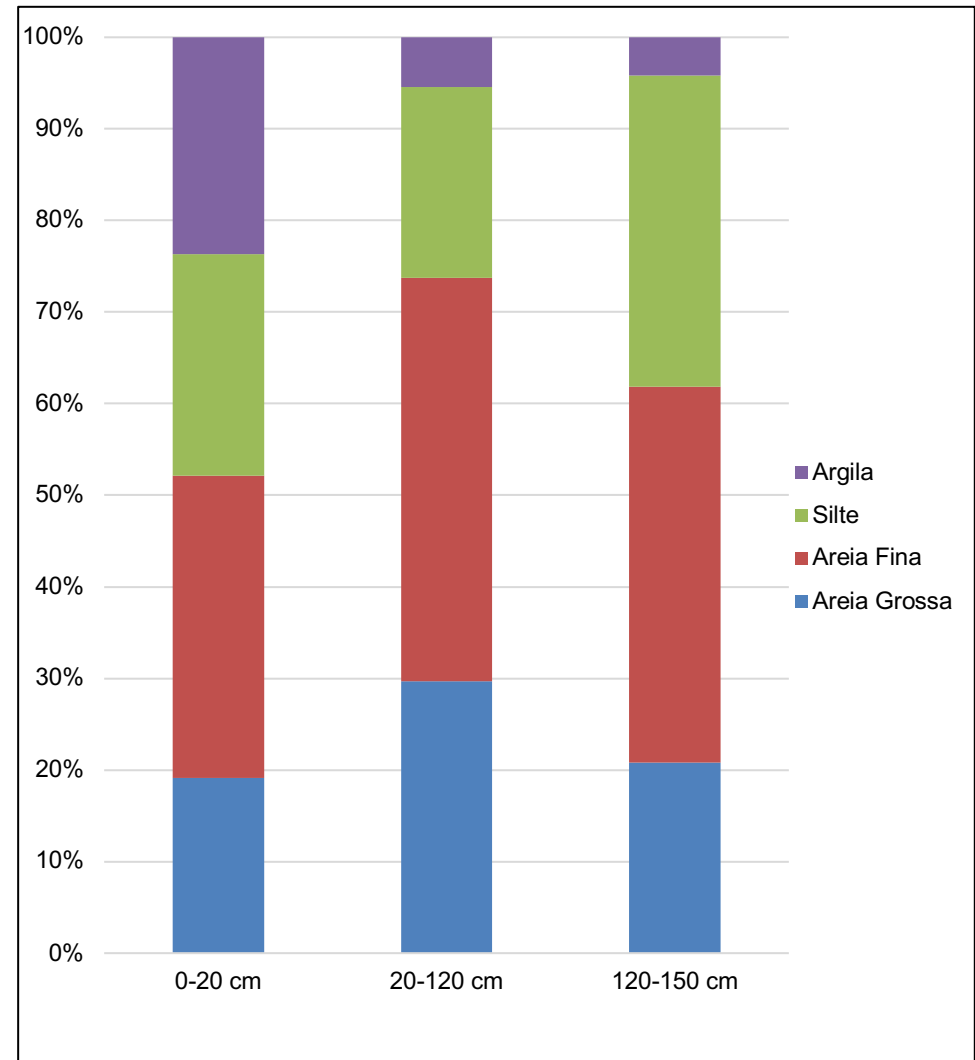


Gráfico 06 – Histograma granulométrico do Ponto 01.



Fonte: Elaboração própria.

Pode ser observado (Figuras 21 e 22, Gráfico 06 e Tabela 03) o comportamento do ambiente sedimentar, onde o coeficiente de seleção do grau tem a capacidade de informar a variação do fluido transportador. Todas as amostras apresentam características muito pobremente selecionadas. Portanto, situação típica de ambientes semiáridos, onde processos espasmódicos de erosão/deposição ocorrem de forma concentrada devido à irregularidade espaço-temporal do regime pluviométrico fazendo com que todo o material disponível na superfície seja carregado (CAMARGO e BIGARELLA, 1998).

Tabela 03 – Dados caraterísticos do ambiente deposicional do Ponto 01.

| Profundidade | Seleção | Classificação | Assimetria | Classificação | Curtose | Classificação |
|--------------|---------|------------------------------|------------|----------------|---------|---------------|
| 120-150 cm | 3,088 | Muito pobremente selecionado | 0,4367 | Muito positiva | 0,9962 | Mesocúrtica |
| 20-120 cm | 2,317 | Muito pobremente selecionado | 0,2986 | Positiva | 0,7424 | Platicúrtica |
| 0-20 cm | 2,003 | Muito pobremente selecionado | 0,1690 | Positiva | 0,7739 | Platicúrtica |

Fonte: Elaboração própria.

No que se refere à assimetria, ela contribui para o deciframento da natureza do fluxo transportador, ou seja, quando positiva fluxo unidirecional, quando negativa fluxo bidirecional. Caso seus valores sejam muito positivos, indicam fácies areno-argilosas, já valores muito negativos referem-se às fácies argilo-arenosas e argilo-sílticas (CAMARGO FILHO e BIGARELLA, 1998).

As profundidades 0-20 cm e 20-120 cm apresentaram assimetria positiva indicando o caráter argilo-arenoso do material parental, formado a partir de um fluxo unidirecional, este com o condão de restringir o limite de transporte superior dos grãos de maior tamanho (carga de fundo) como também os mais finos (suspensão), provavelmente a partir a atuação de um outro fluxo com distintas intensidades (CAMARGO FILHO e BIGARELLA, 1998). A profundidade 120-150 cm apresentou uma assimetria muito positiva, as condições energéticas que comandam o ambiente deposicional, demonstram que um nível de energia mais alto promoveu a deposição de sedimentos finos (suspensão), porém, em um curto espaço de tempo.

A granulometria do depósito, areia franca, franco-arenosa e franco-argilo-arenosa, refletiu uma predominância do intemperismo físico somado a um leve amadurecimento mineralógico na formação do material parental oriundo, provavelmente, das cabeceiras do “alto pelado”. Processos superficiais de escoamento superficial de lençol, com hidrodinâmica variando entre alta e muito alta, acabaram por retrabalhar todo o material por meio da remobilização do regolito.

Outro método de análise de dados que nos ajudou a decifrar o comportamento sedimentar dos ambientes estudados foi a curtose, pois ela é capaz de indicar o conjunto de processos de sedimentação a partir da classificação granulométrica em comparação com a curva de distribuição normal. Ou seja, quando os sedimentos são classificados como platicúrticos a muito platicúrticos, estes sofreram uma curta movimentação. Porém, quando classificados de leptocúrticos a muito leptocúrticos, indica sedimentos que deslocaram por uma maior extensão (CAMARGO FILHO e BIGARELLA, 1998).

Para as amostras do Ponto 01, houve uma variação entre Mesocúrtica (profundidade 120-150 cm) e Platicúrtica (profundidades 0-20 cm e 20-120 cm), indicando que nessas profundidades houve uma curta movimentação dos sedimentos.

Com base na Tabela 04 e nos Gráficos 07, 08 e 09, observa-se que os sedimentos do Ponto 01, apresentam uma distribuição bastante heterogênea em todos os níveis amostrados. Quanto à agregação, todos os níveis estudados demonstraram que a mesma é pouco notável. A esfericidade, as profundidades de 0-20 cm e 20-120 cm, apresentaram formato sub-discoidal e a 120-150 cm de profundidade apresentou 80% de esféricos.

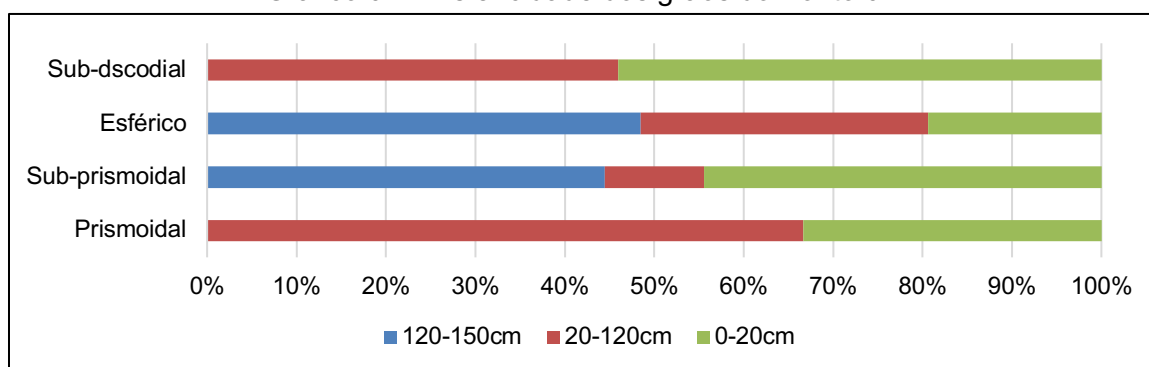
Tabela 04 – Análise morfooscópica das frações do Ponto 01.

| Propriedades | 0-20 cm | 20-120 cm | 120-150 cm |
|---------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Tamanho | Heterogêneo | Heterogêneo | Heterogêneo |
| Agregação | Pouca | Pouca | Pouca |
| Textura | Brilhante | Brilhante | Brilhante |
| Minerais | Quartzo, Feldspato, Laterita | Quartzo, Feldspato, Laterita | Quartzo, Feldspato, Laterita |

Fonte: Elaboração própria.

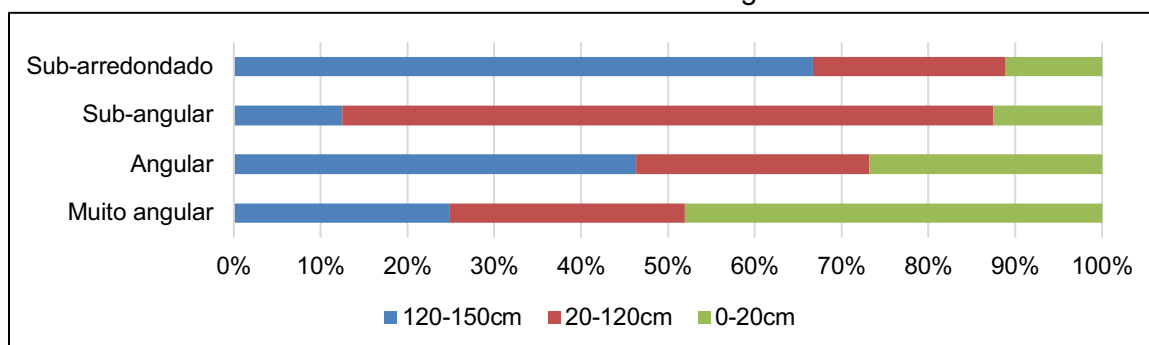
Esses parâmetros sugerem pouca variação dos processos de transporte dos sedimentos, aparentemente transportados por escoamento superficial de lençol, com área fonte próxima. Sendo assim, a morfologia dos grãos deve-se, principalmente, à alteração da rocha-mãe com pouca alteração morfológica pelo transporte. A presença de minerais secundários, óxidos de ferro e fragmentos de crostas lateríticas, não são capazes de indicar um possível avanço no grau de alteração *alóctone*.

Gráfico 07 – Esfericidade dos grãos do Ponto 01.



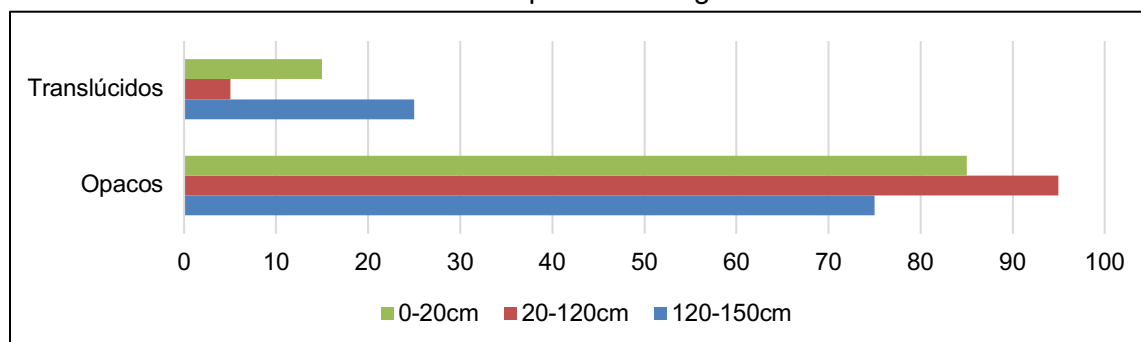
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 08 – Grau de arredondamento dos grãos do Ponto 01.



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 09 – Textura superficial dos grãos do Ponto 01.

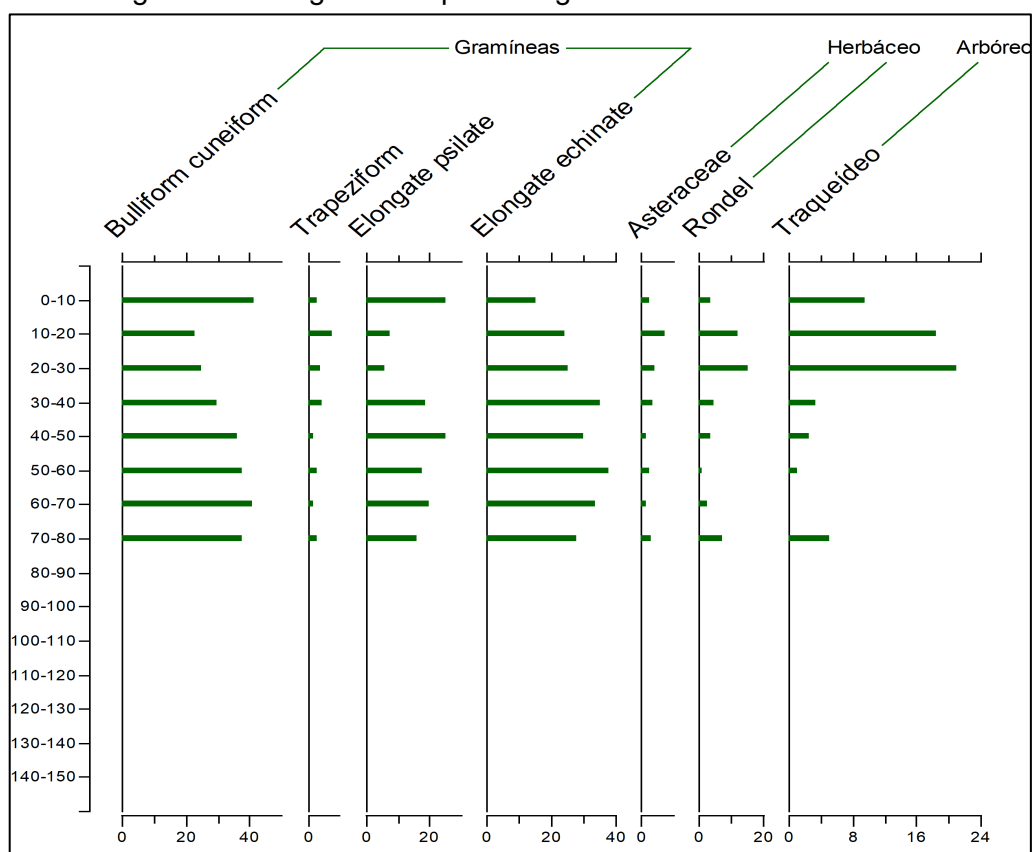


Fonte: Elaboração própria.

Sinteticamente, podemos aferir que os pulsos climáticos acabaram por dar continuidade à desagregação dos sedimentos tendo as adjacências da cimeira do “alto pelado” como testemunho dessa transição na paisagem mergulhando aos níveis de base. Portanto, interpretamos que os grãos de quartzo presente no arcabouço dos agregados são originários da migração de óxidos de ferro ao longo do Ponto 01, inclusive, sendo capaz de promover a aglutinação dos grãos.

No que diz respeito ao sinal indicativo da análise fitológica do Ponto 01, temos como principal indicador a presença de uma gradativa mudança na concentração de morfotipos ao longo do perfil, principalmente pela ausência de sinal no intervalo de 150 cm a 90 cm, decorrente da pouca presença de argila junto ao material parental. Cabe ressaltar que ao analisarmos os dados granulométricos: heterogeneidade no tamanho e forma dos grãos constituintes, onde estes se apresentam pobremente selecionados e com uma hidrodinâmica muito alta, indicam a presença de muita energia somada a uma baixa aptidão de seleção pelo fluxo e relativa concentração da fração mais grossa. Ao longo do perfil foram identificados sete morfotipos de fitólitos (Figura 23).

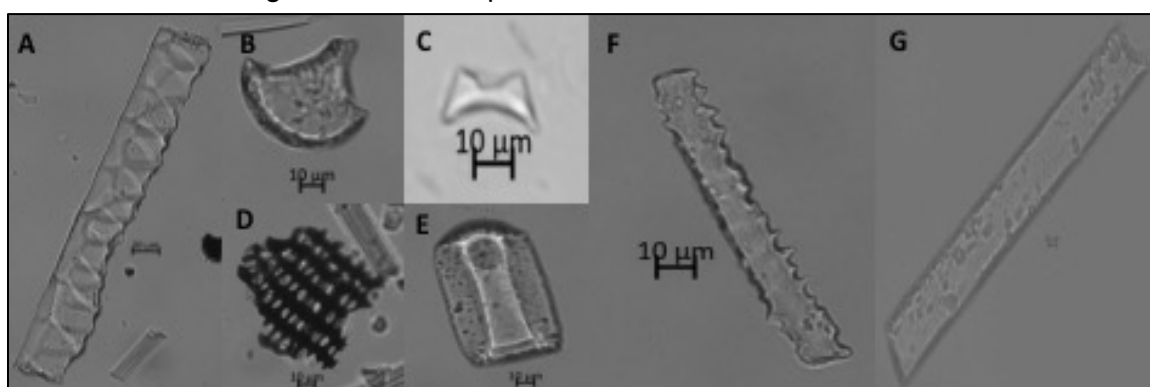
Figura 23 – Diagrama da porcentagem de fitólitos do Ponto 01.



Fonte: Elaboração própria.

O morfotipo *Bulliform com* (41,5%), apresentou a preponderância ao longo de todo o perfil. Há o tratamento na literatura especializada que os morfotipos do tipo *Bulliform* são indicadores de estresse hídrico, onde a sua produção potencializa a evapotranspiração das gramíneas (BREMONT, 2003; BREMONT et al., 2005). A preponderância marcante da concentração de *Bulliform* ao longo do perfil indica que a área esteve sobre estresse hídrico. Os demais morfotipos apresentaram baixa concentração, neste caso temos a seguinte concentração: *Trapeziform* (2,5%), *Elongate psilate* (25%), *Elongate echinate* (15,5%), *Asteraceae* (2,5%), *Rondel* (3,5%) e *Traqueídeo* (9,5%) (Figura 24).

Figura 24 – Morfotipos de fitólitos identificados no Ponto 01.



A – Traqueídeo; B – *Bulliform cuneiform*; C – Rondel; D – Asteraceae; E – Trapeziform; F – *Elongate echinate*; G – *Elongate psilate*. Escala: 10 µm.

O morfotipo *rondel* alvitra a presença de subfamílias de *Poaceae* e possíveis mudanças na vegetação. Conquanto, é importante destacarmos que, a família *Poaceae* é a maior produtora de fitólitos, com uma capacidade de produzir cerca de vinte vezes mais fitólitos que as dicotiledôneas lenhosas (WEBB e LONGSTAFFE, 2002). Considerando a ausência de determinadas morfologias ao longo do perfil fez com que fosse inviabilizado estabelecermos os índices fitólitos (D/P, Iph, Ic e Bi) para esta seção do perfil longitudinal.

O fitólito do tipo *Elongate* é característico de todas as gramíneas *Poaceae*. Pode-se inferir que as fitofisionomias neste local eram compostas de vegetação aberta, com pouca cobertura vegetal arbórea, possivelmente decorrente de um clima mais seco ou até mesmo idêntico ao estabelecido nos dias do presente.

Para esta seção dentro do perfil longitudinal, as concentrações de fitólitos diminuem gradativamente, inclusive, com alguns níveis apresentando zeramento de

morfotipos, intervalo de 150 cm a 90 cm. No perfil em análise o decaimento apresentou eventos formativos com idade de 1.450 anos AP.

3.3.1. Reconstrução paleogeográfica

A cronologia do Ponto 01, estruturador do pedimento dissecado, aponta para a ocorrência de eventos torrenciais ocorridos após o Holoceno Médio, considerando as idades encontradas, partindo da sua base para o topo: 1.450, 530 e 210 anos AP. Os processos de sedimentação para todas as idades estão atrelados à uma época que a temperatura global apresentava um desvio negativo, -0,45 °C para a base e -1,08 °C para o topo (PETIT et al., 1999). A idade de 1.450 anos AP, perfaz um depósito arenoso resultante da dinâmica pulsátil.

A nível global essa época é marcada por violentas oscilações na acomodação da célula da ZCIT (HAUG et al., 2001), somada à passagem consecutiva de dois eventos *Bonds* e, ainda, uma queda abrupta do desvio de temperatura do planeta em -1,08 °C (PETIT et al., 1999). A teleconexão regional aponta para controles de pulsos desencadeadores do evento formativo atrelados à intensas variações entre fase fria e quentes de Paleo-ENOS (MOY et al., 2002; CONROY et al., 2008).

As idades de 530 e 210 anos AP, se configuram como depósitos de areia franco-arenosa e areia franco-argilo-arenosa respectivamente, ambos relacionados a época denominada de pequena idade do gelo. A nível global nesse período temos a borda do último Evento *Bonds*, que vai levar a curva da temperatura para -1,08 °C (PETIT et al., 1999), conjugado com o mais que conhecido reposicionamento da ZCIT para mais ao sul (HAUG et al., 2001). Essa forte queda da temperatura talvez tenha sido capaz de catalisar pulsos capazes de dar início a eventos formativos quando a fase fria do ENOS teve seu pico (MOY et al., 2002; CONROY et al., 2008).

No que se refere a dinâmica da paisagem, essas idades demonstram a influência do relevo nos eventos formativos nas escalas de 10² e/ou menores, considerando a falta de dados sistematizados em outros depósitos dentro do ambiente cristalino do Semiárido nordestino.

