

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO ESPAÇO**

**HUGO LEONARDO REIS DE LIMA**

**OCUPAÇÃO HUMANA E PROCESSOS EROSIVOS NA FALÉSIA DA PRAIA DA  
PONTA VERDE, MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR – MARANHÃO**

São Luís  
2021

**HUGO LEONARDO REIS DE LIMA**

**OCUPAÇÃO HUMANA E PROCESSOS COSTEIROS NA FALÉSIA DA PRAIA DA  
PONTA VERDE, MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR – MARANHÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço da Universidade Estadual do Maranhão, para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Orientador:** Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra.

**Área:** Geografia

**Linha de Pesquisa:** Dinâmica da Natureza e Conservação.

São Luís  
2021

Lima, Hugo Leonardo Reis de.

Ocupação humana e processos costeiros na falésia da Praia da Ponta Verde, município de São José de Ribamar - Maranhão, São Luís / Hugo Leonardo Reis de Lima. – São Luís, 2021.

115 f

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual do Maranhão, 2021.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Rodrigues Bezerra.

1.Formação - Barreiras. 2.Falésia. 3.Processos erosivos. 4.Praia de Ponta Verde. 5.São José de Ribamar. 5.Maranhão. I.Título.

CDU: 551.435.31(12.1)

**HUGO LEONARDO REIS DE LIMA**

**OCUPAÇÃO HUMANA E PROCESSOS COSTEIROS NA FALÉSIA DA PRAIA DA  
PONTA VERDE, MUNICÍPIO DE SÃO JOSÉ DE RIBAMAR – MARANHÃO**

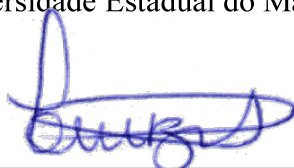
**Aprovado em: 21/04/2021**

**BANCA EXAMINADORA**



---

**Prof. Dr. José Fernando Rodrigues Bezerra (Orientador)**  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos**  
Universidade Estadual do Maranhão



---

**Prof. Dr. Antonio Cordeiro Feitosa**  
Universidade Federal do Maranhão

À memória de minha amada mãe, Lúcia Lima,  
que mesmo não estando mais fisicamente  
comigo, estará eternizada em minha memória.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço este trabalho primeiramente a DEUS, que mesmo nos momentos de maior diversidade, nos momentos em que pensei em desistir, esteve e está sempre do meu lado me lembrando do Seu grande e imenso amor e me dando forças para seguir em frente.

À minha esposa, Izabel Lobato, que me incentivou, me aconselhou, me exortou nos meus momentos de desorganização e sempre esteve do meu lado, confiando na minha capacidade de conseguir concretizar esse trabalho.

À minha mãe, Lucia (*in memoriam*), que com sua força de vontade, mesmo com todas as adversidades na área da saúde nunca desistiu e nunca perdeu a fé, o que me inspirou a seguir sempre em frente. Ao meu pai, Lima, e sua esposa, Rose; meu irmão, Leandro e sua esposa, Carol; aos meus sobrinhos, Leonardo, Duda, Bruna e Bia, aos quais tenho grande amor e carinho; à minha querida sogra, Vera Lúcia, que me acolheu como a um filho; e meu cunhado Lucas.

Aos meus companheiros de da turma 2018.2, que passamos por grandes tribulações ao longo da nossa jornada acadêmica. Aqui quero destacar meus companheiros Ângela Maria e Telésforo Martins, meus companheiros de viagem; Ivan Lima, que muito me auxiliou durante as análises das amostras coletadas; e Thiago Rocha, com quem acabei edificando uma amizade com base sólida (fazendo um trocadilho com seu sobrenome).

Agradeço também a todos os professores do PPGeo, que contribuíram sobremaneira para a minha formação. Ainda no PPGeo, agradecimento especial à “Nana” que não mediu esforços para auxiliar-nos nas nossas necessidades e cobrar quando era preciso.

Aos meus companheiros da Geografia que me auxiliaram em diversas etapas de execução do trabalho: Ana Maria Silva, Danyella França, Emerson Guedes, Francisco Sousa, Jefferson Viana, Gilberlene Lisboa, Luciano Andrade, Lucas Carvalho, Marcos Vinícius Matos e Marly Morais.

Meu agradecimento ao Prof. Dr. Antonio Cordeiro Feitosa e ao Prof. Dr. Luiz Carlos Araújo dos Santos, que contribuíram substancialmente para o aprimoramento da elaboração desse trabalho

Agradecimento internacional à Lucila Escobar (Argentina) uma amiga que fiz no EGAL 2019, a qual realizou a tradução do meu resumo em língua espanhola, onde eu mesmo não conseguiria fazer uma tradução tão perfeita.

Grande destaque faço agora ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Bezerra, que além da orientação me incentivou, confiou no meu trabalho, me encorajou a seguir em frente, a não desistir. MUITO OBRIGADO!!! Hoje não o considero apenas como meu orientador, mas tenho a ousadia de considerá-lo um amigo, do qual me espelho e tornou-se minha referência de profissional que almejo ser no meu futuro.

“Combati o bom combate, terminei a corrida, guardei a fé”

**2 Timóteo 4:7**



## RESUMO

Diversos processos atmosféricos, continentais, oceânicos e humanos são importantes na modelagem das formas naturais do relevo costeiro. Entre essas formas de relevo podemos destacar as falésias – morfologia discutida nessa dissertação – moldadas na Formação Barreiras, encontradas desde o litoral do Amapá, na região norte, até o Rio de Janeiro, na região sudeste. As falésias são caracterizadas pela forte inclinação, constituindo aproximadamente 80% das linhas de costa ao redor do mundo, o que mostra a grande significância para o estudo dessa feição geomorfológica. No município de São José de Ribamar encontra-se um conjunto singular de falésias, de origem sedimentar Tércio-quadernária, facilmente sujeitos à erosão marinha, principalmente por meio de movimentos de massa, fenômenos intensificados durante períodos chuvosos. Como a área de estudo apresenta uma taxa crescente de ocupação humana, o trabalho objetiva analisar os processos erosivos que ocorrem na falésia da praia de Ponta Verde e suas consequências para o ecossistema local e as atividades humanas, além de identificar como a ação humana vem causando impactos na área de estudo, como por exemplo, o descarte irregular de resíduos sólidos e a ocupação desordenada da área tem afetado à falésia e o ecossistema de maneira geral. A metodologia foi baseada nos geossistemas, partindo da análise que o objeto de estudo pressupõe um processo evolutivo resultada da combinação de fenômenos naturais e antrópicos; a determinação da cor do solo foi executada a partir do uso da Carta de Munsell (2009), comparando-se a cor de cada amostra de solo seca e úmida com as cores da escala Munsell e anotando-se a cor mais aproximada; para a análise da compactação do solo foram usados dados coletados tanto por meio dos anéis volumétricos, como por meio do penetrômetro; foram realizados teste de infiltração, utilizando a técnica proposta por Guerra (2011). A partir dos dados coletados em campo e nos órgãos competentes (IBGE e INMET) foram gerados mapas, gráficos e tabelas que auxiliam na compreensão dos processos atuantes na área de estudo. Com os dados obtidos sobre a densidade aparente do solo, a densidade de partículas e a porosidade total, verificou-se que o solo apresenta-se compactado, o que acaba dificultando a infiltração da água e, por consequência, um maior escoamento superficial que acelera os processos erosivos no topo da falésia.

**Palavras-chave:** Formação Barreiras. Falésia. Processos Erosivos. Praia de Ponta Verde. São José de Ribamar. Maranhão.

## RESUMEN

Varios procesos atmosféricos, continentales, oceánicos y humanos son importantes en la modelización de las formas naturales del relieve costero. Entre estas formas del terreno podemos destacar los acantilados -morfología discutida en esta disertación- conformada en la Formação Barreiras, encontrado desde la costa de Amapá, en la región norte, hasta Río de Janeiro, en la región sureste. Los acantilados se caracterizan por su fuerte inclinación, constituyendo aproximadamente el 80% de las costas de todo el mundo, lo que demuestra la gran importancia para el estudio de este rasgo geomorfológico. En el municipio de São José de Ribamar existe un conjunto único de acantilados, de origen sedimentario terciario-cuaternario, fácilmente sometido a la erosión marina, principalmente a través de movimientos en masa, fenómenos intensificados durante los períodos de lluvia. Como el área de estudio tiene un índice creciente de ocupación humana, este estudio tiene como objetivo analizar los procesos erosivos que ocurren en el acantilado de la playa de Ponta Verde y sus consecuencias para el ecosistema local y las actividades humanas, además de identificar cómo la acción humana ha estado causando impactos en el área de estudio, como la disposición irregular de residuos sólidos y la ocupación desordenada de la zona han afectado el acantilado y el ecosistema en general. La metodología se basó en los geosistemas, partiendo del análisis de que el objeto de estudio presupone un proceso evolutivo resultante de la combinación de fenómenos naturales y antrópicos; la determinación del color del suelo se realizó a partir del uso de la Carta Munsell (2009), comparando el color de cada muestra de suelo seco y húmedo con los colores de la escala Munsell y anotando el color más cercano; para el análisis de los datos de compactación del suelo recogidos tanto por medio de anillos volumétricos como por penetrómetro; se realizaron ensayos de infiltración, utilizando la técnica propuesta por Guerra (2011). A partir de los datos recogidos en el campo y en los órganos competentes (IBGE e INMET) se generaron mapas, gráficos y tablas que ayudan a comprender los procesos que actúan en el área de estudio. Con los datos obtenidos sobre la densidad aparente del suelo, la densidad de partículas y la porosidad total, se comprobó que el suelo está compactado, lo que dificulta la infiltración del agua y, en consecuencia, una mayor escorrentía superficial que acelera los procesos erosivos en la parte superior del acantilado.

**Palabras clave:** Formação Barreiras. Acantilado. Procesos Erosivos. Playa de Ponta Verde. São José de Ribamar. Maranhão.

## LISTA DE FIGURAS

|                  |  |    |
|------------------|--|----|
| <b>Figura 1</b>  | Evolução das ocorrências de desastres por erosão marinha nos últimos anos.....   | 27 |
| <b>Figura 2</b>  | Distribuição espacial das ocorrências de desastres causados por erosão marinha entre 1990 e 2010.....  | 27 |
| <b>Figura 3</b>  | Componentes do risco de desastre.....  | 28 |
| <b>Figura 4</b>  | Cobertura vegetal em patamar na falésia da praia de Ponta Verde.....   | 30 |
| <b>Figura 5</b>  | Cobertura vegetal em patamar na falésia da praia de Ponta Verde.....   | 31 |
| <b>Figura 6</b>  | Cobertura vegetal em patamar na falésia da praia de Ponta Verde.....   | 31 |
| <b>Figura 7</b>  | Mapa de localização de cobertura vegetal em patamares ao longo da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                  | 32 |
| <b>Figura 8</b>  | Elementos topográficos de costa escarpada.....   | 33 |
| <b>Figura 9</b>  | Tipos de arrebentação na base da falésia: a) standing/ ondas estacionárias; b) breaking/ ondas a quebrar; c) broken/ ondas já quebradas..... | 34 |
| <b>Figura 10</b> | Nomenclatura descritiva do perfil litorâneo.....   | 36 |
| <b>Figura 11</b> | Localização da área de coleta de amostras conhecida como “Escada de pneu”.....   | 39 |
| <b>Figura 12</b> | “Escada de pneu”.....  | 39 |
| <b>Figura 13</b> | Amostras coletadas na falésia de Ponta Verde.....  | 40 |
| <b>Figura 14</b> | Mapa de localização do ponto de coleta das amostras do perfil estratigráfico da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....    | 40 |
| <b>Figura 15</b> | Coleta de amostras no perfil estratigráfico da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                                     | 41 |
| <b>Figura 16</b> | Registro do material coletado de amostras no perfil estratigráfico da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....              | 42 |
| <b>Figura 17</b> | Drone PHANTON IV.....  | 43 |
| <b>Figura 18</b> | Martelo usado na medição da infiltração.....   | 44 |
| <b>Figura 19</b> | Régua usada na medição de infiltração.....   | 44 |
| <b>Figura 20</b> | Exemplar de amostra coletada.....  | 45 |
| <b>Figura 21</b> | Análise da estrutura da amostra.....   | 46 |
| <b>Figura 22</b> | Verificação da plasticidade da amostra.....  | 46 |
| <b>Figura 23</b> | Verificação da pegajosidade da amostra.....  | 47 |
| <b>Figura 24</b> | Comparação da amostra seca com a escala de Munsell.....  | 47 |
| <b>Figura 25</b> | Comparação da amostra úmida com a escala de Munsell.....   | 48 |
| <b>Figura 26</b> | Anéis volumétricos com amostras.....   | 48 |
| <b>Figura 27</b> | Estufa.....  | 49 |
| <b>Figura 28</b> | Balão volumétrico.....   | 49 |
| <b>Figura 29</b> | Utilização de álcool etílico absoluto.....   | 50 |
| <b>Figura 30</b> | Balança de precisão.....   | 50 |
| <b>Figura 31</b> | Amostra seca sendo pesada.....   | 51 |
| <b>Figura 32</b> | Mapa de uso e ocupação da terra da falésia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....  | 55 |
| <b>Figura 33</b> | Mapa de localização da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....  | 57 |
| <b>Figura 34</b> | “Cural de pedra” visto na baixa-mar, na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....   | 58 |

|                  |  |     |
|------------------|--|-----|
| <b>Figura 35</b> | Visão aérea de “curral de pedra” visto na baixa-mar, na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....               | 58  |
| <b>Figura 36</b> | Mapa de localização de “currais de pedra” na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                          | 59  |
| <b>Figura 37</b> | Mapa de localização de empreendimentos imobiliários na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....     | 61  |
| <b>Figura 38</b> | Visão parcial da geologia da falésia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....  | 63  |
| <b>Figura 39</b> | Praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....   | 64  |
| <b>Figura 40</b> | Tabuleiro costeiro na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....   | 65  |
| <b>Figura 41</b> | Falésia na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....  | 65  |
| <b>Figura 42</b> | Terraço de abrasão na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....   | 66  |
| <b>Figura 43</b> | Mapa de localização dos pontos de coleta das amostras da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....   | 78  |
| <b>Figura 44</b> | Movimento de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                                      | 91  |
| <b>Figura 45</b> | Movimento de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                                      | 92  |
| <b>Figura 46</b> | Movimento de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                                      | 92  |
| <b>Figura 47</b> | Movimento de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                                      | 93  |
| <b>Figura 48</b> | Mapa de localização de movimento de massa na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                          | 94  |
| <b>Figura 49</b> | Propriedades ainda utilizadas no tabuleiro e na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                       | 96  |
| <b>Figura 50</b> | Construção abandonada na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....  | 96  |
| <b>Figura 51</b> | Loteamento para construção de condomínio na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                           | 97  |
| <b>Figura 52</b> | Via de acesso para a praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....  | 99  |
| <b>Figura 53</b> | Chegada à praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....   | 99  |
| <b>Figura 54</b> | Chegada à praia de Ponta Verde após intervenção da comunidade.....   | 100 |
| <b>Figura 55</b> | Empreendimento à entrada da praia de Ponta Verde.....  | 100 |
| <b>Figura 56</b> | Ponto de atoleiro no caminho da praia de Ponta Verde.....  | 101 |
| <b>Figura 57</b> | Casa com estrutura comprometida na porção superior da falésia em Ponta Verde, São José de Ribamar.....               | 101 |
| <b>Figura 58</b> | Descarte irregular de resíduos sólidos na porção superior da falésia em Ponta Verde, São José de Ribamar.....        | 102 |
| <b>Figura 59</b> | Descarte irregular de materiais de construção na porção superior da falésia em Ponta Verde, São José de Ribamar..... | 102 |
| <b>Figura 60</b> | Descarte irregular de resíduos sólidos ao longo da falésia em Ponta Verde, São José de Ribamar.....                  | 103 |

## LISTA DE TABELAS

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| <b>Tabela 1</b> | Regime Pluviométrico de São Luís – MA (1990-2014).....  | 68 |
| <b>Tabela 2</b> | Médias térmicas das temperaturas máximas mensais (2000-2020).....   | 70 |
| <b>Tabela 3</b> | Médias térmicas das temperaturas mínimas mensais (2000-2020).....   | 71 |
| <b>Tabela 4</b> | Densidades do solo e de partículas e porosidade total das amostras coletadas na falésia da praia da Ponta Verde, São José de Ribamar..... | 77 |
| <b>Tabela 5</b> | Teste de infiltração no Ponto 1 na falésia de Ponta Verde.....  | 87 |
| <b>Tabela 6</b> | Teste de infiltração no Ponto 2 na falésia de Ponta Verde.....  | 88 |
| <b>Tabela 7</b> | Teste de infiltração no Ponto 3 na falésia de Ponta Verde.....  | 89 |

## LISTA DE QUADROS

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Quadro 1</b> | Coluna estratigráfica da Bacia de São Luís.....  | 62 |
| <b>Quadro 2</b> | Análise Morfológica por meio da Carta de Munsell da escarpa da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar..... | 74 |
| <b>Quadro 3</b> | Descrição Morfológica do solo da escarpa da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.....                    | 76 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Gráfico 1</b>  | Regime Pluviométrico de São Luís – MA (2000-2020).....                               | 68 |
| <b>Gráfico 2</b>  | Precipitação de São Luís – MA (2000-2020).....                                       | 69 |
| <b>Gráfico 3</b>  | Médias térmicas anuais das temperaturas máximas e mínimas (2000-2020).....           | 71 |
| <b>Gráfico 4</b>  | Médias térmicas mensais das temperaturas máximas e mínimas (2000-2020).....          | 72 |
| <b>Gráfico 5</b>  | Coloração das amostras secas de acordo com a carta de Munsell.....                   | 75 |
| <b>Gráfico 6</b>  | Coloração das amostras úmidas de acordo com a carta de Munsell.....                  | 75 |
| <b>Gráfico 7</b>  | Densidade do solo nos pontos de coleta da falésia da praia da Ponta Verde.....       | 79 |
| <b>Gráfico 8</b>  | Densidade de partículas nos pontos de coleta da falésia da praia da Ponta Verde..... | 80 |
| <b>Gráfico 9</b>  | Porosidade total nos pontos de coleta da falésia da praia da Ponta Verde..           | 81 |
| <b>Gráfico 10</b> | Teste de infiltração no Ponto 1 na falésia de Ponta Verde.....                       | 83 |
| <b>Gráfico 11</b> | Teste de infiltração no Ponto 2 na falésia de Ponta Verde.....                       | 84 |
| <b>Gráfico 12</b> | Teste de infiltração no Ponto 3 na falésia de Ponta Verde.....                       | 85 |
| <b>Gráfico 13</b> | Comparativo dos três pontos de teste de infiltração na falésia de Ponta Verde.....   | 86 |

## SUMÁRIO

|              |  |            |
|--------------|--|------------|
| <b>1</b>     | <b>INTRODUÇÃO.....</b>   | <b>16</b>  |
| <b>2</b>     | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA.....</b>                                       | <b>20</b>  |
| <b>2.1</b>   | <b>Geossistemas.....</b>   | <b>20</b>  |
| <b>2.2</b>   | <b>Questão ambiental e zona costeira.....</b>  | <b>21</b>  |
| <b>2.3</b>   | <b>Interferência humana na zona costeira.....</b>                                    | <b>24</b>  |
| <b>2.4</b>   | <b>Zona costeira.....</b>  | <b>29</b>  |
| <b>2.5</b>   | <b>Litoral.....</b>  | <b>35</b>  |
| <b>3</b>     | <b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>  | <b>38</b>  |
| <b>3.1</b>   | <b>Levantamentos cartográfico e bibliográfico.....</b>                               | <b>38</b>  |
| <b>3.2</b>   | <b>Atividades de campo.....</b>  | <b>38</b>  |
| <b>3.3</b>   | <b>Análise de laboratório.....</b>   | <b>44</b>  |
| <b>3.4</b>   | <b>Mapeamento temático.....</b>  | <b>51</b>  |
| <b>4.</b>    | <b>CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS.....</b>  | <b>52</b>  |
| <b>4.1</b>   | <b>Uso e cobertura da terra.....</b>   | <b>54</b>  |
| <b>4.2</b>   | <b>Geologia.....</b>   | <b>62</b>  |
| <b>4.3</b>   | <b>Geomorfologia.....</b>  | <b>63</b>  |
| <b>4.4</b>   | <b>Solos.....</b>  | <b>66</b>  |
| <b>4.5</b>   | <b>Clima.....</b>  | <b>67</b>  |
| <b>5</b>     | <b>CARACTERIZAÇÃO DA FALÉSIA DA PRAIA DA PONTA VERDE.....</b>                        | <b>73</b>  |
| <b>5.1</b>   | <b>Análise morfológica dos solos da falésia da Ponta Verde.....</b>                  | <b>73</b>  |
| <b>5.2</b>   | <b>Compactação dos solos.....</b>  | <b>77</b>  |
| <b>5.2.1</b> | <b>Densidade dos solos.....</b>  | <b>77</b>  |
| <b>5.2.2</b> | <b>Densidade de partículas.....</b>  | <b>79</b>  |
| <b>5.2.3</b> | <b>Porosidade total.....</b>   | <b>80</b>  |
| <b>5.3</b>   | <b>Taxa de Infiltração no topo da falésia.....</b>                                   | <b>81</b>  |
| <b>5.4</b>   | <b>Movimentos de massa na falésia.....</b>   | <b>90</b>  |
| <b>6</b>     | <b>OCUPAÇÃO HUMANA E PROCESSOS COSTEIROS NA FALÉSIA DA PRAIA DA PONTA VERDE.....</b> | <b>95</b>  |
| <b>7</b>     | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>   | <b>104</b> |
|              | <b>REFERÊNCIAS.....</b>  | <b>106</b> |
|              | <b>ANEXOS.....</b>   | <b>111</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

As regiões costeiras são consideradas zonas de interface entre a terra e o mar onde se encontram paisagens de extrema beleza, apresentando múltiplas variações em uma mesma localidade, conferindo uma fragilidade com extrema complexidade (SILVA; LIMA, 2017).

Sobre as zonas costeiras, de acordo com Araújo e Gomes (2017) são áreas constituídas por uma variedade de feições geomorfológicas, onde encontram-se praias, planícies de marés, entre outras estruturas, resultante da relação continente-oceano-atmosfera em constante equilíbrio dinâmico, porém as atividades antrópicas vêm ocupando as regiões costeiras, afetando a dinâmica natural desses ecossistemas.

A zona costeira é formada pela plataforma continental interna e costa emersa onde os processos morfodinâmicos determinam a dinâmica marinha, respondendo de diversas maneiras a transferência de energia proveniente do sistema oceânico, dos quais as praias podem ser consideradas como sistemas de transição, com elevada dinamicidade, e sensíveis a flutuações locais de energia, sendo retrabalhadas constantemente durante a ação de eventos extremos (SERAFIM; BONETTI, 2017).

Os ambientes costeiros exercem uma importante função dentro da perspectiva socioeconômica devido a sua presença como importante fonte de recursos. Estes são caracterizados por seus aspectos de sensibilidade ecossistêmica e fisiográfica, estando sobre influência continental e oceânica (MENEZEZ, 2016).

Na atualidade, a densa concentração populacional na zona costeira tem favorecido a destruição desse ambiente, tornando-se necessário um maior acompanhamento dos processos de erosão e de antropização nestas áreas (SILVA; SILVA, 2012).

Ainda de acordo com Silva e Silva (2012) os ambientes costeiros são extremamente frágeis e dinâmicos e as constantes mudanças que eles sofrem, originam inúmeras feições geomorfológicas, a partir de processos deposicionais e erosivos totalmente relacionados pelas influências dos mares, ação das ondas, das correntes marinhas, do clima ou pela ação antrópica.

Segundo Busman et al. (2017), impactos ocasionados pelas mudanças climáticas são uma grande ameaça para as zonas costeiras ao redor do planeta, pelo fato de oferecerem riscos às populações residentes por eventos como inundações e erosão em função do aumento relativo do nível do mar e do acréscimo de outros elementos, como ventos, ondas, marés e correntes.

De acordo com Menezes (2016), questões antrópicas vêm ganhando relevância nos cenários costeiros, onde o valor paisagístico intensificou a urbanização nas cidades costeiras de

países em desenvolvimento, descaracterizando o ambiente praial, submetido a processos erosivos costeiros.

Estima-se que o número de habitantes na América do Sul, voltada para o Atlântico, gire em torno de 8 milhões até o ano de 2100 para uma elevação de, aproximadamente, de 2m do nível das águas oceânicas. Já na costa brasileira, de acordo com estudos realizados, o nível do mar vem aumentando por volta de 30 a 40 cm/século. Tal cenário poderá afetar a socioeconomia dos municípios costeiros brasileiros (BUSMAN et al., 2017).

Os habitantes das regiões costeiras estão propensos a riscos sociais que podem comprometer condições de habitabilidade, como o acesso a serviços de água tratada, esgotamento sanitário e coleta de lixo, e atingir as condições de emprego, renda e capacitação técnica da população local, estes últimos responsáveis pelo desenvolvimento humano sustentável (BUSMAN et al., 2017).

As alterações nas áreas costeiras aceleram a erosão tornando-as vulneráveis, impactando com alterações no balanço sedimentar e retrogradação da linha de costa. Ao tentar minimizar estas problemáticas, constroem-se estruturas rígidas com a intenção de proteger as infraestruturas urbanas dos danos causados pelos processos erosivos (MENEZEZ, 2016).

Sobre vulnerabilidade, Menezes (2016) nos informa que a erosão costeira apresenta-se como um arranjo de variáveis que destacam uma maior susceptibilidade em relação a incidência de um evento, fenômeno, ou de uma ação de potencial destrutivo, temos como principais indicadores: a morfologia de praia; posição da linha de costa; configuração das dunas; exposição à onda; distância da foz de rios; elevação do terreno; estrutura costeiras; percentual de ocupação; e permeabilidade do solo. A avaliação vulnerabilidade é de fundamental importância por identificar e reconhecer os fatores que potencializam a erosão e/ou caracterizar a proteção dos ambientes costeiros, sendo importante a análise de uma série de dados que incluam perspectivas naturais e antrópicas.

Segundo Silva e Silva (2012), na região nordeste, predomina o litoral com falésias esculpidas nos depósitos do Grupo Barreiras. A erosão dessas falésias é ativa em praticamente todo o litoral.

Sobre falésias ativas, tem-se que estas estruturas podem ser divididas em ativas ou “vivas”, com formações com alta declividade e que sofrem com a ação marinha, possuindo um equilíbrio morfodinâmico instável e suscetível a desmoronamento; e as inativas, “mortas” ou paleofalésias que não sofrem mais com a ação marinha e estão moderadamente estáveis e cobertas pela vegetação (SILVA; SILVA, 2012).

O estado do Maranhão apresenta o segundo maior litoral do país, com 640 km o que

também pode aumentar o percentual de aproveitamento geoturístico do Estado (REIS, 2005). Dentro do tema proposto, será abordado com maior destaque para a planície litorânea maranhense que é subdividida em Litoral Ocidental, Golfão Maranhense e Litoral Oriental.

De acordo com Feitosa e Trovão (2006), o Litoral Ocidental corresponde ao segmento do litoral das Reentrâncias Maranhenses, onde se evidencia uma intensa atividade erosiva subatual através do grande conjunto de recortes da antiga linha da costa, marcada por paleofalésias e antigas rias, e que se estende da foz do rio Gurupi, a oeste, até a margem ocidental da baía de Cumã, a leste, tendo como limite a ponta do Guajuru, no município de Cedral; o Litoral Oriental apresenta o delta do Parnaíba como o principal recorte, compreendendo 60% do seu total, e o Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, cuja principal cidade da região é Barreirinhas; o Golfão Maranhense abrange a reentrância delimitada, a oeste, pela ponta do Guajuru, no município de Cedral, e a leste, pela ilha de Santaninha, no município de Humberto de Campos, tendo ao centro a Ilha do Maranhão, além das ilhas do Medo, Pequena, Livramento, Carangueijos, Duas Irmãs, Tauá-Redonda, Tauá-Mirim e Ponta Grossa e compreendendo as baías de Cumã, São Marcos, São José e Tubarão. Encontram-se características comuns ao Litoral Ocidental e ao Litoral Oriental.

As falésias no Maranhão estão distribuídas em duas porções da zona costeira, no Litoral Ocidental e no Golfão Maranhense, onde encontra-se a Ilha do Maranhão, onde encontram-se os municípios de São Luís (capital), Paço do Lumiar, Raposa e São José de Ribamar. Na zona costeira desta, as falésias ocupam uma grande extensão, no formato de arco que atua como linha de contato entre o continente, a baía de São José e o oceano Atlântico (SILVA; LIMA, 2017).

A partir do que foi exposto, estudar a zona costeira é de grande importância na atualidade devido aos diversos debates existentes entre as mais diversas áreas, como a sociedade civil, *ONG's*<sup>1</sup>, grupos econômicos, entre outros por causa do seu grande valor seja do ponto vista econômico, seja do ponto de vista ambiental ou cultural.

Seguindo essa linha de raciocínio, tem-se como objetivo principal analisar as ações da ocupação humana e os movimentos de massa que ocorrem na falésia da praia da Ponta Verde, no município de São José de Ribamar. Os objetivos específicos analisados neste trabalho, podem ser assim listados:

---

<sup>1</sup> Organizações Não Governamentais.

- Analisar o uso e ocupação da área de estudo;
- Identificar a ocorrência de erosão e/ou movimentos de massa na falésia;
- Avaliar a dimensão dos impactos dos eventos naturais nas construções das localidades estudadas.

Utilizou-se a metodologia baseada nos geossistemas, partindo da análise que o objeto de estudo pressupõe um processo evolutivo resultado da combinação de fenômenos naturais e antrópicos, sempre seguindo a linha de pesquisa Dinâmica da Natureza e Conservação, do Programa de Pós-Graduação em Geografia, Natureza e Dinâmica do Espaço (PPGeo) da Universidade estadual do Maranhão (UEMA).

A dissertação está dividida em 7 (sete) capítulos que tiveram como finalidade a melhor compreensão do tema proposto. O primeiro capítulo é o presente, que serve para apresentar de maneira geral o que foi proposto na pesquisa.

O segundo capítulo abordará as definições conceituais dos temas que vão servir de embasamento para o decorrer do trabalho, como Geossistemas, Questão Ambiental, Interferência humana na Zona Costeira, Zona Costeira e Litoral.

No capítulo seguinte, serão abordados os procedimentos metodológicos da pesquisa, incluindo o levantamento bibliográfico e cartográfico, as atividades de campo desenvolvidas ao longo da pesquisa, as análises dos dados e das amostras obtidas na área de estudo.

No quarto capítulo serão apresentadas informações mais específicas sobre a localidade referentes às características geoambientais como uso e cobertura da terra, geologia, geomorfologia, hidrografia, solos e clima.

O capítulo 5 é dedicado às análises das amostras coletadas ao longo do perfil estratigráfico e em outros pontos da falésia, além da interpretação dos dados referentes às taxas de infiltração e identificação e compreensão dos eventos que atuam nos movimentos de massa na localidade.

O sexto capítulo destacará as diversas formas de interferência que o homem realiza nos ambientes costeiros e quais dessas são mais perceptíveis na praia de Ponta Verde, no município de São José de Ribamar, área em estudo.

No último capítulo serão apresentadas as considerações finais, trazendo o resultado das análises realizadas a fim de verificar como, e se, a interferência humana afeta os processos morfodinâmicos na área da praia de Ponta Verde.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

Neste capítulo serão abordados tópicos sobre geossistemas; questão ambiental e zona costeira; interferência humana na zona costeira; litoral, costa, praia, falésia, duna, terraço de abrasão a fim de trazer uma melhor compreensão ao trabalho proposto.

### 2.1 Geossistemas

Dentro da Geografia, o conceito de paisagem tem sido o foco de definições, estudos e reflexões por parte da Geografia Física, principalmente em meados do século XX, quando assume uma grande importância, passando a ser a principal categoria analisada em diversos estudos (DINIZ et al., 2015).

A Teoria Geral dos Sistemas desenvolvida pelo biólogo Bertalanffy passou a compor os estudos da Geografia por meio da Geomorfologia, quando Strahler considera um rio ajustado como um sistema aberto em estado constante (DIAS; PEREZ FILHO, 2017).

Para Vicente e Perez Filho (2003), o modelo sistêmico na Geografia passa, inevitavelmente, pela percepção analítica do ambiente, pela evolução e interação entre os elementos naturais e antrópicos.

Dentro da Teoria Geral dos Sistemas, o conceito de geossistema torna-se fundamental para os estudos, a partir da década de 1960, através de Sotchava, representante da escola geográfica russa (DIAS; PEREZ FILHO, 2017).

A respeito do geossistema, ele pode ser definido segundo Sotchava (1971) como um conceito que engloba as formações naturais obedientes à dinâmica dos fluxos de matéria e energia próprios dos sistemas abertos que formam um modelo global de apreensão da paisagem, considerando as ações antrópicas como interferências isonômicas em sua associação com o meio natural e na construção e evolução da mesma.

Para Bertrand (1972) a importância do geossistema na Geografia dá-se pelo fato de ser fundamental nos estudos da organização espacial, visto que é compatível com a escala humana.

De acordo com Troppmair (2001) o geossistema é um sistema natural que sofre influências isonômicas a partir da exploração biológica oriundas da ação antrópica, das qual pode modificar sutilmente o sistema, alterando suas características em microescala e sem a capacidade de transformar completamente o geossistema, descaracterizando-o.

Passa-se a utilizar continuamente o termo geossistema no Brasil quando é realizada, em 1971, a tradução do artigo "*Paysage et géographie physique globale: esquisse methodologique*", de

autoria de Bertrand e publicado pela *Révue de Géographie des Pyrénées et Sud-Ouest*, de Toulouse, em 1968. Tradução essa realizada pela professora Dra. Olga Cruz<sup>2</sup> com o título “Paisagem e geografia física global: esboço metodológico” e publicada no Caderno de Ciências da Terra, passando a ser referência básica em diversos programas de pós-graduação no país. (NEVES, 2015).

## 2.2 Questão ambiental e zona costeira

Durante a década de 1970 houve a criação da Comissão Interministerial para os Recursos do mar (CIRM) e da Secretaria Especial de Meio Ambiente (SEMA), esta após a participação do Brasil na Conferência das Nações Unidas para o Ambiente Urbano em Estocolmo (1972), por meio do Decreto nº 73.030, de 30 de outubro de 1973, com o intuito de debater a questão ambiental, em consonância com a opinião pública. Após a criação dos dois órgãos citados, foi criada a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), em 1981, propondo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, e garantindo ao Brasil o desenvolvimento socioeconômico, segurança nacional e a proteção da dignidade da vida humana, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), com o intuito de coordenar políticas públicas de meio ambiente em associação com os três níveis da federação com objetivo de executar a PNMA (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

A partir desse ponto, pode-se considerar o Programa Nacional de Gerenciamento Costeiro (1982) como a iniciativa que deu origem a discussões – em âmbito nacional – sobre a zona costeira, a partir de encontros e seminários coordenados pela CIRM em associação com gestores (federais e estaduais) e universidades empenhadas ao gerenciamento costeiro (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

Sobre essa temática:

Na época, o paradigma inicial para a estruturação do programa era a implantação de um programa de zoneamento costeiro para todo o litoral brasileiro, englobando as 12 milhas náuticas no mar, na escala de 1:100.000. Como resultado desta iniciativa a CIRM publica, em 1987, o “Programa de Gerenciamento Costeiro”, especificando a metodologia de zoneamento e o modelo institucional para sua aplicação. São também escolhidos seis estados para dar início à implantação do programa: Rio Grande do Norte, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015, p. 18).

Ainda de acordo com Pereira e Oliveira (2015) a lei nº 7.661 estabelece o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), em 1988 que visava o planejamento e

---

<sup>2</sup> Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo (USP)

gerenciamento das atividades socioeconômicas na Zona Costeira através do controle, da proteção, da preservação e da recuperação dos recursos naturais e dos ecossistemas a fim de permitir a utilização sustentável, além de atribuir ao Ministério do Meio Ambiente (na época Secretaria do Meio Ambiente – SEMAM) a coordenação nacional do gerenciamento costeiro, numa ação cooperada com os outros níveis de governo e com a supervisão da CIRM.

Para Pereira e Oliveira (2015), o PNGC tem como principal objetivo garantir o funcionamento harmônico de todas as atividades humanas, sem a necessidade da substituição do manejo setorial de recursos. As atividades compreendidas pelo PNGC são:

- urbanização;
- ocupação e uso do solo, do subsolo e das águas;
- parcelamento e remembramento do solo;
- sistema viário e de transporte; sistema de geração, transmissão e distribuição de energia;
- habitação e saneamento básico;
- turismo, recreação e lazer;
- patrimônio natural, histórico, étnico, cultural e paisagístico.

Sobre a Gestão Costeira no Brasil, podemos observar o histórico do processo conforme nos apresentam Pereira e Oliveira (2015):

- 1990: Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro I (PNGC I) – Destacava uma orientação descentralizada sobre a definição dos agentes executivos do Gerenciamento Costeiro.
- 1992-1995: Consolidação da Coordenação do GERCO – A coordenação do PNGC fundiu-se com apoio do Programa Nacional do Meio Ambiente – PNMA. Em outubro de 1993, a coordenação do Plano (GERCO) passou do IBAMA para o Ministério do Meio Ambiente.
- 1995: “Programa de Ação Global para a Proteção do Meio Marinho Frente às Atividades Baseadas em Terra” (GPA) – Facilitou o cumprimento das obrigações dos Estados para preservar e proteger o ambiente marinho, além de apoiar os Estados na tomada de ações, focando diretamente na conectividade entre os ambientes terrestres, costeiros e marinhos.
- 1996: Organizações Marítima Internacional (IMO) – Dentre os principais temas da IMO destacam-se o combate a incidentes de poluição por óleo, a produção de resíduos por navios, portos, instalações portuárias e plataformas offshore, o

controle da transferência de espécies exóticas por meio da água de lastro de navios, a gestão do processo de dragagem de sedimentos, bem como o controle e a redução de resíduos perigosos produzidos no continente e alijados no mar.

- 1996: Primeira versão do Macrodiagnóstico da Zona Costeira (MDZC) – Para o MDZC os impactos das atividades federais, podem ser minimizados ou controlados por ações a partir desse mesmo nível de governo.
- 1997: Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro II (PNGC II) – Focou no estabelecimento de diretrizes comuns e articulações sistemáticas entre as políticas setoriais da própria União e em seu exercício na zona costeira. Nesse sentido, foi criado o Grupo de Integração do Gerenciamento Costeiro – GI-GERCO possibilitando a articulação das ações federais incidentes na Zona Costeira.
- 1998: Primeira versão do Plano de Ação Federal (PAF) – Concebeu o referencial sobre a zona costeira e da atuação da União, considerando os aspectos legais, materiais e estratégicos dessa atuação, além dos encargos colocados pelos compromissos internacionais firmados pelo país, que orientarão as ações do GI-GERCO.
- 1998: Comissão Coordenadora dos Assuntos da Organização Marítima Internacional (CCA-IMO).
- 1998: Agenda Ambiental Portuária – Motivou no âmbito da Gerência Costeira e do GI-GERCO discussões a respeito da urgência em revisar a Agenda Ambiental Portuária.
- 1999: Gestão Integrada de Ambientes Marinhos e Costeiros.
- 2000: “Lei do Óleo” Lei No. 9.966, de abril de 2000 – “Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências”.
- 2000-2004: Castas SAO e Programa Globallast – As Cartas SAO, compõem elementos importantes e fonte primária de informações para o planejamento de contingência e para a execução de ações de resposta a eventuais casos de poluição por óleo. O Brasil também participou e recebeu o Projeto GEF/UNDP/IMO, conhecido internacionalmente como Programa Globallast, inaugurado no



país com grande sucesso, envolvendo instituições de pesquisa (universidades e museus) e a EMBRAPA.

- 2004: Decreto nº 5.300, regulamentando a Lei no 7.661/1988, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC.
- 2005: Segunda versão do PAF – Traz de volta o debate sobre a interação interinstitucional na esfera da União, reforçando sua importância como incentivador de ações para atender às novas diretrizes governamentais, para ampliação dos avanços e para definição de estratégias visando atender os objetivos do PNGC e seus instrumentos.
- 2008: Segunda versão do Macro Diagnóstico da Zona Costeira e Marinha (MDZC).
- 2010: Projeto Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil) – Auxiliou na gestão da costa brasileira, estimulando a compreensão e a apresentação de soluções a problemas de erosão costeira, possibilitando a recuperação dos espaços públicos já ocupados e protegendo as populações em áreas de risco. Apresenta como principais elementos a formação de pessoal e a instrumentalização de gestores públicos em técnicas de proteção e gestão do litoral, agilizando decisões a serem seguidas.
- 2012: VIII Plano Setorial para os Recursos do Mar.
- 2014: 3ª Versão do PAF-ZC – Com duração e revisão a cada ciclo de 2 anos, pressupõe uma supervisão no GI-GERCO, a partir de monitoramento nas sessões ordinárias.

### **2.3 Interferência humana na zona costeira**

No que tange ao contexto brasileiro, o planejamento estatal sobre o litoral (décadas 1960 e 1970) é bastante questionado pelos padrões atuais, pois evidenciou-se um centralismo de corte autoritário do Executivo federal, o qual ajustava uma mentalidade tecnocrática de execução dos planos sem haver nenhuma preocupação com a conservação do meio ambiente (MORAES, 2005).

De acordo com Pereira e Oliveira (2015) o litoral brasileiro se estende por uma faixa de, aproximadamente, 8.500 km de extensão, com a presença de duas mil praias onde observa-se muitas paisagens que oferecem uma grande oportunidade para exploração turística.

Sobre o fato da grande potencialidade turística do litoral brasileiro:

Não é à toa que o segmento turístico “Sol e Praia” é o que mais se destaca na preferência dos turistas brasileiros e estrangeiros. Segundo a pesquisa de demanda turística internacional, realizada pelo Ministério do Turismo e pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE), o turismo de sol e praia totalizou 64,2% da motivação principal das viagens a lazer realizadas em 2012. Já de acordo com a pesquisa de Hábitos de Consumo do Turista Brasileiro, 64,9% dos entrevistados elegeram as praias como os lugares preferidos para viagens pelo Brasil. Além do turismo de sol e praia, a zona costeira também abriga o turismo náutico, outro segmento que vem ganhando importância no País (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015, p. 64).

O turismo nos últimos anos ganhou notória representatividade, nos âmbitos econômico e social, no litoral brasileiro, apesar de também funcionar como gerador de permanentes conflitos entre os ocupantes do litoral para fins turísticos e os defensores da sua preservação. Em face dessa questão, o Ministério do Turismo tem criado estratégias de integração de políticas e ações vêm sendo criadas, com a finalidade de ordenar o turismo de forma descentralizada e participativa (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

Entre várias ações do Ministério do Turismo que contemplam a zona costeira do Brasil é o Projeto Destinos Referência em Segmentos Turísticos, que trabalhou ações estruturantes em 10 destinos brasileiros com foco no mercado nacional e internacional (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

Outra ação do Ministério do Turismo foi a criação do Grupo de Trabalho de Turismo Náutico (GTT-Náutico), contando com a cooperação de outras entidades do setor público, da iniciativa privada e do terceiro setor, com o objetivo de definir e debater questões relativas ao turismo náutico, auxiliando na elaboração de políticas públicas e na melhoria do turismo litorâneo no Brasil (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

De acordo com Pereira e Oliveira (2005) o Ministério do Turismo coloca em ação, entre os anos de 2013 a 2016 o Plano Nacional de Turismo (PNT), que regula a Política Nacional de Turismo e aponta diretrizes estratégicas para o desenvolvimento turístico no Brasil, buscando alcançar quatro objetivos:

- Incentivar o brasileiro a viajar pelo país;
- Incrementar a geração de divisas e a chegada de turistas estrangeiros;
- Melhorar a qualidade e aumentar a competitividade do turismo brasileiro;
- E preparar o turismo brasileiro para grandes eventos.

O Ministério do Turismo tem empregado recursos na infraestrutura turística e de serviços na intenção de melhorar a receptividade aos turistas e à publicidade, gerando bases sustentáveis para apresentação da imagem brasileira como um dos principais destinos turísticos mundiais, influenciando o aumento da permanência dos visitantes, potencializando os benefícios gerados e, desenvolvendo o turismo nacional (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

O crescimento do setor turístico se deu pela ampliação da classe média – responsável pelo aumento dos fluxos internos – e pela demanda estrangeira. No litoral brasileiro a participação de turistas internacionais é bastante atual, sendo que início se deslocavam poucas cidades, aumentando gradativamente sua participação, até culminar na atual situação de alto turismo alocados dentro de áreas semidesertas da zona costeira (MORAES, 2005).

Sobre a atividade turística:

Notadamente, a atividade turística ganha grande destaque quanto se adota uma perspectiva de futuro. Em termos globais, é um dos setores produtivos que mais cresce na zona costeira na atualidade, revelando uma velocidade de instalação exponencial. Fato que pode ser atestado na preocupação estatal brasileira de fornecer suporte para o setor, com a elaboração de planos de construção de infraestruturas e investimentos, que qualifiquem o litoral brasileiro numa maior atração dos fluxos internacionais (MORAES, 2005, p. 42-43).

A costa brasileira já apresenta vastas extensões com expressiva densidade populacional, mas não se pode afirmar que o litoral é totalmente ocupado, pois ainda se encontram regiões com baixa concentração populacional, como nas porções dos estados da Região Norte brasileira (MORAES, 2005).

Do litoral central do Rio Grande do Sul até o litoral no oeste de Fortaleza encontramos uma dinâmica capitalista de uso e apropriação da terra, predominando uma lógica mercantil de propriedade da terra que submete os espaços não ocupados a processos especulativos, estruturando em moldes urbanos as áreas não urbanizadas e, onde as áreas dominadas por comunidades tradicionais podem ser vistas como residuais e estão caminhando ao desaparecimento se não forem protegidas por legislações e ações estatais específicas. Fora deste conjunto de maior densidade encontram-se também vastas extensões de áreas de baixa densidade demográfica, seja no litoral do extremo sul do país, seja nos estados do Norte, conforme ilustrado na (MORAES, 2005).

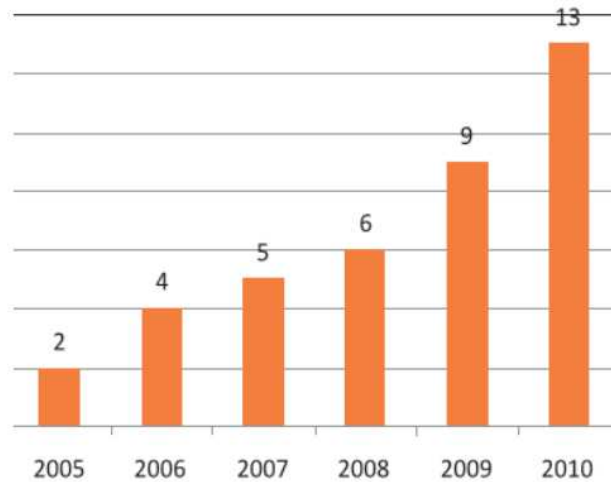
Ao longo de todo o litoral brasileiro não é difícil encontrar áreas que não foram ocupadas, ou que a ocupação é pouco expressiva. Porém, com o crescimento da malha urbana e do setor turístico, tais áreas devem perder essa característica de “isolamento”. Tal fato só pode não ocorrer, se essas áreas acabarem sendo protegidas pelo Estado (MORAES, 2005).

Sobre essas áreas costeiras brasileira de baixa ocupação:

Esse conjunto setentrional de rala ocupação recobre uma extensão significativa, quase um terço do litoral brasileiro, onde as condições imperantes se invertem e as áreas claramente submetidas a uma lógica mercantil podem ser consideradas como episódicas. Na verdade, ao longo de sua superfície apenas os entornos de São Luís e Belém apresentam uma dinâmica comparável a da situação da porção anteriormente descrita, quebrando um padrão de uso do solo assentado em atividades extrativas e de autoconsumo, executadas por comunidades “tradicionais” semi-isoladas (MORAES, 2005, p. 45-46).

Nas áreas do litoral o aumento de danos e prejuízos resultantes da erosão costeira têm posto a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil e constante atenção em função da intensidade dos eventos (Figuras 1 e 2) (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

**Figura 1** - Evolução das ocorrências de desastres por erosão marinha nos últimos anos.



Fonte: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres, Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC), 2012.

**Figura 2** - Distribuição espacial das ocorrências de desastres causados por erosão marinha entre 1990 e 2010. (Na legenda a tonalidade mais clara indica um menor número de registros, a tonalidade mais escura um maior número de ocorrências.)



Fonte: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas Sobre Desastres, Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC), 2012.

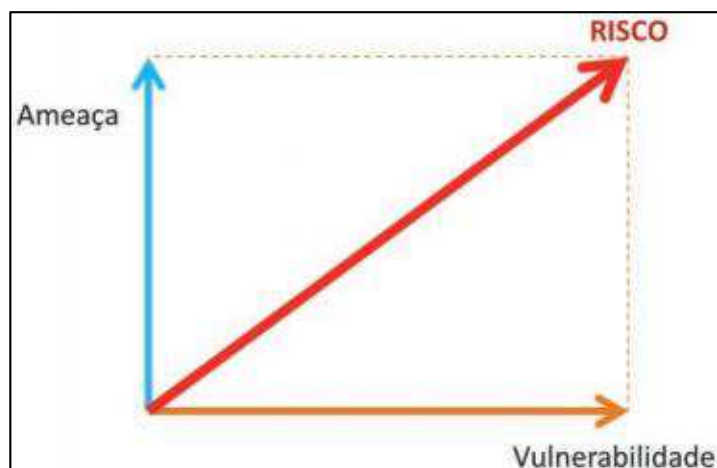
Sobre desastre:

O desastre pode ser entendido como a materialização do risco, que por sua vez resulta da combinação de duas componentes: a ameaça e a vulnerabilidade (**Figura 3**). A primeira componente refere-se à estimativa de ocorrência e magnitude de um evento adverso, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento e da provável magnitude de sua manifestação. A segunda refere-se à condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, caracteriza os efeitos adversos, medidos em termos de intensidade dos danos prováveis (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015, p. 68. **grifo do autor**).