3.4 Ponto 02

A área 02 constitui um ponto de coleta localizado nas coordenadas 7°40'07.30" S e 38°37'47.36" O, a 555 m de altitude. A feição geomorfológica na qual se insere a área de amostragem se constitui de um pedimento dissecado apresentando quebras de gradiente entre os patamares recobertos. Situado em um setor de transição entre ambientes de maior umidade e menor umidade do perfil longitudinal, neste caso a cimeira do perfil (P03) e a base da depressão interplanáltica (P01). A seção estratigráfica apresenta 100 cm de espessura vertical, dividida em quatro unidades litoestratigráficas. A unidade basal (I) é constituída por uma rocha alterada embasamento cristalino alterado, com 10 cm de espessura; justaposta à mesma temos a presença de um pacote de areia muito fina (unidade II), com 40 cm de espessura. A unidade III e IV são constituídas pelo mesmo material com granulação fina e média respectivamente. As amostras para datações por LOE apresentaram as seguintes datas: unidade II, amostra A (1.450 ± 110 anos AP) e amostra B (530 ± 90 anos AP) e unidade III (210 ± 30 anos AP), descritas e interpretadas nas Figuras 25, 26 27, 28, 29 e 30, Gráficos 10, 11, 12 e 13, Tabelas 05 e 06.

Figura 25 – Perfil topográfico do Ponto 02.

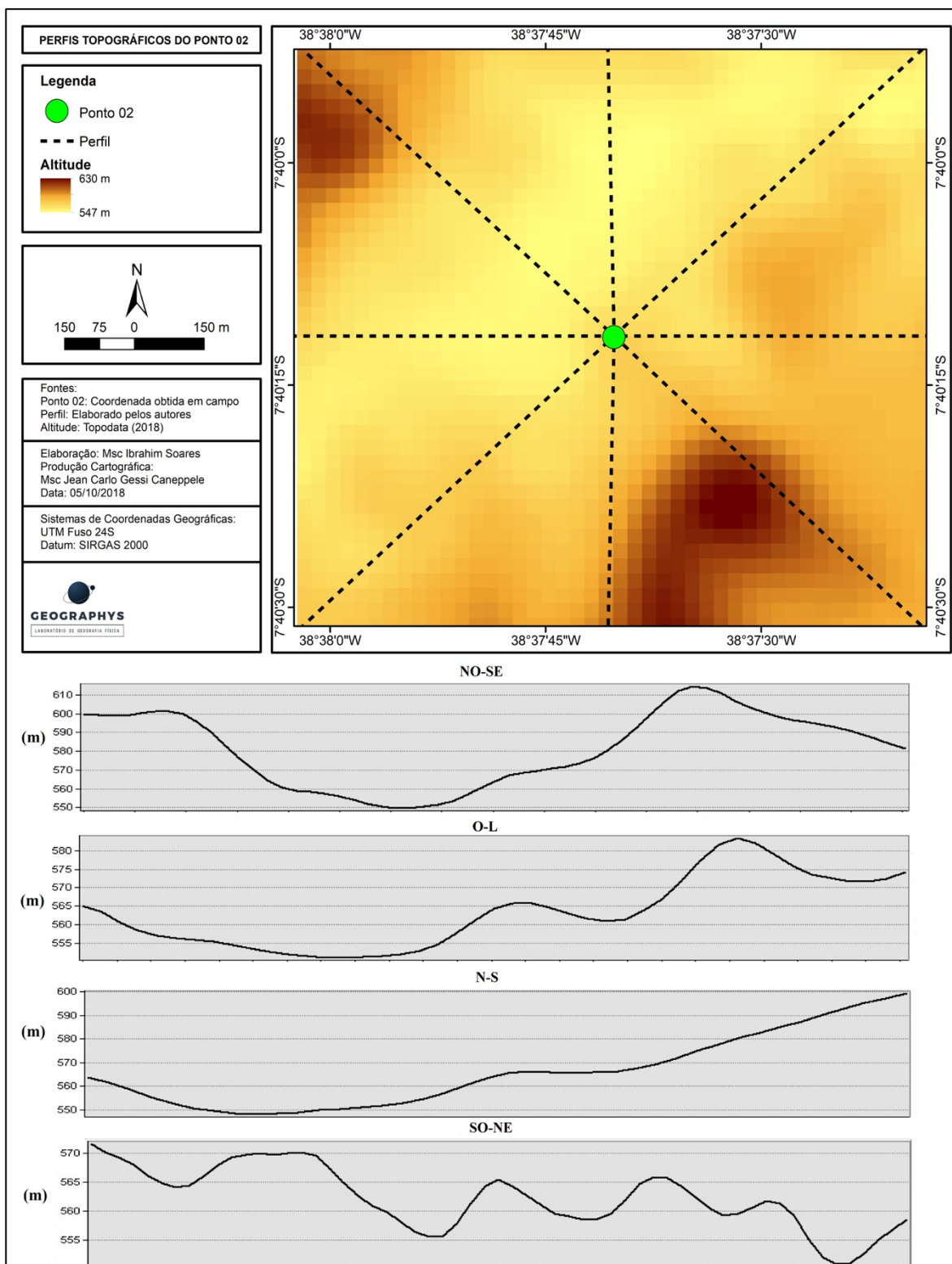
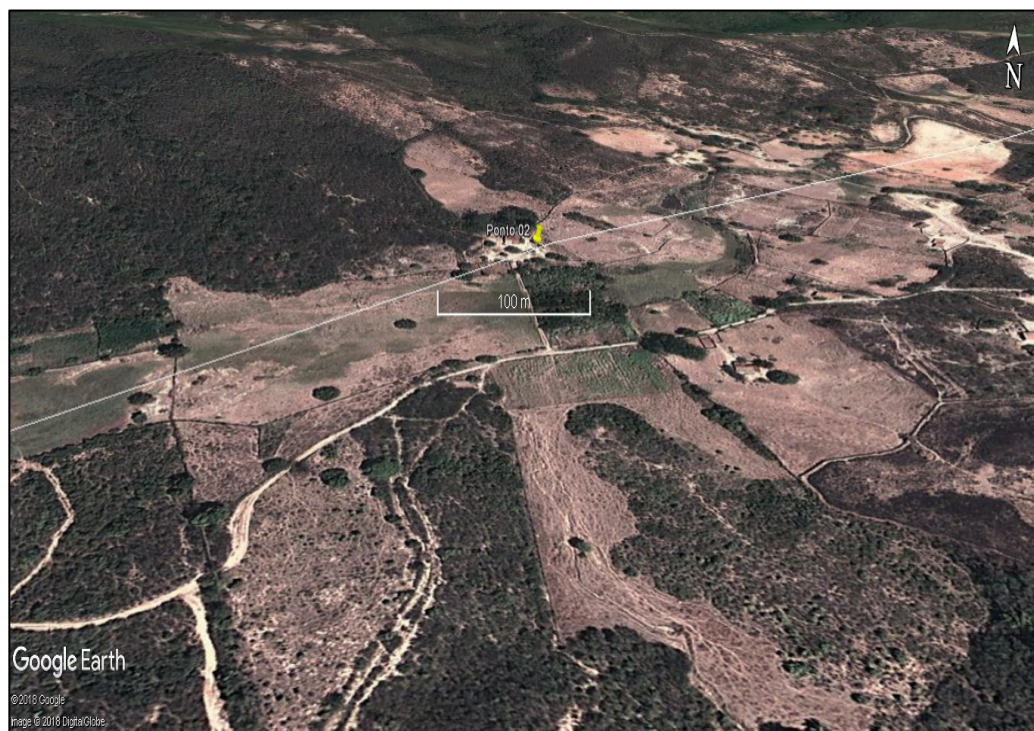


Figura 26 – Local de coleta do Ponto 02.



Foto: Ibrahim Soares, dezembro de 2017. Fonte: Trabalhos de Campo.

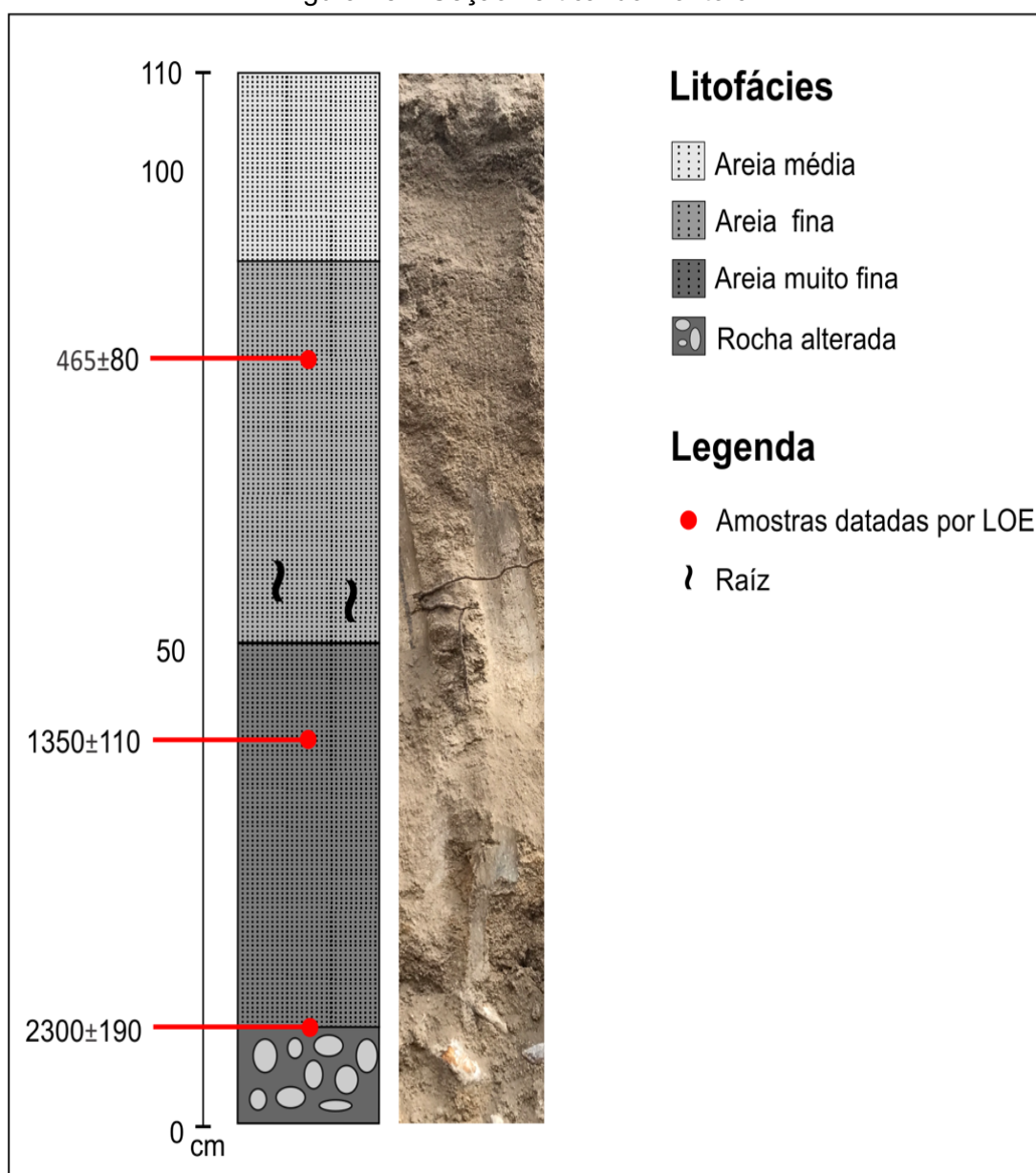
Figura 27 – Vista panorâmica da área do Ponto 02.



Fonte: Google Earth.

Regionalmente, a área onde o ponto de coleta se insere denomina-se de “malhada”. A superfície apresenta um parco paleopavimento detrítico, formado por fragmentos de matacão que foram retrabalhados e depositados no chão em um período seco esporádico (AB’SÁBER, 1962). Os procedimentos em campo de medição e amostragem do perfil ocorreu da base para o topo, com a coleta de sedimentos nas profundidades: 10, 40 e 80 centímetros em relação ao topo da superfície.

Figura 28 – Seção vertical do Ponto 02.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 29 – Diagrama de *Perjrup* do Ponto 02

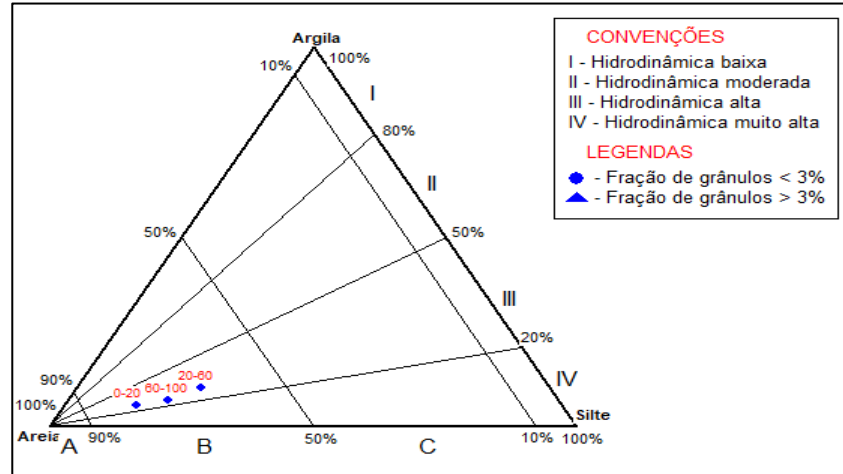


Figura 30 – Diagrama de *Shepard* do Ponto 02.

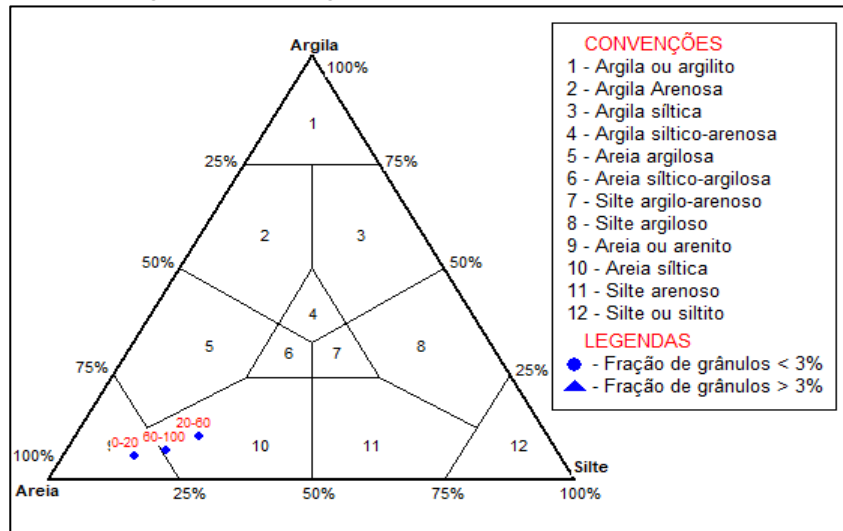
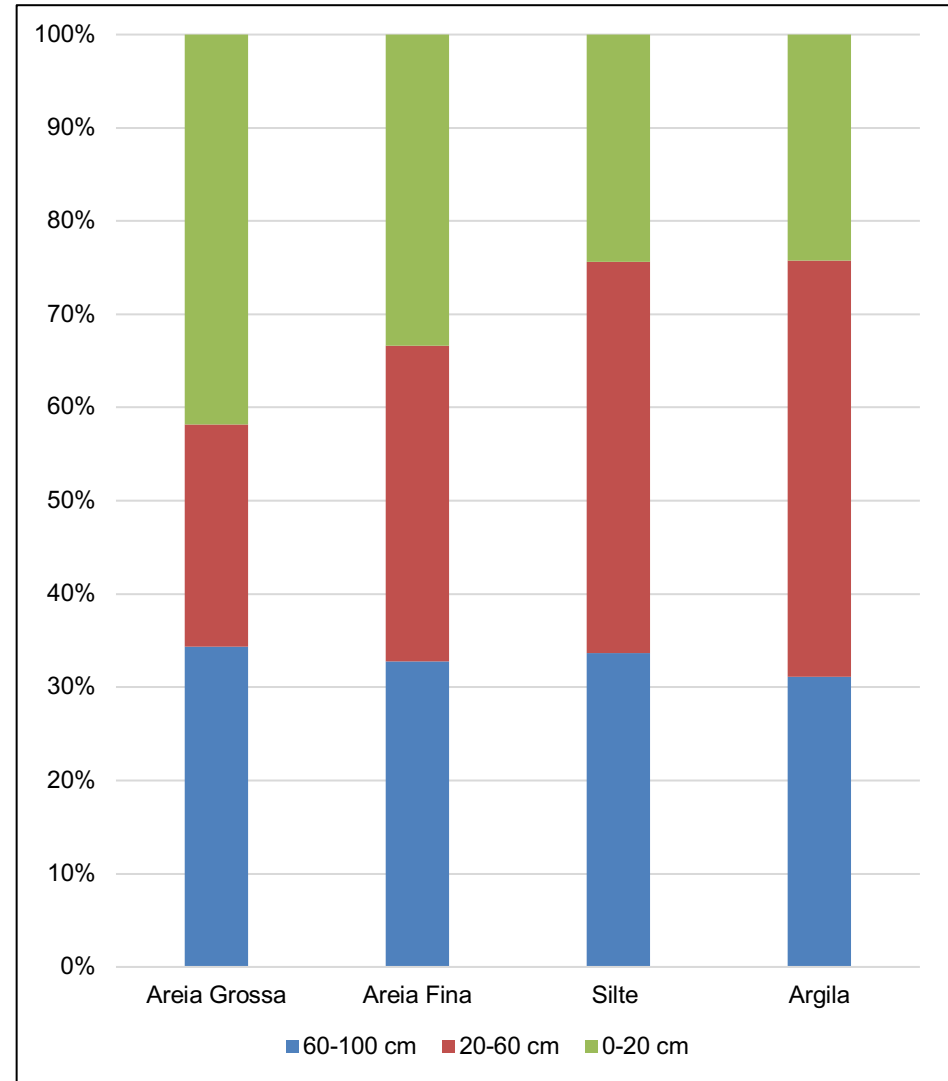


Gráfico 10 – Histograma granulométrico do Ponto 02.



Fonte: Elaboração própria.

Em relação à distribuição dos grãos na curva normal exibiu um formato variando entre platicúrtica e leptocúrtica. No primeiro caso indica que os sedimentos tiveram pouca movimentação, para a segunda variação, indica sedimentos bem selecionados nesta parte do perfil, indicando a remoção de frações por meio de correntes de fundo ou de outros forçantes deposicionais. Esses valores sugerem que a força dos pulsos de erosão e deposição não tiveram energia suficiente para provocar a remobilização ao longo do manto de alteração.

Tabela 05 – Dados característicos o ambiente deposicional do Ponto 02.

| Profundidade | Seleção | Classificação | Assimetria | Classificação | Curtose | Classificação |
|---------------------|----------------|------------------------------|-------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| 60-110 cm | 2,3610 | Muito pobremente selecionado | 0,310 | Muito positiva | 0,7660 | Platicúrtica |
| 20-60 cm | 2,4110 | Muito pobremente selecionado | 0,325 | Muito positiva | 1,1460 | Leptocúrtica |
| 0-20 cm | 2,2710 | Muito pobremente selecionado | 0,294 | Positiva | 1,4840 | Leptocúrtica |

Fonte: Elaboração própria.

A granulometria do material, areia franca e franco-arenosa, reflete a influência das condições de semiaridez sobre o intemperismo físico, com redução da fração argila. A ocorrência de escoamento superficial de lençol com hidrodinâmica alta (enxurradas), carrou o material (Figuras 29 e 30).

Tabela 06 – Análise morfoscóptica das frações do Ponto 02.

| Propriedades | 0-20 cm | 20-60 cm | 60-100 cm |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Tamanho | Heterogêneo | Heterogêneo | Heterogêneo |
| Agregação | Pouca | Pouca | Pouca |
| Textura | Brilhante | Brilhante | Brilhante |
| Minerais | Feldspato, Feldspato e Anfibólios | Feldspato, Feldspato e Anfibólios | Feldspato, Feldspato e Anfibólios |

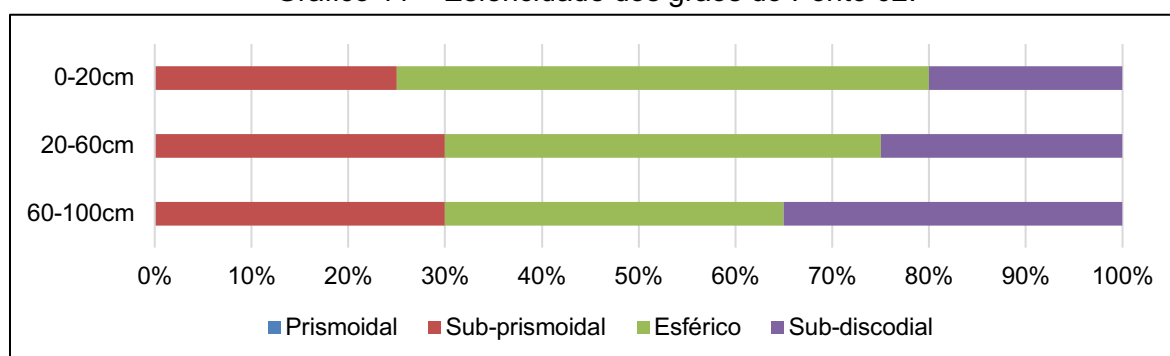
Fonte: Elaboração própria.

Desta forma, temos um ambiente de hidrodinâmica muito alta para todos os pontos de análise, corroborando a ideia de um ambiente com alta energia, embora

atuando de forma espasmódica e sem conduzir a uma alteração mais avançada dos regolitos.

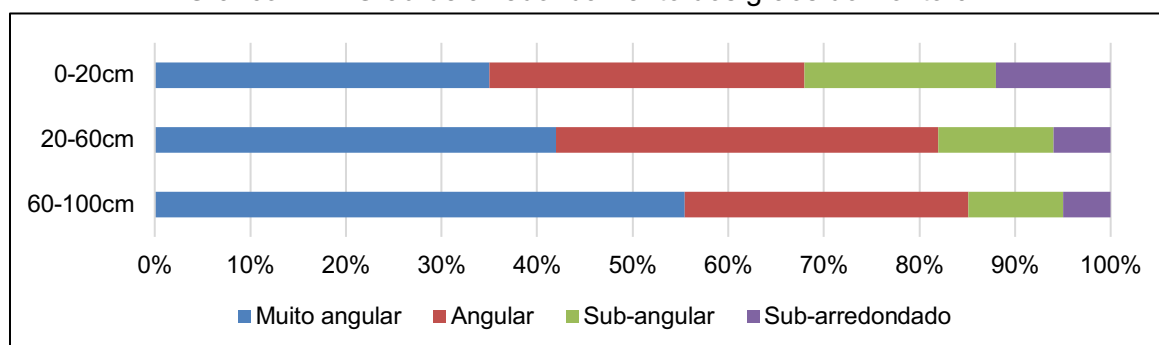
A análise morfoscópica das frações demonstrou o mesmo comportamento apresentado na análise sedimentológica com todas as profundidades apresentando uma distribuição do tamanho heterogênea e um baixo nível de agregação. Para a esfericidade, as amostras tiveram valores inferiores à 50%, portanto, menores que os do Ponto 02. Já no que tange ao arredondamento, mais de 50% dos grãos variou entre sub-angular e angular (Tabela 06, Gráficos 11, 12 e 13).