Segundo Pereira e Oliveira (2015) quando tratamos de erosões costeiras, verifica-se que tanto a ameaça como a vulnerabilidade têm crescido nos últimos anos, tendo como algumas das causas para tal crescimento:

1. Efeitos colaterais danosos de intervenções costeiras implantadas na vizinhança (ex.: interrupção do fluxo de sedimentos por molhes ou espigões);
2. redução do aporte de sedimentos proveniente do continente em razão da implantação de barragens em rios com deságue próximo;
3. impermeabilização da costa, como decorrência da urbanização, impedindo a alimentação natural proveniente de dunas;
4. operação de dragagens nas imediações, alterando o regime de transporte de sedimentos;
5. extração de fluidos do subsolo, como água, petróleo e gás natural;
6. mineração de areia nos rios das bacias litorâneas, afetando diretamente o suprimento sedimentar da costa;
7. modificação natural da linha de praia e
8. elevação gradual no nível médio do mar na costa brasileira.

**Figura 3** - Componentes do risco de desastre.



Fonte: Ministério da Integração Nacional.

Apesar da elevação da ameaça, em relação ao desastre, os danos ou riscos estão associados ao aumento da vulnerabilidade das populações litorâneas em função das diversas intervenções realizadas, das ocupações sem planejamento contra a dinâmica costeira e ausência de fiscalização sobre tais ocupações (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

Uma avaliação adequada das soluções desses problemas deve realizar uma análise técnica, econômica e socioambiental de alternativas concorrentes. Dentre as alternativas possíveis, pode ser mais adequada a realocação de ocupações exageradamente próximas à praia, devolvendo ao meio ambiente uma faixa litorânea que absorva os eventos com recorrência inferior à 30 ou 50 anos. Entretanto, há situações nas quais resta somente a construção de obras costeiras ou até mesmo uma solução mista que contemple tanto a redução da vulnerabilidade (realocação de parte da população da faixa de praia) quanto a diminuição da ameaça (obras de defesa costeira em trechos específicos e de menor impacto) (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015, p. 70).

Torna-se imprescindível que avaliações sejam realizadas de forma coordenada, como a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil que atuam em ações de intervenções na área costeira (PEREIRA; OLIVEIRA, 2015).

## 2.4 Zona costeira

Zonas costeiras são áreas que apresentam diversas de feições geomorfológica, como os campos dunares, restingas, lagoas costeiras, praias, esporões arenosos, planície de marés, planície deltaica e rochas praias, onde a relação continente-oceano-atmosfera que, anteriormente, apresentavam um equilíbrio dinâmico, agora apresentam um desequilíbrio por conta das atividades antrópicas que ocupam, de forma intensiva e desordenada, as regiões costeiras (GOMES; ARAÚJO, 2017).

Entende-se costa como os diversos elementos da paisagem onde pode ser percebida as influências marinhas, apresentando a zona intertidal, que apresenta largura e delimitação interna que apresenta variação de acordo com o avanço do mar; podendo ser classificado como uma escarpa, a cabeceira de um estuário que sofre a influência das marés; ou sua porção interiorana, localizadas após dunas, restingas, lagoas e pântanos. A linha de costa, *coastline* em inglês, representa o limite terrestre da zona intertidal maior, independentemente da variação das marés. (CHRISTOFOLLETTI, 1980)

Quando se analisam os processos morfogenéticos que atuam sobre as formas de relevo das costas:

O controle geológico torna-se óbvio nas costas escarpadas, cujos aspectos estão relacionados com a estrutura e litologia. [...] Os movimentos tectônicos, como falhamentos, vulcanismo e dobramentos, possuem sensível influencia no modelamento costeiro. As estruturas menores também possuem importância em função da resistência que as rochas podem oferecer ao ataque dos processos litorâneos. Assim, as falésias talhadas em quartzito compacto, com poucas diáclases ou juntas, oferecem elevada resistência ao ataque da meteorização e das ondas; por

outro lado, uma rocha dura, mas com muitas diáclases e linhas de fraqueza, é atacado com maior facilidade [...]. (CHRISTOFOLETTI, 1980, p 129).

Falésia é uma designação usada para formas de relevo litorâneo abruptas ou escarpadas ou, para regiões com desnível de aspecto idêntico ao interior do continente. No entanto, deve ser usado para indicar o tipo de costa com fortes abruptos, trabalhado pela ação do mar, por meio do solapamento basal (GUERRA; GUERRA, 2008).

A falésia é uma forma de relevo com ausência de cobertura vegetal, com grande declividade, com diversos níveis altimétricos, localizado na zona de contato entre a terra e o mar. O recuo da falésia em direção ao continente aumenta a área erodida pelas ondas, denominada de terraço de abrasão, onde os sedimentos erodidos acabam sendo depositos nas partes mais profundas, constituindo o terraço de construção marinha e formando um plano de sutil inclinação em conjunto com o terraço de abrasão (CHRISTOFOLETTI,1980). Na falésia da praia de Ponta Verde observa-se algumas áreas de cobertura vegetal em alguns patamares localizados ao longo de sua extensão (Figuras 4 – 7).

**Figura 4** - Cobertura vegetal em patamar na falésia da praia de Ponta Verde.



Acervo do Autor, 2019

**Figura 5** - Cobertura vegetal em patamar na falésia da praia de Ponta Verde.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

Falésias podem ser definidas como taludes íngremes que estão sujeitos à ação marítima que pode ser vista como a principal desencadeadora dos processos erosivos. Para Emery e Kuhn (1982), as falésias podem ser agrupadas em três categorias distintas: as ativas, com exposição da base rochosa em função do recuo ocasionado por processos e agentes tanto marítimos, como subaéreos, sendo a mais complexa; as inativas, onde a base se apresenta coberta por tálus; e as antigas, aquelas onde não é mais evidenciada as influências dos processos marítimos e onde a erosão subaérea promove o arredondamento da crista da falésia e a acumulação do material erodido na sua base.

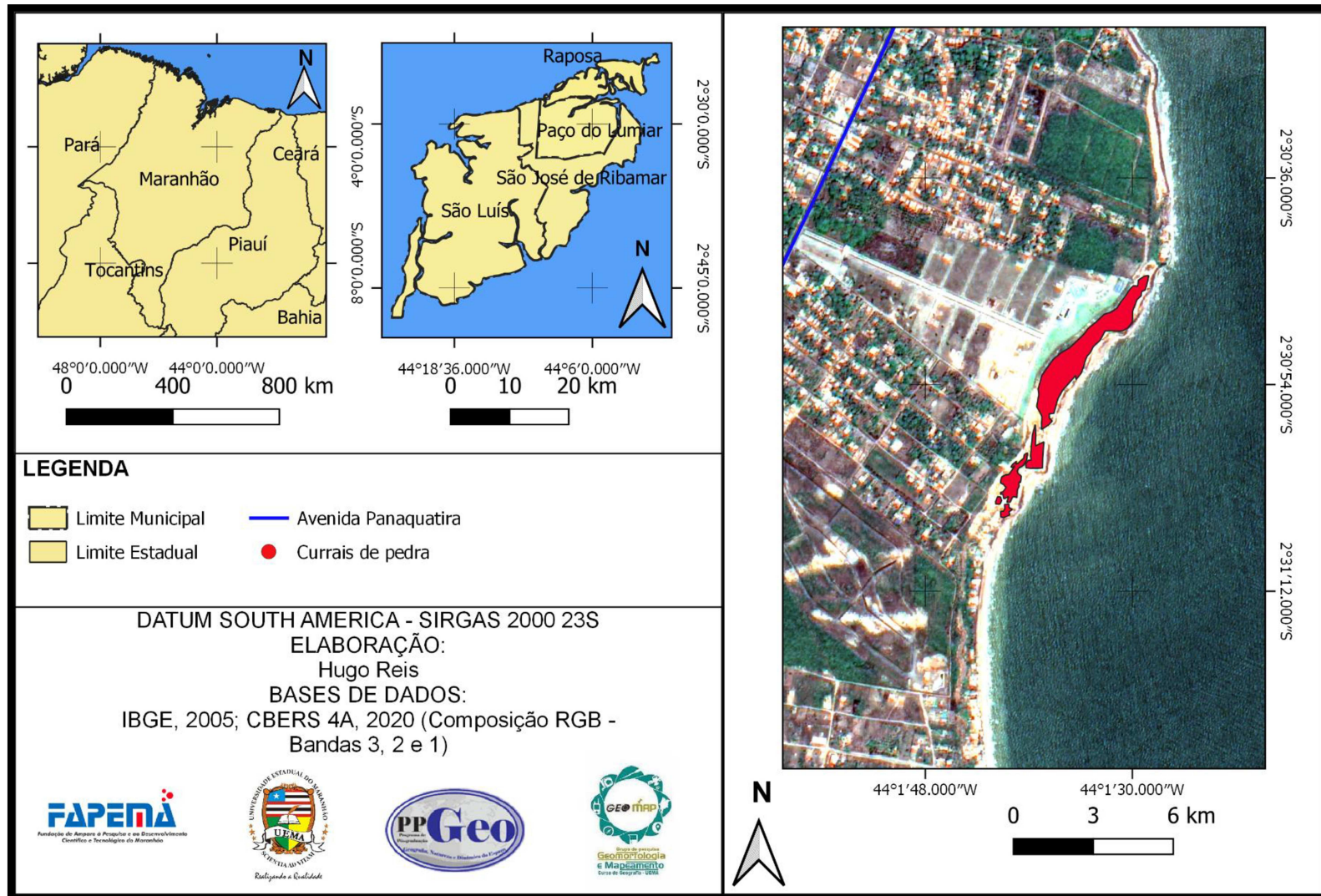
**Figura 6** - Cobertura vegetal em patamar na falésia da praia de Ponta Verde.



Fonte: Acervo do Autor, 2019



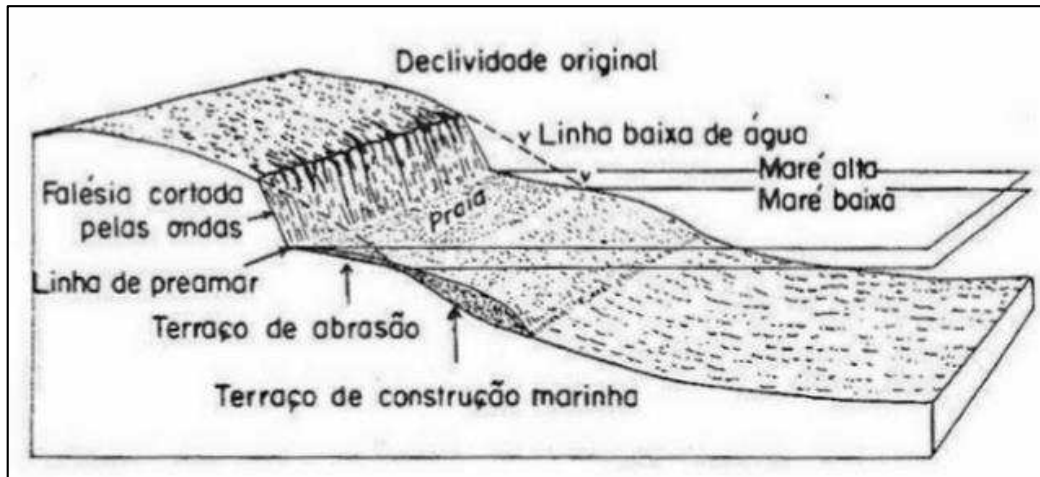
**Figura 7 -** Mapa de localização de cobertura vegetal em patamares ao longo da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Elaboração do Autor (2020)

Ainda segundo Christofolletti (1980), os principais elementos topográficos das costas escarpadas são: a falésia, o terraço de abrasão e o terraço de construção marinha, não acrescentando o sopé formado pelos terraços como parte da falésia (Figura 8).

**Figura 8** - Elementos topográficos de costa escarpada.



Fonte: Christofolletti (1980)

Segundo Souza et al. (2005) a maior ação que atua sobre os processos erosivos e deposicionais, transformando constantemente as áreas litorâneas é a dinâmica costeira. Na linha de costa os sedimentos são erodidos, transportados e depositados pelas ondas, que geralmente são geradas pelos ventos e pelas correntes marítimas.

Para Silva (2017) as marés resultam da combinação de três elementos: do movimento de rotação da Terra, da atração gravitacional da Lua (em maior escala) e do Sol (em menor escala), promovendo uma flutuação periódica do nível da água. De acordo com Rossetti (2008) essa atração gravitacional, produzida em lados opostos do planeta, origina as chamadas marés altas; nos extremos opostos ocorrerá o contrário, as chamadas marés baixas; e associada ao movimento de rotação, no intervalo de sua duração (aproximadamente 24h), cada ponto do litoral passará duas vezes pelos fenômenos da maré alta e maré baixa.

Identificam-se três diferentes tipos de maré no Brasil, sendo elas as micromarés, com amplitudes inferiores a 2m, no litoral sul, chegando a 0,5m; as mesomarés, com marés que variam entre 2m e 4m, encontradas no litoral nordestino; e as macromarés, com variação superior a 4m, podendo chegar a 16m, como nos estados do Pará e Maranhão, caracterizada como submergente, apresentando amplitude de maré por volta de 6m a 8m (ROSSETTI, 2008).

A extensão da plataforma continental vai ser de grande importância na amplitude das marés, visto que as maiores plataformas aumentam moderadamente a amplitude das marés oceânicas. Podem ainda associar-se a ondas promovendo intensos processos erosivos e

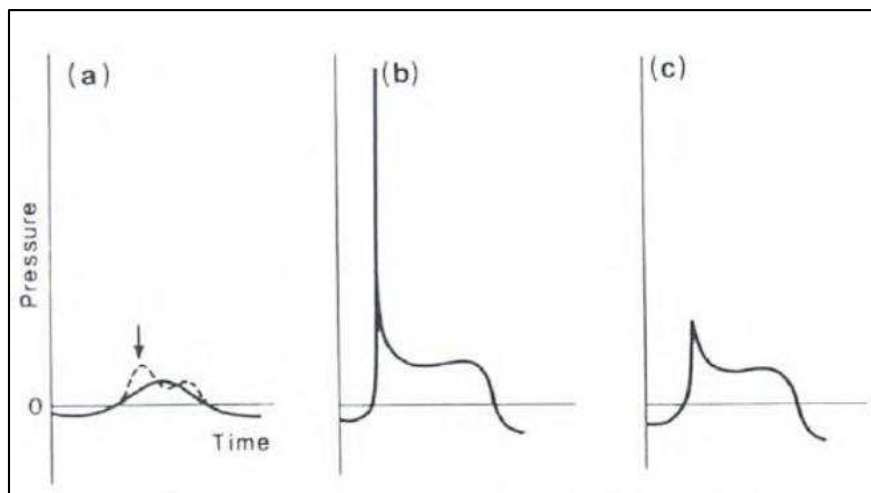
destruição de propriedades, como as vistas durante ou após a passagem de tempestades próximas a costa durante o fenômeno da maré de sizígia, produzindo as conhecidas “ressacas” que acabam cobrindo toda a faixa de areia da praia e chocando-se contra as falésias (SILVA, 2017; PRESS et al., 2006).

Para Souza et. al. (2005) quando se trata da configuração das falésias, as ondas podem ser consideradas um dos seus principais agentes modeladores. Formadas no oceano aberto pela ação dos ventos, necessitam de velocidade, duração e extensão da pista na superfície do oceano (*fetch*), visto que a quantidade de energia potencial absorvida pelas ondas é diretamente proporcional à duração dos ventos e da pista

Sobre as ondas:

Sunamura (1992) determina 3 (três) tipos de ondas que podem ocorrer na base de uma falésia quando a mesma incide paralelamente à linha de costa: *standing/* ondas estacionárias (a), *breaking/* ondas a quebrar (b) e *broken/* ondas já quebradas (c), conforme a **Figura 9**. As ondas estacionárias formam-se quando a profundidade na base da falésia for superior à profundidade a que um tipo específico de onda pode quebrar. As ondas a quebrar formam-se quando a profundidade da base da falésia é igual à profundidade que um tipo de onda pode quebrar, logo a onda arrebenta sobre a falésia. As ondas já quebradas formam-se quando a profundidade da base da falésia é inferior, a onda arrebenta mais para o largo e já chega arrebentada à base da falésia, mas isto varia muito de acordo com o atrito da onda com o fundo marinho e com a altura da maré no instante da observação (SILVA, 2017, p. 24-25, **grifo do autor**).

**Figura 9** - Tipos de arrebentação na base da falésia: a) *standing/* ondas estacionárias; b) *breaking/* ondas a quebrar; c) *broken/* ondas já quebradas.



Fonte: Sunamura (1992) *apud* Silva, 2017

As correntes litorâneas ou costeiras são definidas como grandes massas de água deslocando-se em função da diferença de temperatura, salinidade, vento, pressões barométricas e a força das marés, tendo a força de Coriolis, o vento e a rugosidade oceânica como determinantes de sua direção. Transportam e remobilizam sedimentos, e promovem a

manutenção da estabilidade e do equilíbrio dos ambientes costeiros (CHRISTOFOLETTI, 1980; SOUZA et al., 2005).

A circulação oceânica pode ser evidenciada na costa por meio da análise do ângulo de incidência das ondas na praia. A mais importante corrente oceânica é a denominada componente paralela à praia, responsável pela movimentação, retrabalhamento e distribuição dos sedimentos ao longo da costa (SOUZA et al., 2005).

Para Silva (2017) a dinâmica costeira é a principal responsável pelos processos de erosão e deposição, mantendo as áreas costeiras em constante transformação, onde tais processos modelam e criam morfologias diversas, dentre elas as falésias.

Os processos erosivos e deposicionais são controlados por meio da ação das ondas, das marés e das correntes litorâneas, visto que de acordo com a combinação de sua intensidade, da taxa de fornecimento de areia e a declividade pode ocorrer a acumulação de corpos clásticos arenosos, desenvolvidos abaixo e acima do nível do mar (VILLWOCK, 2005).

Souza et. al. (2005) afirmam que a erosão costeira ocorre ao longo da linha de costa atingindo promontórios, costões rochosos, falésias e praias (erosão praial), sendo consequência do balanço sedimentar negativo. Para Guerra e Guerra (2008) ela ocorre em função do contato da água do mar com a terra, por meio da ação destrutiva e construtiva das ondas; seu estudo, em combinação com o estudo dos movimentos de variação do nível do mar, é extremamente importante para as morfologias costeiras e continentais.

## 2.5 Litoral

O litoral pode ser definido como uma zona de usos múltiplos, encontrando-se diversas formas de ocupação da terra e manifestações de inúmeras atividades humanas. O critério usado para a escolha do litoral para tais finalidades varia conforme o uso projetado, podendo ser destinado a utilização como um sítio portuário ou para uso turístico (MORAES, 2005).

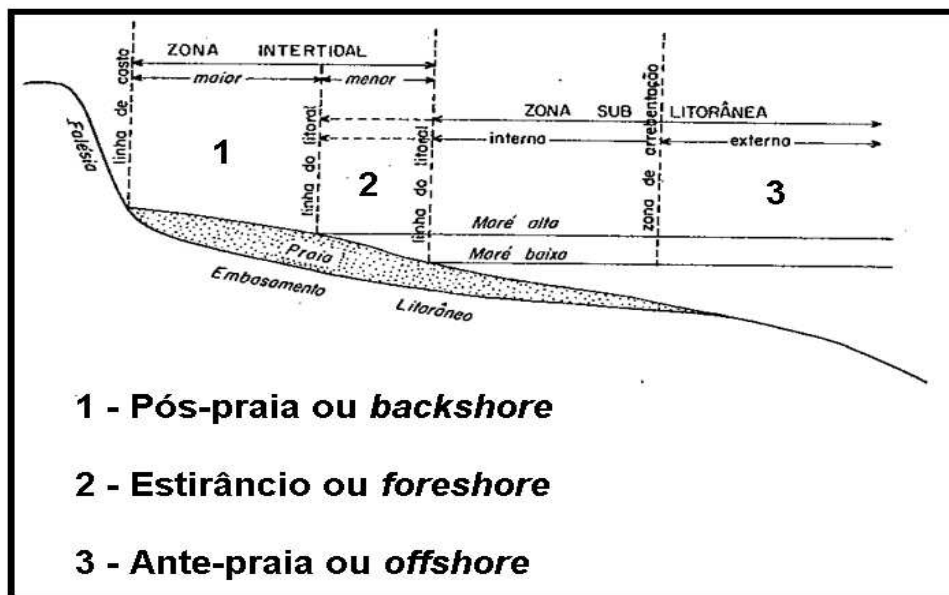
De acordo com Christofolletti (1980), foi necessário propor uma nomenclatura apropriada, que correspondesse aos termos já existentes na língua inglesa, dessa maneira:

- *Shore* tornou-se a zona intertidal, compreendida entre o nível normal de maré baixa e o da efetiva ação das ondas nas marés altas, podendo ser subdividida ainda em zona intertidal menor (*foreshore*) que permanece visível durante a maré baixa e oculta durante a maré alta e a zona intertidal maior (*backshore*) que está acima do nível normal da maré alta;
- *Shoreline* passa a ser definido como linha do litoral, demarcando o contato entre água e terra, sempre oscilando por conta dos movimentos das marés;

- *Nearshore* que corresponde à zona sublitorânea interna, partindo da linha do litoral à linha de arrebatção das ondas;
- *Offshore* interpretado como zona sublitorânea externa, que se estende da linha de arrebatção das ondas em direção às águas mais profundas.

Dessa maneira, Christofolletti (1980) ainda adapta outras designações à nomenclatura inglesa, onde temos o pós-praia como o *backshore* (zona intertidal maior), o estirâncio como o *foreshore* (zona intertidal menor) e ante-praia como *offshore* (zona sublitorânea externa). (Figura 10)

**Figura 10** - Nomenclatura descritiva do perfil litorâneo.



Fonte: Christofolletti, 1980 (adaptado).

Ao analisar as formas de relevo litorâneo, Christofolletti (1980) que o terraço de abrasão é o resultado do recuo das falésias em direção ao continente, ampliando a área erodida pelas ondas; o terraço de construção origina-se dos sedimentos erodidos das falésias e que acabam depositados em águas mais profundas; a praia é formada pelo conjunto de sedimentos depositado ao longo do litoral e que se encontra em constante movimento, sedimentos esses que podem ser areias – o mais dominante – cascalhos, seixos e por sedimentos mais duros do que as areias.

Ainda sobre terraço de abrasão:

O terraço de abrasão é proveniente de ação erosiva, localiza-se na faixa entre a maré alta e a maré baixa, este é ampliado à medida que a falésia recua e o terraço de construção marinha é proveniente de deposição. A ação da onda solapa a base da falésia formando as caneluras. Estes são definidos como pequenos sulcos ou regos que cortam as rochas, geralmente no sentido do declive da encosta (SILVA, 2017, p. 20-21).

Os detritos erodidos na etapa inicial são depositados no terraço de abrasão e, posteriormente, arrastados para entrarem na constituição do terraço de construção marinha. A intensa e constante ação das ondas sobre a falésia leva ao seu desgaste e colapso, resultando no seu recuo (SILVA, 2017).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo será abordado todo o procedimento metodológico utilizado durante todo o trabalho, desde o levantamento cartográfico e bibliográfico, como as atividades de campo, as análises em laboratório das amostras coletadas em campo e a elaboração dos mapas apresentados no trabalho.

#### 3.1 Levantamentos cartográfico e bibliográfico

A produção e evolução do conhecimento científico só ganha credibilidade quando é realizado o levantamento e análise do material bibliográfico que trata do assunto analisado e que fundamente a pesquisa em locais de confiança. Dessa forma, foram pesquisados conteúdos relacionados à Geossistemas; Questão ambiental e Zona costeira; Interferência humana na zona costeira; Litoral e costa, praia, falésia, duna, terraço de abrasão; Uso e cobertura do solo; Geologia; Geomorfologia; Solos; Clima, em diferentes fontes, como livros, artigos científicos, monografias, dissertações e teses.

Parte da bibliografia utilizada encontra-se na Biblioteca Central da Universidade Estadual do Maranhão e na Biblioteca Central da Universidade Federal do Maranhão. Os artigos pesquisados foram adquiridos junto ao portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES e diretamente nos endereços eletrônicos das principais revistas nacionais e internacionais sobre a temática do assunto.