Gráfico 11 – Esfericidade dos grãos do Ponto 02.



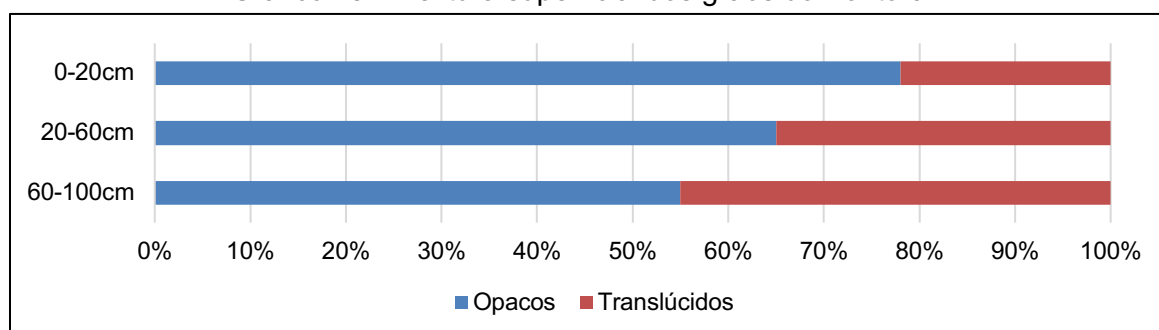
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 12 – Grau de arredondamento dos grãos do Ponto 02.



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 13 – Textura superficial dos grãos do Ponto 02.

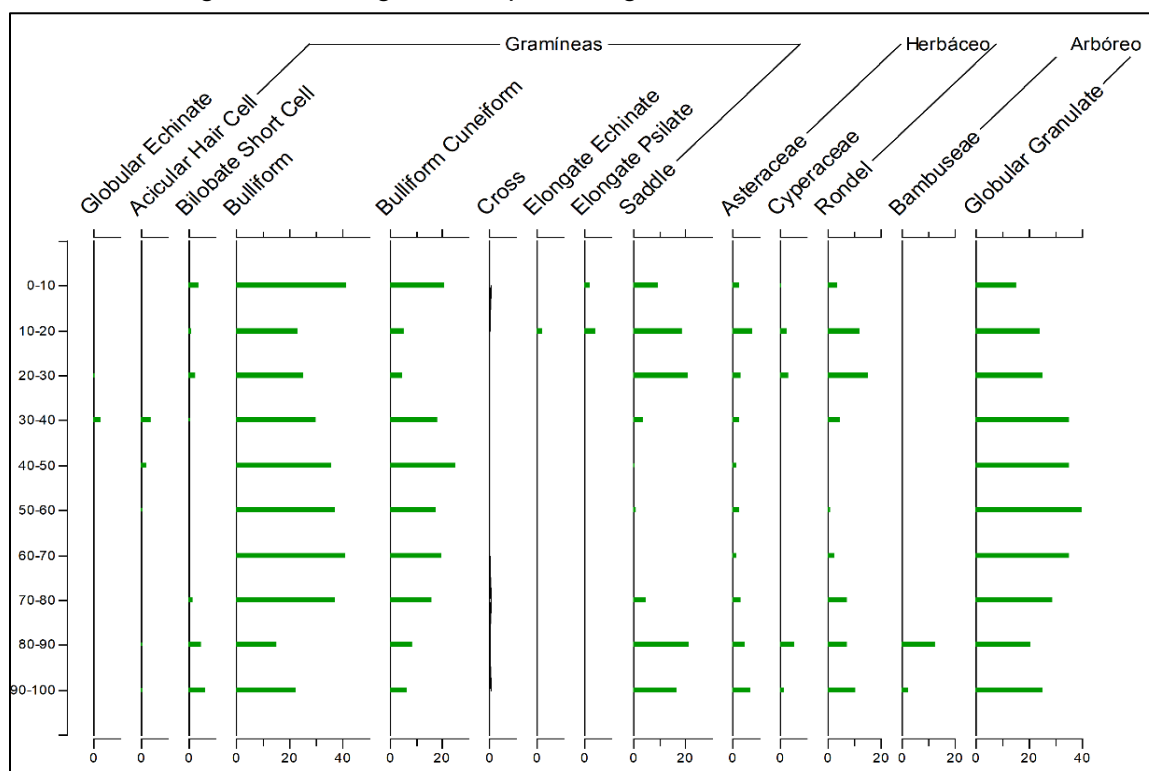


Fonte: Elaboração própria.

Os dados indicam pouca alteração na dinâmica de transporte dos sedimentos, provavelmente por escoamento superficial de lençol, com área fonte próxima. Portanto, a morfologia dos grãos é decorrente de alterações na rocha-mãe somada a um baixo poder de alteração da sua morfologia pelo transporte. Neste caso, as características morfométricas acima descritas quando comparada com a do ponto do Ponto 01 e com o Ponto 03 que será apresentado na sequência indica que os mantos de alteração especificamente para este ponto, evoluíram sob condições de semiaridez, preservando as feições primárias de partição e geometria dos minerais remobilizados.

Em relação à análise fitólita do Ponto 02, o sinal da base para o topo indica uma certa descontinuidade com uma gradativa mudança na concentração de morfotipos ao longo do perfil. Essa descontinuidade também pode ser interpretada quando analisamos os dados granulométricos: heterogeneidade no tamanho e forma dos grãos constituintes, onde estes se apresentam pobremente selecionados e com uma hidrodinâmica muito alta, indicam a presença de muita energia somada à uma baixa aptidão de seleção pelo fluxo e relativa concentração da fração mais fina (Figura 31).

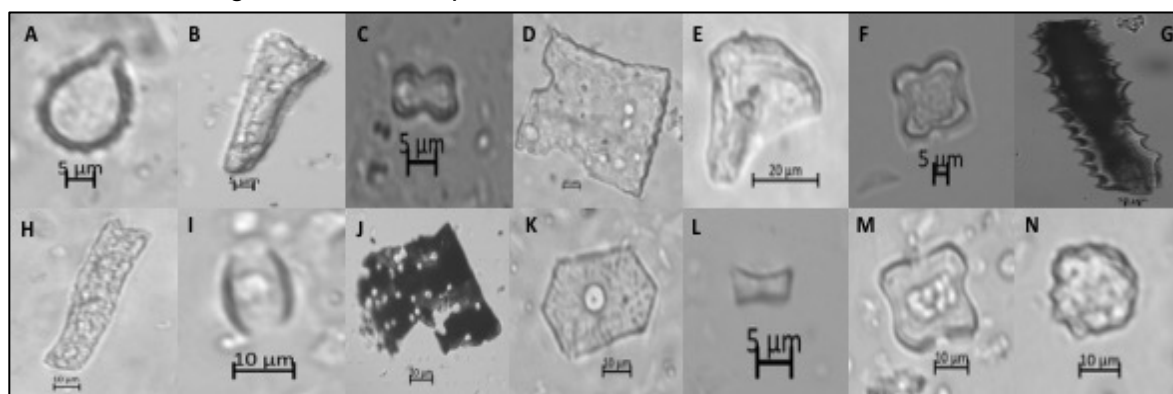
Figura 31 – Diagrama da porcentagem de fitólitos do Ponto 02.



Fonte: Elaboração própria.

Este perfil apresentou uma mediana concentração de fitólitos, inclusive, com uma descontinuidade da presença de alguns morfotipos. Ao longo da seção foram identificadas 14 morfologias de fitólitos, variando de acordo com a profundidade do perfil na qual a amostra foi coletada, dentre as quais destacam-se: *Bilobate* (2%), *Cross* (0,15%), *Rondel* (6,4%) e *Saddle* (9,7%) por serem representantes das gramíneas da família de *Poaceae*. Igualmente, foram identificados morfotipos que mesmo não possuindo o condão apesar de sinal taxonômico são geradas por gramíneas: *Elongate echinate* (0,2%), *Elongate psilate* (0,6%) (Figura 32).

Figura 32 – Morfotipos de fitólitos identificados no Ponto 02.



A – *Globular echinate*, B – *Acicular*, C – *Bilobate*, D – *Bulliform*, E – *Bulliform cuneiform*, F – *Cross*, G – *Elongate echinate*, H – *Elongate psilate*, I – *Saddle*, J – *Asteraceae*, K – *Cyperaceae*, L – *Rondel*, M – *Bambuseae*, N – *Globular granulate*. Escala: B, D G, H, J, M, N – 10 µm.

O morfotipo *Bulliform com* (30,9%), apresentou a preponderância ao longo de todo o perfil. Há o tratamento na literatura especializada que os morfotipos do tipo *Bulliform* são indicadores de estresse hídrico, onde a sua produção potencializa a evapotranspiração de gramíneas (BREMONT, 2003; BREMOND et al., 2005). Portanto, conforme pode ser observado na Figura 31, temos a preponderância marcante da concentração de *Bulliforms* ao longo de todo o perfil, indicando, que nos últimos 2.300 anos a área esteve sobre estresse hídrico. As morfologias *Cross*, *Saddle* e *Rondel* indicam vários tipos de subfamílias de *Poaceae* e possíveis mudanças na vegetação. Considerando que todas essas morfologias apresentaram valores inferiores a 5% ao longo do perfil, inviabilizou o estabelecimento dos índices (D/P, Iph, Ic e Bi) para esta seção do perfil longitudinal.

Porém, o fato mais marcante da análise fitólita deste perfil, deve-se a ocorrência do morfotipo *Bambuseae* nas profundidades 80-90 cm e 90-100 cm,

estes morfotipos descritos por Piperno e Persall (1998), apresentam significado taxonômico e ambiental na formação de bosques de bambus, crescendo em associação com árvores ou arbustos, geralmente em florestas quentes ou em florestas tropicais temperadas ou, se forem herbáceas, em sub-bosque sombreado, também ao longo de riachos em clima quentes de áreas tropicais e subtropicais do mundo (CALDERÓN e SODERSTROM, 1980).

A presença específica desse morfotipo neste nível do perfil, indica que a 2.300 anos AP, a área possa ter passado por um pulso de maior umidade, mesmo com a literatura indicando para padrão climático mais seco para o Semiárido nordestino após a passagem do Holoceno Médio (CORREA, 2001).

Ao considerarmos a dinâmica, origem, constituição e porosidade do material parental dessa seção transversal do perfil longitudinal, conseguimos inferir a disposição dos fitólitos dentro dos níveis amostrados. De forma sintética o perfil apresenta uma certa homogeneidade litológica das camadas sobrepostas, ou seja, a disposição disforme dos fitólitos está diretamente relacionada aos fluxos deposicionais que estruturaram o perfil. De forma hipotética direciona a presença de um processo de dissolução das partículas. Neste caso, a baixa produção de fitólitos, somada à uma rápida exposição da superfície, acabam por contribuir para a não formação de um substrato vegetal organizado que, em seguida, seria novamente encoberta por novo escoamento superficial de lençol. Igualmente, os fitólitos dispostos ao longo do perfil seriam alóctones originários a montante da rampa.

3.4.1. Reconstrução paleogeográfica

Os dados cronológicos do perfil estratigráfico do Ponto 02, estruturador do pedimento dissecado, indicam, da base ao topo a atuação de eventos torrenciais com indicação de idades da base para o topo de: 2.300, 1.350, 465 anos AP. Em relação à diferença de temperatura global entre as idades aferidas temos uma variação de pouco mais de 2 °C em intervalo de tempo de pouco mais de dois mil anos.

A base da seção apresentou um sinal de idade de 2.300 anos AP, período esse onde ocorreu um pulso climático de alta torrencialidade. Esse evento climático apresenta características de estocasticidade espaço-temporal, (CORREA, 2001). Inferimos, assim, como possível sinal indicativo dos eventos formativos quando

coligados a um súbito pico da fase fria de Paleo-ENOS (MOY et al., 2002). Em relação a porção intermediária da seção, apresentou uma idade de 1.350 anos AP, do ponto de vista dos eventos formativos estes apresentam condições similares ao da base do perfil.

O topo do perfil apresentou uma idade de 465 anos AP, formado por um depósito de areia franca relacionado à pequena Idade do Gelo. No contexto dessa seção foram encontradas idades correlatas aos dois outros pontos demonstrando uma certa repercussão a nível regional desse evento em uma escala espacial mais ampla. Ainda sobre a presença do paleopavimento detrítico, essa formação está associada à morfogênese mecânica (CASSETI, 1994), ou seja, estão associados a uma dinâmica climática agressiva.

No contexto global, no limiar do último Evento *Bonds* e um rebaixamento abrupto da temperatura (PETIT et al., 1999), além da ZCIT migrar para mais ao sul (HAUG et al., 2001). Regionalmente, o controle dos pulsos desencadeadores dos eventos formativos aponta para um pico de fase fria do ENOS (MOY et al., 2002; CONROY et al., 2008). Tal como no Ponto 01, temos a influência do relevo nos eventos formativos nas escalas de 10^2 e/ou menores, tendo em vista a falta de dados sistematizados para outros depósitos dentro do ambiente cristalino do Semiárido nordestino.

3.5. Ponto 03

A área 03, compreende uma lagoa temporária na cimeira do perfil longitudinal, popularmente chamada de “Lagoa do Alexandre”. O ponto de coleta foi realizado nas coordenadas 7°40’59.63” S e 38°38’36.63” O, a 635 m de altitude. Inserida dentro de um ecotóno¹⁴, apresenta o efeito de sombra pluvial¹⁵ em relação aos ventos mais úmidos, somado à uma precipitação oculta. Geomorfologicamente há de se destacar o seu papel de divisor de águas entre os rios Piancó e Pajeú, nos estados da Paraíba e Pernambuco respectivamente.

¹⁴ Área de transição ambiental de diferentes comunidades ecológicas, onde a flora e fauna fazem parte de um mesmo ecossistema.

¹⁵ A massa de ar úmido ao encontrar as encostas, ascende, esfria, condensa e precipita-se. A massa de ar frio mergulha e se aquece. Sua umidade relativa diminui e uma encosta seca de sotavento ou uma sombra pluvial é formada.

A seção estratigráfica apresenta 150 cm de espessura vertical, dividida em duas unidades litoestratigráficas. A unidade basal (I) é constituída por um sedimento franco-argilosiltoso, com 110 cm de espessura; justaposta temos a presença de um pacote argilosiltoso (unidade II), com 40 cm de espessura. As amostras para datações por LOE apresentaram as seguintes datas: unidade I, amostra A (5.300 ± 110 anos AP) e amostra B (2.450 ± 280 anos AP) e unidade II (790 ± 100 anos AP), descritas e interpretadas nas Figuras 33, 34, 35, 36, 37 e 38, Gráficos 14, 15, 16 e 17, Tabelas 07 e 08.

Figura 33 – Perfil topográfico do Ponto 03 (Lagoa do Alexandre).

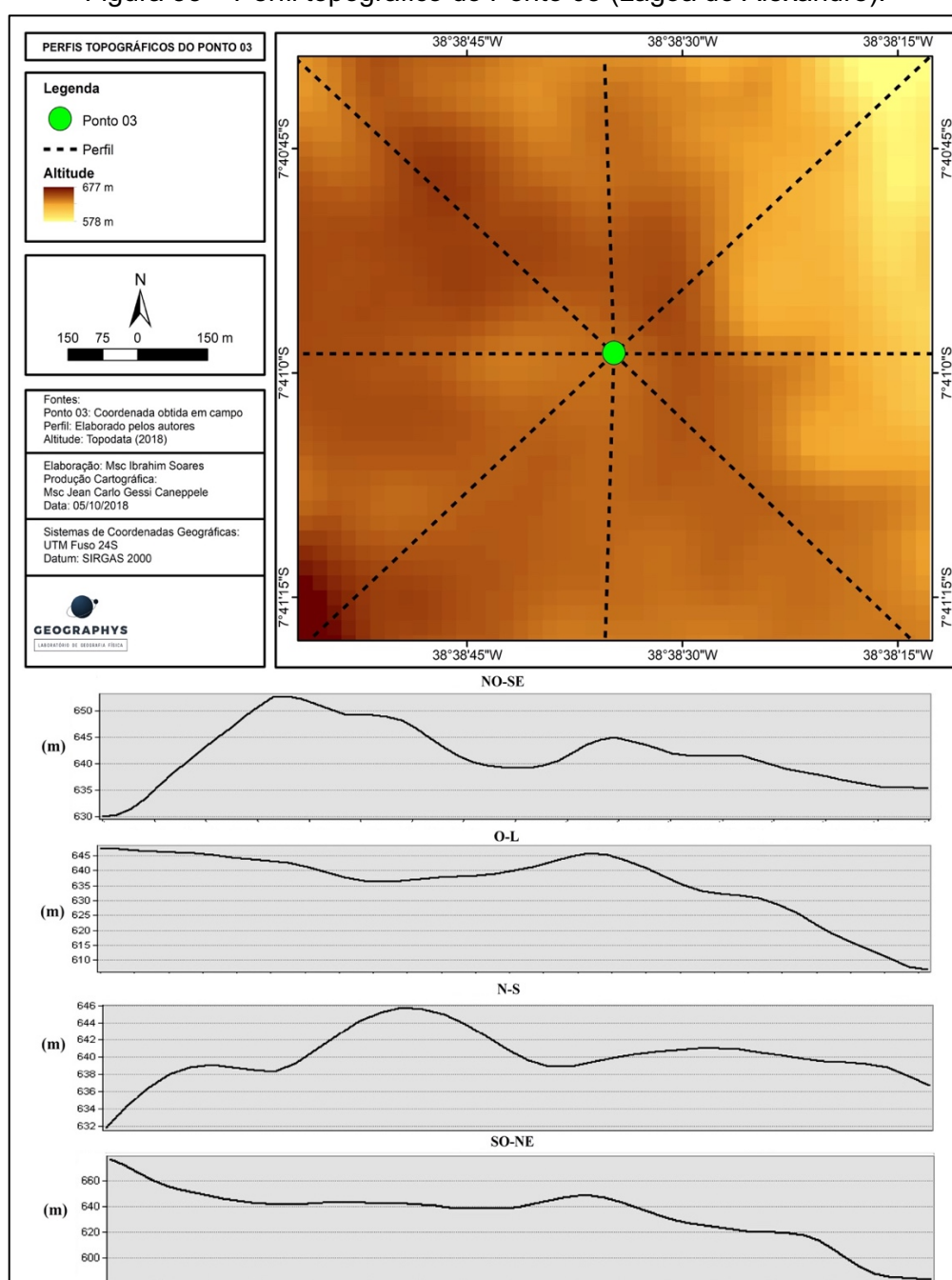


Figura 34 – Local de coleta do Ponto 03 (Lagoa do Alexandre).



Fonte: Trabalhos de Campo.

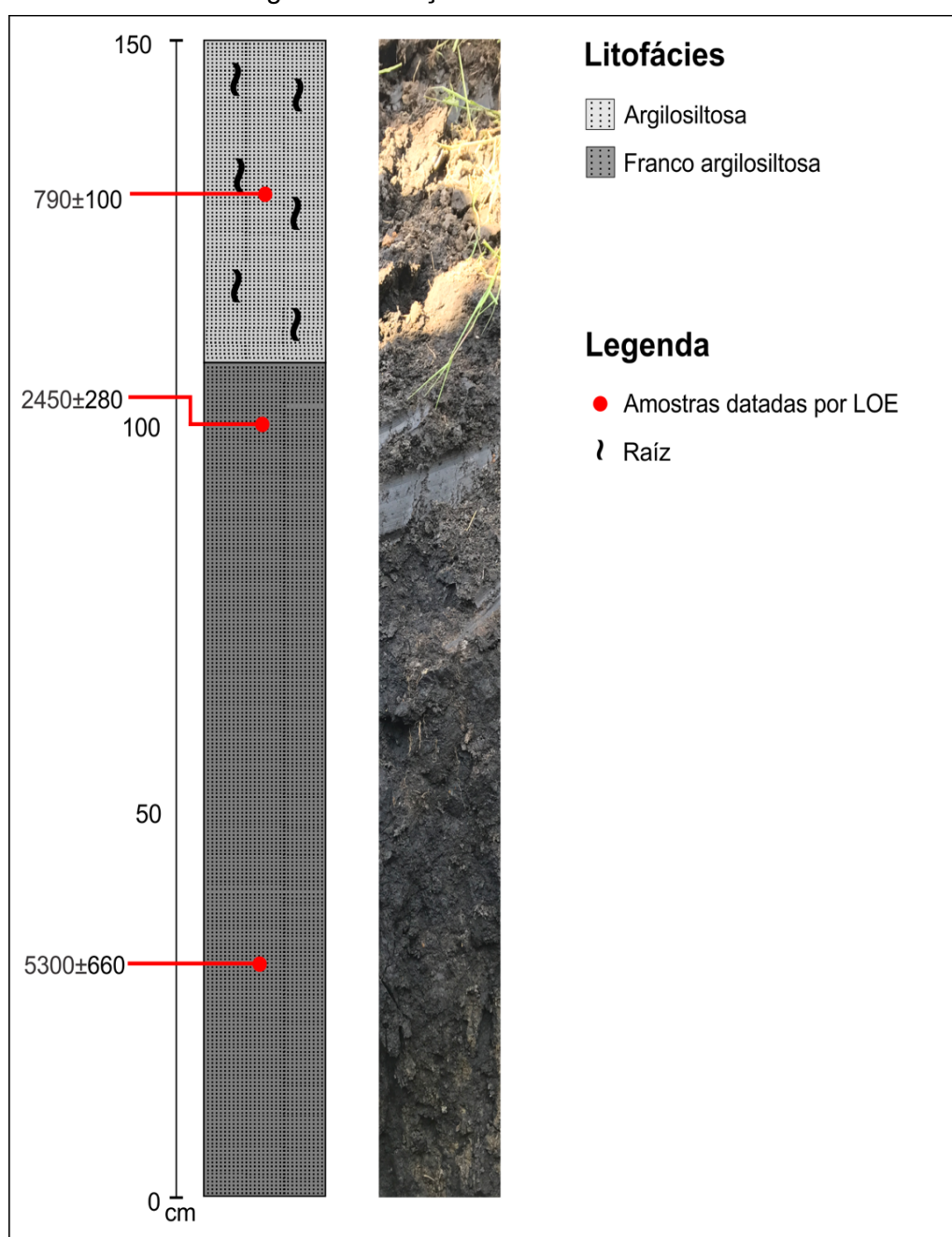
Figura 35 – Vista panorâmica da área do Ponto 03 (Lagoa do Alexandre).