#### 3.2 Atividades de campo

As atividades de campo foram realizadas na praia de Ponta Verde, no município de São José de Ribamar, no período de agosto a novembro de 2019, totalizando três atividades de campo, cuja finalidade foi o levantamento preliminar das características gerais da área, registro fotográfico dos diferentes ambientes costeiros, obtenção de fotografia aérea da localidade com utilização do drone PHANTON IV e coleta de 32 de amostras deformadas no talude da falésia, para análise morfológica e granulométrica.

No primeiro campo, no dia 23 de agosto de 2019, foi realizada a delimitação da área de estudo e observação *in loco* da influência da ação antrópica sobre as unidades da paisagem, bem como o contato preliminar com a população nas áreas adjacentes às falésias e registro fotográfico (Figuras 11 e 12). Durante o segundo campo, realizado no dia 08 de setembro de 2019, foram coletadas 18 amostras de solos deformadas para determinação de propriedades

físicas da falésia (análise morfológica e erodibilidade) (Figura 13). As coletas de amostras de solo deformadas foram executadas durante o período seco do ciclo climático da Ilha do Maranhão, realizada de acordo com EMBRAPA (2011).

**Figura 11** - Localização da área de coleta de amostras conhecida como “Escada de pneu”.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 12** - “Escada de pneu”.



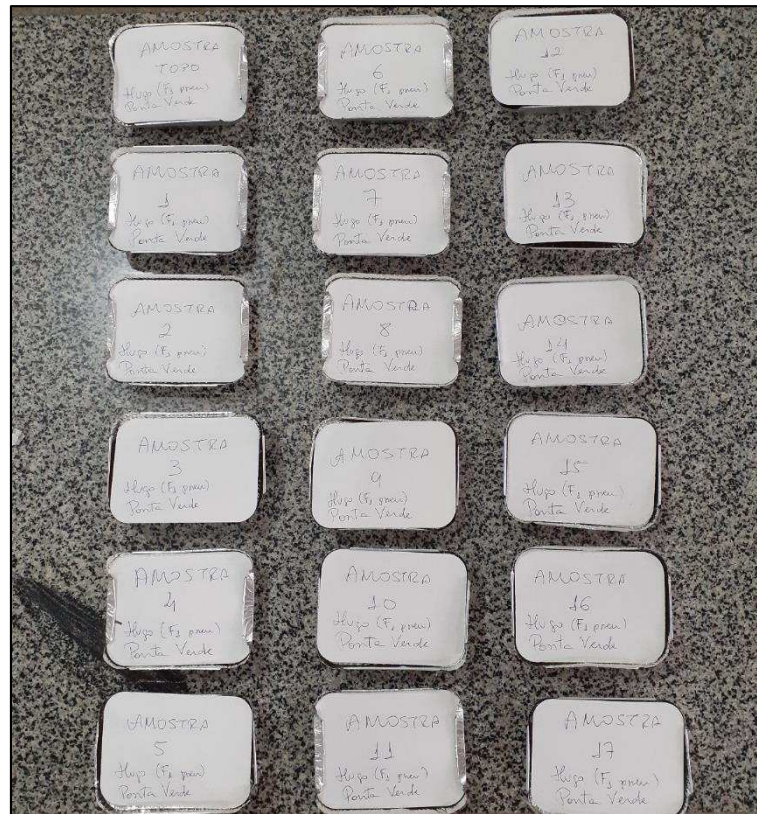
Fonte: Acervo do Autor, 2019

As amostras foram coletadas no intervalo de 1 metro, no perfil da falésia, iniciando do topo da mesma e com a utilização dos seguintes equipamentos: martelo pedológico, sacos de



amostra, trena (Figuras 14 – 16). As amostras deformadas foram colocadas em sacos plásticos e numeradas de acordo com o ponto previsto, sendo em seguida acondicionadas em caixas e enviadas para o laboratório de Geociências do Departamento de História e Geografia.

**Figura 13 - Amostras coletadas na falésia de Ponta Verde.**



Fonte: Acervo do Autor, 2020

**Figura 14 - Coleta de amostras no perfil estratigráfico da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.**



Fonte: Acervo do Autor, 2020

**Figura 15** - Registro do material coletado de amostras no perfil estratigráfico da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.

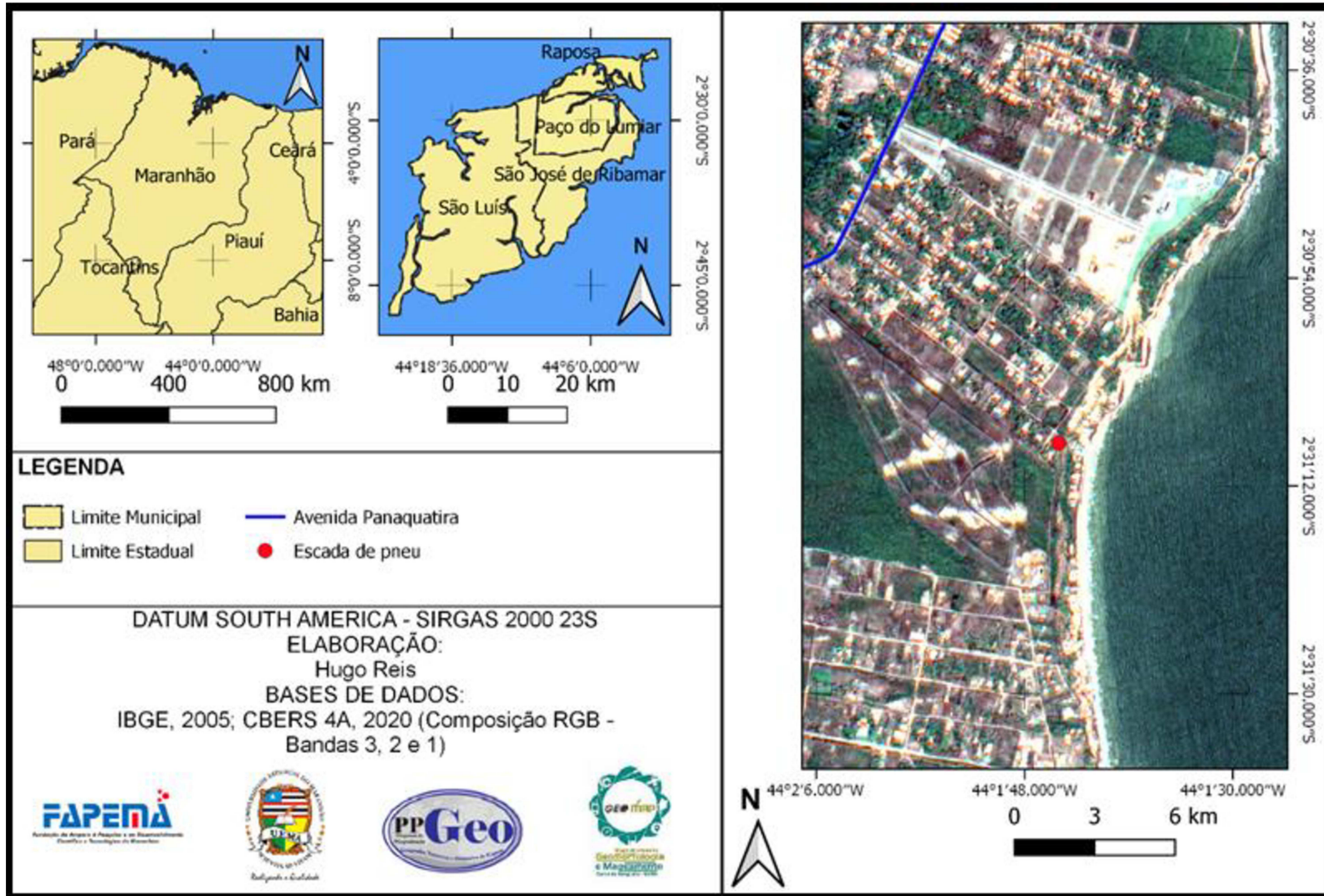


Fonte: Acervo do Autor, 2020.

O terceiro campo, teve como objetivo monitorar as diferentes unidades da paisagem e recuo da falésia utilizando do drone PHANTON IV (Figura 17), por meio de análise comparativa das fotografias do mesmo ponto em diferentes períodos. O último campo com utilização do drone fora realizado em dezembro de 2020. Com as imagens obtidas com o drone foi possível identificar a ocorrência de movimentos de massa na área de estudo.

A taxa de infiltração no topo da falésia da Ponta Verde foi mensurada de acordo com os procedimentos apresentado por Hills (1970), que consiste na utilização de anel colocado na superfície do solo a ser analisado, onde será preenchido com água, e com uma régua será medida a profundidade da água a ser infiltrada por minuto, durante 30 minutos de observação. Ao infiltrar toda a água existente no anel antes do tempo, o mesmo será preenchido, para que a infiltração continue a ser medida.

**Figura 16** - Mapa de localização do ponto de coleta das amostras do perfil estratigráfico da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Elaboração do Autor(2020)

**Figura 17** - Drone PHANTON IV.



Fonte: Acervo do Autor, 2020.

Para a realização do teste, a técnica utilizada foi proposta por Guerra (2011), que explica passo a passo a princípio da criação de um infiltrômetro, que pode ser produzido a partir de diversos materiais, no caso dessa pesquisa o material utilizado para criação do infiltrômetro foi o ferro, que segue as dimensões propostas pelo autor, ou seja, o mesmo possui 15 cm de altura, 10 cm de largura ( $r=5$ ). Foram utilizados materiais como: garrafa pet de 5l (com água), uma régua, um infiltrômetro de Hills, cronômetro e bloco para anotação dos valores. A garrafa pet com água foi utilizada para preenchimento do infiltrômetro, a régua foi utilizada para medição da altura da água no infiltrômetro, o cronômetro para marcação do tempo do teste e o bloco de anotações para efeito de preenchimento com os valores obtidos na técnica de infiltração.

Os testes ocorrem na falésia da seguinte maneira:

- Escolha de um local na borda das voçorocas para colocação do infiltrômetro;
- Utilização de um martelo para fixar 5 cm do infiltrômetro no solo 3 (Figura 18);
- Fixação da régua ao interior do infiltrômetro no nível de 10 cm (Figura 19);
- Preenchimento do interior do infiltrômetro com água até que chegasse à marca de 10 cm e;

- Medição e posterior em anotação, segundo proposto de Guerra (2011), no tempo de 30 s, 60 s, 1:30 min., 2 min., 3 min., e assim respectivamente até 30 min. (tempo máximo do experimento).

**Figura 18** - Martelo usado na medição da infiltração.



Fonte: Acervo do Autor, 2021

**Figura 19** - Régua usada na medição de infiltração.



Fonte: Acervo do Autor, 2021

### 3.3 Análise de laboratório

As análises das propriedades físicas e morfológicas das amostras coletadas foram realizadas no laboratório de Geociências do Departamento de História e Geografia da Universidade Estadual do Maranhão. A descrição morfológica das amostras deformadas no campo segue o proposto por Lemos & Santos (1996) e com o preenchimento da ficha de campo para descrição morfológica dos solos do IBGE (2007), (ANEXO A), onde são descritas características como estrutura (forma e tamanho), consistência (seca, úmida ou molhada, plasticidade e pegajosidade) e textura (Figuras 20 – 23). Nessas atividades, o martelo pedológico faz-se necessário para a quebra de agregados mais compactos do solo e sua correta caracterização.

**Figura 20** - Exemplar de amostra coletada.



Fonte: Acervo do Autor, 2020.

**Figura 21** - Análise da estrutura da amostra.



Fonte: Acervo do Autor, 2020

**Figura 22** - Verificação da plasticidade da amostra.



Fonte: Acervo do Autor, 2020

**Figura 23** - Verificação da pegajosidade da amostra.



Fonte: Acervo do Autor, 2020

A determinação da cor do solo foi executada a partir do uso da Carta de Munsell (2009), comparando-se a cor de cada amostra de solo seca e úmida com as cores da escala Munsell e anotando-se a cor mais aproximada (Figuras 24 e 25).

As análises das propriedades físicas dos solos coletados no perfil da falésia selecionada envolverão a determinação das seguintes propriedades: granulometria, densidades real e aparente, porosidade e teor de matéria orgânica (EMBRAPA, 2011), tendo por objetivo a caracterização dos sedimentos das áreas degradadas, que auxilia no diagnóstico das áreas degradadas existentes na bacia, perceptíveis nos topos e nas bordas dos tabuleiros, e se repercute de forma direta e indireta nas calhas fluviais e fluviomarinhas. As análises serão realizadas no Laboratório de Geociências, do Departamento de História e Geografia, da Universidade Estadual do Maranhão.

**Figura 24** - Comparação da amostra seca com a escala de Munsell.



Fonte: Acervo do Autor, 2020.



**Figura 25** - Comparação da amostra úmida com a escala de Munsell.



Fonte: Acervo do Autor, 2020

A densidade aparente (ou massa específica aparente) de solos depende grandemente da composição mineral do solo e do grau de compactação. A determinação da densidade aparente realizou-se através das amostras indeformadas. Estas foram colocadas em anéis, de peso conhecido e anotado (Figura 26). As amostras foram levadas à estufa por 24 horas, a uma temperatura de 105°C (Figura 27). Dividindo-se o valor do peso das amostras secas a 105°C do volume do anel do coletor (neste caso, 100cm<sup>3</sup>), se obtém o valor da densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>) (ANEXO B).

**Figura 26** - Anéis volumétricos com amostras.



Fonte: Acervo do Autor, 2021

**Figura 27 - Estufa.**

Fonte: Acervo do Autor, 2021

A densidade real, ou de partículas, é a relação de uma amostra de solo e o volume ocupado por suas partículas sólidas (KIEHL, 1979). Sua análise ocorreu com a utilização de balão volumétrico, álcool etílico absoluto e 20g de amostra pesada em balança de precisão (Figuras 28 – 30). Ao término do procedimento, dividiu-se o peso da amostra seca (Figura 31) pelo respectivo valor de álcool gasto, indicado na bureta, obtendo-se o valor da densidade de partículas ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).

**Figura 28 - Balão volumétrico.**

Fonte: Acervo do Autor, 2021

A porosidade será determinada por meio dos valores da densidade aparente e da densidade de partículas é possível adquirir os valores de porosidade de uma amostra de solo. Este valor é adquirido pela fórmula: Porosidade Total (%) =  $100(a-b)/a$ ; onde  $a$  é a densidade real e  $b$  a densidade aparente. A porosidade total, calculada acima, refere-se à soma da microporosidade com a macroporosidade (ANEXO C).

**Figura 29** - Utilização de álcool etílico absoluto.



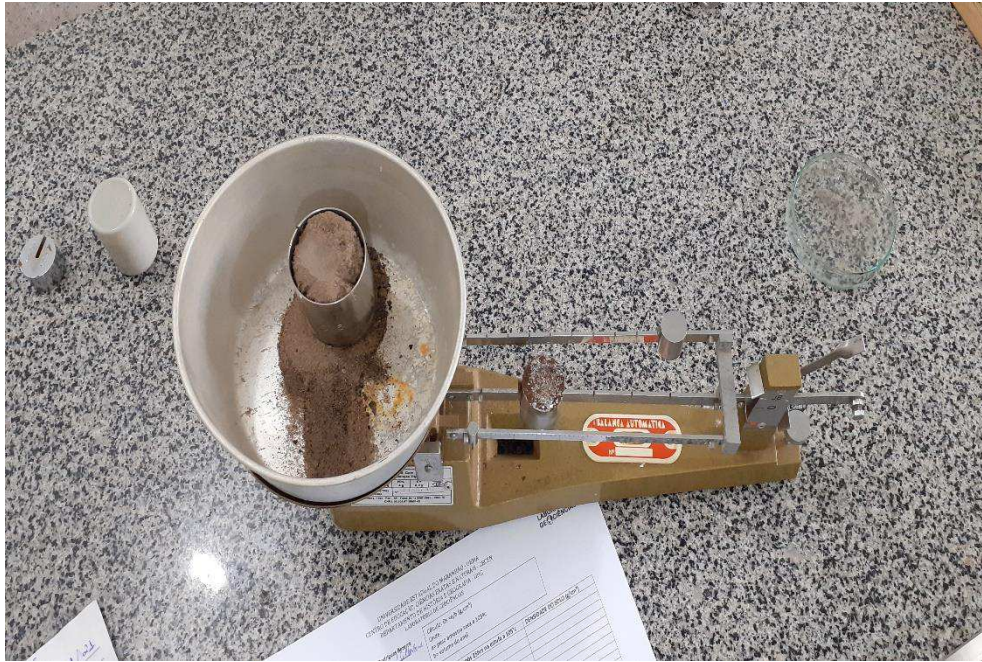
Fonte: Acervo do Autor, 2021

**Figura 30** - Balança de precisão.



Fonte: Acervo do Autor, 2021

**Figura 31** - Amostra seca sendo pesada.



Fonte: Acervo do Autor, 2021

### 3.4 Mapeamento temático

O mapa de localização da Praia de Ponta Verde, no município de São José de Ribamar, foi elaborado a partir de imagem do satélite CBERS 4A, do ano de 2020. A imagem foi obtida por meio da Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM) e apresenta 2m de resolução pancromática e 8m de resolução multiespectral. Após a aquisição na Divisão de Geração de Imagem – OBT<sup>3</sup>/INPE<sup>4</sup> (<http://www.dgi.inpe.br/catalogo/>) a imagem foi geoprocessada no software QGIS 3.10.14.

O mapa de uso e ocupação da terra teve como base imagens de satélite Landsat 8 do ano de 2020, que recobre toda a área de estudo. Após a coleta da imagem identificou-se os grupos de pixels que representam a cobertura arbórea, solo exposto, área construída e corpos d'água. A classificação supervisionada foi realizada por meio da ferramenta estatística *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP), disponível no software QGIS 3.10.14 que gerou a visualização das diferentes classes de uso do solo.

---

<sup>3</sup> Coordenação-Geral de Observação da Terra

<sup>4</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

#### 4 CARACTERÍSTICAS GEOAMBIENTAIS

A praia de Ponta Verde está situada no município de São José de Ribamar, compondo juntamente com São Luís, Raposa e Paço do Lumiar, os municípios da Ilha do Maranhão. Neste sentido, faz-se necessário o levantamento das características geoambientais gerais da Ilha do Maranhão, como o uso e ocupação, geomorfologia, geologia, pedologia, clima para um melhor entendimento da área objeto de estudo nesta dissertação.

A Ilha do Maranhão é formada por quatro municípios: São Luís, São José de Ribamar e Paço do Lumiar e Raposa. O processo de ocupação urbana da ilha remonta desde 1612, ano de sua fundação, até os dias atuais, passando por uma significativa evolução, a nível nacional, apresentando fases diferenciadas de crescimento urbano, influenciada por fatos relevantes da história da cidade.

Um exemplo de uma fase importante do crescimento urbano tem-se o surto industrial que se deu em São Luís, a partir da segunda metade do século XVIII, quando a maior concentração das fábricas no Maranhão localizava-se na cidade; outro período de grande crescimento populacional ocorreu nas décadas de 1950 e 1960, em função do processo migratório de famílias vindas do Sertão Nordestino, expulsas da grande seca da década de 1950 (DINIZ, 1993). No período entre 1970 a 1990 o contingente populacional de São Luís tem aumentado extraordinariamente em face dos projetos industriais como a ALUMAR (Alumínios Maranhão) e Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), atual VALE.

Para Diniz (1993), o crescimento demográfico de São Luís e da Ilha do Maranhão, foi um dos fatores, que atrelados aos movimentos migratórios, mais contribuiu para a expansão urbana da cidade.

Dentro do contexto do sistema urbano, a cidade de São Luís, capital maranhense, situa-se no grau mais elevado da hierarquia, possuindo maior número e diversidade de funções e contingente urbano ser superior às demais cidades do Estado. Importante destacar que os municípios de São José de Ribamar, Paço do Lumiar e Raposa apresentam total dependência econômica em relação a São Luís, tal situação faz com que qualquer análise da aglomeração urbana de São Luís tenha que se realizar um abordagem extensiva a toda à ilha, visto que as áreas ainda não totalmente integradas no espaço construído já se constituem em reservas de expansão, tanto do crescimento habitacional como aquele destinado a fins industriais, e demais atividades a serem induzidas (FERREIRA, 1989).

No tocante à Geomorfologia, a topografia do relevo do estado do Maranhão é relativamente baixa e na Ilha do Maranhão é de planície, similar às zonas costeiras e litorâneas do norte do Brasil (FARIAS FILHO; CELERI, 2015).

De acordo com Ab'Saber (1960), os processos remodeladores são recentes, datando do período Quaternário, e mede-se por uma escala de atuação de processos interferentes, cuja duração é de alguns milhares, dezenas ou centenas de milhares de anos. A evolução geomorfológica do Golfão Maranhense começa com o soerguimento da faixa litorânea (Plioceno), resultando numa superimposição da rede de drenagem e erosão da Formação Barreiras, conseqüentemente por um novo soerguimento com retomada de erosão e aprofundamento dos vales a um nível mais inferior.

No Pleistoceno verifica-se maior regressão marinha originando uma nova configuração das baías de São Marcos e São José, isolamento da Ilha do Maranhão e, no final da época pleistocênica, um novo soerguimento de menor intensidade e moderada transgressão marinha, que acaba por redefinir a morfologia do Golfão Maranhense (AB'SABER, 1960).

Na Ilha do Maranhão as planícies fluviomarinhas de baixas altitudes, colinas suaves e arredondadas e tabuleiros são as formas de relevo mais abundantes, estas últimas apresentando topos tabulares e subtabulares que descem para a planície aluvial, conformando barreiras íngremes expostas à ação dos agentes geomorfológicos (FREIRE; DIAS, 2006).

Sobre esse fato:

As condições ambientais da Ilha do Maranhão, definidas por formações geológicas sedimentares, clima quente e úmido, ventos fortes e relevo suave a suave ondulado, permitem que os solos predominantes sejam os Latossolos Amarelos que são ácidos, pobres em matéria orgânica, de erodibilidade elevada, apresentando fortes limitações para a agricultura. Mesmo sendo pobres, esses solos abrigam ou abrigavam uma cobertura vegetal arbórea e com grande biodiversidade de espécies decorrentes da tolerância das espécies à pobreza química dos solos e às interações biológicas existentes (FARIAS FILHO; CELERI, 2015, p. 16).

Os solos da Ilha do Maranhão frágeis e apresentam forte fragilidade e limitações agrícolas; anda assim encontram-se uso agrícola em pequenas propriedades da zona rural dos quatros municípios que compõem a Grande Ilha.

De acordo com Farias Filho e Celeri (2015), sedimentos intemperizados da Formação Itapecuru e do Grupo Barreiras tornam ácidos, quimicamente pobres e fisicamente limitados os solos da Ilha do Maranhão, além da associação das condições geológicas e geomorfológicas com as características climáticas restringirem os tipos de solos, com destaque para os Latossolos Amarelos, com a presença de manchas de Plintossolos, Argissolos, Gleissolos e Neossolos Quartzarênicos em pontos restritos em torno de pequenos cursos d'águas.

Sobre as condições climáticas, Farias Filho e Celeri (2015) nos dizem que a intensidade do adensamento humano e edificações são fatores fundamentais para entender a gênese de fenômenos climáticos urbanos. A Ilha do Maranhão está passando por grandes transformações econômicas, acelerado crescimento urbano o que resulta na necessidade de medições climáticas constantes para identificar maiores alterações do clima e apresentar soluções que minimizem os efeitos destas “perturbações” no clima local sobre o ambiente e, especialmente, sobre a qualidade de vida dos habitantes da Ilha.

O clima local e as limitações químicas dos solos permitem que a flora local seja perenifólia, característica da Floresta Amazônica, apresentando floresta de galerias entremeadas por igarapés de água doce, terras baixas e formações colinosas (FARIAS FILHO, 2010).

Sobre a vegetação da Ilha do Maranhão:

A paisagem da Ilha do Maranhão encontra-se muito devastada pelo homem em função da expansão urbana, com algumas espécies ameaçadas de extinção, como o ariri. Os sistemas de dunas e manguezais vêm sendo intensamente ameaçados pela ocupação humana. Essas adversidades podem contribuir para a diminuição de espécies nativas, bem como das que se adaptaram ao ambiente local (FARIAS FILHO e CELERI, 2015, p. 37-38).

A diminuição da área de cobertura vegetal da Ilha do Maranhão está associada à construção de empreendimentos imobiliários – como casas, conjuntos habitacionais ou novas áreas de ocupação irregulares – e industriais.

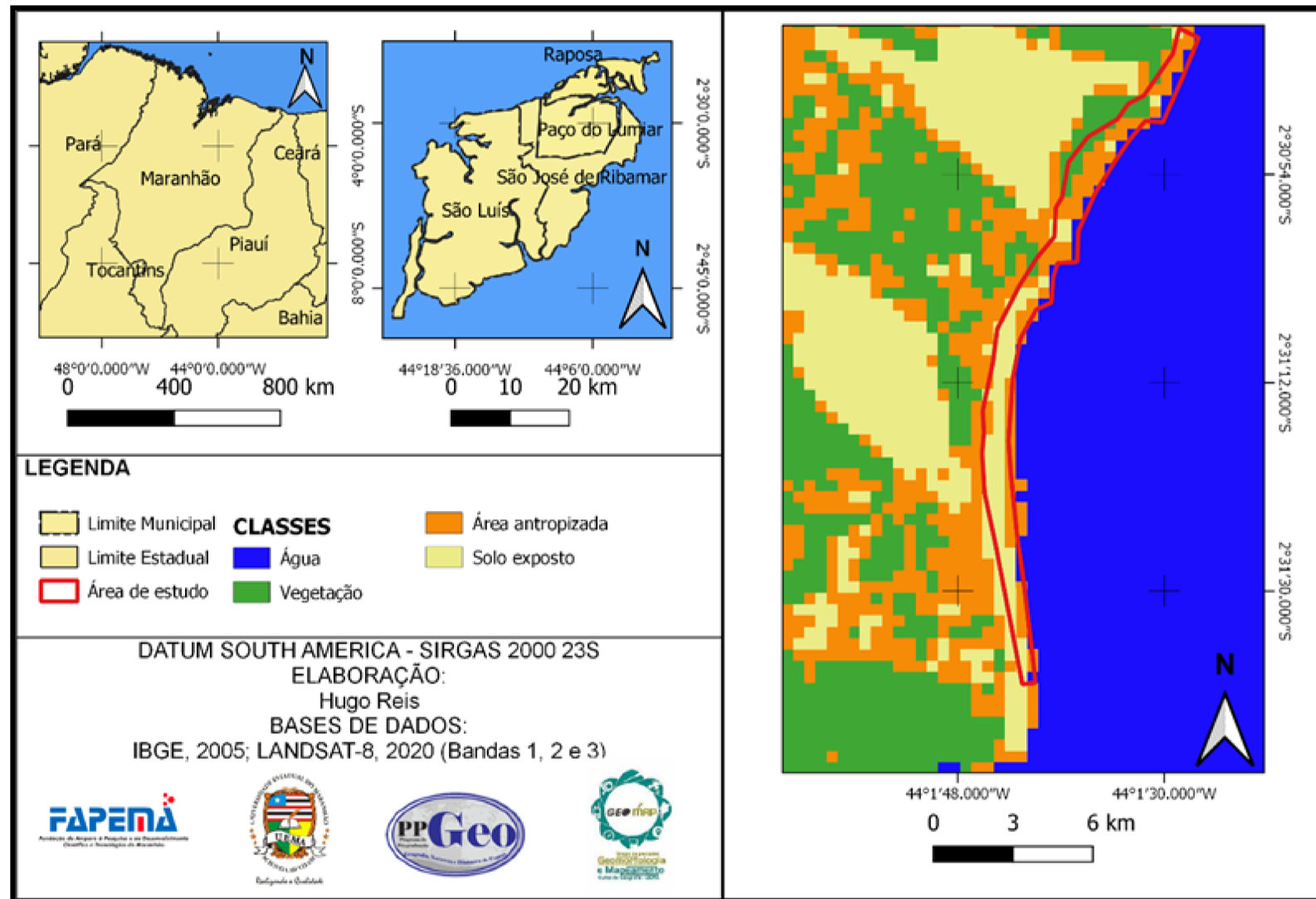
#### **4.1 Uso e cobertura da terra**

Quando se trabalha com análise da aceleração dos processos erosivos, o conhecimento da área e da forma como o solo está sendo utilizado para entender o processo de evolução e o seu causador, que na maioria das vezes é o homem (BEZERRA, 2016).

Sobre o uso e cobertura da terra:

[...] O levantamento do uso e cobertura da Terra indica a distribuição geográfica da tipologia de uso, identificada por meio de padrões homogêneos da cobertura terrestre. Envolve pesquisas de escritório e de campo, voltadas para a interpretação, análise e registro de observações da paisagem, concernentes aos tipos de uso e cobertura, visando sua classificação e espacialização por meio de cartas. O levantamento também comporta análises e mapeamentos e é de grande utilidade para o conhecimento atualizado das formas de uso e de ocupação do espaço, constituindo importante ferramenta de planejamento e de orientação à tomada de decisão (IBGE, 2013, p. 36-37). (Figura 32)

Figura 32 - Mapa de uso e ocupação da terra da falésia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Elaboração do Autor (2020)



Para o estudo de processos erosivos diversos a compreensão da forma como os solos são utilizados e ocupados é vital pois a má utilização desse recurso é a principal causa de degradação do meio ambiente (SOUZA; REIS, 2011).

A respeito da necessidade do conhecimento do uso e cobertura da terra:

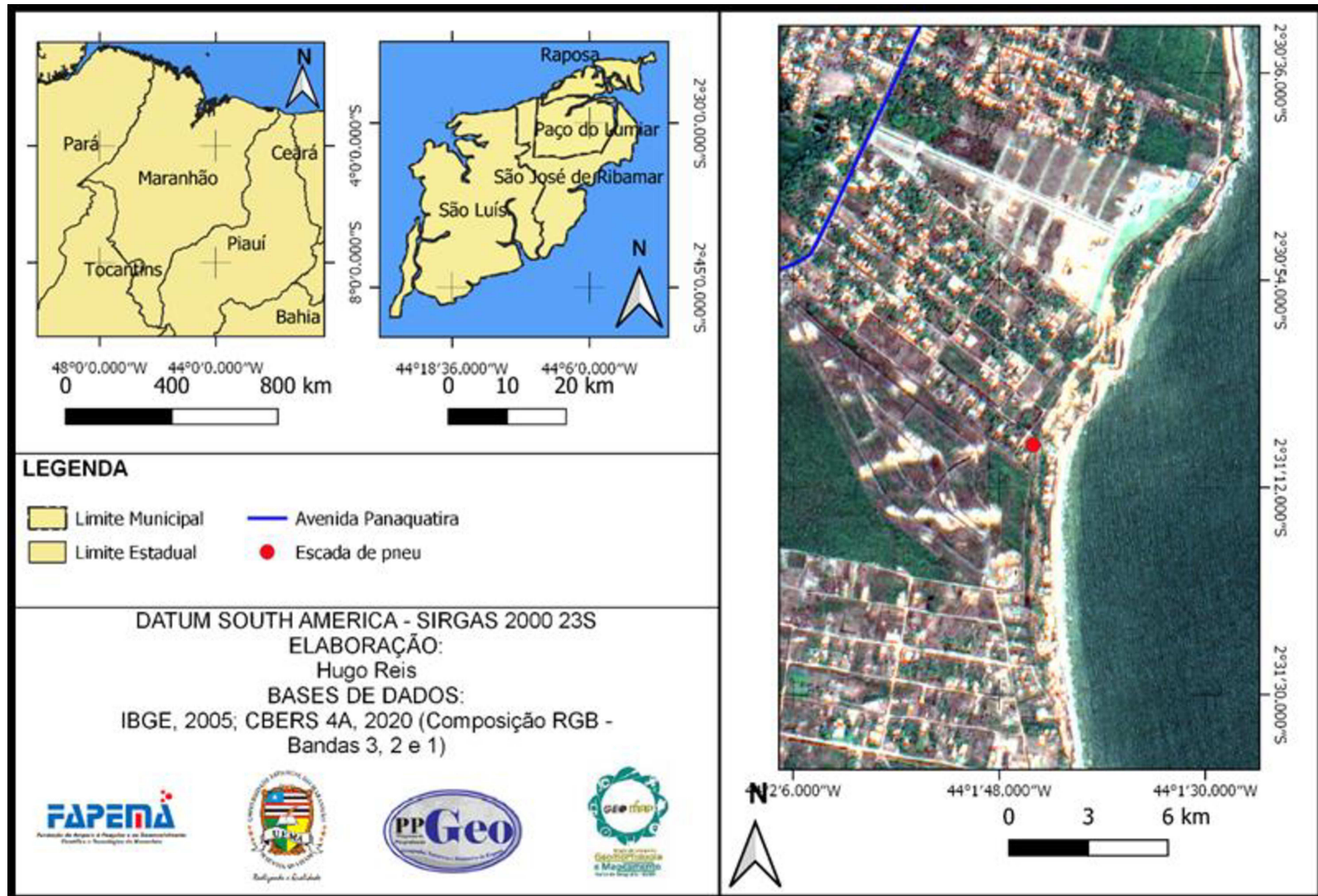
O conhecimento da distribuição espacial dos tipos de uso e da cobertura da terra é fundamental para orientar a utilização racional do espaço. Segundo Keller (1969, p. 151) *somente o registro dos fatos em mapas poderá mostrar as áreas e a distribuição real das diferentes formas de uso do espaço*. Os dados de imagens orbitais são importantes fontes básicas para o mapeamento do tema uso da terra, embora *per se* sejam insuficientes para dar conta da realidade, requerendo a agregação de dados exógenos de natureza diversas durante a interpretação dos padrões homogêneos de uso da terra (IBGE, 2013, p. 38).

A cidade de São José de Ribamar está localizada na mesorregião Norte Maranhense e na Microrregião da Aglomeração Urbana de São Luís, que além deste município fazem parte São Luís, Paço do Lumiar e Raposa), figura 33.

Segundo Farias Filho (2010) município de São José de Ribamar originou-se devido o naufrágio de um navio português nos bancos de areia que compunham a baía de Guaxenduba. Assustados e desesperados os navegadores começaram a rogar aos céus que os protegessem e, em meio à aflição, o capitão, rogou ajuda ao santo milagroso São José e assim todos foram salvos e se valeram da imagem do padroeiro. Anos após, um velho marujo trouxera uma bela obra estatuária do santo milagroso e construiu uma capelinha de palha em agradecimento à realização do milagre que resultou no salvamento de todos os naufragos. A partir daí a cidade passou a se chamar de “arriba mar”.

A colonização de São José de Ribamar iniciou-se através da aldeia dos gamelas. De acordo com Reis (2001) os índios Gamela foram catequizados por missionários através da Companhia de Jesus, que receberam doações de terras coloniais, na época pelo Governador do Maranhão, Francisco Coelho de Carvalho, em 1627. Suas principais atividades econômicas, segundo Farias Filho (2010) eram a pesca e a caça, além de produzirem pequenas roças de mandioca e trocarem mel de abelha por outras mercadorias com os colonos.

Figura 33 - Mapa de localização da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Elaboração do Autor (2020)

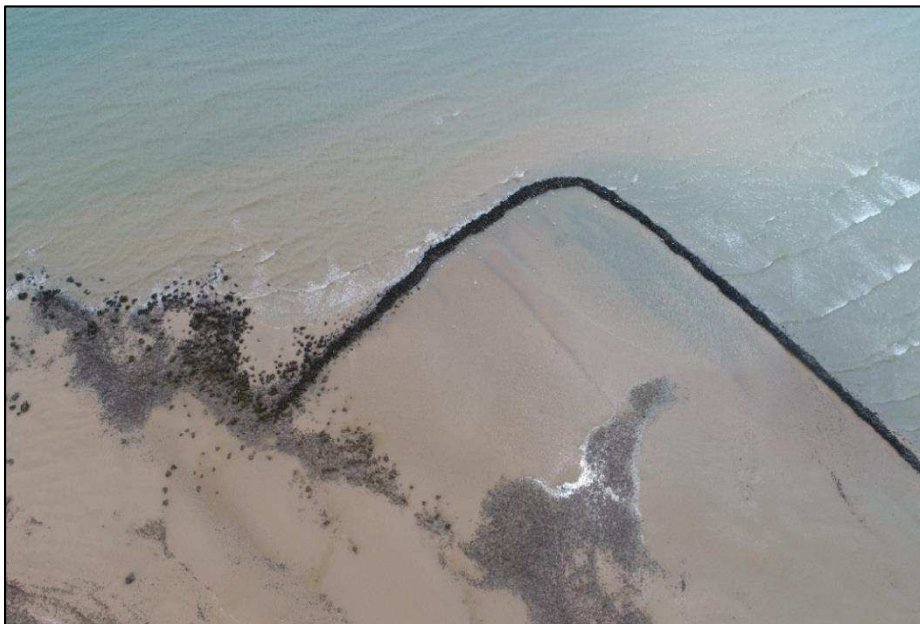
Além das práticas acima citadas, os índios gamela realizavam a pesca utilizando o terraço de abrasão (Figura 34), de onde retiravam os arenitos ferruginosos da base da falésia, empilhando-os uns sobre os outros formando semicírculos à beira-mar (Figura 35), em ângulos abertos. Esses cordões feitos de pedras que na língua dos indígenas eram chamados de itapari, ainda se encontram nesse litoral (Figura 36), sendo chamados atualmente de “currais de pedras”, e são muito utilizados pela população local.

**Figura 34** - “Curral de pedra” visto na baixa-mar, na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



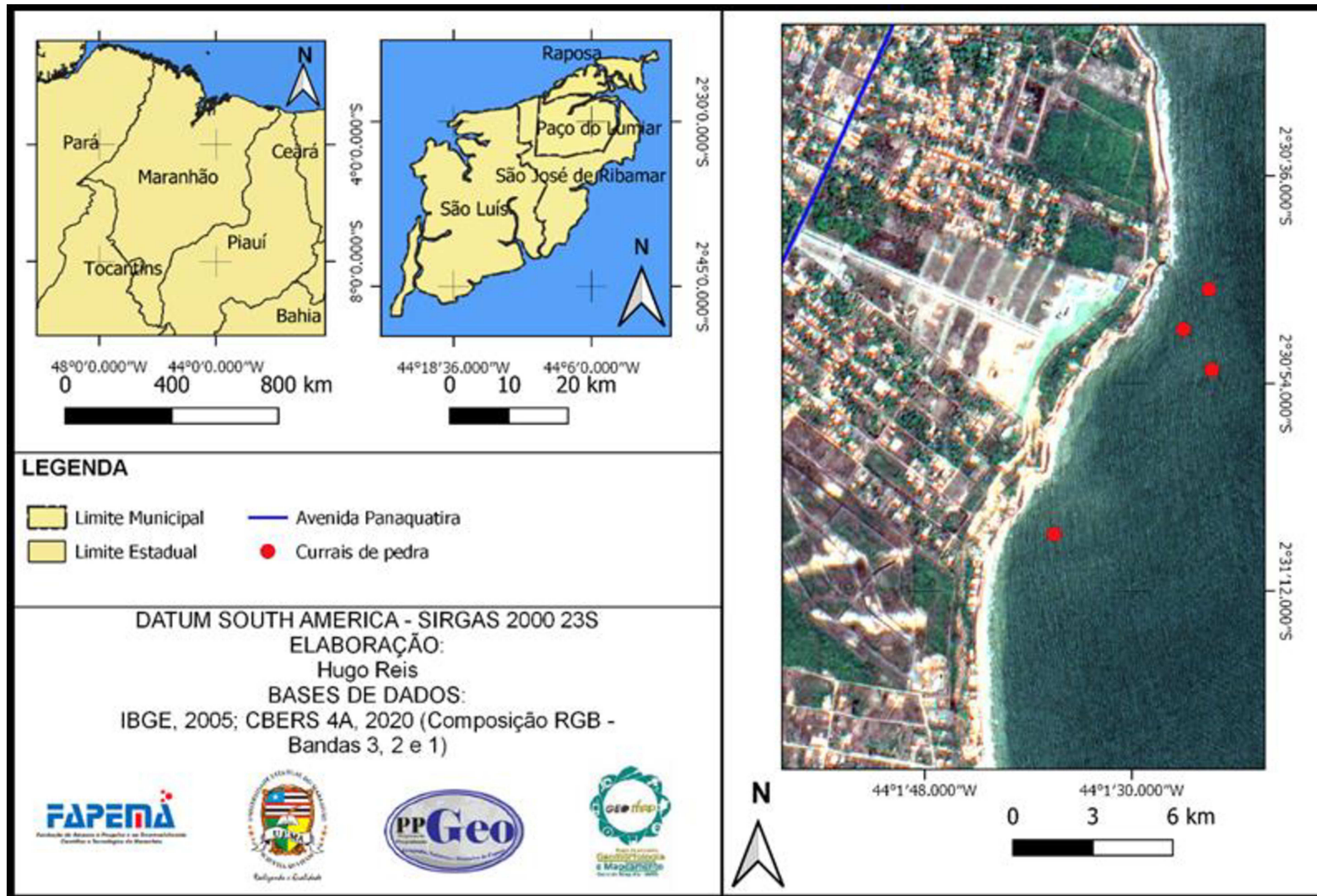
Fonte: Acervo do Autor, 2020

**Figura 35** - Visão aérea de “curral de pedra” visto na baixa-mar, na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2020

Figura 36 - Mapa de localização de “currais de pedra” na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Elaboração do Autor(2020)

A implantação das estruturas é feita na linha do estirâncio, aproveitando a variação diária da maré. No momento em que a maré alcança seu máximo transgressivo as camboas ficam totalmente submersas, fazendo com que os peixes cheguem mais próximos a linha da costa; ao passo que o movimento de baixa-mar decorre, a maré torna-se vazante e os animais ficam aprisionados no interior das camboas; por fim ocorre o despescar dos peixes e mariscos aprisionados com redes, arpões e flechadas (BANDEIRA, 2015).

Sobre formação histórica de região que hoje compreende o município de São José de Ribamar, em 1896 a localidade já possuía 19 casas cobertas de telhas e algumas de palha em torno da Igreja e na boca do caminho que conduz à capital (Livro do Tombo do Curato / Paróquia / Santuário de São José de Ribamar, p. 35-A).

O município passou por várias nomenclaturas até receber, por definitivo, o nome de São José de Ribamar:

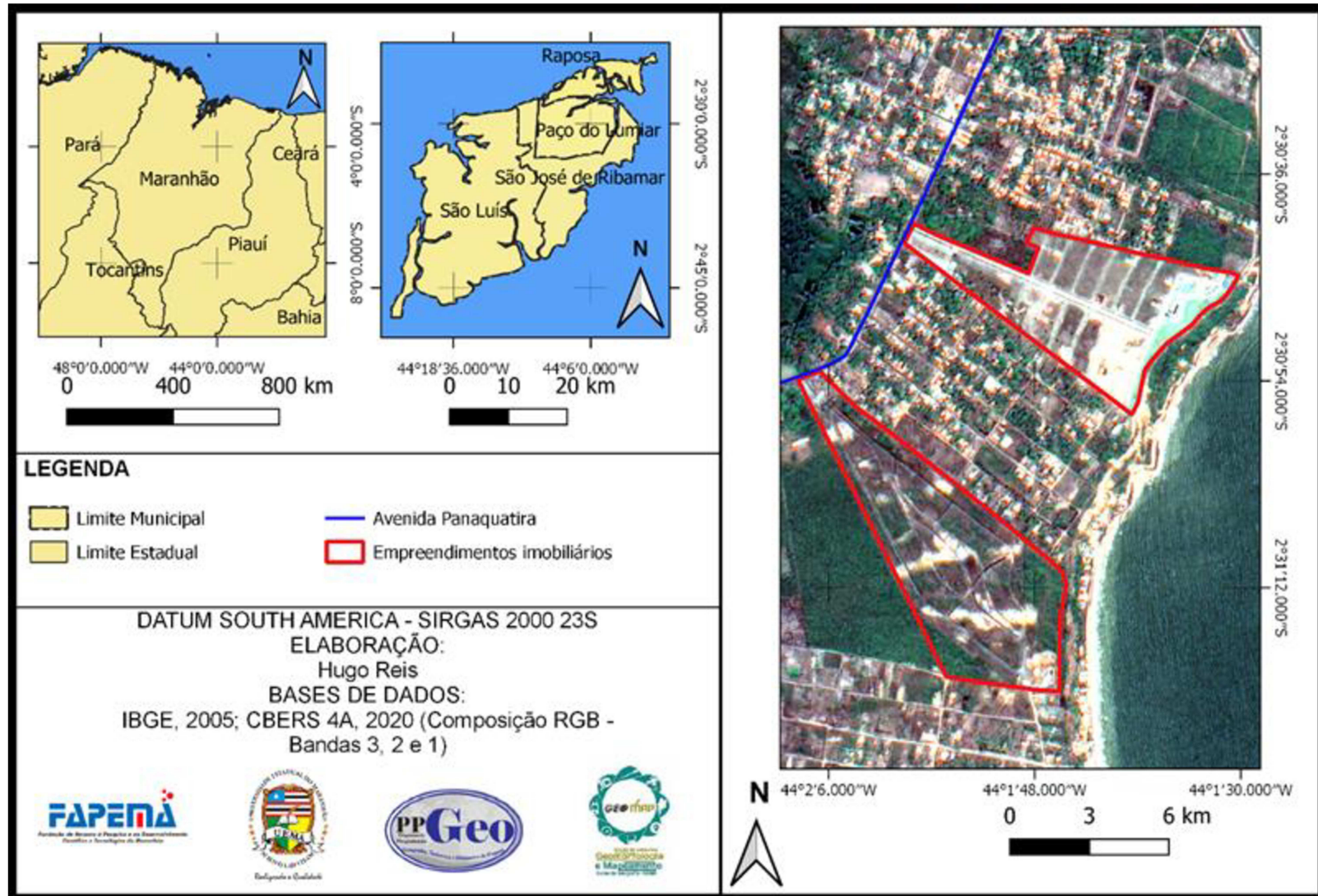
- Em 11 março de 1913 era chamado de Vila ou Município São José pela Lei Estadual nº 636;
- Decreto-Lei Estadual nº 47, de 27 de fevereiro de 1931 extinguiu o município, conservando o status de vila;
- Decreto-Lei Estadual nº 159 de 6 de dezembro de 1938, passa a categoria de distrito de São José de Ribamar;
- Atos constitucionais do Governo Estadual incorporam o distrito de São José de Ribamar ao território do município de São Luís, em 28 de julho de 1947;
- Em 24 de dezembro de 1952, a lei de emancipação do município foi assinada pelo Governador Eugênio Barros, que deu o nome de Ribamar ao município;
- Governador José Sarney, em homenagem ao santo padroeiro, passa a chamar o município de São José de Ribamar pela Lei Estadual 2.980 de 16 de setembro de 1969 (REIS, 2001).

Sobre processo de ocupação de São José de Ribamar, Reis (2001) nos informa que:

É notório o esvaziamento urbano do município de São José de Ribamar. Isso ocorre, porque sua zona rural localiza-se bem mais próxima dos grandes bairros de São Luís, os quais têm há oferecer uma melhor infraestrutura de serviços e mais uma infinidade de condições que a própria sede municipal não tem a menor condição de oferecer. (REIS, 2001, p. 87).

A área além de contar com um núcleo urbano bem consolidado, apresenta empreendimentos imobiliários no topo da falésia. (Figura 37)

Figura 37 - Mapa de localização de empreendimentos imobiliários na falésia da praia da Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Elaboração do Autor (2020)

## 4.2 Geologia

A Ilha do Maranhão localiza-se no Golfão Maranhense, formada por meio do processo chamado de rifteamento que ocorreu durante o período do Cretáceo Superior, onde predominam rochas da Formação Itapecuru, da era Mesozoica, recobertas por formações superficiais paleogênicas de idade Cenozoica, e sedimentos pertencentes ao Grupo Barreiras, com coberturas lateríticas tercióquaternárias e Formação Açuí, onde encontram-se coberturas pleistocênicas e holocênicas quaternárias (BEZERRA et. al., 2016; CPRM, 2000) (Quadro 1).

**Quadro 1** - Coluna estratigráfica da Bacia de São Luís.

| Era/Período |                   | Unidades estratigráficas |                  | Litologia   | Potencial mineral                  |
|-------------|-------------------|--------------------------|------------------|---|------------------------------------|
| Cenozóico   | Pleistoceno       | Formação Açuí            |                  | Areia fina a média, matura a submatura, com estratificação cruzada<br>Argila arenosa, maciça bioturbada                           | Areia<br>Areia, argila             |
|             | Mesomioceno       | Formação Barreiras       |                  | Areia fina a média, com concentrações ferruginosas, imatura, intercalações argilosas cauliniticas                                 | Argila, laterita, água subterrânea |
|             | Paleógeno         | Paleógeno                |                  | Areia fina a silte, com bolas de argilito, submatura, conglomerados, estratificação ondulada e cruzada                            | Argila, laterita, água subterrânea |
| Mesozóico   | Cretáceo Superior | Formação Itapecuru       | Membro Alcântara | Calcilitos, silte e areia muito fina, com argila, texturalmente imaturos, micáceos, estratificação plano-paralela                 | Calcário, argila                   |
|             |                   |                          | Membro Psamítico | Arenito fino a médio, quartzito com feldspato, caulinizado, mica, nódulos ferruginizados, estratificação plano-paralela e cruzada | Água subterrânea                   |

Fonte: Rodrigues et. al. (1994).

Sobre a geologia da região (Figura 38), para Bezerra et al. (2016) a Ilha do Maranhão é constituída, em algumas áreas, por rochas da Formação Itapecuru, do período Cretáceo, condicionadas acima de formações rochosas da Formação Barreiras, datadas do Terciário e por sedimentos da Formação Açuí, do Quaternário. As rochas terciárias estão dispostas nos tabuleiros e nas vertentes, na maioria dos casos; enquanto que os sedimentos quaternários localizam-se na zona litorânea e nas desembocaduras dos rios.