Fonte: Google Earth

Toda a lagoa é bordada por um anfiteatro disposto em forma de degraus (estratos), semicirculares com abertura direcionada aos canais fluviais que mergulham e entalham o terreno. Mesmo com a lagoa estando situada em uma região mais elevada, apresentando um relevo suavemente ondulado na forma de uma colina. Os procedimentos em campo de medição e amostragem do perfil ocorreu da base para o topo, com a coleta de sedimentos nas profundidades: 30, 100 e 130 cm em relação ao topo da superfície (Figura 36).

Figura 36 – Seção vertical do Ponto 03.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 37 – Diagrama de *Perjrup* do Ponto 03.

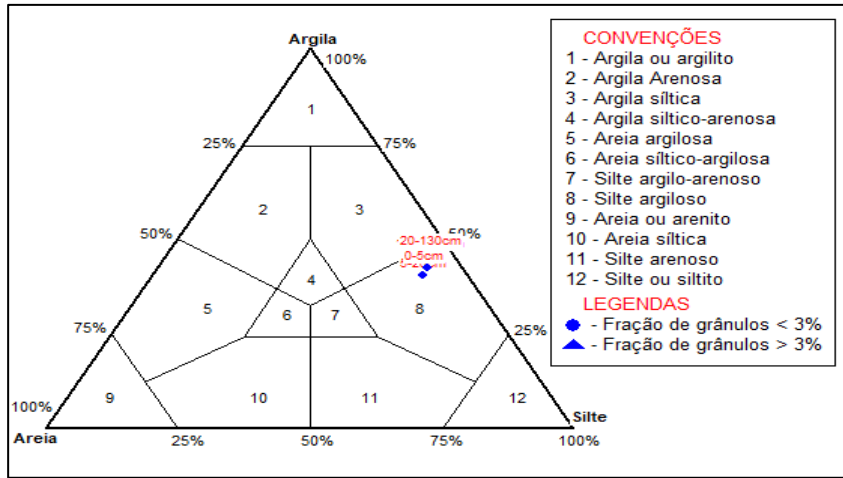


Figura 38 – Diagrama de *Shepard* do Ponto 03.

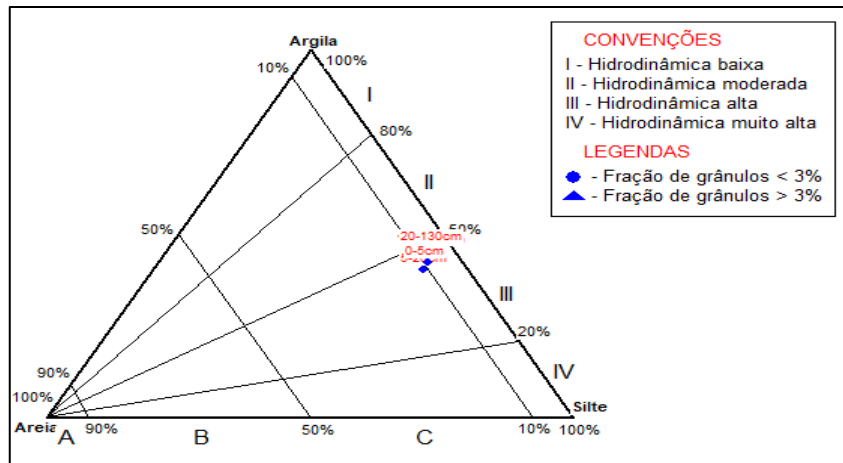
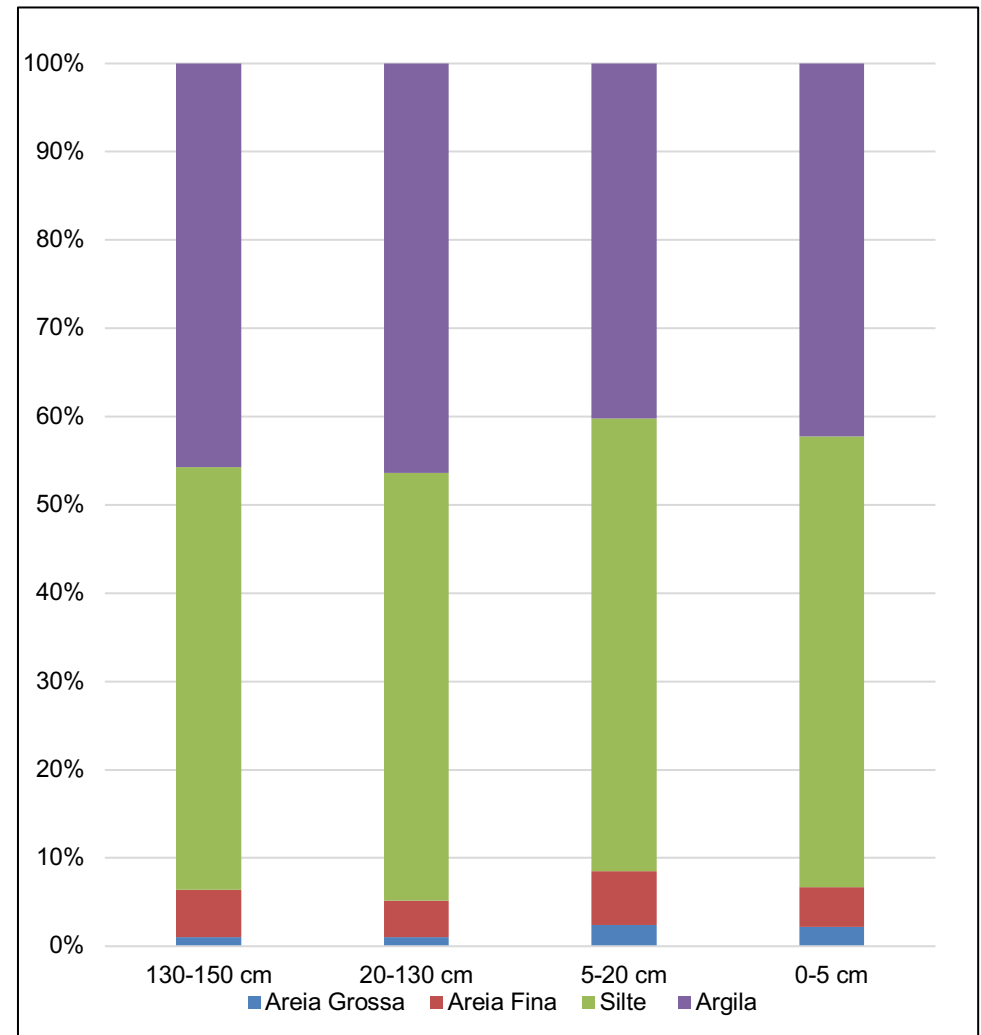


Gráfico 14 – Histograma granulométrico do Ponto 03.



Fonte: Elaboração própria.

A partir dos dados expressos pelas Figuras 37 e 38, Gráfico 16 e na Tabela 07, as amostras se apresentaram muito pobremente selecionadas como a assimetria variou entre positiva e muito positiva, indica características de um ambiente característico pela semiaridez com dominância de um fluxo de transporte unidirecional. A curtose apresentou uma curva platicúrtica indicando que os sedimentos tiveram um curto carreamento.

Tabela 07 – Dados característicos do ambiente deposicional do Ponto 03.

| Profundidade | Seleção | Classificação | Assimetria | Classificação | Curtose | Classificação |
|---------------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| 130-150 cm | 1,7750 | Pobremente selecionado | 0,2890 | Positiva | 0,8052 | Platicúrtica |
| 20-130 cm | 1,7530 | Pobremente selecionado | 0,2974 | Positiva | 0,7939 | Platicúrtica |
| 5-20 cm | 1,7980 | Pobremente selecionado | 0,3053 | Muito positiva | 0,8265 | Platicúrtica |
| 0-5 cm | 1,7790 | Pobremente selecionado | 0,3064 | Muito positiva | 0,8157 | Platicúrtica |

Fonte: Elaboração própria.

O conjunto de processos que originaram esta unidade foram: escoamento superficial (fluxos de terra canalizados) e deposição por decantação em ambiente lacustre. Esta característica é visualizada ao longo de todo o perfil estratigráfico com destaque para o nível franco-argilosiltosa pela presença de óxido de ferro percolado ao longo da seção. No topo do perfil ocorre acúmulo de material aluvial sobrepondo um pacote formado por lentes arenosas de deposição fluvial ao passo que na base da seção são encontradas argilas.

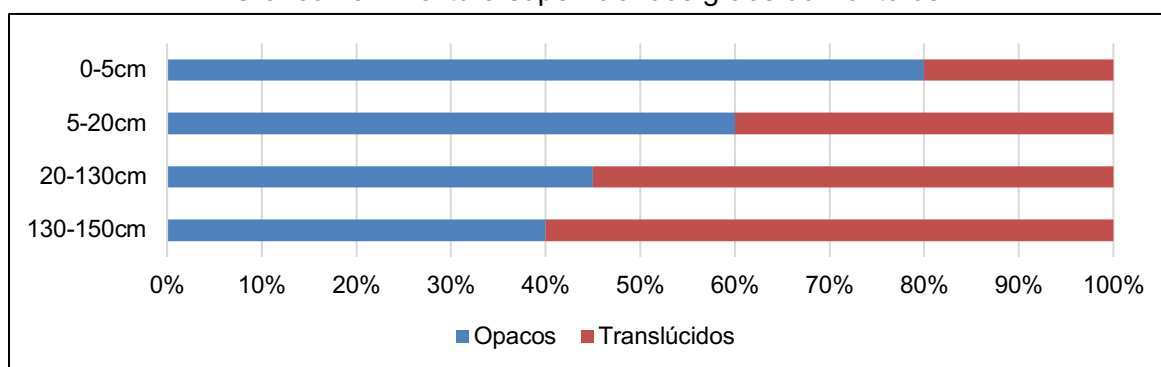
Tabela 08 – Análise morfoscópica das frações do Ponto 03.

| Propriedades | 130-150 cm | 20-130 cm | 5-20 cm | 0-5 cm |
|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| Tamanho | Heterogêneo | Heterogêneo | Heterogêneo | Heterogêneo |
| Agregação | Pouco agregado | Pouco agregado | Pouco agregado | Pouco agregado |
| Textura | Fosca | Fosca | Fosca | Fosca |
| Minerais | Quartzo, Feldspato e Hematita | Quartzo, Feldspato e Hematita | Quartzo, Feldspato e Hematita | Quartzo, Feldspato e Hematita |

Fonte: Elaboração própria.

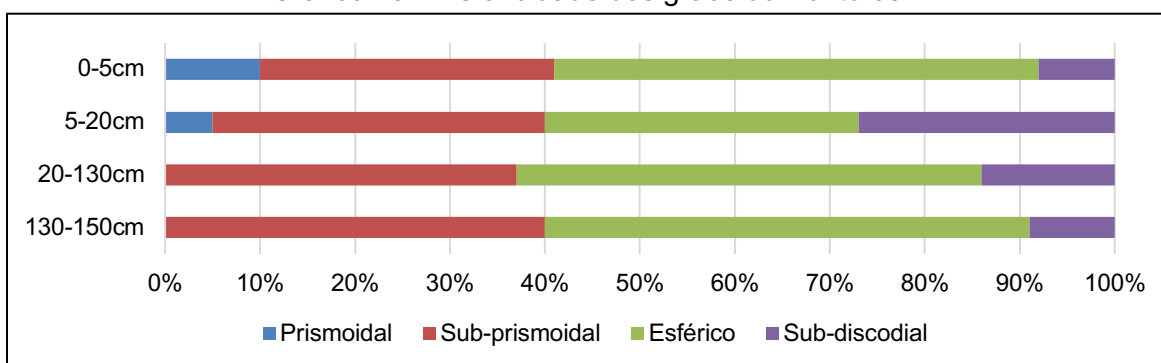
A análise morfooscópica das frações ao longo da seção apresentou comportamento semelhante ao dos Pontos 01 e 02. Todas as profundidades apresentaram uma distribuição de tamanho heterogênea e um baixo nível de agregação. Tanto para a esfericidade como para o arredondamento dos grãos as amostras apresentaram valores na casa dos 50%. O arredondamento oscilou para mais e para menos de 50%, com a presença de grãos angulares e subangulares (Tabela 08, Gráficos 15, 16 e 17).

Gráfico 15 – Textura superficial dos grãos do Ponto 03.



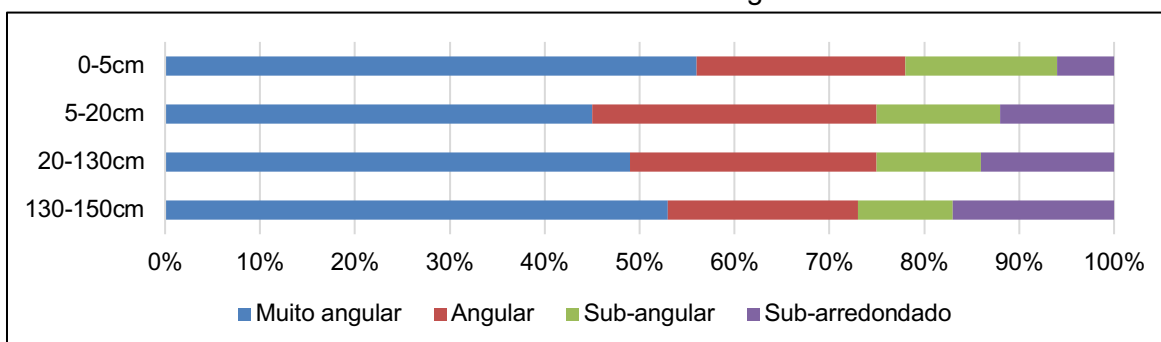
Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 16 – Esfericidade dos grãos do Ponto 03.



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 17 – Grau de arredondamento dos grãos do Ponto 03.

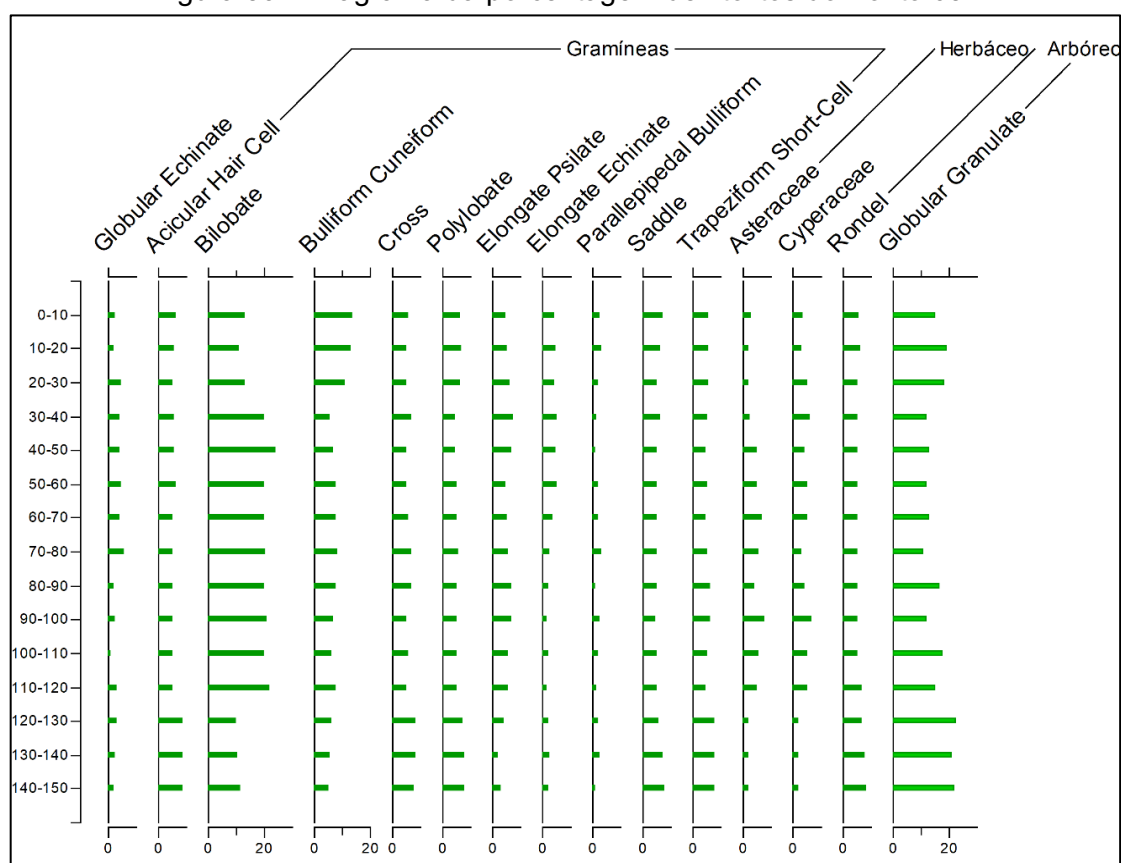


Fonte: Elaboração própria.

Deste modo, os dados da análise morfológica indicam que os sedimentos que recobrem superficialmente os níveis, apresentam características semelhantes, porém, os eventos que os depositaram são distintos quando comparados com as duas outras áreas do perfil longitudinal, considerando que no Holoceno Médio a lagoa apresentava uma extensão e lâmina d'água maiores que os presente. Essa hipótese será apresentada posteriormente.

No que diz respeito à análise fitológica do Ponto 03, este ponto foi o que apresentou a maior concentração de fitólitos. O sinal da base da seção indica uma tendência a plantas C₃ (gramíneas, árvores e arbustos), evidenciando uma maior umidade e densidade vegetal. Porém, na medida que a coluna vai subindo em direção ao topo essa densidade diminui para um sinal de plantas C₃ e C₄ (gramíneas) indicando um clima mais seco, ou seja, uma vegetação mais aberta, que ao chegar a 30 cm do topo volta a apresentar um nível semelhante ao da base com a presença de uma maior umidade (Figura 39).

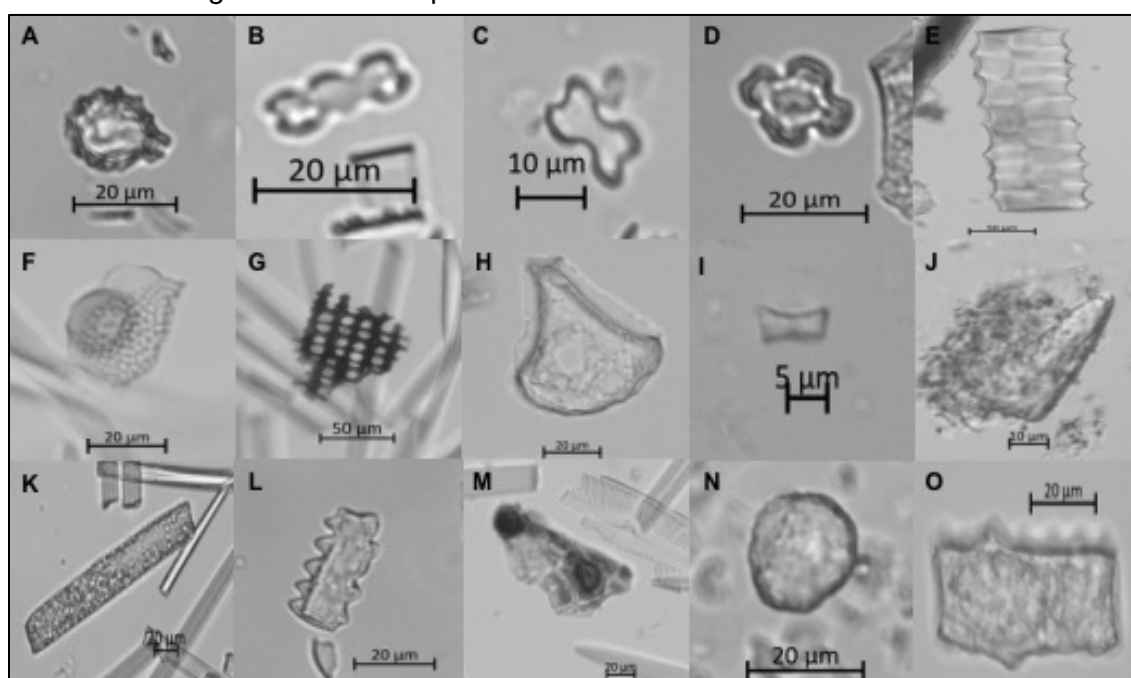
Figura 39 – Diagrama da porcentagem de fitólitos do Ponto 03.



Fonte: Elaboração própria.

Foram identificados ao longo dessa seção 15 morfologias de fitólitos, variando de acordo com a profundidade do perfil na qual a amostra foi coletada. Dentre as quais destacam-se: *Bilobate* (6,03%), *Cross* (5,93%), *Rondel* (5,57%) e *Saddle* (6,13%) produzidas por gramíneas da família de *Poaceae*. Foram identificadas algumas morfologias que apesar de não possuírem um sinal taxonômico são produzidas por gramíneas: *Polylobate* (5,83%), *Elongate echinate* (9,37%), *Elongate psilate* (10,27%), *Bulliform cuneiform* (6,03%), *Parallepipedal* (6,30%) (Figura 40).

Figura 40 – Morfotipos de fitólitos identificados no Ponto 03.



A – *Globular echinate*; B – *Polylobate*; C – *Bilobate*; D – *Cross*; E – *Traqueídeo*; F – *Cyperaceae*; G – *Asteraceae*; H – *Bulliform cuneiform*; I – *Rondel*; J – *Acicular*; K – *Elongate psilate*; L – *Elongate echinate*; M – *Multifacetado alongado*; N – *Globular granulate*; O – *Parallepipedal*. Escala E – 20 µm.

O morfotipo *Bulliform* com (12,33%), apresentou maior abundância ao longo do perfil. As morfologias *Cross*, *Saddle* e *Rondel* indicam vários tipos de subfamílias de *Poaceae* e possíveis mudanças na vegetação. Tendo em vista que todas essas morfologias apresentaram valores superiores a 5% em todas as profundidades, foi possível estabelecer os índices (D/P, Iph, Ic e Bi) para todas as sequências.

A literatura especializada indica que os morfotipos *Bulliform* são indicadores de estresse hídrico, relacionando a produção destas à potencialização do processo de evapotranspiração de gramíneas (BREMONT, 2003; BREMOND et al., 2005).

Esse comportamento (estresse hídrico) pode ser observado em todas as sequências analisadas ao longo do perfil.

3.5.1. Reconstrução paleogeográfica

A Lagoa do Alexandre onde o Ponto 03 está localizado, apresenta um intervalo formativo do Holoceno Médio, “[...] caracterizado por uma mudança climática natural, devido às variações nos parâmetros orbitais e menor concentração de CO₂” (MELO e MARENGO, 2008, p. 192). Da base para o topo temos as seguintes idades: 5.300, 2.450 e 790 anos AP. Das três áreas estudadas dentro do perfil longitudinal, essa foi a que apresentou o registro de idade mais antiga, de 5.300 anos AP que sinaliza, justamente, o Holoceno Médio.