De acordo com GERCO (1998), a Formação Itapecuru aparece em poucos locais na Ilha do Maranhão, principalmente, nas praias da Guia, Farol de São Marcos e Boqueirão. A Formação Barreiras é encontrada em, aproximadamente, 70% da Ilha do Maranhão nas praias de Guarapiranga, do Meio, do Araçagy, de Panaquatira, na Ponta de Jaraúna, na região de Pedrinhas (área de estudo), nos bairros da Vila Maranhão, do Coroadinho, do Alto do Calhau, do Sítio Santa Eulália, do Cruzeiro de Santa Bárbara e Vinhais.

Sobre a Formação Itapecuru e o Grupo Barreiras:

A Formação Itapecuru constitui-se de arenitos finos e siltitos, amarelo acinzentados, argilosos, com restos de plantas; intercalando-se com folhelhos siltitos, mosqueado, maciço e plástico. Ocorre ainda arenito médio, branco amarelado, friável, arenito argiloso, de granulação fina a grosseira. Na parte superior arenitos finos, róseos e claro, com estratificação cruzada O Grupo Barreiras é a unidade litoestratigráfica de

maior distribuição superficial, recobrando mais de 70% da Ilha do Maranhão e 90,49% da área de estudo. Possui todo o conjunto de rochas bem estratificadas, constituída essencialmente de arenitos, com presença expressiva de pelitos na parte inferior, cuja idade varia do Paleoceno ao Pleistoceno, inclusive as lateritas (MORAIS, 2018, p. 57).

**Figura 38** - Visão parcial da geologia da falésia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

### 4.3 Geomorfologia

Segundo Bezerra et. al. (2016) a costa e o litoral da Ilha do Maranhão caracterizam-se por feições geomorfológicas comuns aos demais segmentos desses ambientes no Estado, com largura mais ampla na região das reentrâncias, na porção oeste, onde destacam-se: apicuns, falésias, lagunas, manguezais, pântanos salinos e salobros, praias e vasas.

Segundo Morais (2018), a Ilha do Maranhão apresenta, em sua porção nordeste, barreiras moldadas por processos erosivos, evidenciados por paleofalésias cobertas por sedimentos arenosos originando ambientes de sedimentação marinha e eólica com a propagação de dunas, paleodunas e restingas.

De acordo com Silva (2017), o município de São José de Ribamar localiza-se no Golfão Maranhense, área de intensa erosão fluvial do Quaternário Antigo, posteriormente colmatada, originando uma paisagem de planícies aluviais, ilhas, lagoas e rios divagantes.

Conforme nos relata Silva (2012) e Guerra e Guerra (2008), as feições geomorfológicas encontradas na área de estudo são:



- Praia, depósitos de material sedimentar inconsolidado, geralmente arenosos, acumulados e retrabalhados por agentes oceanográficos e climáticos (Figura 39);
- Tabuleiro costeiro, com topo plano são relevos tabulares de maior altitude na Ilha do Maranhão (Figura 40);
- Falésia, quando os tabuleiros costeiros estão próximos a costa de forma abrupta (Figura 41);
- Paleofalésia, quando os tabuleiros costeiros não possuem mais contato com o mar;
- Terraços de abrasão, superfície desgastada pelas ondas do mar ampliada à medida que a falésia recua.

Os terraços de abrasão da área de estudo (Figura 42) são formados por arenitos ferruginosos, disposto sobre a praia e caracterizados por serem de material solto, com aspecto cavernoso e formatos retangulares. (SILVA, 2017).

**Figura 39** - Praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 40** - Tabuleiro costeiro na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

**Figura 41** - Falésia na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 42** - Terraço de abrasão na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

#### 4.4 Solos

Na Ilha do Maranhão, segundo Silva (2012) existe uma grande diversidade de tipos de solos, sendo que na área de pesquisa, podem ser encontrados os seguintes: Argissolos Vermelho-Amarelos, Argissolos Vermelho-Amarelos Concrecionários, Gleissolos, Neossolos Quartzarênicos Órticos Distróficos, Solos Indiscriminados de Mangue e Neoquartzarênico Alumínio.

Feitosa e Trovão (2006) afirmam que o intemperismo físico-químico-biológico contribui e provoca a desintegração mecânica e decomposição química das rochas, facilitando a pedogênese, ou seja, a sua formação. As características da litologia sedimentar dominante maranhense produzem grandes variedades de tipos de solos, dos quais se destacam 7 grupos mais representativos, que ocupam 90,2% do território.

Silva (2013), afirma que a EMBRAPA classificou os solos da Ilha do Maranhão nas seguintes classes: Gleissolo, Neossolo, Solos Indiscriminados de Mangue e Argissolo. Os Gleissolos são formados por minerais com horizonte glei nos primeiros 150 cm relacionados à Formação Açuí e às planícies fluviais da Ilha do Maranhão; os Neossolos apresentam-se pouco desenvolvidos por mineral hidromórfico, na ilha encontram-se os Neossolos Quartzarênicos Alumínicos nas praias, dunas e paleodunas; os Solos Indiscriminados de Mangue possuem elevados valores de enxofre, ocupando as áreas de influência das marés; e os Argissolos compostos por material não-hidromórfico, subdividido em Argissolos Vermelho-Amarelo, que

são eutróficos, distróficos ou álicos, apresentam variação de cor amarelo e vermelho ocupando a porção centro-norte da ilha e Argissolos Vermelho-Amarelo Concrecionários que são minerais, hidromórficos, rasos, bem drenados e com pouca quantidade de argila, encontrados no centro-sul da ilha.

Os solos da área de estudo são predominantemente do tipo latossolo, constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizonte diagnóstico superficial, exceto hístico (EMBRAPA, 2009).

Sobre os solos da área de estudo:

São solos em avançado estágio de intemperização, muito evoluídos, como resultado de enérgicas transformações no material constitutivo. Os solos são virtualmente destituídos de 52 minerais primários ou secundários menos resistentes ao intemperismo, e têm capacidade de troca de cátions baixa. Variam de fortemente a bem drenados. São normalmente muito profundos, sendo a espessura do solum raramente inferior a um metro. Têm sequência de horizontes A, B, C, com pouca diferenciação de sub-horizontes, e transições usualmente difusas ou graduais (SILVA, 2017, p. 51 - 52).

Diferenciando-se do horizonte A – que apresenta coloração mais escura – o horizonte B apresenta cores variando do amarelo, ou mesmo bruno-acinzentado, até vermelho-escuroacinzentado, nos matizes 2,5YR a 10YR, de acordo com a natureza, forma e quantidade dos constituintes, segundo condicionamento de regime hídrico e drenagem do solo, dos teores de ferro na rocha de origem e se a hematita é herdada dela ou não. No horizonte C a expressão cromática é bastante variável. O incremento de argila na transição do horizonte A para o horizonte B é pouco expressivo ou inexistente. De um modo geral, os teores da fração argila no solum aumentam gradativamente com a profundidade, ou permanecem constantes ao longo do perfil. A cerosidade, se presente, é pouca e fraca. Apresenta baixa mobilidade das argilas no horizonte B. São, em geral, solos fortemente ácidos, com baixa saturação por bases, distróficos ou alumínicos (EMBRAPA, 2009).

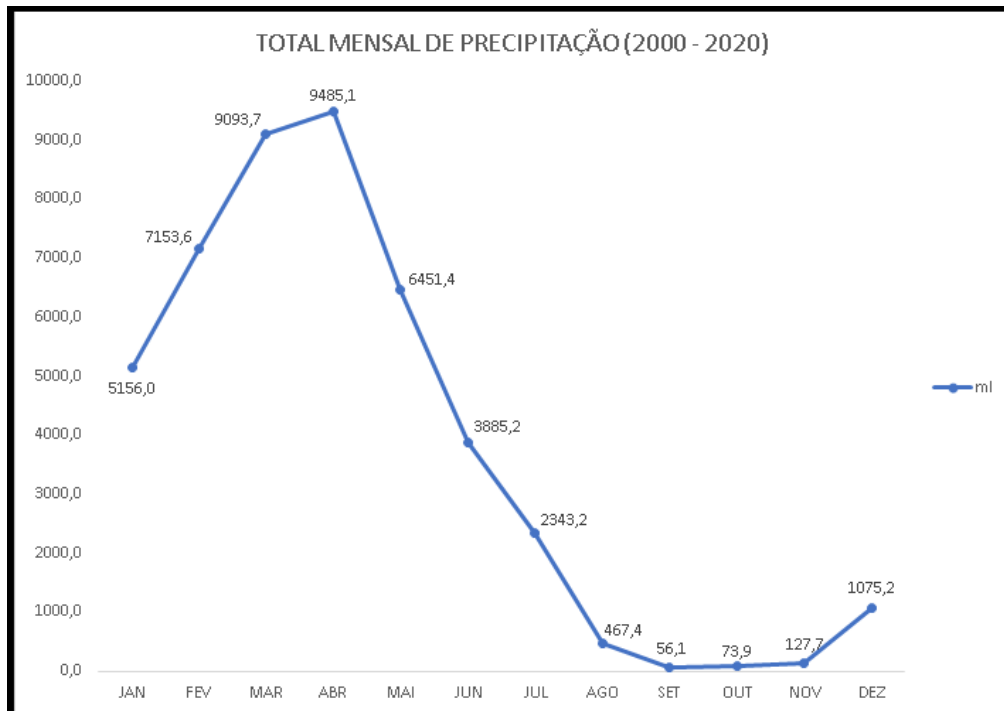
#### **4.5 Clima**

O clima na região caracteriza-se pela transição entre o super-úmido da Amazônia e o semiárido do Nordeste, classificado como quente semi-úmido do tropical de zona equatorial, com uma estação úmida – de janeiro a junho – e uma estação seca – de julho a dezembro (BEZERRA, 2016). (Tabela 1; Gráficos 1 e 2)

**Tabela 1** - Regime Pluviométrico de São Luís – MA (2000-2020).

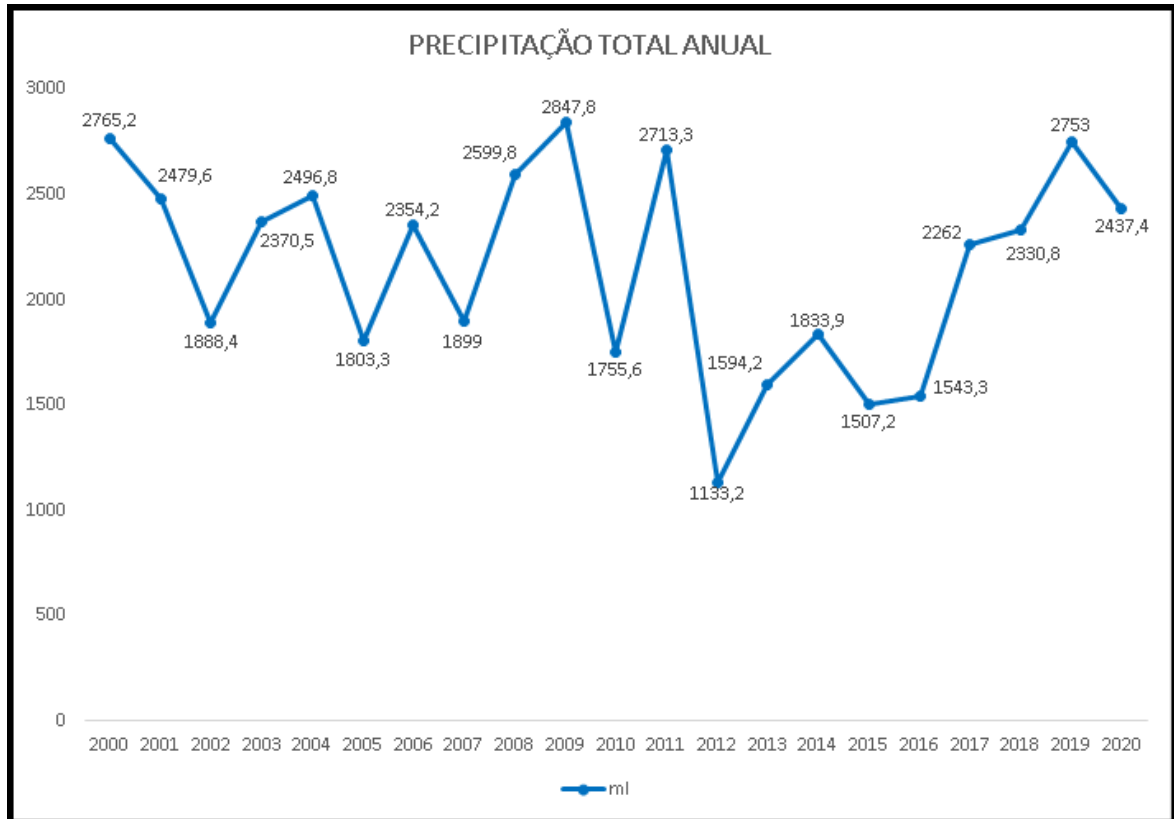
| ANO  | JAN   | FEV   | MAR   | ABR   | MAI   | JUN   | JUL   | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ   | TOTAL  |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|--------|
| 2000 | 267,1 | 392,1 | 606   | 609,6 | 422,2 | 146,1 | 202,1 | 63,9 | 12,6 | 0    | 0,2  | 43,3  | 2765,2 |
| 2001 | 336,2 | 445,4 | 370,7 | 590,1 | 201,8 | 327,2 | 150,2 | 0,5  | 7,4  | 0    | 6,1  | 44    | 2479,6 |
| 2002 | 345,6 | 83,4  | 314,1 | 489,3 | 295,4 | 237   | 42,3  | 4,6  | 0    | 0    | 29,3 | 47,4  | 1888,4 |
| 2003 | 359,1 | 491,1 | 570,2 | 428,8 | 207,7 | 148   | 64,6  | 34,4 | 5,9  | 0,2  | 4,7  | 55,8  | 2370,5 |
| 2004 | 445,7 | 485,4 | 388   | 452,9 | 183,5 | 213,1 | 233   | 83,9 | 1,5  | 0    | 3,2  | 6,6   | 2496,8 |
| 2005 | 33,1  | 230,8 | 350,4 | 371,4 | 219,6 | 256,5 | 166,4 | 12,8 | 0    | 0,2  | 4    | 158,1 | 1803,3 |
| 2006 | 189,9 | 277,5 | 369,2 | 537,3 | 536,1 | 261,9 | 63,2  | 67   | 2,3  | 0    | 9,3  | 40,5  | 2354,2 |
| 2007 | 16,3  | 545,1 | 457,4 | 348,6 | 286,1 | 61,4  | 136,3 | 0,2  | 2,2  | 1    | 2,4  | 42    | 1899   |
| 2008 | 124,4 | 413,5 | 584,5 | 607   | 314,2 | 380   | 104,9 | 51,4 | 0,4  | 0,4  | 0,6  | 18,5  | 2599,8 |
| 2009 | 375,8 | 367,2 | 565,4 | 767,1 | 467,7 | 207,6 | 71,8  | 12,3 | 0    | 0    | 2,6  | 10,3  | 2847,8 |
| 2010 | 108,2 | 121,5 | 316,9 | 393,7 | 377,5 | 218,3 | 105,2 | 7    | 0,4  | 0    | 16,2 | 90,7  | 1755,6 |
| 2011 | 490,3 | 457,4 | 430,9 | 621,7 | 310,8 | 166,8 | 128   | 38,7 | 0    | 61,6 | 6,5  | 0,6   | 2713,3 |
| 2012 | 102,4 | 238,1 | 331,7 | 249,5 | 86,4  | 50,8  | 60,5  | 11,2 | 0,2  | 0    | 1,6  | 0,8   | 1133,2 |
| 2013 | 60    | 279,4 | 319,1 | 267,8 | 186,3 | 203,4 | 203,7 | 15   | 4,4  | 0,8  | 13,8 | 40,5  | 1594,2 |
| 2014 | 149,6 | 251   | 161   | 244,3 | 760,7 | 185,5 | 44,3  | 3,8  | 0,5  | 2,2  | 1,8  | 29,2  | 1833,9 |
| 2015 | 30,2  | 90,7  | 425,9 | 366,5 | 399,7 | 106,7 | 75,9  | 0    | 0    | 0    | 0,3  | 11,3  | 1507,2 |
| 2016 | 204,5 | 140,8 | 362,1 | 327,4 | 264,9 | 133,4 | 52,1  | 13,4 | 1,8  | 0    | 0    | 42,9  | 1543,3 |
| 2017 | 380   | 355,4 | 442,8 | 362,1 | 329,9 | 120,6 | 201,4 | 4,8  | 0    | 1,2  | 0,6  | 63,2  | 2262   |
| 2018 | 253   | 531   | 251,4 | 478,2 | 374,2 | 106,3 | 75,4  | 27,2 | 11,6 | 4,2  | 8,5  | 209,8 | 2330,8 |
| 2019 | 327,9 | 521,6 | 818,2 | 433,7 | 226,7 | 218,3 | 107,4 | 3,4  | 4,9  | 2,1  | 16   | 72,8  | 2753   |
| 2020 | 556,7 | 435,2 | 657,8 | 538,1 | null  | 136,3 | 54,5  | 11,9 | 0    | 0    | null | 46,9  | 2437,4 |

Fonte: INMET, 2021.

**Gráfico 1** - Regime Pluviométrico de São Luís – MA (2000-2020).

Fonte: Elaboração do Autor, 2021.

**Gráfico 2** - Precipitação de São Luís – MA (2000-2020).



Fonte: Elaboração do Autor, 2021.

Na Ilha do Maranhão verificam-se características climáticas únicas, resultante de diversos fatores, influenciados principalmente pelas massas de ar, os ventos alísios e a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), além do fato de estar localizada em uma área de baixa latitude, em um ambiente costeiro e possuir altitudes consideradas intermediárias (BEZERRA, 2016, p. 37).

De acordo com Silva (2013) devido sua localização equatorial e, conseqüentemente apresentar baixas latitudes, apresenta um clima bem característico em virtude das massas de ar, dos ventos alísios e da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atuarem em conjunto com as temperaturas elevadas, que são amenizadas pela proximidade com a Amazônia e o com o Oceano Atlântico (maritimidade), o que proporciona o volume alto e bem distribuído de chuva.

Segundo Feitosa e Trovão (2006), as elevadas temperaturas apresentadas no norte do Maranhão (acima de 22°C) (Tabela 2 e 3; Gráfico 3 e 4) são ocasionadas por conta da proximidade com a linha do Equador e do seu relevo plano; em contrapartida, no sul do estado o maior distanciamento em relação à linha do Equador, o relevo mais elevado e atuação de massas de ar no período do inverno são responsáveis pelas médias térmicas anuais mais baixas. A proximidade com a Floresta Amazônica, com o Oceano Atlântico e as temperaturas elevadas os índices pluviométricos ficam em torno de 800 e 2.800 mm/ano, estes índices mais elevados acontecem na região de encontro entre as duas áreas emissoras de umidade na atmosfera,

proporcionando períodos chuvosos de janeiro a julho no norte do estado e, de outubro a maio na porção sul.

**Tabela 2** - Médias térmicas das temperaturas máximas mensais (2000-2020).

| ANO  | JAN  | FEV  | MAR  | ABR  | MAI  | JUN  | JUL  | AGO  | SET  | OUT  | NOV  | DEZ  | MÉDIA |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 2000 | 30   | 29   | 30   | 30   | 31   | 31   | 30   | 31   | 31   | 31   | 32   | 31   | 30,58 |
| 2001 | 29   | 29   | 30   | 29   | 31   | 31   | 31   | 32   | 31   | null | 32   | 31   | 28,00 |
| 2002 | 30   | 31   | 30   | 30   | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 32   | 31,17 |
| 2003 | 31   | 30   | 29   | 30   | 31   | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 31   | 30,92 |
| 2004 | 30   | 30   | 30   | 30   | 32   | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 31,08 |
| 2005 | 32   | 31   | 30   | 31   | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 33   | 32   | 31,50 |
| 2006 | 31   | 30   | 30   | 30   | 31   | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 31,08 |
| 2007 | 32   | 29   | 29   | 30   | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 31   | 31,00 |
| 2008 | 29   | 29   | 29   | 29   | 30   | 30   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 30,50 |
| 2009 | 30   | 30   | 29   | 29   | 29   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 32   | 30,75 |
| 2010 | 31   | 32   | 32   | 31   | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 31   | 31,50 |
| 2011 | 30   | 29   | 30   | 29   | 30   | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 30,75 |
| 2012 | 31   | 30   | 30   | 31   | 31   | 31   | 31   | 33   | 33   | 33   | 33   | 33   | 31,67 |
| 2013 | 32   | 32   | 31   | 31   | 32   | null | null | null | null | null | null | null | 13,17 |
| 2014 | null | null | null | null | null | null | null | null | null | null | 33   | 32   | 5,42  |
| 2015 | 32   | 31   | 30   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 33   | 33   | 33   | 31,83 |
| 2016 | 31   | 31   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 32   | 32   | 33   | 33   | 33   | 32,00 |
| 2017 | 31   | 30   | 30   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 33   | 33   | 33   | 32   | 31,75 |
| 2018 | 31   | 29   | 31   | 30   | 30   | 32   | 31   | 31   | 32   | 33   | 33   | 30   | 31,08 |
| 2019 | 31   | 29   | 30   | 30   | 31   | 32   | 31   | 32   | 32   | 32   | 32   | 32   | 31,17 |
| 2020 | 30   | 30   | 30   | 30   | null | 32   | 32   | 32   | 33   | 33   | null | 32   | 26,17 |

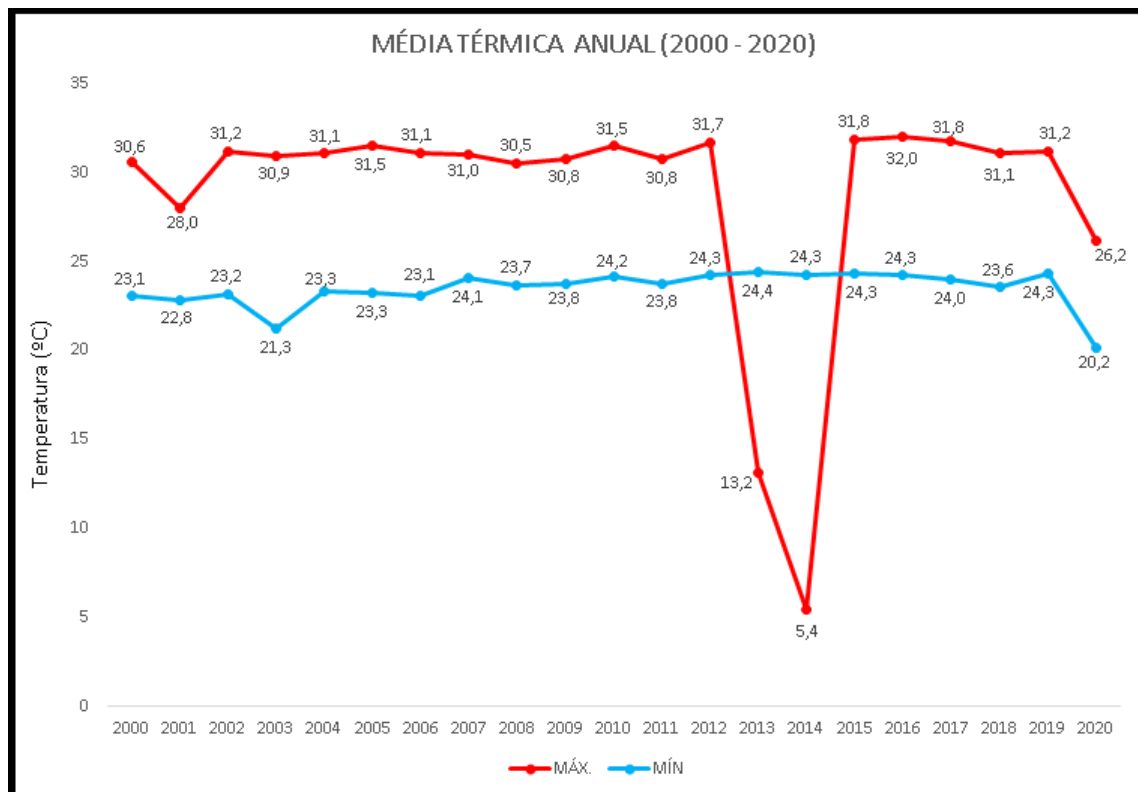
Fonte: INMET, 2021.

O clima da área de estudo, na classificação de Köppen, é descrito como pertencente a categoria Aww', ou seja, clima úmido tropical sem estação fria (A), com estação seca acentuada (w), e chuvas concentradas principalmente no outono (w') (IMESC, 2011).