Em relação à variação do desvio de temperatura global, considerando as idades do depósito, estas apresentam uma amplitude da base para o topo de quase 2,5 °C, conforme dados de Petit et al. (1999). Em relação a idade de 5.300 anos AP, temos a ocorrência de pulsos climáticos associados a chuvas torrenciais com escoamento superficial de lençol. O processo de sedimentação, ao longo das idades do perfil, ocorreu em momentos em que o desvio de temperatura global apresentava 0,1 °C para a idade mais antiga e -1,54 °C para a mais recente.

A idade de 2.450 anos AP, compreende um depósito argilosiltoso resultado da dinâmica pulsátil do Holoceno Médio. A nível regional, esbarramos na falta de trabalhos para aferição de idades e sua ligação para com os eventos formativos dos ambientes cristalinos do Semiárido nordestino. Os trabalhos com utilização desse tipo de metodologia se restringem a áreas de ambientes deposicionais sedimentares com idades muito mais profundas. Portanto, por uma questão de escala não há como inferirmos calibração para com as idades alcançadas.

A nível global para essa idade, temos um momento de alterações abruptas e de grande amplitude de ajuste da ZCIT (HAUG et al., 2001), somado à passagem de dois Eventos *Bonds* com um pico de rebaixamento abrupto da temperatura -1,08 °C (PETIT et al., 1999). Regionalmente temos a influência dos controles de pulsos de eventos formativos coligados à abruptas variações entre fases frias e quentes de Paleo-ENOS (MOY et al., 2002; CONROY et al., 2008). A nível local para o contexto da outra idade temos a contribuição do modelado para o aumento pluviométrico.

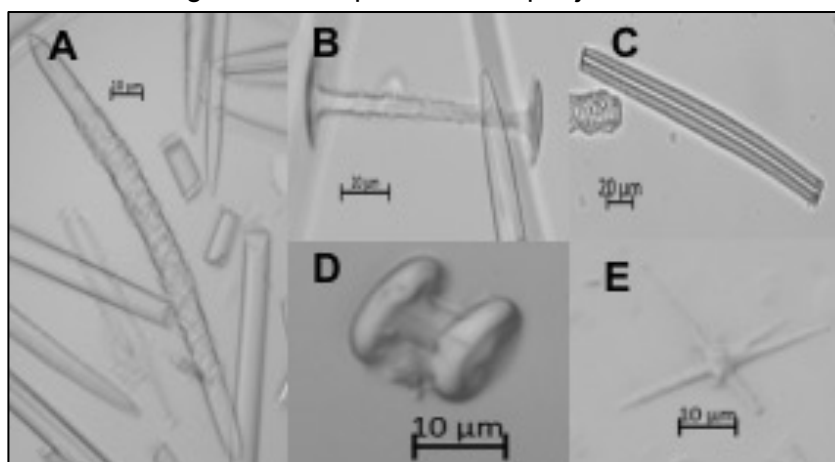
A idade de 790 anos AP compreende um depósito de argilo-siltoso relacionado ao período da pequena idade do gelo. A nível global permanece dentro do período de aproximação do último Evento *Bonds*, cujo resultado é um rebaixamento abrupto da temperatura $-1,08\text{ }^{\circ}\text{C}$, conforme dados de Petit et al. (1999), assim como um posicionamento mais ao sul da ZCIT (HAUG et al., 2001). Possíveis controles de pulsos desencadeadores do evento formativo apontam para um pico de fase fria (chuvas torrenciais) do ENOS (MOY et al., 2002; CONROY et al., 2008).

Tal como ocorre com grande parte das idades descritas nas 03 áreas ao longo do perfil longitudinal, a nível local é perceptível a grande influência que o relevo exerce sobre a taxa de sedimentação ao proporcionar uma diferenciação da umidade média anual, contribuindo para um manto de intemperismo mais profundo, com uma maior concentração de eventos pluviométricos de alta magnitude. Ou seja, o depósito apresenta uma forte correlação com eventos de escalas temporais de 10^2 e menores, uma vez que não é comum encontrar esse tipo de formação no Semiárido nordestino.

Antes de realizarmos a individualização dos ciclos paleoclimáticos e de sua influência na vegetação a partir da análise dos dados fornecidos pela análise fitológica, gostaríamos de voltar a hipótese que havíamos enunciado anteriormente, de que o tamanho e lâmina de água da Lagoa do Alexandre seria maior que o atual. Esta hipótese sustenta-se pela tipologia e grande concentração de espículas de esponjas encontradas na base da seção.

É conhecimento dado que as espículas de esponjas têm sido utilizadas como importante dado *proxy* para reconstrução do Quaternário, principalmente em áreas tropicais úmida. A sílica biogênica presente em sua composição acaba por torná-la mais resistente ao ataque do intemperismo químico, especificidade idêntica possuem os fitólitos e as frústulas de diatomáceas (STEVAUX, 1994). Os microfósseis encontrados estão dispostos na figura 41.

Figura 41 – Fotomicrografias de espículas de esponjas continentais do Ponto 03.



A - Megasclera beta de *Metania spinata*; **B** - Gemosclera de *Dosilia pydanieli*; **C** - fragmento de Megasclera; **D** - Gemosclera de *Tubella variabilis*; **E** - Microsclera de *Dosilia pydanieli*. Fonte: Organização própria.

Infelizmente por uma questão de tempo, não tivemos como dedicar o cuidado necessário para uma análise mais detalhada desse tipo de indicador. Ademais, foram identificados 5 microfósseis de espículas de esponjas, concentrados dentro das profundidades 150-140 cm e 140-130 cm.

Estas características corroboram com a nossa hipótese, devido a Lagoa do Alexandre possuir caráter sazonal, com considerada oscilação do nível de água entre o curto período chuvoso e o longo período de estiagem, favorecendo a oxidação da matéria orgânica presente nos sedimentos ao longo do tempo. Cabe informar que, para a tese esse tipo de análise não constava entre os nossos objetivos, porém, quando da contagem dos fitólitos ficamos surpresos pelo forte sinal apresentado pelas espículas de esponjas.

A ocorrência da *Metania spinata* está relacionada à ocorrência de pequenas lagoas, incrustada em macrófitas, folhas, galhos e troncos submersos, suas águas são ligeiramente acidificadas (VOLMER-RIBEIRO e MOTA, 1995). No Brasil sua maior ocorrência está registrada no Bioma Cerrado (PAROLIN, VOLKMER-RIBEIRO e STEVAUX, 2008).

As espículas de *Dosilia pydanieli* indicam que a Lagoa do Alexandre apresenta uma sazonalidade típica, decorrente das oscilações do nível de água ocasionadas pela ocorrência de secas bem definidas, condizendo para com a dinâmica pluviométrica do Semiárido nordestino. A esponja *Tubella variabilis* é característica de lagoas sombreadas, ou seja, circundada por vegetação de um porte maior (MACHADO *et al.*, 2012), sinalizando uma condição de maior umidade

em relação às condições climáticas atuais. A base da seção na lagoa, profundidade de 150 cm, indicou uma idade de 5.300 anos AP, conforme De Oliveira, Barreto e Suguio (1999) e Barreto (1996), que apontam condições de maior umidade na região no Holoceno Médio.

Outra característica importante quando da análise das espículas de esponjas diz respeito à forma como estas se apresentam: inteiras ou fragmentadas. Quando inteiras, comprovam uma origem autigênica, ou seja, habitam o local ou mesmo as proximidades do local onde os microfósseis foram encontrados. Em relação as esponjas fragmentadas, sinalizam uma origem alogênica, neste caso, o material parental é transportado para uma longa distância da área fonte, principalmente devido a fricção do transporte eólico coligado a períodos secos (WILDING e DREES, 1968).

Partículas de espículas de esponjas podem indicar a miscigena dos depósitos, seja por biopedoturbação ou por fraturas nos solos. Em relação as fraturas, indicam a expansão das argilas sob diferentes condições de umidade, gerando fragmentação das espículas (FRISONE et al., 2014). Em relação à Lagoa do Alexandre, devido o processamento das amostras ter sido realizado para extração dos fitólitos, pode ser que devido as sucessivas centrifugações as espículas de esponjas tenham sido fragmentadas, impossibilitando qualquer interpretação quanto à sua apresentação. Entretanto, a sua condição pedológica de um Gleissolo, a compactação das argilas poderia indicar um possível maior número de espículas fragmentadas, indicando um condicionante climático de maior umidade. Ou seja, considerando o sinal emitido pelas datações, torna essa interpretação plausível.

As espículas de esponjas enquanto sinal *proxy* “acessório” auxiliou na reconstrução paleogeográfica da Lagoa do Alexandre ao coligarmos os efeitos climáticos e hídricos à evolução geomorfológica desse sistema lacustre para o período do Holoceno Médio. Sopesando que as espículas de esponjas foram encontradas apenas na base do perfil (profundidades 150-140 cm e 140-130 cm), elas indicam que ao longo do perfil houve pouca residência de água no ambiente, fato relacionado à ocorrência de climas mais secos. Ao acoplarmos as informações dos tipos de microfósseis de espículas de esponjas com a idade da base 5.300±660 anos AP, indica que muito provavelmente tanto a área da Lagoa do Alexandre como a sua lâmina de água apresentavam tamanhos maiores que os da atualidade.

Após esse hiato, retornamos à análise dos fitólitos. A identificação e quantificação do percentual dos fitólitos detectados estão expressas na figura 39. Observou-se certa regularidade na ocorrência de fitólitos ao longo do perfil, com uma leve descontinuidade para menor na sua parte central. Os morfotipos mais representativos estão indicados na Figura 40.

A literatura especializada indica que certas famílias de plantas apresentam uma capacidade de produção diferenciada de determinados morfotipos de fitólitos, por exemplo: as dicotiledôneas lenhosas (*Globular granulate*), as palmeiras (*Globular echinate*), as ciperáceas (*Cone shape*). Com destaque para as *Poaceae* (gramíneas), por gerarem uma grande produção chegando ao nível de diferenciação subfamílias. Outra subfamília importante é a das *Panicoideae*, típica de ambientes quentes e úmidos, produzindo fitólitos de tipo *Bilobate*, *Polylobate* e *Cross*. Em relação à subfamília *Chloridoideae*, típica de ambientes quentes e secos, é produtora dos fitólitos do tipo *Saddle*. A subfamília *Pooideae* típica de regiões frias, de clima temperado ou das elevações intertropicais, apresentam uma maior produção de fitólitos do tipo *Rondel*. Entretanto, há alguns morfotipos de fitólitos das *Poaceae* que não é possível dizer se a produção está ligada a alguma sub-família, a exemplos do *Bulliform cuneiform*, do *Elongate* e do *Acicular*.

Os fitólitos com significado taxonômico ou ambiental mais abundantes foram: *saddle* típico das herbáceas da subfamília das *Chloridoideae* de climas quentes e secos, identificado em todos os níveis amostrados; *Elongate*, indicador de células longas, típico de todas as gramíneas, por não diferenciar uma subfamília apresenta significado ambiental; *Bulliform*, característico de ambientes secos, tem sua origem ligada a estresse hídrico da epiderme das folhas; *Globular granulate*, produzido por dicotiledôneas de portes arbustivo e arbóreo, apresenta significado ambiental; *rondel*, apresenta uma resposta taxonômica da subfamília das *Pooideae*; *Acicular*, produzido na epiderme de todas as gramíneas, apresenta significado ambiental; *Bulliform cuneiform*, originário da epiderme das células dos buliformes de todas as gramíneas; *Globular echinate*, produzido pelas células das *Arecaceae* e *Bromaliaceae* (PIPERNO, 1988).

Foi possível estabelecer o Índice de Densidade Arbórea (D/P) para todas as profundidades do Ponto 03. Este índice apresentou uma significativa variação, 51,41% na base (140-150 cm), 31,04% no centro (40-50 cm) e 39,65% na superfície (0-10 cm).

Quanto ao índice calculado, este apresentou valores baixos em todos os níveis amostrados. Avaliando os valores de referência para aferição deste índice (BREMONT et al., 2005), quando acima de 150 indicam floresta equatorial, de 7 a 10 floresta perene, de 0,33 a 1,16 savana alta e de 0 a 0,1 savanas baixas e/ou estepes. A fitofisionomia pode ser considerada como transição entre savana baixa e estepes (31,40%) variando a uma savana média (51,41%) indicando uma vegetação xerófita de Caatinga arbustiva-arbórea.

O Índice de Estresse Hídrico (Bi), também foi possível ser calculado em todo o perfil. Temos na base (140-150 cm) 14,43%, no centro (60-70 cm) 13,90% e na superfície (0-10 cm) 21,04%. Na literatura especializada também é chamado de “Índice dos Buliformes”, indica a resposta das plantas a períodos em que a água não se fez residente no ambiente edáfico. Estando a planta sob a tríade estresse hídrico, alta temperatura e baixa umidade edáfica, provoca uma reação fazendo com que a sílica se concentre e se precipite. Assim, com o aumento da transpiração, as células buliformes que forem silicificadas são geradas junto à epiderme das gramíneas possibilitando inferir o nível de secura de um determinado ambiente e, por derivação, do seu estresse hídrico (BREMONT et al., 2005). No que se refere à análise desse índice, ele apresentou pouca variação ao longo do perfil indicando uma baixa concentração de *Bulliform*, justamente o morfotipo primaz em indicar quando as gramíneas estão sob estresse hídrico (BREMONT et al., 2005).

Esse baixo índice de Bi, pode ser interpretado pelo fato do perfil está localizado dentro de uma formação lacustre em ambiente semiárido. Portanto, sazonalmente há residência de água no ambiente garantindo uma certa umidade ao mesmo. Segundo relatos de moradores das cercanias, em anos “bons de inverno” a lagoa chega a não secar na época da estiagem.

Em relação ao Índice de Adaptação a Aridez (Iph), também foi calculado ao longo de todas as profundidades do perfil. A base (140-150 cm) com 20,50%, o centro (60-70 cm) com 27% e a superfície (0-10 cm) com 20%.

A literatura indica que $Iph > 40\%$ caracteriza formações de gramíneas dominadas por *Chloridoideae* sob condições quentes e secas, assim um $Iph < 20\%$ indica associações sob clima quente e úmido, ou ainda devido à presença de umidade no solo (ALEXANDRE et al., 1997a). De modo geral, o índice apresentou valores baixos ao longo de todo o perfil. Tal como para o Estresse Hídrico (Bi) a explicação decorre das características da área do perfil. Entretanto, ao longo da

seção os índices apresentam dois comportamentos. O primeiro diz respeito a base e à superfície, com valores próximos a 20,00%, indicando um condicionante climático quente e úmido. Já na parte central temos um aumento dos valores chegando à casa dos 30%, sinalizando uma condição climática mais quente e seca.

Tal como os demais, o Índice Climático (Ic) também foi calculado em todas as profundidades da seção. Por meio desse índice é possível estimar o estoque das gramíneas tipos C₃ e C₄, e a sua capacidade enquanto formação vegetal de se adaptar as condições extremas, baixas temperaturas e/ou a uma pressão exercida pelo dióxido de carbono (CO₂). Assim, para Ic > 70% dominância das gramíneas temperadas *Pooideae* (C₃) (*Rondel*, *Polylobate* e *Trapeziform*), enquanto que um Ic < 30% dominância das gramíneas C₄ quentes (*Saddle*, *Cross* e *Bilobate*) (TWISS 1987, 1992). Destaca-se que as gramíneas dos ciclos C₃ e C₄ estão coligadas à condicionantes climáticos: temperatura, estoque de CO₂ e umidade do solo.

O Índice Climático (Ic) apresentou uma certa regularidade variando entre pouco menos de 50% e pouco mais de 60%, indicando a dominância das gramíneas quentes do ciclo C₄, sopesando uma progressiva *secura* do ambiente após a passagem do Holoceno Médio.

Ao colacionarmos as assembleias fitolíticas, a fitofisionomia das vegetações e os condicionantes climáticos, estes indicam que a utilização dos fitólitos se reveste de precisão e confiabilidade enquanto marcador capaz de aferir variações na vegetação intertropical com destaque para as gramíneas e as herbáceas. A diferenciação das formações herbáceas em ambiente tropical é o saldo da relação existente entre a diversidade climática, edáfica e antrópica. Esta relação pode ser melhor desvendada a partir do emprego do método de reconstrução (BREMONT et al., 2005). Assim, a utilização desse método, como ferramenta de reconstrução paleogeográfica, a partir do sinal emitido pelos condicionantes bioclimáticos, fornece um conjunto de informações capazes de visualizarmos possíveis descontinuidades e/ou mudanças nos padrões de cobertura vegetal estabelecidas em um curto espaço de tempo. Portanto, em uma escala de tempo “humana”, não geológica.

Ao acoplarmos as idades, análise fitológica e dados da hidrodinâmica, nos levam à regressão do ambiente da lagoa ao longo do Holoceno Médio, decorrente de uma gradativa diminuição da umidade atestada pela análise fitológica. Este processo acabou gerando o carreamento dos seus fluxos, como demonstram as amostras da trincheira do topo para a base. Some-se que os dados granulométricos

também são capazes de demonstrar essa diminuição da capacidade de transporte a partir da mudança entre as fácies mais finas, ou seja, temos nesse momento, um indicativo que houve o deslocamento e a acomodação entre os estratos que os precederam evidenciando um momento mais seco.

É conhecimento dado que o período mais seco e/ou de maior semiaridez, durante o Holoceno, ocorre quando a célula de *Walker* se forma no Pacífico, garantido condições de semiaridez verosímeis à dos dias do presente. Portanto, esse período do Holoceno Médio na Lagoa do Alexandre teremos uma lacuna deposicional, situação essa que ocorrerá em todo o Semiárido nordestino, decorrente da rarefação dos depósitos que conseguiram resistir a esse marcante pulso mais seco na passagem do Holoceno Médio (CORRÊA, 2001).

É justamente quando há a instalação de uma maior semiaridez, que o nível da lâmina de água da lagoa começa a diminuir. De forma concomitante temos o aumento da ação dos processos erosivos, seja decorrente da rede de drenagem ou por desmoronamentos, estes últimos devidos a ocorrência de pulsações pluviométricas torrenciais. Sob condições climáticas hodiernas, a Lagoa apresenta incapacidade em retrabalhar os mantos existentes, ou seja, esse ambiente lacustre é portador de entalhe sedimentar do Pleistoceno/Holoceno, conquanto o ambiente tem a competência de atuar sobre a sedimentação a partir do retrabalhamento do material carregado ao longo dos seus canais de drenagem.

Apesar dessa interpretação ter sido construída a partir da análise de dados inconcussos (datação, fitólitos e sedimentologia), ela apresenta um *delay* informativo passível de novas elucubrações. Basta uma análise das formulações estratigráficas propostas por Nicolas Steno (1638-1686). Para este autor, dentro da dinâmica dos depósitos subaquáticos há o espraiamento, em todos os sentidos, do seu preenchimento até que se contraíam e desapareçam devido a não deposição. Na área de estudo, a única unidade estratigráfica que apresentou estratigrafia plano paralela e granulometria dominada por silte e argila foi, justamente, a Lagoa do Alexandre.

3.6. Dados *proxies* em diferentes escalas de tempo

Cumpra-se, primeiro, demonstrar o partido da estrutura lógica que auxiliou a construção da coluna Cronogeomorfológica. O compêndio de dados busca sintetizar

e descortinar o conjunto de informações dos eventos e processos responsáveis por coadunar a estrutura superficial do modelado dentro de cada ponto analisado ao longo do perfil longitudinal.

Como ponto de partida temos o conceito Cronogeomorfologia proposto por Ab'Sáber (1969a), enquanto processo analítico de interpretação da sequência dos processos paleoclimáticos e morfoclimáticos atuantes na construção da estrutura superficial da paisagem (AMORIM, 2015). Considerando o presente conceito, elaboramos uma coluna integrativa com o condão de coadunar e explicar as diferentes fazes e sequências dos eventos que esculpiram o modelado, seja ele de denudação ou de agradação dentro de cada seção do perfil longitudinal (AMORIM, 2015).

De acordo com Ab'Sáber (1969a, p. 04) “[...] as bases rochosas da paisagem respondem apenas por uma certa ossatura topográfica, e que na realidade, são os processos morfoclimáticos sucessivos que realmente modelam e criam as feições próprias no relevo”. Desta feita, nossa proposta de ajuntamento de dados em diferentes escalas de atuação dos processos geomorfológicos da estrutura superficial da paisagem na qual o perfil longitudinal se circunscreve decorre das postulações de Konx (1972) *apud* Amorim (2015). Para este geomorfólogo a atuação dos processos geomorfológicos atinge o seu pico no momento de transição climática, ou seja, à passagem de uma condição de maior para menor umidade de forma mútua.

De forma sintética a conjunção de dados, em um estudo geomorfológico, torna-se operacional a partir da escala de tempo: os controlados (aleatórios) não apresentam qualquer sinal de continuidade na relação espaço-tempo; os sequenciais expõem uma contínua mudança temporal; os agrupados (*clustered*) representam um determinado período; e os cíclicos que apresentam lapsos temporais longos e/ou curtos (THORNES e BRUNSDEN, 1977).

Partindo desse postulado, baseado na proposta de Amorim (2015) organizamos uma sequência cronológica das datações de depósitos ao longo de cada trincheira inserida ao longo do perfil longitudinal, bem como a identificação dos processos formadores, suas propriedades sedimentológicas, análise fitólita e a morfologia, conjurando uma análise morfoestratigráfica do ordenamento cronológico.

- a) Análise mineralógica e petrográfica;

- b) Análise estrutural e litológica;
- c) Análise paleoecológica e paleoambiental;
- d) Reconstrução dos mantos;
- e) Modelagem paleoambiental e/ou paleogeográfica.

Esse método evidencia o caráter primordial que o tempo e as escalas possuem dentro da análise geomorfológica somada à necessidade de uma boa fonte de dados visto que, tanto o tempo como a escala, são matrizes por deveras importantes para a análise da atuação dos processos geomorfológicos em determinada área na qual processos hodiernos se contemporizam aos depósitos que compõem a estrutura superficial da paisagem (CORRÊA, 2001). Assim, a temporalidade passa a ter maior importância que a intensidade dos eventos, por isso que compilamos esse conjunto de técnicas no afã de elucidarmos a interface em diferentes escalas de tempo (THORNES e BRUNSDEN, 1977).

A partir da postulação de Flageollet (1996) que, de forma orgânica, apresenta uma estrutura lógica buscando temporizar os eventos formativos, colacionando às escalas temporais para o Quaternário, considera-se perceptível uma série de vestígios (marcas e cicatrizes) ao longo de uma determinada paisagem.

É sabido que, os dados da análise estratigráfica não elucidam a todas as perguntas que a tese busca compreender. Por isso optamos em acoplar a técnica de decaimento por LOE e da análise fitólita, justamente para visualizarmos não apenas as características genéticas do ambiente, mas, também, auferir uma correlação para com os eventos pretéritos em escala global e regional e as suas reverberações dentro da área de estudo. Assim, utilizamos como estratégia para compreendermos o controle das variações climáticas sob as mudanças na paisagem a partir da correlação dos dados da sedimentologia, idades e fitólitos conexos a curva de desvio da temperatura global calculada por Petit et al. (1999). Esse nexos vai muito além de uma tentativa de “aferição” dos condicionantes climáticos instalados e que influenciaram os processos formadores dentro do perfil longitudinal.

O enquadramento partiu das divisões já conhecidas na literatura especializada para o Quaternário. Desta forma, a escolha das escalas de tempo propostas seguiu o sinal emitido pelo decaimento por LOE, os quais indicam que a atual estrutura superficial da paisagem ao longo do perfil longitudinal especificamente, resulta da repercussão que esse evento climático foi capaz de

provocar na dinâmica geomorfológica a nível global e regional, a escolha dos intervalos se deu na forma de didatizar a estrutura lógica dos processos atuantes.

O exercício de integrar dados, em diferentes escalas de tempo em conjunto da ação dos processos geomorfológicos, é uma prática de difícil execução. Neste caso, cada dado é portador de uma informação escalar coadunada à uma dimensão espacial de determinada unidade geomorfológica (THOMAS, 1994). Buscou-se edificar um simulacro evolutivo capaz de representar no escorrer do tempo os processos que trabalharam a estrutura superficial do modelado representado pelo encadeamento evolutivo dos depósitos superficiais ao longo do perfil longitudinal. Temos, portanto, a tríade – cronologia, morfologia e depósitos superficiais - que, dentro da área de estudo, apresentam poucos eventos ao longo do Holoceno Médio, especificamente, nos últimos 5.300 anos AP (Tabela 09).

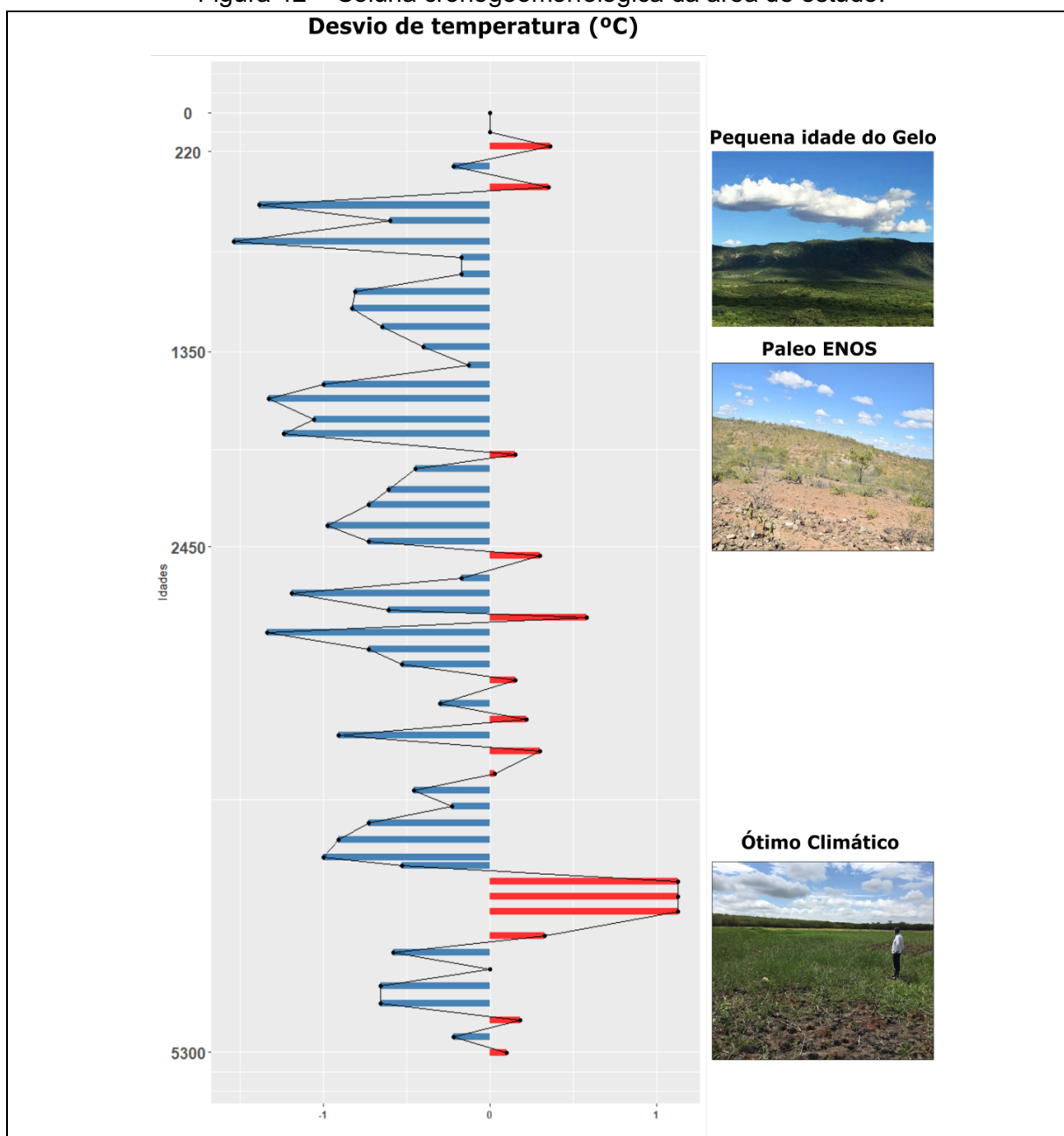
Tabela 09 – Dados *proxies* e escalas de tempo conexas a ocorrência de eventos formadores.

| Idades | Desvio de temperatura em °C | Fase | Explicação | Escala de resolução | Litoestratigrafia | Processo | Descrição do Processo | Morfologia |
|--------|-----------------------------|------------------------------|---|---------------------|---|-----------------------------------|--|-------------------------------|
| 210 | -0,95 | - | Mudança no uso do solo e ENOS | Local | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de areia média. | Escoamento superficial de lençol. | Retrabalhamento seletivo, ora transportando material fino ora partículas mais grossas. | Pedimento dissecado degradado |
| 465 | -1,08 | El Niño de Oscilação Sul | Variações de temperatura e umidade global em decorrência da Pequena Idade do Gelo e ENOS. | Local / Regional | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de areia fina. | Escoamento superficial de lençol. | Retrabalhamento seletivo, ora transportando material fino ora partículas mais grossas. | Pedimento dissecado |
| 530 | -1,08 | | | | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de areia média. | Escoamento superficial de lençol. | Retrabalhamento seletivo, ora transportando material fino ora partículas mais grossas. | Pedimento dissecado |
| 790 | -1,23 | | | | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de argilosiltosa. | Escoamento superficial de lençol. | Retrabalhamento seletivo do material com evacuação do material grosseiro. | Lacustre |
| 1.350 | 0,53 | | | | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de areia muito fina. | Escoamento superficial de lençol. | Retrabalhamento seletivo do material com evacuação do material grosseiro. | Pedimento dissecado |
| 1.450 | 0,53 | Paleo-El Niños Oscilação Sul | Diminuição da intensidade, chegando a ausência de fases quentes do ENOS. | Local / Regional | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de areia grossa. | Escoamento superficial de lençol. | Duplo comportamento do fluxo transportador, ora transportando material fino ora partículas mais grossas. | Pedimento dissecado |
| 2.300 | 1,16 | | | | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de areia muito fina. | Escoamento superficial de lençol. | Duplo comportamento do fluxo transportador, ora transportando material fino ora partículas mais grossas. | Pedimento dissecado |
| 2.450 | 1,16 | | | | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de areia franco-argilosiltosa. | Escoamento superficial de lençol. | Duplo comportamento do fluxo transportador, ora transportando material fino ora partículas mais grossas. | Lacustre |
| 5.300 | 0,1 | Ótimo Climático | Maior disponibilidade de calor e umidade em todo o globo e aumento da atuação da ZCIT. | Regional / Global | Estrutura sedimentar maciça formada por matriz de areia franco-argilosiltosa. | Escoamento superficial de lençol. | Duplo comportamento do fluxo transportador, ora transportando material fino ora partículas mais grossas. | Lacustre |

Fonte: Elaborado a partir da proposta de Amorim (2015).

Objetivando uma maior didática para compreensão cronogeomorfológica das marcas que os três episódios dos eventos formativos foram capazes de imprimir ao longo da estrutura superficial da paisagem, concebemos a coluna cronogeomorfológica da área de estudo (Figura 42), a partir da proposta de Amorim, (2015) construída a partir do conjunto formativo espreado ao longo do perfil longitudinal. Trata-se, também, de um esforço em periodizar os processos geomorfológicos que atuaram com intensidade capaz de imprimir registros visíveis nos dias do presente.

Figura 42 – Coluna cronogeomorfológica da área de estudo.



Fonte: Elaborado a partir da proposta de Amorim (2015).

Neste sentido, ao conjugarmos as idades obtidas com a análise fitológica ao longo dos depósitos no perfil, devidamente sistematizados na coluna cronogeomorfológica (Figura 42), chegamos ao seguinte quadro evolutivo: a base apresenta um clima úmido, com idades de 5.300 a 4.700 anos AP e uma dominância de plantas do Ciclo C₃; seguindo, temos uma zona de transição de um clima úmido para um semiárido, com um sinal de idade de 4.700 a 1.700 anos AP e a presença de plantas dos Ciclos C₃ e C₄; por último temos o topo, apresentando a passagem de condicionantes de um clima semiárido para condicionantes de um clima subúmido seco, indicado pelas idades de 1.700 a 210 anos AP.

3.6.1. Estágio 01 (Ótimo Climático)

O estágio 01, perfaz o final do Ótimo Climático, este cinge o intervalo de 5.300 a 2.450 anos AP. A nível global temos um rearranjo climático com destaque para o aumento de temperatura e umidade. Para esse momento climático temos a atuação dos processos formativos de: fluxos de detritos, escoamento superficial de lençol e fluxos aluviais difusos. Esses processos irão ocorrer de forma difusa ocasionando um acamamento dos depósitos com natureza genética distinta, neste caso, variando de areia fina, média e a presença de material detrítico de menor granulometria (silte e argila), indicando o retrabalhamento do regolito (AMORIM, 2015).

Para o período expresso na curva da paleotemperatura global, temos a demarcação da principal fase de sedimentação dentro do perfil longitudinal. Entretanto, questiona-se se os catalizadores que acionam os processos geomorfológicos estão relacionados as fases de temperaturas médias globais mais frias ou mais quentes. É conhecimento dado que, alterações de fases frias para quentes podem ocorrer na forma de rápidas pulsações, ou seja, no intervalo de algumas décadas enquanto que o inverso é mais longo, podendo ser necessário alguns milhares de anos (ADAMS et al., 1999; THOMAS, 2004 apud AMORIM, 2015).

Colacionamos que, mesmo com a literatura indicando a homogeneidade como uma característica marcante desse período, não podemos escamotear o sinal que os dados descortinam ao indicarem, mesmo que de forma leve, um avanço e

concentração dos ciclos de sedimentação interpolados por breves intervalos sem a ocorrência de sedimentação.

3.6.2. Estágio 02 (Paleo-ENOS)

O estágio 02, é marcado pela forte e intensa presença do ENOS em sua fase quente, ocasionando a divisão da Célula de *Walker*, parte dessa divisão irá atuar fortemente sob o Nordeste Brasileiro. Somado a isso, temos, também, uma passagem no regime de circulação climática em nível global assemelhando-se a dos dias do presente (AMORIM, 2015).

No período compreendido entre 4.700 a 2.300 anos AP, não há sinais de processos geomorfológicos formadores, sugerindo um momento mais seco, ou seja, uma certa estabilidade climática. Possivelmente devido à influência do *Paleo-El Niños* em sua fase quente. Será recorrente as pulsações em uma escala de 100 anos, com fases frias (*La Niña*) curtas e sem a capacidade de modificar o regime pluviométrico a um nível capaz de dotar os processos geomorfológicos com energia suficiente (MOY et al., 2002 *apud* AMORIM, 2015).

Considerando as informações trazidas pelo gráfico acima, podemos inferir que nesse período temos um leve aumento da temperatura. Esse fato pode indicar o papel do aquecimento associado aos Paleo-ENOS na ausência de processos geomorfológicos formadores na região. Conquanto, amiúde a linha de tendência indica um tímido decréscimo genérico da temperatura.

A literatura indica que esse decréscimo no *quantum* pluviométrico para toda a porção tropical é devido a Zona de Convergência Intertropical migrar para uma porção mais ao Norte (HAUG et al., 2001 *apud* AMORIM, 2015). Entre as possíveis explicações desse movimento da ZCIT passa pelo atenuante do Hemisfério Sul nesse período passar por um breve e momentâneo resfriamento (AMORIM, 2015).

3.6.3. Estágio 03 (Pequena Idade do Gelo)

O estágio 03, perfaz o limiar do estágio 02 a 210 anos AP. Para esse período temos um certo equilíbrio climático devido à estabilização das condições de circulação climática, com os condicionantes e dinâmica climática se assemelhando a dos dias do presente (AMORIM, 2015). Ainda segundo esse autor, a nível do orbe

terrestre temos a mudança do ENOS como catalizador preponderante capaz de modificar a dinâmica climática em uma escala decadal. Esse período é comumente chamado de “Pequena Idade do Gelo”, em alusão justamente a essa sutil diminuição da temperatura em todo o globo. Não obstante, no seu limiar observa-se uma tendência de elevação da temperatura, inclusive por volta do ano de 397 temos um pico positivo de temperatura (AMORIM, 2015).

Em relação à dinâmica dos processos geomorfológicos dentro da área de estudo temos, ao longo dos perfis datados, a dominância do escoamento superficial de lençol, alternando entre material fino e mais grosso e ausência de material fragmentário, sugerindo que os processos não eram portadores de energia suficiente para escavar o manto intempérico em profundidade (AMORIM, 2015).

Observa-se, também, uma elevação na amplitude da fase fria do ENOS graças a um posicionamento mais ao sul da Zona de Convergência Intertropical (HAUG et al., 2001; MOY et al., 2002; CONROY et al., 2008 *apud* AMORIM, 2015). A partir desse instante a variabilidade pluviométrica passa a ser maior, com uma escala de atuação variando entre local e regional. Ou seja, tanto a frequência como a intensidade serão menores na relação espaço-tempo quando comparado a eventos milenares (AMORIM, 2015).

Por fim, chegamos ao período dos últimos 210 anos, este é marcado pelo início das bruscas mudanças no uso dos solos. Dessa forma, os processos geomorfológicos passam a ter um caráter variando entre o laminar e o linear a depender do manto intempérico e da cobertura vegetal. Ressaltamos que o processo de ocupação dessas terras pelo homem branco data do início do século XVIII, antes a região já era ocupada pelos Índios Curemas e Panatis, da Tribo dos Cariris (PUNTONI, 2002 *apud* AMORIM, 2015).

3.7. Desertificação: dinâmica contemporânea

Conforme enunciamos anteriormente, os últimos 210 anos AP marcam o estabelecimento das alterações na dinâmica da organização e no uso dos solos dentro da área de estudo. Atrelada à essa mudança temos uma melhor compreensão entre as fases secas e úmidas, em um nível escalar decadal com o ENOS alternando fases quentes e frias somado à influência que as fases positivas e negativas do Dipolo do Atlântico irão exercer sobre a dinâmica anual da ZCIT.

Infelizmente, para uma escala de tempo inferior a 10^2 , o decaimento por LOE não apresenta uma boa confiabilidade. Conquanto, para a realização de estudos em uma escala de análise mais detalhada far-se-á necessário a utilização de métodos de maior resolução. Entre as técnicas geocronológicas disponíveis temos o decaimento por ^{210}Pb e ^{137}Cs , capazes de emitir sinais com intervalos anuais mensuráveis e aplicáveis aos processos morfogenéticos ocorridos nos últimos 150 anos, o que justifica a necessidade de darmos continuidade ao estudo da desertificação sob essa perspectiva.

Conforme já pontuamos anteriormente, originalmente a estrutura da paisagem da área de estudo era coberta por uma Caatinga variando entre um porte arbustivo e arbóreo, a depender das condições pedológicas e geomorfológicas sobre as quais a vegetação estivesse circunscrita.

Esse exuberante porte e diversidade, com o passar dos anos foi se exaurindo devido à intensificação das sucessivas práticas econômicas desenvolvidas a partir do século XVIII (pecuária, agricultura e extração vegetal), devastando grande parte da cobertura vegetal até então presentes nas paisagens do Sertão paraibano e, conseqüente, o início do desenvolvimento dos processos de desertificação.

Com a ocupação, conquista e consolidação da formação territorial a nível regional, ao longo das planícies do Rio Piancó, onde a área de estudo se insere, temos a aceleração no desenvolvimento de várias atividades econômicas (pecuária extensiva, algodão, silvicultura, agricultura de sequeiro e etc.) apresentando como característica uma base social, econômica e ambiental poucos sustentáveis, organizada a partir de uma sociedade agropastoril cujas cicatrizes foram sendo deixadas expostas ao longo da paisagem. Temos, então, a partir desse tempo histórico a gênese do desenvolvimento da desertificação enquanto processo dentro da área de estudo.

Considerando, que os sinais emitidos pelos dados *proxies* não foram capazes de demonstrar uma possível origem genética dos processos de desertificação nos ambientes quaternários da área de estudo, somada à uma baixa eficácia para idades inferiores a 10^2 . Optou-se pela elaboração cartográfica do Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI).

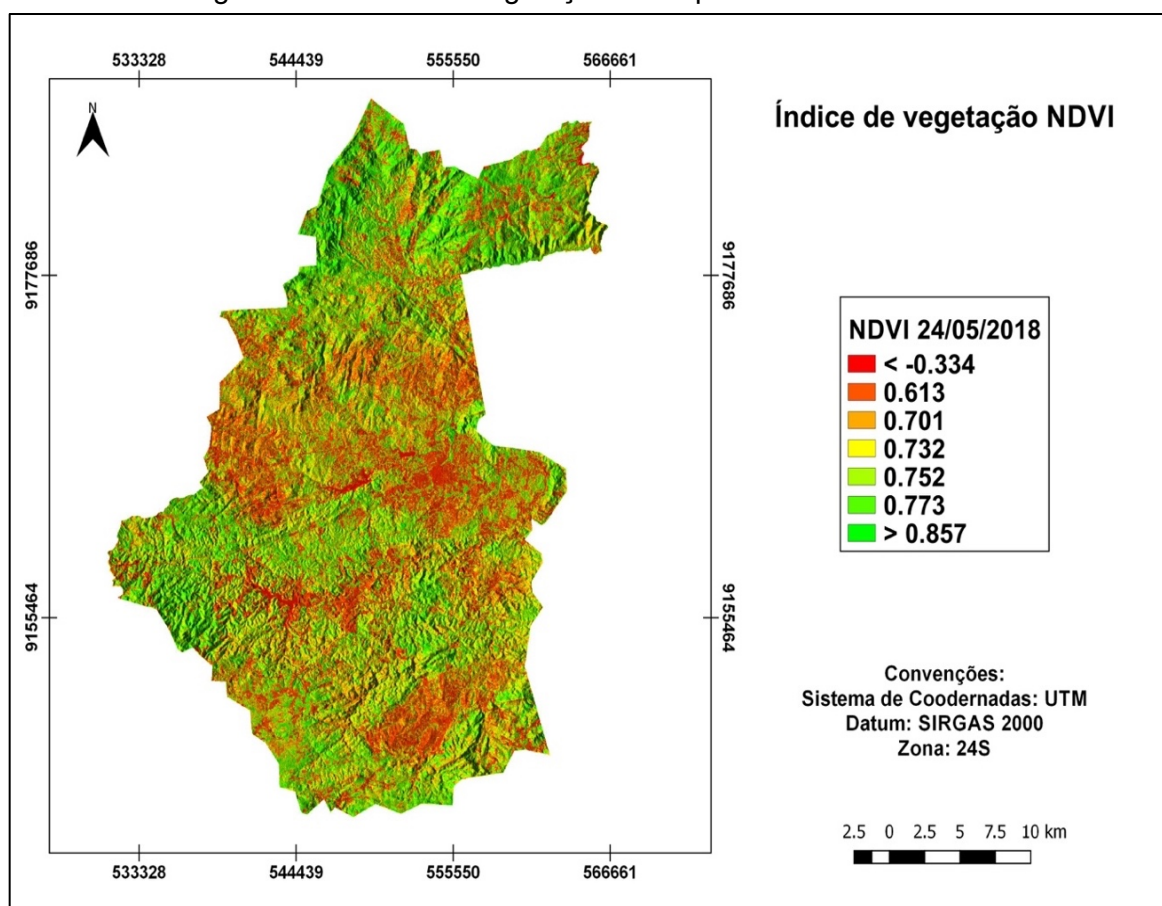
O cálculo NDVI é realizado a partir da diferença entre as reflectâncias das bandas 4 (infravermelho) e 3 (visível/vermelho) dividido pela soma das reflectâncias das duas bandas. O resultado varia de -1 a 1 por *pixel*, quanto mais próximo do 1,

maior índice de presença de vegetação, e quanto mais próximo do -1, maior índice de presença de solos descobertos e rochas. Na faixa do vermelho, a clorofila absorve a energia solar ocasionando uma baixa reflectância enquanto na faixa do infravermelho próximo, tanto a morfologia interna das folhas quanto a estrutura da vegetação ocasionam uma alta reflectância da energia solar incidente (HUETE, 1988). Portanto, quanto maior o contraste, maior o vigor da vegetação na área da imagem.

O cálculo foi realizado a partir do processamento da cena *T24MWS*, datada de 24 de maio de 2018, fim do período chuvoso a partir do Satélite *Sentinel-2*, devidamente corrigida de valores dos números digitais para valores de reflectância no topo da atmosfera (TOA). A utilização desse dado momentâneo serve apenas como ilustração para especializarmos a dinâmica do uso e ocupação das terras no Sertão paraibano e da sua ligação frente ao espriamento de áreas desertificadas.

Na plataforma *Google Earth Engine* foi calculado o *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) (HUETE, 1988), por meio da utilização das bandas NIR (B8) e RED (B4) do *Sentinel-2* e fator de ajuste de 0,5. A partir da utilização da equação: $1.5 * ((\text{NIR} - \text{RED}) / (\text{NIR} + \text{RED} + 0.5))$, chegou-se a variação da cobertura vegetal da área de estudo. Agrupados em 7 intervalos de reflectância, considerando que essa foi a quantidade que apresentou o melhor agrupamento das classes de acordo com a resposta espectral dos alvos (Figura 43).