**Tabela 3** - Médias térmicas das temperaturas mínimas mensais (2000-2020).

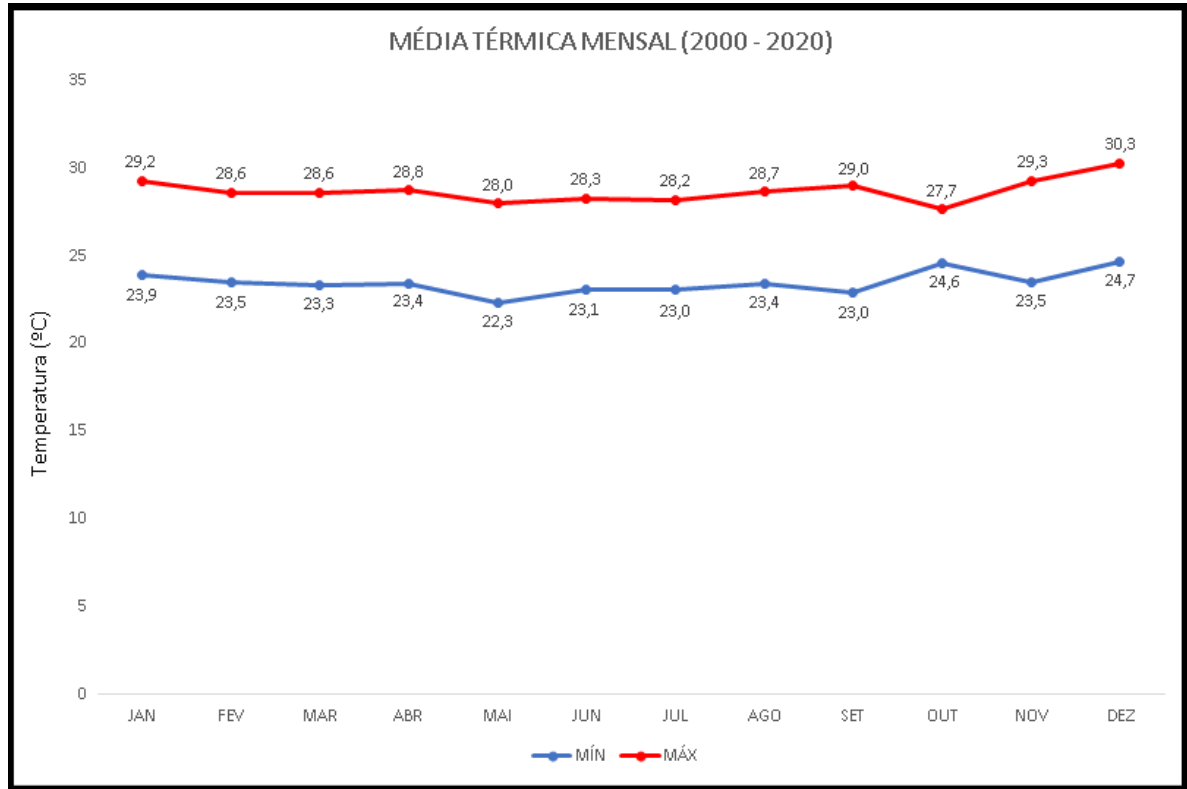
| ANO  | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI  | JUN | JUL | AGO | SET  | OUT | NOV  | DEZ | MÉDIA |
|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|------|-----|------|-----|-------|
| 2000 | 23  | 22  | 22  | 23  | 23   | 23  | 22  | 23  | 24   | 24  | 24   | 24  | 23,08 |
| 2001 | 22  | 22  | 23  | 22  | 23   | 22  | 22  | 22  | 23   | 24  | 24   | 25  | 22,83 |
| 2002 | 23  | 23  | 23  | 23  | 23   | 22  | 23  | 23  | 23   | 24  | 24   | 24  | 23,17 |
| 2003 | 24  | 22  | 22  | 23  | 23   | 23  | 22  | 22  | null | 25  | 25   | 24  | 21,25 |
| 2004 | 24  | 23  | 23  | 23  | 23   | 23  | 22  | 23  | 24   | 24  | 24   | 24  | 23,33 |
| 2005 | 24  | 24  | 23  | 23  | 23   | 23  | 22  | 23  | 23   | 24  | 24   | 23  | 23,25 |
| 2006 | 23  | 23  | 22  | 22  | 22   | 22  | 22  | 22  | 24   | 25  | 25   | 25  | 23,08 |
| 2007 | 25  | 23  | 23  | 24  | 24   | 24  | 24  | 23  | 24   | 25  | 25   | 25  | 24,08 |
| 2008 | 24  | 23  | 23  | 23  | 23   | 23  | 23  | 23  | 24   | 25  | 25   | 25  | 23,67 |
| 2009 | 24  | 24  | 23  | 23  | 23   | 23  | 23  | 24  | 24   | 24  | 25   | 25  | 23,75 |
| 2010 | 24  | 25  | 25  | 24  | 24   | 23  | 24  | 24  | 24   | 24  | 25   | 24  | 24,17 |
| 2011 | 23  | 24  | 23  | 23  | 24   | 23  | 23  | 24  | 24   | 24  | 25   | 25  | 23,75 |
| 2012 | 24  | 24  | 24  | 24  | 24   | 24  | 24  | 24  | 24   | 25  | 25   | 25  | 24,25 |
| 2013 | 25  | 25  | 25  | 24  | 24   | 23  | 23  | 24  | 25   | 25  | 25   | 25  | 24,42 |
| 2014 | 24  | 24  | 24  | 24  | 24   | 24  | 24  | 24  | 25   | 25  | 24   | 25  | 24,25 |
| 2015 | 25  | 24  | 24  | 24  | 24   | 23  | 24  | 24  | 24   | 25  | 25   | 26  | 24,33 |
| 2016 | 25  | 25  | 24  | 24  | 24   | 23  | 23  | 24  | 24   | 25  | 25   | 25  | 24,25 |
| 2017 | 24  | 23  | 23  | 24  | 24   | 23  | 23  | 24  | 25   | 25  | 25   | 25  | 24,00 |
| 2018 | 24  | 23  | 24  | 23  | 23   | 23  | 23  | 23  | 24   | 25  | 25   | 23  | 23,58 |
| 2019 | 24  | 24  | 23  | 24  | 24   | 24  | 24  | 24  | 25   | 25  | 25   | 26  | 24,33 |
| 2020 | 24  | 24  | 24  | 24  | null | 24  | 24  | 24  | 25   | 24  | null | 25  | 20,17 |

Fonte: INMET, 2021.

**Gráfico 3** - Médias térmicas anuais das temperaturas máximas e mínimas (2000-2020).

Fonte: Elaboração do Autor, 2021.



**Gráfico 4** - Médias térmicas mensais das temperaturas máximas e mínimas (2000-2020).

Fonte: Elaboração do Autor, 2021.

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA FALÉSIA DA PRAIA DA PONTA VERDE

No presente capítulo apresenta-se informações a respeito das análises das amostras coletadas em campo, sendo divididas em análises morfológicas dos solos, compactação dos solos, taxa de infiltração no topo da falésia e movimentos de massa na falésia.

### 5.1 Análise morfológica dos solos da falésia da Ponta Verde

As amostras foram coletadas e suas análises iniciais realizadas no Laboratório de Geociências, sendo a cor do solo uma das primeiras características analisada, retirando-se da amostra uma porção para que com o auxílio da carta de cores de Munsell (2000) fosse obtida a coloração do solo, quanto aos aspectos relacionados a Matiz, Valor e Cromo.

Quanto à descrição morfológica dos sedimentos coletados, com as amostras secas e úmidas a fim de se identificar a coloração de cada ponto coletado, usando como base a Carta de Munsell, onde registrou-se a predominância da coloração marrom amarelado (10YR 5/6) nas amostras secas e a coloração marrom escuro (7.5YR 3/3) nas amostras úmidas (Quadro 2; Gráficos 5 e 6).

De semelhante modo fora realizado, concomitantemente, a análise de descrição morfológica do solo por meio de ficha técnica (Anexo 1) adotada pelo Laboratório de Geociências de todas as amostras coletadas. Nessa ficha técnica são descritas características como estrutura, subdivida em:

- forma (*arredondados, angulosos e laminares*) e tamanho (*muito pequena, pequena, média, grande e muito grande*);
- consistência, subdividida em seca (*solta, macia, ligeiramente dura, dura, muito dura e extremamente dura*) e úmida (*solta, muito friável, friável, firme e extremamente firme*);
- plasticidade (*não plástica, ligeiramente plástica, plástica e muito plástica*);
- pegajosidade (*não pegajosa, ligeiramente pegajosa, pegajosa e muito pegajosa*);
- textura (*arenosa, siltosa e argilosa*).

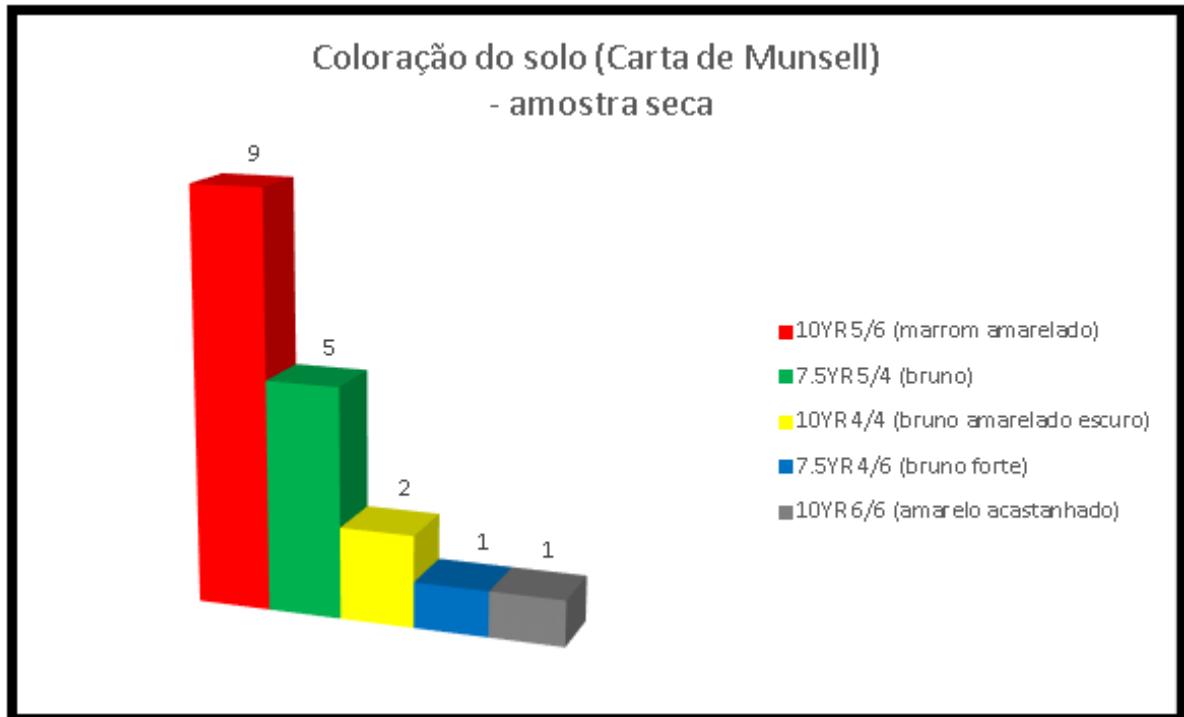
Os resultados podem ser observados no Quadro 3.

**Quadro 2** - Análise Morfológica por meio da Carta de Munsell da escarpa da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.

| <b>ANÁLISE MORFOLÓGICA</b> |                                   |                                   |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| <b>AMOSTRA</b>             | <b>SECA</b>                       | <b>ÚMIDA</b>                      |
| 0 m                        | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 10YR 3/6 (bruno amarelado escuro) |
| 1 m                        | 10YR 4/4 (bruno amarelado escuro) | 7.5YR 3/3 (marrom escuro)         |
| 2 m                        | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 7.5YR 3/4 (marrom escuro)         |
| 3 m                        | 7.5YR 4/6 (bruno forte)           | 7.5YR 3/4 (marrom escuro)         |
| 4 m                        | 7.5YR 5/4 (bruno)                 | 7.5YR 3/3 (marrom escuro)         |
| 5 m                        | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 7.5YR 3/4 (marrom escuro)         |
| 6 m                        | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 7.5YR 3/4 (marrom escuro)         |
| 7 m                        | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 7.5YR 2.5/3 (marrom muito escuro) |
| 8 m                        | 10YR 4/4 (bruno amarelado escuro) | 7.5YR 2.5/3 (marrom muito escuro) |
| 9 m                        | 7.5YR 5/4 (bruno)                 | 7.5YR 3/3 (marrom escuro)         |
| 10 m                       | 10YR 6/6 (amarelo acastanhado)    | 7.5YR 4/4 (castanho)              |
| 11 m                       | 7.5YR 5/4 (bruno)                 | 7.5YR 3/3 (marrom escuro)         |
| 12 m                       | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 7.5YR 3/3 (marrom escuro)         |
| 13 m                       | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 7.5YR 3/4 (marrom escuro)         |
| 14 m                       | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 7.5YR 2.5/3 (marrom muito escuro) |
| 15 m                       | 7.5YR 5/4 (bruno)                 | 7.5YR 3/3 (marrom escuro)         |
| 16 m                       | 7.5YR 5/4 (bruno)                 | 7.5YR 3/3 (marrom escuro)         |
| 17 m                       | 10YR 5/6 (m arrom amarelado)      | 7.5YR 3/3 (marrom escuro)         |

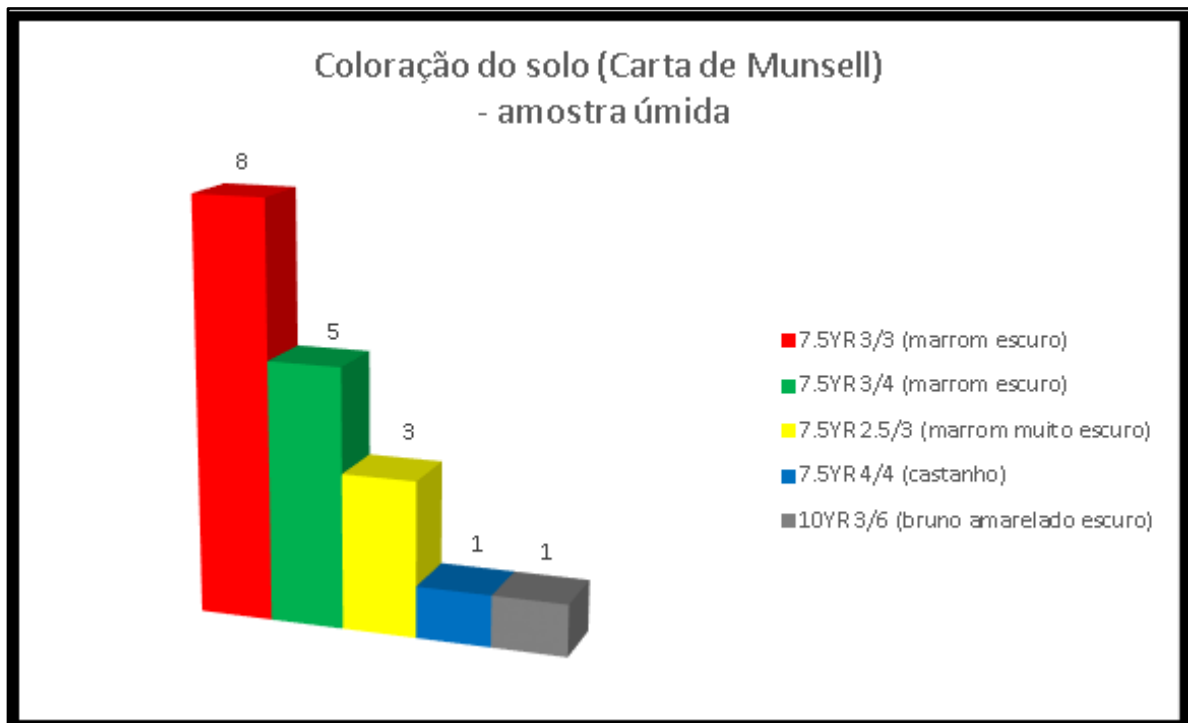
Fonte: Elaboração do Autor, 2020

**Gráfico 5** - Coloração das amostras secas de acordo com a carta de Munsell.



Fonte: Elaboração do Autor, 2021.

**Gráfico 6** - Coloração das amostras úmidas de acordo com a carta de Munsell.



Fonte: Elaboração do Autor, 2021.

**Quadro 3** - Descrição morfológica do solo da escarpa da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.

|      | ESTRUTURA  |               | CONSISTÊNCIA |               |              |                       | TEXTURA |
|------|------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|---------|
|      | FORMA      | TAMANHO       | SECA         | ÚMIDA         | PLASTICIDADE | PEGAJOSIDADE          |         |
| TOPO | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 1 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 2 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 3 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 4 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 5 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | MUITO FRIÁVEL | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 6 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | MUITO FRIÁVEL | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 7 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 8 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 9 M  | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | MUITO FRIÁVEL | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 10 M | SUBANGULAR | MUITO PEQUENA | SOLTA        | MUITO FRIÁVEL | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 11 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 12 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 13 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 14 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 15 M | SUBANGULAR | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |
| 16 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | POUCO PEGAJOSA        | ARENOSA |
| 17 M | ESFEROIDAL | MUITO PEQUENA | SOLTA        | SOLTA         | NÃO PLÁSTICA | LIGEIRAMENTE PEGAJOSA | ARENOSA |

Fonte: Elaboração do Autor, 2020

## 5.2 Compactação dos solos

A análise da compactação do solo realizada na área de estudo foi obtida através da interpretação da densidade do solo, da densidade de partículas e da porosidade total, como descrito nos próximos subtópicos. (Figura 43)

Os dados desses três aspectos estão compartilhados na Tabela 4 e representados em gráficos individualizados.

**Tabela 4** - Densidades do solo e de partículas e porosidade total das amostras coletadas na falésia da praia da Ponta Verde, São José de Ribamar.

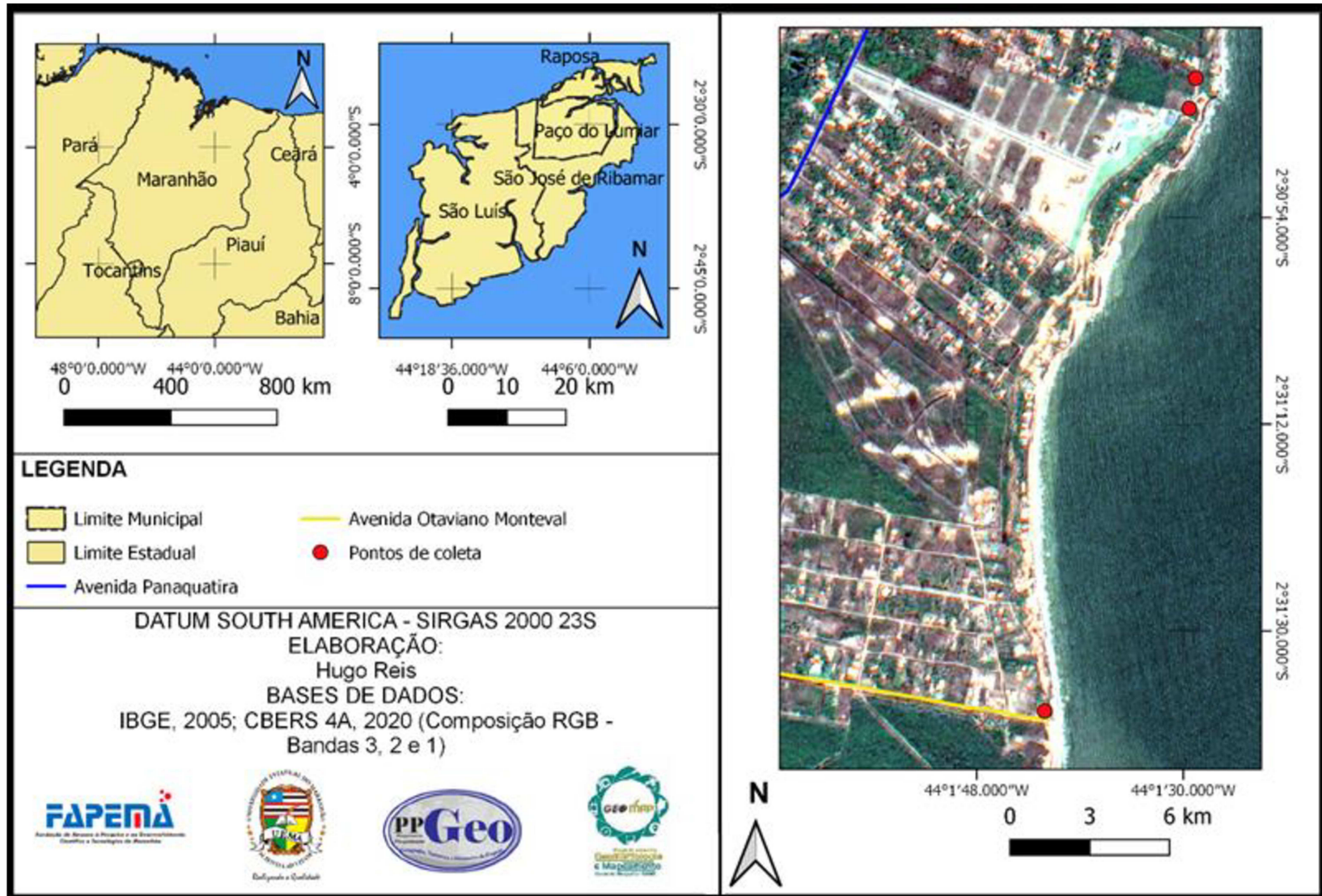
| <b>AMOSTRAS</b> | Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> ) | Densidade de partículas (g/cm <sup>3</sup> ) | Porosidade total (%) |
|-----------------|--|--|----------------------|
| <b>PT 1.1</b>   | 2,02                                   | 2,53   | 20,21                |
| <b>PT 1.2</b>   | 2,19                                   | 2,56   | 14,59                |
| <b>PT 1.3</b>   | 2,12                                   | 2,81   | 24,56                |
| <b>MÉDIA</b>    | 2,11                                   | 2,64   | 19,79                |
| <b>PT 2.1</b>   | 1,90                                   | 2,46   | 22,76                |
| <b>PT 2.2</b>   | 2,11                                   | 2,73   | 22,64                |
| <b>PT 2.3</b>   | 1,73                                   | 2,46   | 29,67                |
| <b>MÉDIA</b>    | 1,91                                   | 2,55   | 25,03                |
| <b>PT 3.1</b>   | 1,87                                   | 2,56   | 27,07                |
| <b>PT 3.2</b>   | 1,94                                   | 2,66   | 27,07                |
| <b>PT 3.3</b>   | 1,98                                   | 2,59   | 23,47                |
| <b>MÉDIA</b>    | 1,93                                   | 2,60   | 25,87                |

Fonte: Elaboração do autor, 2021

### 5.2.1 Densidade dos solos

Um dos importantes atributos físicos do solo é a densidade do solo, que fornece indicações sobre como está a sua conservação no tocante à propriedades como infiltração e retenção da água, crescimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade aos processos erosivos, além de ser amplamente para avaliação da compactação e/ou adensamento dos solos (GUARIZ et al., 2009). A literatura especializada apresenta solos com baixa compactação valores menores que 1,3g/cm<sup>3</sup>; enquanto que solos com alta compactação apresentam valores acima de 1,6g/cm<sup>3</sup>.

**Figura 43** - Mapa de localização dos pontos de coleta das amostras da falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.

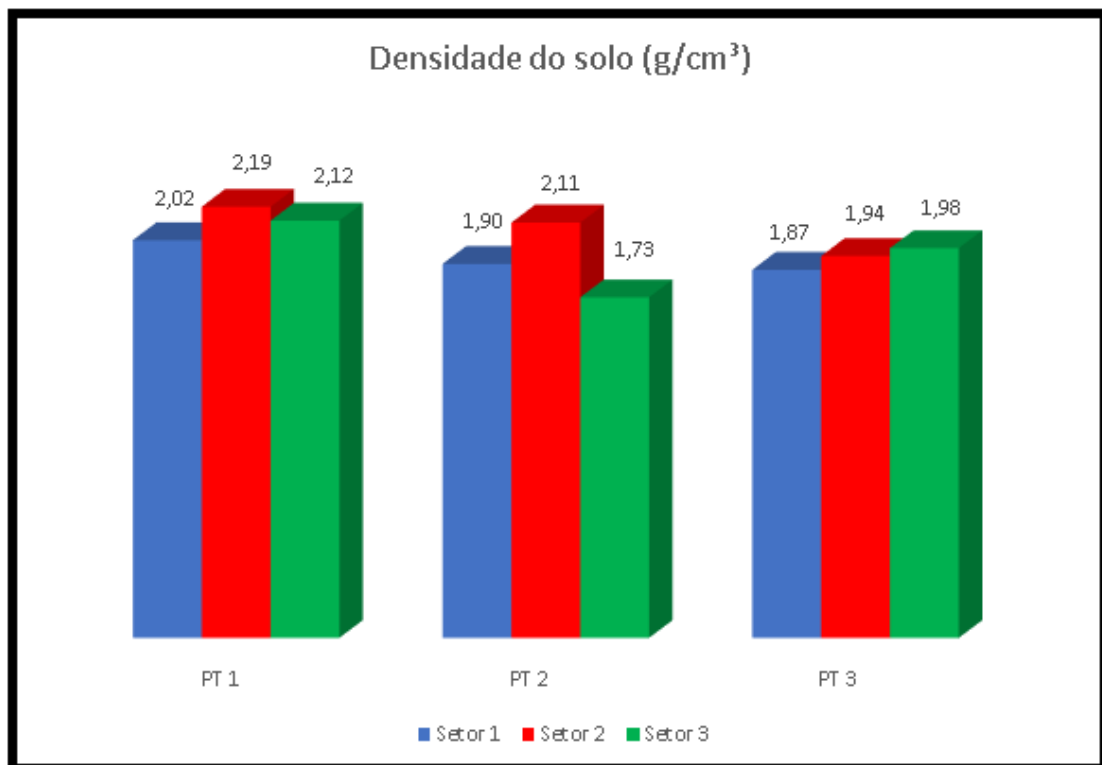


Fonte: Elaboração do Autor (2020)

Quando se trata da densidade de partículas, trata-se da fração sólida de uma amostra de solo que não é afetada pelo espaço poroso e que não está relacionada com o tamanho e nem o arranjo das partículas, tendo como média o valor de  $2,65\text{g/cm}^3$ , segundo Brady et al. (2013). Para Guerra et al. (1996) a relação porosidade/densidade do solo ocorre de maneira inversamente proporcional, visto que quando a densidade do solo aumente observa-se a diminuição da porosidade, promovendo o escoamento superficial.