Figura 43 – Índice de vegetação NDVI para a área de estudo.



Fonte: Elaboração própria.

Temos então que as áreas com coloração variando entre os tons de verde claro ao escuro, neste caso, zonas serranas com uma maior densidade de cobertura vegetal. A coloração amarela sugere uma vegetação de baixa atividade fotossintética, a cor laranja indica rarefação de cobertura vegetal. Já a coloração avermelhada indica a presença de corpos de água (riachos, rios, açudes e barragens).

Dentro do sistema produtivo agropastoril composto pela tríade agricultura, pecuária e silvicultura, desenvolvidos de forma tradicional no Sertão paraibano, ainda há o domínio da exploração intensa e, de certa forma, predatória de suas terras juntamente com a aplicação de pouco capital para implantação de uma matriz tecnológica e da utilização de mão-de-obra pouco qualificada. Como resultado temos um baixo rendimento devido ao uso de técnicas rudimentares e muitas vezes inapropriadas às condições da região. Como consequência temos o aumento da pressão sobre a terra fazendo com que os processos de desertificação se espriem pelas paisagens sertanejas, principalmente se levarmos em conta uma

intensificação da ciclicidade dos períodos de estiagem somada à uma difusão espacial no regime pluviométrico.

As áreas com os menores índices de vegetação sinalizadas pela coloração avermelhada, estão localizadas ao longo das várzeas dos rios, por apresentarem solos mais desenvolvidos que os comumente encontrados na região, e também, mais férteis, em decorrência da renovação de sedimentos nos períodos de chuva, permitindo o desenvolvimento do cultivo de algumas culturas, com destaque para o feijão (*Phaseolus vulgaris*), milho (*Zea mays*) e de algumas espécies frutíferas. Posteriormente, outras culturas foram inseridas a partir do incremento de mais algumas espécies para fins de servir como alimento do rebanho, em especial a algaroba (*Prosopis juliflora*), a palma-forrageira (*Opuntia ficus-indica*) e o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*).

Seguindo, temos as áreas com uma coloração laranja-avermelhada. Devido a expansão que a atividade pecuária irá sofrer, surge a necessidade do aumento da área de pastagem associada a extração de lenha e a produção de carvão vegetal. Os constantes rebaixamentos da cobertura vegetal decorrentes do desenvolvimento dessas atividades acabam por favorecer a invasão de arbustos invasores dentro desse compartimento, competindo e dificultando o crescimento de espécies arbóreas nativas. Com o passar dos anos e a intensificação juntamente com o uso contínuo dessas terras ao longo dos séculos, associado a um componente pedológico pouco desenvolvido, fez com que esse compartimento fosse o primeiro a sofrer processo de desertificação.

O compartimento geomorfológico de tonalidade esverdeado, historicamente sofreu uma menor pressão quando comparado com as áreas anteriores. Essa situação foi condicionada pela característica topográfica, que devido a falta de uma matriz tecnológica acabou impossibilitando a utilização agrícola dessas terras, fazendo com que a vegetação apresente um padrão de preservação muito superior ao descrito nos compartimentos a jusante.

Somos sabedores que para a realização de análises com um nível maior de detalhe no que diz respeito às alterações na cobertura vegetal em determinada área de Caatinga o efeito pluviométrico deve ser analisado minuciosamente, considerando que a Caatinga apresenta uma resposta muito rápida à presença de umidade provocando uma expressiva alteração em sua resposta espectral. Como não era objetivo da tese a realização desse tipo de análise, a produção desse de

dados cartográficos serviu como ferramenta de espacialização das alterações contemporâneas que os diferentes usos provocaram na cobertura vegetal da área de estudo, evidenciando uma das postulações que discutimos anteriormente.

Sinteticamente, expressamos o entendimento da desertificação enquanto *processo*, afastando qualquer entendimento que o trate como um passivo meteorológico ou ambiental. Neste caso, temos uma ruptura (degradação) entre a natureza e a produção humana (trabalho), desaguando em uma crise ecológica, econômica e/ou social. Acaba por fazer com que o ciclo não se feche, impossibilitando que determinado ambiente volte a apresentar característica verossímil ao equilíbrio outrora existente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa que chega ao seu fim foi construída ao longo dos últimos três anos e meio, porém, os esforços em contribuir com o estudo da desertificação por parte do autor atravessam os últimos onze anos envolvendo todos os efeitos conhecidos neste tipo de exercício. O objetivo da tese era o estabelecimento de uma possível origem genética dos processos de desertificação que se espraiam pelas paisagens do Sertão paraibano, sendo a relação pedo-geomorfológica responsável pela distinção espacial. Hipótese à qual acabou não sendo alcançada, fato que em nada diminui o mérito e a importância dos resultados obtidos. Sopesamos que estes foram alcançados e interpretados, de forma inédita dentro da ciência a partir da utilização de ferramentas de reconstrução paleogeográfica em ambiente cristalino do Semiárido nordestino.

Ante as dificuldades, contradições e descaminhos presentes no cotidiano daqueles que estão iniciando uma vida acadêmica em nosso país, ainda mais em um período como o atual, torna-se imperativo, ao final da tese, o questionamento: o que pode ser a *desertificação*? Gostaria de dizer que não chegamos ao “final” com as “mãos vazias”, mesmo os resultados se portando contrários à nossa formulação inicial, fazendo emergir uma inquietação assaz instigante, e, assim, um exercício evitado de risco delegar essa resposta à solidão de um trabalho acadêmico específico. Essa provavelmente virá do esforço coletivo dos vários pesquisadores que se dedicam a estudar a desertificação no Semiárido nordestino. Conquanto, açodado pelo conhecimento e experiência edificados pelo tempo de dedicação à temática, trazemos, ainda que de forma subtendida, caminhos, elucubrações e, porventura, capazes de sinalizar e instigar o desenvolvimento de novas e promissoras pesquisas sobre essa importante temática.

Nesse diapasão, para além de um desejo pessoal, sentimos a necessidade de resgatar a curatela do conceito e do processo de desertificação, cotejando compreender as permanências, progressos e retrocessos na análise e entendimento da desertificação, processo esse circunscrito na relação espaço-tempo, e nas dimensões teóricas, metodológicas e práticas utilizadas.

Ao contrário do que é comumente dito por vários pesquisadores em seus *papers*, esse esforço que cuidadosamente realizamos, nos permitiu colocar em suspeição a ideia do conceito e do processo enquanto um simulacro. Apesar de

reconhecemos a importância de uma conceituação oficial, criticamos o seu caráter genérico, centrado nas práticas humanas quase sempre locais, que pouco considera a pressão e as políticas de uso da terra que advêm de outras instâncias somada ao fato do próprio documento da ONU escamotear questões escalares na relação tempo-espço imprescindíveis para a análise e compreensão da desertificação.

Independente da não comprovação que desejávamos quanto à relação genética dos processos de desertificação. Temos que há mais de 5.300 anos AP de permanência e/ou existência da Caatinga esta apresentava característica de uma vegetação sob um clima mais úmido, consignado pela dominância das plantas do Ciclo C_3 , que ao longo do processo de ocupação sendo transformadas e/ou eliminadas. Isto demonstra que a atividade social do homem em relação a apropriação da natureza intensifica processos. O processo de desertificação atual pode promover o desencadeamento de uma série de processos de intensidades distintas. Durante os trabalhos de campo, observamos em algumas áreas degradadas a presença de pedimentos detritos grosseiros (seixos e cascalhos) algo que nos perfis não foram observados. Isto pode ser uma hipótese de intensificação de processos pela escassez de vegetação. Hipoteticamente indicando uma dinâmica própria da natureza ou a presença de processos de desertificação.

No que se refere às técnicas utilizadas (hidrodinâmica, LOE e fitólitos), os resultados contribuem para a reconstituição paleogeográfica da região. Em especial, os fitólitos possibilitaram identificar, em nível de detalhe, a dinâmica vegetacional da Caatinga. As variações analisadas indicam uma sutil mudança no tipo de cobertura vegetal, ou seja, a vegetação sempre se portou de forma pouco arbórea (lenhosa-suculenta-xerófila), sugerindo que, há 5.300 anos AP, a vegetação estava sob condicionantes de um clima mais úmido, portanto, apresentava uma maior densidade arbórea, atestada pela preponderância de plantas C_3 , conquanto, no escorrer do tempo seu extrato não chegou a regredir a níveis das savanas desérticas.

Além disso, a quantificação dos estoques em fitólitos, bem como a variação dos índices fitolíticos ao longo do perfil em que foi possível o seu cálculo (Lagoa do Alexandre), não apresentaram qualquer sinal de descontinuidades litológicas. Nenhuma seção apresentou mudanças na cobertura vegetal numa escala de tempo "humana", não geológica, direcionando outra utilização dos estudos fitolíticos: relacionar os resultados com o histórico de sua ocupação e degradação.

O significado paleogeográfico dos fitólitos após o Holoceno Médio, demonstra que a dinâmica da vegetação para esse período independe dos processos de deposição de sedimentos, estando mais ligada às reverberações climáticas pelo aumento e/ou diminuição das condições de temperatura e umidade. A correlação dos índices climáticos utilizados a partir da interpretação de morfotipos e a composição das assembleias fitolíticas, comprovam uma certa dinâmica ambiental e geomorfológica para os períodos datados dentro de cada seção estratigráfica.

Os resultados apresentados comprovam que os fitólitos se portaram como excelentes indicadores para a reconstrução paleogeográfica da área de estudo. A interpretação fitolítica e a aplicação dos índices, permitiram uma comparação com os períodos paleoclimáticos regionais no perpassar do Holoceno Médio. Os fitólitos se mostraram pouco alterados por processos físicos e químicos, o que atesta a sua boa utilidade como indicador de paleovegetações em diferentes tipos de sedimento.

O protocolo adotado para extração dos fitólitos se mostrou exitoso não sendo encontrado qualquer sinal de alteração nas amostras por parte do processamento, garantindo o bom resultado dessa técnica para sedimentos quaternários do Semiárido nordestino. Igualmente, os exemplos apresentados ilustram a importância de estudos paleogeográficos para compreensão das mudanças ambientais em uma determinada região. Neste caso, o ambiente Semiárido do Sertão paraibano, comprovando a necessidade da utilização do maior número possível de indicadores (*proxies*) na realização de estudos paleogeográficos, garantindo uma maior confiabilidade para a inferência dessas mudanças.

Por fim, o trabalho representa uma análise inédita dentro da ciência referente aos estudos da desertificação. Não há, na literatura especializada, estudos desta natureza relacionado à desertificação em ambiente cristalino do Semiárido nordestino. Reforçando algo que dissemos anteriormente, no que se refere a necessidade de uma maior sistematização de dados dentro dos diversos ambientes cristalinos do Semiárido nordestino, considerando as especificidades que cercam os diversos ecossistemas existentes.

Os resultados alçados foram adequados aos objetivos propostos, progredindo nas interpretações graças ao maior detalhamento da ação dos processos pedogenéticos de deposição, translocação e durabilidade das partículas de fitólitos, contribuindo para um melhor entendimento dos processos formadores dos depósitos quaternários do Sertão paraibano para a área de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. A. A teoria geomorfológica e sua edificação: análise crítica. **Revista do Instituto Geológico de São Pulo**, Vol. 4. 1983, p. 05-23.

AB'SÁBER, A. N. Conhecimento sobre as flutuações climáticas do Quaternário no Brasil. **Boletim da Sociedade Brasileira de Geologia**, Vol. 6, 1957, p. 41-48.

AB'SÁBER, A. N. Posição das superfícies aplainadas do Planalto Brasileiro. **Notícia Geomorfológica**. n. 3, Vol. 5, 1960, p. 52-54.

AB'SÁBER, A. N. Revisão dos conhecimentos sobre o horizonte sub-superficial de cascalhos inhumados do Brasil Oriental. Curitiba, **Boletim da Universidade do Paraná, Geografia Física 2**, 1962, p. 01-32.

AB'SÁBER, A. N. Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o quaternário. **Geomorfologia**, n. 18, 1969a.

AB'SÁBER, A. N. Participação das superfícies aplainadas nas paisagens do Nordeste Brasileiro. **Bol. Geomorfologia**. São Paulo, n. 19, 1969b.

AB'SÁBER, A. N. O Domínio Morfoclimático das caatingas brasileiras. **Geomorfologia**, São Paulo, n. 19, 1974.

AB'SÁBER, A. N. A problemática da desertificação e da savanização no Brasil intertropical. **Revista IGEO-USP**, n. 53, 1977.

AB'SÁBER, A. N. Megageomorfologia do território brasileiro. In: CUNHA, S. B. de; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 71-106.

ADAMS, J.; MASLIN, M.; THOMAS, E. Sudden climatic transitions during the Quaternary. **Progress in Physical Geography**, Vol. 23, 1999. p. 01-36.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; LÉZINE, A. M.; VINCENS, A.; SCHWARTZ, D. Phytoliths: indicators of grassland dynamics during the late Holocene in intertropical Africa. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Vol. 136, n. 1-4, 1997a, p. 213-229.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; COLIN, F.; KOUD, J. M. Plant impact on the biogeochemical cycle of silicon and related weathering processes. **Geochimica et Cosmochimica Acta.**, Vol. 61, n. 3, 1997b, p. 677-682.

ALEXANDRE, A.; MEUNIER, J. D.; COLIN, F.; KOUD, J. M. Late Holocene Phytolith and Carbon-Isotope Record from a Latosol at Salitre, South-Central Brazil. **Quaternary Research**, Vol. 51, n. 2, 1999, p. 187-194.

ALMEIDA, F. F. M. Fundamentos geológicos do relevo paulista. In: INSTITUTO GEOLÓGICO E GEOGRÁFICO. **Geologia do Estado de São Paulo**. São Paulo: IGG Bol. 41, 1951, p. 167-262.

AMORIM, R. F. **Integração entre dinâmicas geomorfológicas multitemporais no planalto da Borborema, semiárido do NE do Brasil**. 194f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

ANDRADE, G. O. **A superfície de aplainamento pliocênica do Nordeste do Brasil**. Universidade do Recife, Diretoria Acad. Da Faculdade de Filosofia, 1958.

ANDRADE, G. O.; CALDAS LINS, R. Introdução à morfoclimatologia do Nordeste do Brasil. **Arqu. Inst. Cienc. da Terra**. Recife, Vol. 3, n. 4, 1963, p. 17-27.

ANDRADE, G. O.; LINS, R. C. Os climas do Nordeste. **Revista de Geografia do Departamento de Ciências Geográficas da UFPE**. Recife, Edição Especial – IX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2001, p. 03-31.

AUBRÉVILLE, A. **Climats, forêts et desertification de l'Afrique tropicale**. Paris: Société d'Éditions Géographiques maritimes et Coloniales, 1949.

AULER, A. S.; SMART, P. L. Late Quaternary Paleoclimate in Semiarid Northeastern Brazil from U-Series Dating of Travertine and Water-Table Speleothems. Seattle, **Quaternary Research**, Vol. 55, 2001, p. 159-167.

BARBOSA, O. **Geologia econômica de parte da região do médio São Francisco, Nordeste do Brasil**. Rio de Janeiro, Boletim 140, Rio de Janeiro, DFPM, 1970.

BARRETO, A. M. F. **Interpretação Paleoambiental do Sistema de Dunas Fixadas do Médio São Francisco, Bahia**. 174f. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BARRETO, E. A. S. **Reconstituição da pluviosidade da chapada diamantina (BA) durante o Quaternário tardio através de registros isotópicos (O e C) em estalagmites**. 112f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Geotectônica), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BEHLING, H.; ARZ, H. W.; PÄTZOLD, J.; WEFER, G. Late Quaternary vegetational and climatic dynamics in northeastern Brazil, inferences from marine core GeoB 3104-1. **Quaternary Science Reviews**, Vol. 19, 2000, p. 981-994.

BEHLING, H.; HOOGHMSTRA, H. Neotropical savanna environments in space and time: late Quaternary interhemispheric comparisons. In: MARKGRAF, V. **Interhemispheric climate linkages**. San Diego: Academic Press, 2001, p. 307-323.

BEZERRA, F. H. R.; NEVES, B. B. B.; CORREA, A. C. B.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene tectonic-geomorphological development within a passive margin: the Cariata trough, northeastern Brazil. **Geomorphology**, Amsterdam, Vol. 97, 2008, p. 555-582.

BIGARELLA, J. J.; AB'SÁBER, A. N. Paleogeographische und Paleoklimatische aspekte des Kaenozoikums in Suedbrazilien, **Z. Geomorfo**. Berlim, Vol. 8, 1964, p. 286-312.

BIGARELLA, J. J.; MOUSINHO, M. R.; SILVA, J. X. Contribuições a respeito evolução das vertentes. **Boletim Paranaense de Geografia**. n. 16/17, 1965, p. 85-116.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE-LIMA, D.; RIEHS, P. J. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. **An. Acad. brasil. Ciênc.** (Suplemento), Curitiba, 1975, p. 411-464.

BIGARELLA, J. J. **Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais**. Florianópolis: Ed. UFSC, v. 3, 2003.

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE-LIMA, D. Paleoenvironmental changes in Brazil. In **Biological diversification in the tropics**. PRANCE, G. T. (Org.). New York: Columbia University Press, 1982, p. 27-40.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Programa de ação nacional de combate à desertificação em mitigação dos efeitos da seca PAN-Brasil**. Brasília, 2004.

BITTAR, S. M. B. **Faixa Piancó-Alto Brígida: terrenos tectono-estratigráficos sob regimes metamórficos e deformacionais contrastantes**. 160f. Tese (Doutorado Geoquímica e Geotectônica). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

BONNIFIELD, P. **The 1930's Dust Bowl**, 1974. Disponível em: www.fmtusd.org. Acesso em: 15 de janeiro de 2016.

BOVILL, D. W. The encroachment of the Sahara on the Sudan. **Journal of the African Society**, 20, 1921, p. 259-269.

BREMOND, L. **Calibration des fonctions de transfert entre assemblages phytolithiques, structure des végétations et variables bioclimatiques actuelles, pour l'intégration de la dynamique des biomes herbacés dans les modèles de**

vegetation. 197f. Thèse (Doctuer Geosciences de L'environnmet. appliquée Université de Droit, d'Économie et des Sciences D'Aix-Marseille, 2003.

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; HÉLY, C.; GUIOT, J. A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: calibration with Leaf Area Index along a forest-savanna transect in southeastern Cameroon. **Global and Planetary Change**, Vol. 45, n. 4, 2005, p. 277-293.

BREMOND, L.; ALEXANDRE, A.; WOOLLER, M. J.; HÉLY, C. WILLIAMSON, D.; SCHÄFER, P. A.; MAJULE, A.; GUIOT, J. Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains. **Global and Planetary Change**, Vol. 61, 2008, p. 209–224.

BRITO NEVES, B. B. **Regionalização geotectônica do pré-cambriano nordestino.** 207f. Tese (Doutorado em Geociências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

CAILLEUX, A.; TRICART, J. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. **Ann. de Géogr.**, Vol. 65, 1965, p. 162-186.

CALDERON, C. E.; SODERSTROM, T. R. The genera of Bambusoideae (Poaceae) of the American continent. **Smithsonian Contrib. Bot.** 44, 1980, p. 01-27.

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

CASSETI, V. **Elementos de Geomorfologia.** Goiânia: Editora da UFG, 1994.

CHAUÍ, M. A universidade pública sob nova perspectiva. **Revista Brasileira de Educação**, n° 24, 2003, p. 05-15.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia.** 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2009.

CLARKE, M. L.; RENDELL, H. M.; WINTLE, A. G. Quality assurance in luminescence dating. **Geomorphology**, Vol. 29, 1999, p. 173-185.

COE, H. H. G. **Estudo de fitólitos: protocolo de extração de fitólitos e extração de sedimentos de solos.** Rio de Janeiro: Departamento de geografia; UERJ/FFP, 2009.

CONROY, J. L.; OVERPECK, J. T.; COLE, J. E., SHANAHAN, T. M.; STEINITZKANNAN, M. Holocene changes in eastern tropical Pacific climate inferred

from a Galápagos lake sediment record. **Quaternary Science Reviews**, Vol. 27, n. 11, 2008, p. 1166-1180.

CORRÊA, A. C. B. **Dinâmica geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, Nordeste do Brasil**. 386f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2001.

CORRÊA, A. C. B. História geomorfológica dos compartimentos elevados do Planalto da Borborema, NE do Brasil: a perspectiva da etchplanação. Recife. **Revista de Geografia**, Vol. 20, n. 1, 2003, p. 16-24.

CORRÊA, A. C. B.; MENDES, I. A. O problema das superfícies de erosão: novas abordagens conceituais e metodológicas. Recife. **Revista de Geografia**, Vol. 19, n. 2, 2002, p. 17-28.

CRANDALL, R. **Geografia, geologia, suprimento d'água, transportes e açudagens**. Rio de Janeiro: I. F.O.S., n. 10, 1910.

CZAJKA, W. Estudos geomorfológicos no Nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro, n. 2, 1958, p. 03-48.

DAMUTH, J. E.; FAIRBRIDGE, R. W. Equatorial atlantic deep-sea arcotic sand and ice-age aridity in tropical South America. **Geol. Soc. Am. Bull.**, 81, 1970, p. 189-206.

DANSGAARD, W.; JOHNSEN, S. J.; CLAUSEN, H. B.; DAHL-JENSEN, D.; GUNDESTRUP, N. S.; HAMMER, C. U.; HVIDBERG, C. S.; STEFFENSEN, J. P.; SVEINBJÖRSDOTTIR, A. E.; JOUZEL, J.; BOND, G. Evidence for general instability of past climate from a 250Kyr ice-core record. **Nature**, Vol. 364. 1993, p. 218-220.

DAVIS, W. M. The Geographical Cycle. **The Geographical Journal**, Vol. 14, n. 5. 1899, p. 481-504.

DEMANGEOT, J. Ensaio sobre o relevo do Nordeste brasileiro. **Notícia Geomorfológica**. Campinas, Vol. 4, n. 07-08, 1961, p. 11-23.

DE MARTONNE, E. Problemas Morfológicos do Brasil Tropical Atlântico. **Revista Brasileira de Geografia**. Ano V, n. 4, (1ª parte), 1943, p. 03-30.

DE OLIVEIRA, P. E.; BARRETO, A. M. F.; SUGUIO, K. Late Pleistocene/Holocene climatic and vegetational history of the Brazilian caatinga: the fossil dunes of the middle São Francisco River. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Vol. 152, 1999, p. 319-337.

DREGNE, H. E. **Desertification: Symptoms of a crisis. In Desertification, Process, Problems, Perspectives.** University of Arizona Press, 1976.

DRESCH, J. Les problèmes morphologiques du Nord'Est brésilien. **Bull. de l'Assoc. des Geogrs. Français.** Paris, n. 263/264, 1957, p. 48-59.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a Região Nordeste do Brasil e a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, vol. 1, n. 1, 2005, p. 15-28.

FLAGEOLLET, J. C. The time dimension in the study of mass-movements. **Geomorphology**, Vol. 15, 1996, p. 185-190.

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

FRISONE, V.; PISERA, A.; HAJDU, E.; PRETO, N.; ZORZI, F.; ZORZIN, R. Isolated spicules of Demospongiae from Mt. Duello (Eocene, Lessini Mts., northern Italy): preservation, taxonomy, and depositional environment. **Facies**, **60**, 2014, p. 883–904.

FUCHS, M.; LANG, A. Luminescence dating of hillslope deposits – a review. **Geomorphology**, 109 (1-2), 2009, p. 17-26.

GEOFREY-SMITH, D. I.; HUNTLEY, D. J.; CHEN, W. H. Optical dating studies of quartz and feldspar sediment extracts. **Quaternary Science Reviews**, Vol. 7, 1988, p. 373-380.

GLANTZ, M. H.; ORLOVSKY, N. S. Desertification: a review of the concept. **Desertification Control Bulletin**, 9, 1983, p. 15-22.

GLANTZ, M. H. Drought and economic development in sub-Saharan Africa. In: Glantz, M.H. (Ed.), **Drought and Hunger in Africa: Denying Famine a Future.** Cambridge University Press, Cambridge, 1987, p. 37-58.

GOMES, H. A. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Serra Talhada, Folha SB.24-Z-C.** Estados de Pernambuco, Paraíba e Ceará. Escala 1:250.000, Brasília: CPRM, 2001.

GOUDIE, A. S.; VILES, H. A. **Landscapes and Geomorphology: A very short introduction.** Oxford: Oxford University Press, 2010.

GOUDIE, A. S. **Arid and Semi-Arid Geomorphology.** Nova York: Cambridge University Press. 2013.

- GUTIÉRREZ, M. **Climatic Geomorphology**. Elsevier Science & Technology, 2005.
- HARDER, E. C.; CHAMBERLIN, R. T. The geology of Central Minas Gerais, **J. Geol.** 23(445), 1915, p. 341-424.
- HARE, F. K. O problema da desertificação. In: **Desertificação: causas e consequências**. HARE, F. K.; WARREN, A.; MAIZELS, J. K.; KATES, R. W.; JOHNSON, D. L.; HARING, K. J. GARDUÑO, M. A. (Org.). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1992, p. 13-23.
- HAUG, H. G.; HUGHEN, K. A.; SIGMAN, D. M.; PETERSON, L. C.; RÖHL, U. Southward migration of the intertropical convergence zone through the Holocene. **Science**, 17, 2001. p. 1304–1308.
- HUETE, A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing of Environment**, Vol. 25, n. 3, 1988, p. 295-309.
- HUNTLEY, D. J.; GODFREY-SMITH, D. I.; THEWALT, M. L. W. Thermoluminescence spectra of some mineral samples relevant to thermoluminescence dating. **Journal of Luminescence**, Vol. 39, 1988, p. 123-136.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual técnico de geomorfologia**. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 2ª ed., Rio de Janeiro: IBGE, 2009.
- ILLER, R. K. **The chemistry of silica: solubility, polymerization, colloid and surface properties, and biochemistry**. New York: Wiley-Interscience, 1979.
- KASSAS, M. Desertification versus Potential for Recovery in Circum-Saharan Territories. **Arid Lands in Transition**, Edited Dregne, AAAS, 1977, p. 123-142.
- KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. **Revista Brasileira de Geografia**. Vol. 18, n. 2, 1956, p. 147-265.
- KNOX, J. C. Floodplain sedimentation in the Upper Mississippi Valley: natural versus human accelerated. **Geomorphology**, Vol. 79. 2006, p. 286–310.
- KOVDA, V. A. **Land Aridization and Drought Control**. Westview Press, 277, 1980.
- KUKAL, Z. **Geology of Recent Sediments**. Academia: Prague, 1971.
- LE HOUÉROU, H. N. **Recherches Ecologiques et Floristiques sur la Végétation de la Tunisie Meridionale**. Alger, Institut de Recherches Sahariennes de l'Université, 1959.

LEDRU, M-P.; MORGUIART, P.; CECCANTINI, G.; TURCQ, B.; SIFEDDINE, A. Tropical climates in the game of two hemispheres revealed by abrupt climatic change. **Geology**, Vol, 30, n. 3, 2002, p. 275-278.

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.** 193f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

LOMBARDO, U.; RUIZ-PÉREZ, J.; MADELLA, M. Sonication improves the efficiency, efficacy and safety of phytolith extraction. **Review of Paleobotany and Palynology**, 235, 2016, p. 01-05.

MABESOONE, J. M. Relief of Northeastern Brazil and its correlated sediments. **Zeif. F. Geomorph.** 10, 1966, p. 419-453.

MABESOONE, J. M. Panorama geomorfológico do Nordeste brasileiro. **Geomorfologia**. São Paulo, n. 56, 1978, p. 01-16.

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

MABESOONE, J. M. Ciclicidade e relevo. **Revista Brasileira de Geomorfologia**. Vol. 1, 2000, p. 68-72.

MABESOONE, J. M.; CASTRO, C. Desenvolvimento geomorfológico do Nordeste brasileiro. **B. Soc. Geol. Núcleo Nordeste**, Recife, Vol. 3, 1975, p. 05-36.

MACHADO, V. S.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; IANNUZZI, R. Inventory of the Sponge Fauna of the cemitério Paleolake, Catalão, Goiás, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 84, 2012, p. 17–34.

MACINTOSH, P. **Climatic surfaces and designation of aridity zones**. World atlas desertification. 2^a ed. Unep, 1997.

MADELLA, M. **Physiology of silica deposition**. 7th International Meeting on Phytolith Research, Mar del Plata, 2008.

MADELLA, M.; ALEXANDRE, A.; BALL, T. International Code for Phytolith Nomenclature 1.0. **Annals of Botany**. Vol. 96, n. 2, 2005, p. 253-260.

MADSEN, A. T.; MURRAY, A. S. Optically stimulated dating of young sediments: a review. **Geomorphology**, 109, 2009, p. 03-16.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R.; CLAUDINO-SALES, V. Geomorfologia do Nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. **Revista de Geografia**. Recife: UFPE, Volume especial, VIII Simpósio Nacional de Geomorfologia, n. 1, 2010, p. 06-19.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Neotectônica, geomorfologia e sistemas fluviais: uma análise preliminar do contexto nordestino. Uberlândia, Revista **Brasileira de Geomorfologia**, Vol. 12, n. 3, 2011, p. 37-46.

MAINGUET, M. **L'homme et la secheresse**. Paris: Masson géographie, 1995.

MAÑAS, F. M. S. O. El riesgo de desertification. In: **Agricultura y desertification**. Madrid: Mundi-Prensa Libros S.A., 2001, p. 18-26.

MATALLO JÚNIOR, H. **Indicadores de desertificação: histórico e perspectiva**. Brasília: Unesco, 2001.

MECKELEIN, W. **Desertification in Extremely Arid Environments**. Stuttgarter Geographische Studien, Band 95, 1980.

MELO, M. L. D.; MARENGO, J. A. Simulações do clima do Holoceno Médio na America do Sul com Modelo de Circulação Geral da Atmosfera do CPTEC. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 23, n. 2, 2008, p. 191-205.

MELO, M. S.; CLAUDINO-SALES, V.; PEULVAST, J-P.; SAADI, A.; MELLO, C. L. Processos e produtos morfogenéticos continentais. In: **Quaternário do Brasil**. SOUZA, C. R. G.; SUGUIO K.; OLIVEIRA, A. M. S.; DE OLIVEIRA, P. E. (Orgs.). Ribeirão Preto: Holos, 2005. p. 258-275.

MEUNIER, A. R. Succession stratigraphique et passages lateraux dus au metamorphisme dans la Série Ceará, Antecambrien du Nord-Est brésilien. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris**. Vol. 259, 1964, p. 3796-3799.

MONTEIRO, C. A. F. On the desertification in northeast Brazil and man's rote in this process. **Latin American Studies**, Japão, 1983, p. 01-10.

MORAES NETO, J. M.; ALKMIM, F. F. A deformação das coberturas terciárias do Planalto da Borborema (PB-RN) e seu significado tectônico. **Revista Brasileira de Geociências**. Vol. 31, n. 1, 2001, p. 95-106.

MORTIMORE, M. J. **Adapting to Drought**. Cambridge University Press, Cambridge, 1989.

MORTIMORE, M. J. **Roots in the African Dust**. Cambridge University Press,

Cambridge, 1998.

MOTOMURA, H.; FUJI, T.; SUSUKI, M. Silica deposition in relation to ageing of leaf tissues in *Sasa veichii* (Carriere) Rehder (Poaceae, Bambusoideae). *Annals of Botany*, Vol. 93, 2004, p. 235-248.

MOY, C. M.; SELTZER, G. O.; RODBELL, D. T.; ANDERSON, D. M. Variability of El Niño/Southern Oscillation activity at millennial timescales during the Holocene epoch. *Nature*, Vol. 420, 2002, p. 1622-165.

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

NIEMEIJER, D.; MAZZUCATO, V. Soil degradation in the West African Sahel: how serious is it? *Environment*, 44, 2002, p. 20-31.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOAA. **National Oceanic and Atmospheric Administration**. Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/abrupt/data3.html>. Acesso em: 4 de junho de 2018.

OSTERRIETH, M. L.; MADELLA, M.; ZURRO, D.; ALVAREZ, M. F. Taphonomical aspects of silica phytoliths in the loess sediments of the Argentinean Pampas. *Quaternary International*, Vol. 193, 2009, p. 70-79.

PAROLIN, M.; VOLKMER-RIBEIRO, C.; STEVAUX, J. C. Use of spongofacies as a proxy for river-lake paleohydrology in Quaternary deposits of central-western Brazil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 11, 2008, p. 187-198.

PASSOS, E.; BIGARELLA, J. J. Superfícies de erosão. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia do Brasil**. 7ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011, p. 107-141.

PENTEADO, M. M. **Fundamentos de geomorfologia**. 3ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1983.

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

PESSENDA, L. C. R.; GOUVEIA, S. E. M.; RIBEIRO, A. S. R.; DE OLIVEIRA, P. E.; ARAVENA, R. Late Pleistocene and Holocene vegetation changes in northeastern Brazil determined from carbon isotopes and charcoal records in soils. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, Vol. 297, 2010, p. 597-608.

PETIT, J. R.; JOUZEL, J.; RAYNAUD, D.; BARKOV, N. I.; BARNOLA, J. M.; BASILE, I.; CHAPPELLAZ, J.; DAVIS, M.; DELAYGUE, G.; DELMOTTE, M.; KOTLYAKOV, V. M.; LEGRAND, M.; LIPENKOV, V. Y.; LORIUS, C.; PÉPIN, L.; RITZ, C.; SALTZMAN, E.; STIEVENARD, M. Climate and atmospheric history of the past 420.000 years from the Vostok ice core, Antarctica. **Nature**, Vol. 399, 1999, p. 429-436.

PEULVAST, J. P.; CLAUDINO-SALES, V. Aplainamento e Geodinâmica: revisitando um problema clássico em Geomorfologia, **Mercator (UFC)**, Fortaleza, Vol. 1, n. 1, 2002, p. 113-150.

PIPERNO, D. R. **Phytolith analysis: An archaeological and geological perspective**. San Diego: Academic Press, 1988.

PIPERNO, D. R. **Phytoliths: a comprehensive guide for archaeologists and paleoecologists**. Oxford: AltaMira Press, 2006.

PIPERNO, D. R.; BECKER, P. Vegetational History of a Site in the Central Amazon Basin Derived from Phytolith and Charcoal Records from Natural Soils. **Quaternary Research**, 45 (2), 1996, p. 202-209.

PIPERNO, D. R.; PEARSALL, D. M. **The origins of agriculture in the lowland Neotropics**. San Diego: Academic Press, 1998.

PIVEL, M. A. G. **Reconstrução da hidrografia superficial do Atlântico Sul Ocidental desde o Último Máximo Glacial a partir do estudo de foraminíferos planctônicos**. 181f. Tese (Oceanografia Química e Oceânica). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

PUNTONI, P. A Guerra dos Bárbaros. **Povos indígenas e a colonização do sertão Nordeste do Brasil.1650/1720**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

PREISS, N.; MELIERES, M-A.; POURCHET, M. A compilation of data on lead-210 concentration in surface air and fluxes at the air-surface and water-sediment interfaces. **Jour. Geophys. Research**, 101, 1996, p. 28847-28862.

RADAMBRASIL. **Projeto mapas metalogenéticos e de previsão de recursos naturais; carta metalogenética; carta de previsão de recursos naturais; carta**

de previsão para planejamento de ações governamentais – Escala 1:250.000 (Folhas SB.24-Z-C Serra Talhada). Brasília, CPRM, 1981.

REINING, P. **Handbook on Desertification Indicators Based on the Science Associations' Nairobi Seminar on Desertification**. American Association for the Advancement of Science, 1978.

RUBIO, J. L. **Desertification: um término complejo**. Valência: Quereus, 1992.

RUELLAN, F. Contribuição ao estudo da Serra do Caraça. **An. Ass. Geogr. Bras.**, 4(2), 1950, p. 77-106.

RUNGE, F. The opal phytolith inventory of soils in central Africa - quantities, shapes, classification, and spectra. **Review of Palaeobotany and Palynology**, Vol. 107, n. 1-2, 1999, p. 23-53.

SABADELL, J.; RISLEY, E. M.; JORGENSON, H. T.; THORNTON, B. S.; **Desertification in the United States: Status and Issues**. Final report for the Bureau of Land Management and Department of the Interior, Washington, 1982.

SALGADO, A. A. R. Superfícies de aplainamento: antigos paradigmas revistos pela ótica dos novos conhecimentos geomorfológicos. **Geografias**. Belo Horizonte, Vol. 3, n. 1, 2007, p. 64-78.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **História ecológica da terra**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1994.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. **Critérios e técnicas para o Quaternário**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. Depósitos Quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, Vol. 36, n. 3, 2006, p. 385-395.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K.; TATUMI, S. H.; YEE, M.; SANTOS, J.; BARRETO, A. M. F. Datação absoluta de depósitos quaternários brasileiros por luminescência. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, Vol. 37, n. 2, 2007, p. 402-413.

SAMPAIO, E. V. S. B.; ARAÚJO, M. S. B.; SAMPAIO, Y. S. B. Impactos ambientais da agricultura no processo de desertificação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia, Recife**, Vol. 22, n. 01, 2005, p. 93-113.

SANT'ANNA NETO, J. L.; NERY, J. T. Variabilidade e mudanças climáticas no Brasil e seus impactos regionais. In: CELIA, R. G. S.; DE OLIVEIRA, P. E.; SUGUIO, K (Org.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2005, p. 28-51.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4 ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

SANTOS, E. J.; COUTINHO, M. G. N.; COSTA, M. P. A.; RAMALHO, R. A região de dobramentos Nordeste e a Bacia do Parnaíba, incluindo o Cráton São Luís e as bacias marginais. In: SCHOBENHAUS, C. (Coord.). **Geologia do Brasil: texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área oceânica adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:2.500.000**. Brasília, DNPM, 1984, p. 131-186.

SANTOS, R. D.; LEMOS, R.C.; SANTOS, H.G.; KER, J.C. & ANJOS, L.H.C. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 5ª. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006.

SELBY, M. J. **Earth's changing surface**. London: Clarendon, 1985.

SHACKLETON, N. J. The 100,000-Year Ice-Age Cycle Identified and Found to Lag Temperature, Carbon Dioxide, and Orbital Eccentricity. **Science**, Vol. 289, 2000, p. 1897-1902.

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

SHUMM, S. A.; LICHTY, R. W. Time, space and causality in Geomorphology. **American Journal of Science**, Vol. 263, 1965, p. 110-119.

SILVA, R. R. **Fitólitos em Depósitos de Colúvio do Quaternário Superior na Face Nordeste da Bacia Sedimentar do Araripe/CE: Significado Paleoambiental**. 102f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, 2016.

SOUZA, E. B., ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. R. Um Complexo Convectivo de Mesoescala Associado à Precipitação Intensa sobre Fortaleza - CE. **Rev. Bras. de Meteor**, Vol. 13, n. 2, 1998, p. 01-14.

SOUZA, M. L. **Os conceitos fundamentais da pesquisa sócio-espacial**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.

STEBBING, E. P. The encroaching Sahara: the threat to the West African colonies. **Geographical Journal**, 85, 1935, p. 506-519.

STEVAUX, J. C. Upper Paraná River (Brazil) geomorphology and paleoclimatology. **Quaternary International**, 21, 1994, p. 143-161.

STOKES, S. Luminescence dating applications in geomorphological research. **Geomorphology**, Vol. 29, 1999, p. 153-171.

SUDENE. Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. Banco de Dados Hidro-Climatológicos do Nordeste. Disponível em: <http://www.sudene.gov.br/acesso-a-informacao/institucional/area-de-atuacao-da-sudene/regiao-nordeste>. Acesso em 09/03/2018.

SUERTEGARAY, D. M. A. Espaço Geográfico Uno e Múltiplo. In: SUERTEGARAY, D. M. A.; BASSO, L. A.; VERDUM, R. (Org.). **Ambiente e Lugar no Urbano a Grande Porto Alegre**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 2000, p. 13-34.

SUERTEGARAY, D. M. A. Pesquisa de campo em Geografia. **GEOgraphia (UFF)**, Niterói/RJ, Vol. 7, 2002, p. 92-99.

SUGUIO, K. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais: passado + presente = futuro?** São Paulo: Paulo's Comunicação e Artes Gráficas, 1999.

SUGUIO, K. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

SUGUIO, K. A importância da geomorfologia em geociências e áreas afins. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, Rio de Janeiro, Vol. 1, 2000, p. 80-87.

TAVARES DE MELO, S. Desertificação: etimologia, conceitos, causas e indicadores. **Revista da UNIPÊ**. João Pessoa, Vol. 2, n. 2, 1998, p. 19-33.

THE INTERNATIONAL UNION FOR QUATERNARY SCIENCE (INQUA), **Commission on stratigraphy and chronology (INQUA-SACCOM)**, 2014. Disponível em: <http://www.inqua-saccomm.org> Acesso em: 23 de fevereiro de 2016.

TIFFEN, M.; MORTIMORE, M. Questioning desertification in dryland sub-Saharan Africa. **Natural Resource Forum**, 26, 2002, p. 218-233.

THOMAS, M. F. **Geomorphology in the Tropics: a study of weathering and denudation in low latitudes**. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1994.

THOMAS, M. F. Landscape sensitivity to rapid environmental change – a Quaternary perspective with examples from tropical areas. **Catena**, Vol. 55, 2004, p. 107-124

THOMAS, M. F. Lessons from the tropics for a global geomorphology. **Singapore Journal of Tropical Geography**, Vol. 27, n. 2, 2006, p. 111-127.

THOMAS, D. S. G., MIDDLETON, N. J. **Desertification: Exploding the Myth**. New York: Wiley, 1994.

THORNES, J. B.; BRUNSDEN, D. **Geomorphology and Time**. London: Methuen, 1977.

TRAVASSOS, I. S. **Extrativismo vegetal e a sua relação com a desertificação no Município de Conceição - PB**. 105f. Monografia (Bacharelado em Geografia). UFPB. João Pessoa: UFPB/CCEN, 2009.

TRAVASSOS, I. S. **“Florestas Brancas” do Semiárido Nordestino: desmatamento e desertificação no Cariri paraibano**. 148f. Dissertação (Mestrado em Geografia). UFPB. João Pessoa: UFPB/CCEN, 2012.

TROLL, K. El paisaje geográfico y su investigación. In: MENDONZA, J.; JIMENEZ, J. M.; CONTERO, N. (Org.). **El pensamiento geográfico: estudio interpretativo y antología de textos (De Humboldt a las tendencias actuales)**. Segunda edición corregida y aumentada. Madri: Alianza Editorial, 2002, p. 323-329.

TURNEY, C. S. M.; A. KERSHAW, P.; CLEMENS, S. C.; BRANCH, N.; MOSS, P. T.; FIFIELD, L. K.; Millennial and orbital variations of El Niño/Southern Oscillation and high-latitude climate in the last glacial period. **Nature**, Vol. 428, 2004, p. 306-310.

TUCKER, M. E. **Sedimentary Rocks in the Field**. John Wiley & Sons. New York, 1995.

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

TWISS, P. C.; SUESS E.; SMITH R. M. Morphological classification of grass phytoliths. **Soil Science Society of America Proceedings**, 33, 1969, p. 109-115.

TWISS P. C. Grass opal phytoliths as climatic indicators of the Great Plains Pleistocene. In: JOHNSON W. C. (Ed.). **Quaternary Environments of Kansas**. Kansas Geological Survey Guidebook, 5, 1987, p. 179-188.

TWISS, C. Predicted world distribution of C₃ and C₄ grass phytoliths. In: RAPP, G. J.; MULHOLAND, S. C. (Ed.). **Phytolith Systematics**. New York: Plenum Press, 1992.

UNITED NATIONS. **United Nations Conference on Desertification: Round-up, Plan of Action and Resolutions, 29 August – 9 September 1977**. United Nations, New York, 1978.

UNEP. **Stop Deserts Growing. Save Soils**. UNEP, 1991.

UNIÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Convenção das Nações Unidas de Combate a Desertificação (UNCCD)**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1994.

VERDUM, R.; QUEVEDO, D.; ZANINI, L.; CÂNDIDO, L. Desertificação: questionando bases conceituais de análise e conseqüências. **GEOgraphia** (UFF), Vol. 3, n. 6, 2002, p. 119-132.

VOLMER-RIBEIRO, C.; MOTTA, J. F. M. Esponjas formadoras de Espongilitos em lagoas no Triângulo Mineiro e adjacências, com indicação de preservação de habitat. **Biociências**, 3, 1995, p. 145-169.

WALLINGA, J.; MURRAY, A.; WINTLE, A. The single-aliquot regenerative-dose (SAR) protocol applied to coarse-grained feldspar. **Radiation Measurements**, Vol. 32, 2000, p. 529-533.

WARREN, A. Land degradation is contextual. **Land Degradation and Development**, 13, 2002, p. 449-459.

WEBB, E. A.; LONGSTAFFE, F. J. Climatic influences on the oxygen isotopic composition of biogenic silica in prairie grass, **Geochim. Cosmochim. Acta**, 66, 2002, p. 1891-1904.

WILDING, L. P.; DREES, L. R. Distribution and implications of sponge spicules in surcial deposits in Ohio. **Ohio Journal of Science**, 68, 1968, p. 92-99.