Foram escolhidos três pontos de coleta com três amostras coletadas e observou-se, segundo os dados alcançados, que todas as amostras apresentam densidade do solo com valores acima de  $1,6\text{g/cm}^3$ , sendo a menor densidade do solo correspondente a  $1,73\text{g/cm}^3$  e a maior  $2,19\text{g/cm}^3$  (Gráfico 7). Partindo da análise dos dados obtidos, em conformidade com a literatura utilizada, pode-se afirmar que a maior densidade do solo acarreta em uma maior compactação na estrutura degradada, numa menor porosidade total e, dessa maneira o crescimento radicular das plantas encontraram uma maior dificuldade para se desenvolver.

**Gráfico 7** - Densidade do solo nos pontos de coleta da falésia da praia da Ponta Verde.



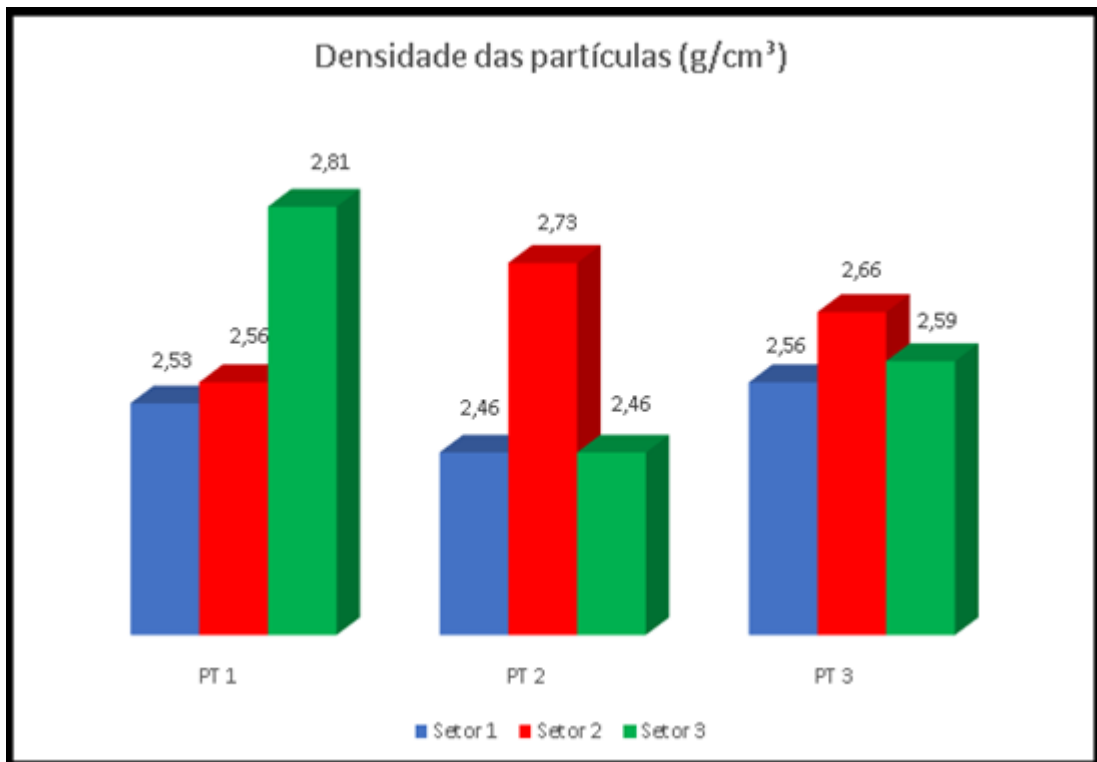
Fonte: Elaboração do Autor, 2021.



### 5.2.2 Densidade de partículas

A densidade de partículas está relacionada ao volume de sólidos de uma amostra de terra, sem considerar a porosidade. Os resultados demonstram que a média das densidades de partículas no PT 1 é de 2,64 g/cm<sup>3</sup>, no PT 2 é de 2,55 g/cm<sup>3</sup> e no PT 3 é de 2,60 g/cm<sup>3</sup>, sendo a menor densidade de partículas correspondente a 2,46g/cm<sup>3</sup> e a maior 2,81g/cm<sup>3</sup> (Gráfico 8). O valor médio da densidade de partículas nos três pontos analisados está em torno de 2,60 g/cm<sup>3</sup>, em equivalência com os estudos de Kiehl (1979), indicando os constituintes minerais predominantes dos solos, como o quartzo, os feldspatos e os silicatos de alumínio coloidais, cujas densidades reais estão em torno de 2,65 g/cm<sup>3</sup>.

**Gráfico 8** - Densidade de partículas nos pontos de coleta da falésia da praia da Ponta Verde.



Fonte: Elaboração do Autor, 2021.

### 5.2.3 Porosidade total

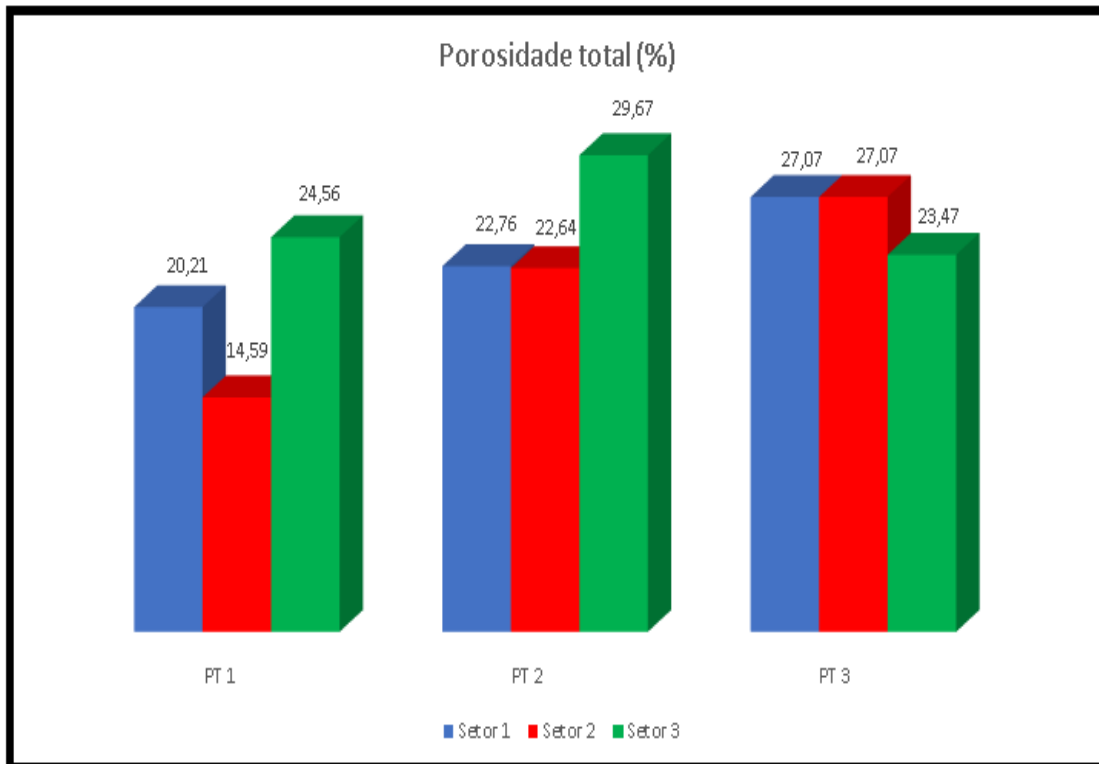
Em relação à porosidade, nos três pontos analisados o menor valor é de 14,59% encontrada no PT 1.2 e o maior valor foi encontrado no PT 2.3 de 29,67 % (Gráfico 9). Quanto menor a porosidade, menor será a capacidade de a água infiltrar no solo, e conseqüentemente, maior será o escoamento superficial.

De acordo Lima (2008) e Guerra e Marçal (2014) afirmam que valores percentuais de

porosidade total acima de 45% são de baixa suscetibilidade à erosão, entre 35% e 45% são de média suscetibilidade, e menores que 35% representam alta suscetibilidade.

Como resultado pode-se concluir que as três áreas onde foram coletadas as amostras apresentam um grau muito elevado de suscetibilidade à erosão, visto que maior porcentagem está em 29,67% de porosidade total, bem abaixo do valor mínimo citados pelos autores mencionados no parágrafo anterior.

**Gráfico 9** - Porosidade total nos pontos de coleta da falésia da praia da Ponta Verde.



Fonte: Elaboração do Autor, 2021.

### 5.3 Taxa de Infiltração no topo da falésia

Pinheiro et al. (2009) informa que a infiltração no solo é um processo que apresenta uma complexidade e variação a nível quantitativo e qualitativo em razão das diversas propriedades naturais do solo e/ou em função das alterações provocadas pela ação humana, como o manejo do solo que vai interferir na capacidade de infiltração quando as propriedades do solo, as condições superficiais e os fatores naturais são alterados.

Ainda sobre a de infiltração, Paixão (2004) a define como um processo dinâmico onde a água penetra verticalmente o solo através da superfície. Para Bezerra (2011) essa passagem vai levar em consideração as condições das camadas do solo, pois elas podem interferir nas taxas e na capacidade de infiltração, limitando as taxas de água absorvida. A ausência, total u

parcial, de cobertura vegetal pode favorecer a formação de uma camada espessa, em razão do efeito *splash*, contribuindo com a redução da infiltração.

Sobre o efeito *splash*, Oliveira (2012) o define como o deslocamento das partículas do solo causado pelo impacto provocado pelas gotas de chuva, que compactam a superfície do terreno por meio da remobilização do silte e argila nos espaços intergranulares; e erosão, através da projeção das partículas para fora da zona de impacto.

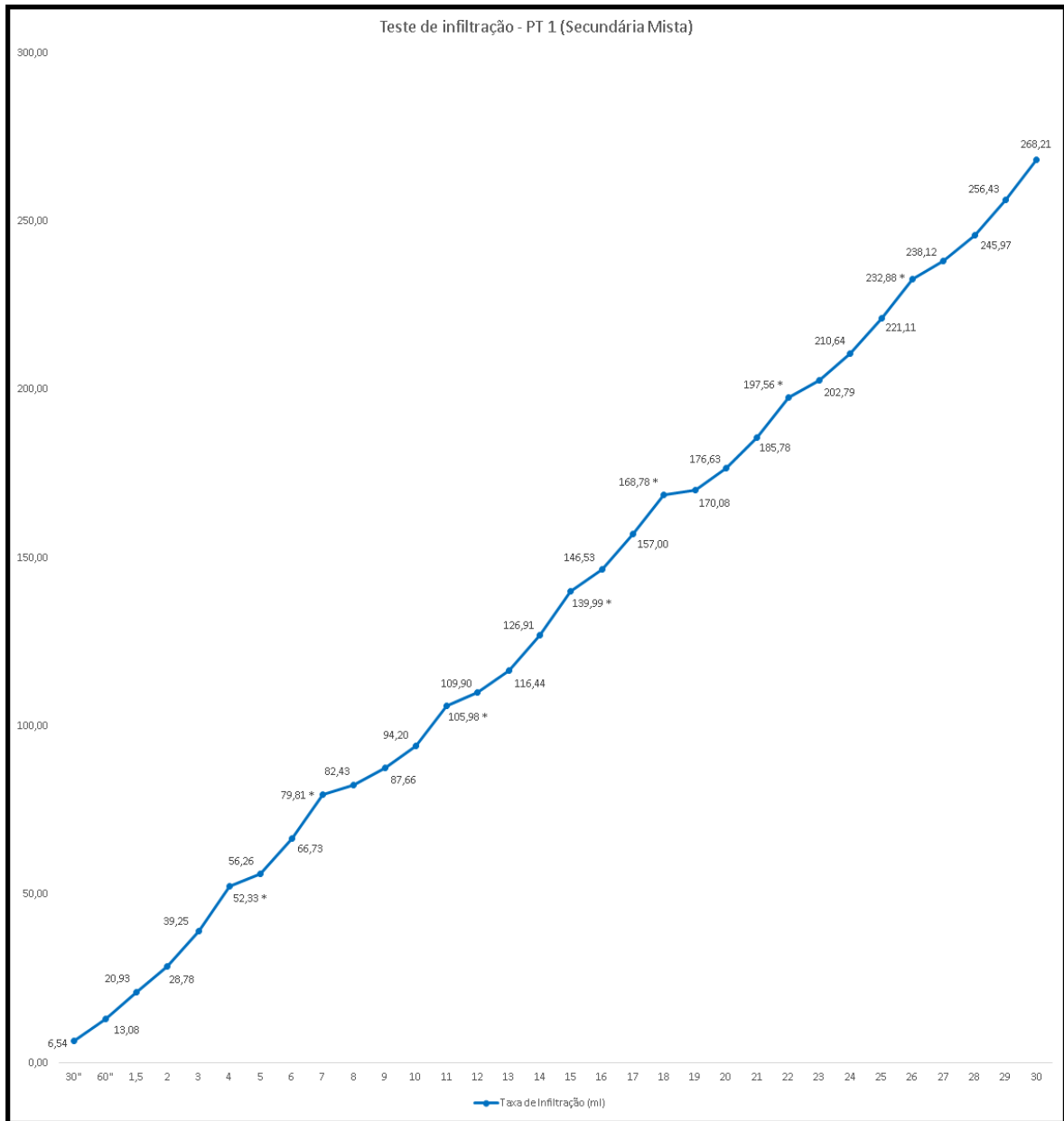
Para Guerra (2010) infiltração está relacionada a capacidade que um tipo de solo em receber e armazenar água, influenciada pelas propriedades do solo, características pluviométricas, pela cobertura vegetal, pelas características da encosta, entre outras; quando essa capacidade de recebimento e armazenamento são excedidas, a água acaba formando poças.

Ainda de acordo com Guerra (2010), o escoamento superficial ou hortoniano – em homenagem a Horton (1933) – ocorre no momento em que a capacidade de infiltração não é suficiente por conta da precipitação excessiva, da superfície às camadas mais inferiores. O escoamento superficial tem início quando a água infiltra no solo e começa a saturá-lo; a partir do momento em que a precipitação excede o limite de infiltração, a água passa a escoar na superfície.

O objetivo do teste de infiltração realizado na área de estudo foi de ter conhecimento do índice de infiltração do solo na falésia estudada, do qual pode-se caracterizar de forma mais clara os processos erosivos atuantes, visto que um solo que apresenta baixa taxa de infiltração terá maiores chances de erosão, resultando de uma maior ocorrência de escoamento superficial, fenômeno que vem anterior à degradação e posterior erosão.

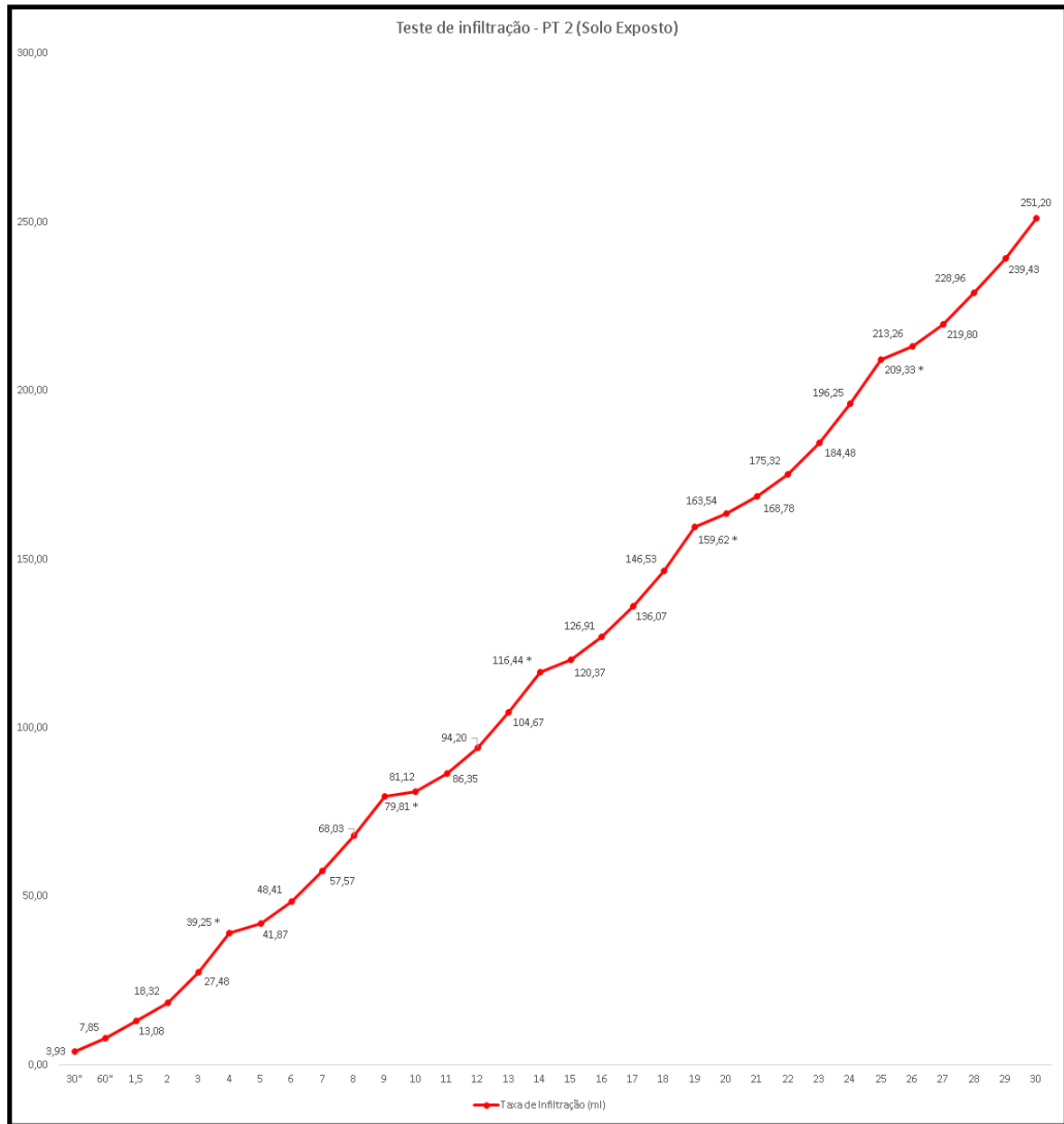
Na falésia da praia de Ponta Verde, pode-se observar um padrão de aceleração na taxa de infiltração, devido a necessidade de recarga da água para que fosse concluído os 30 minutos da técnica aos 4”, 7”, 11”, 15”, 18” e 22” do Ponto 1 (Gráfico 10); aos 4”, 9”, 14”, 19” e 26” do Ponto 2 (Gráfico 11); e aos 5”, 7”, 10”, 13”, 15, 18”, 20”, 22”, 24” e 26” do Ponto 2 (Gráfico 12). Ao ser feita a comparação dos três pontos analisados (Gráfico 13), pode ser observado que o Ponto 2 foi o que precisou maior volume de água utilizada, apesar de apresentar a menor quantidade de recarga. O volume total infiltrado foi de 8.046,25 ml no Ponto 1, com a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos de 268,21 ml (Tabela 3); de 7.536,00 ml no Ponto 2, com a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos de 251,20 ml (Tabela 4); e de 8.360,25 ml no Ponto 3, com a taxa de infiltração no tempo de 30 minutos de 278,68 ml (Tabela 5).

**Gráfico 10** - Teste de infiltração no Ponto 1 na falésia de Ponta Verde  
(OBS: os dados com asterisco referem-se às recargas feitas)



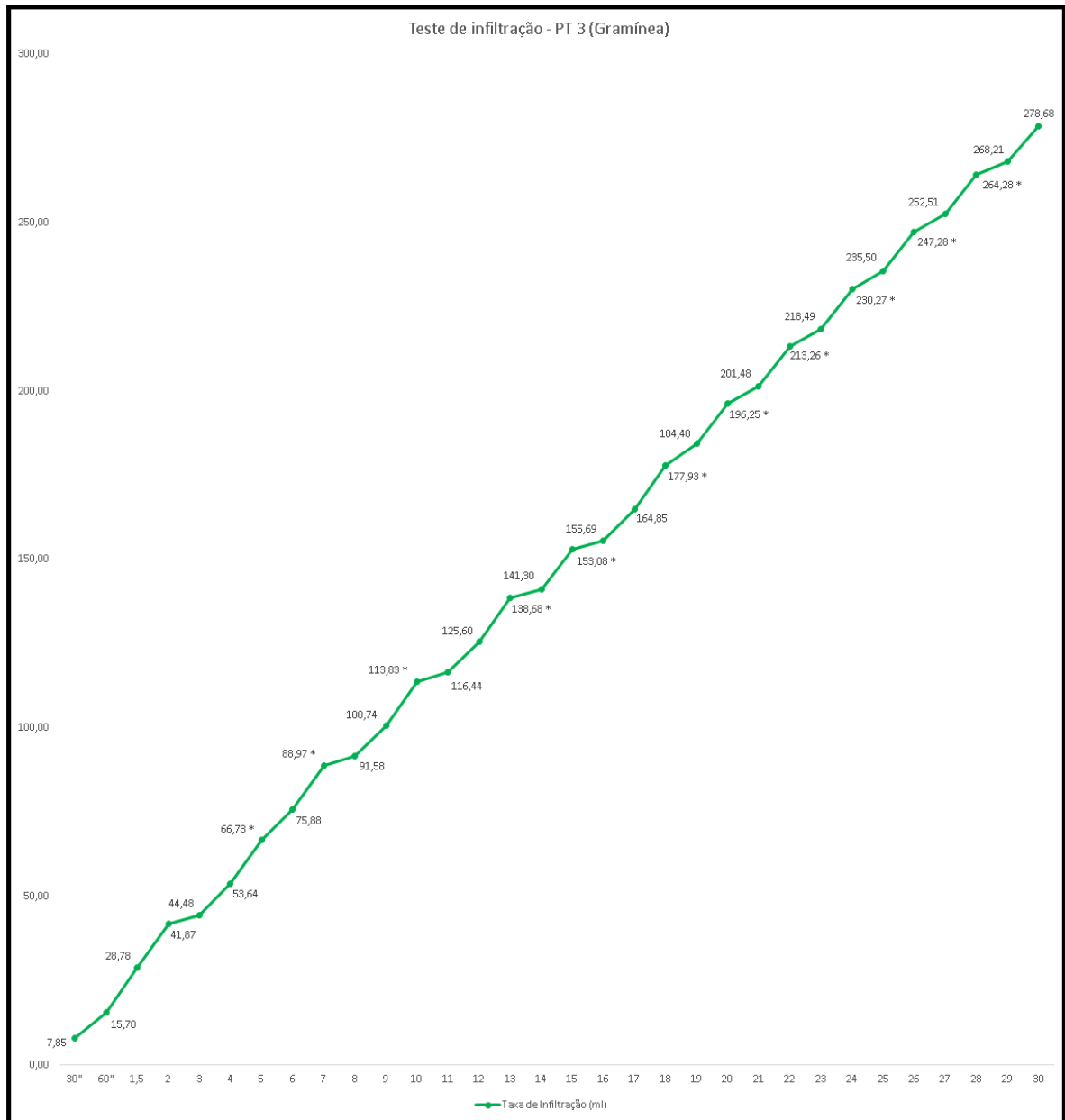
Fonte: Elaboração do Autor, 2021

**Gráfico 11** - Teste de infiltração no Ponto 2 na falésia de Ponta Verde  
(OBS: os dados com asterisco referem-se às recargas feitas)



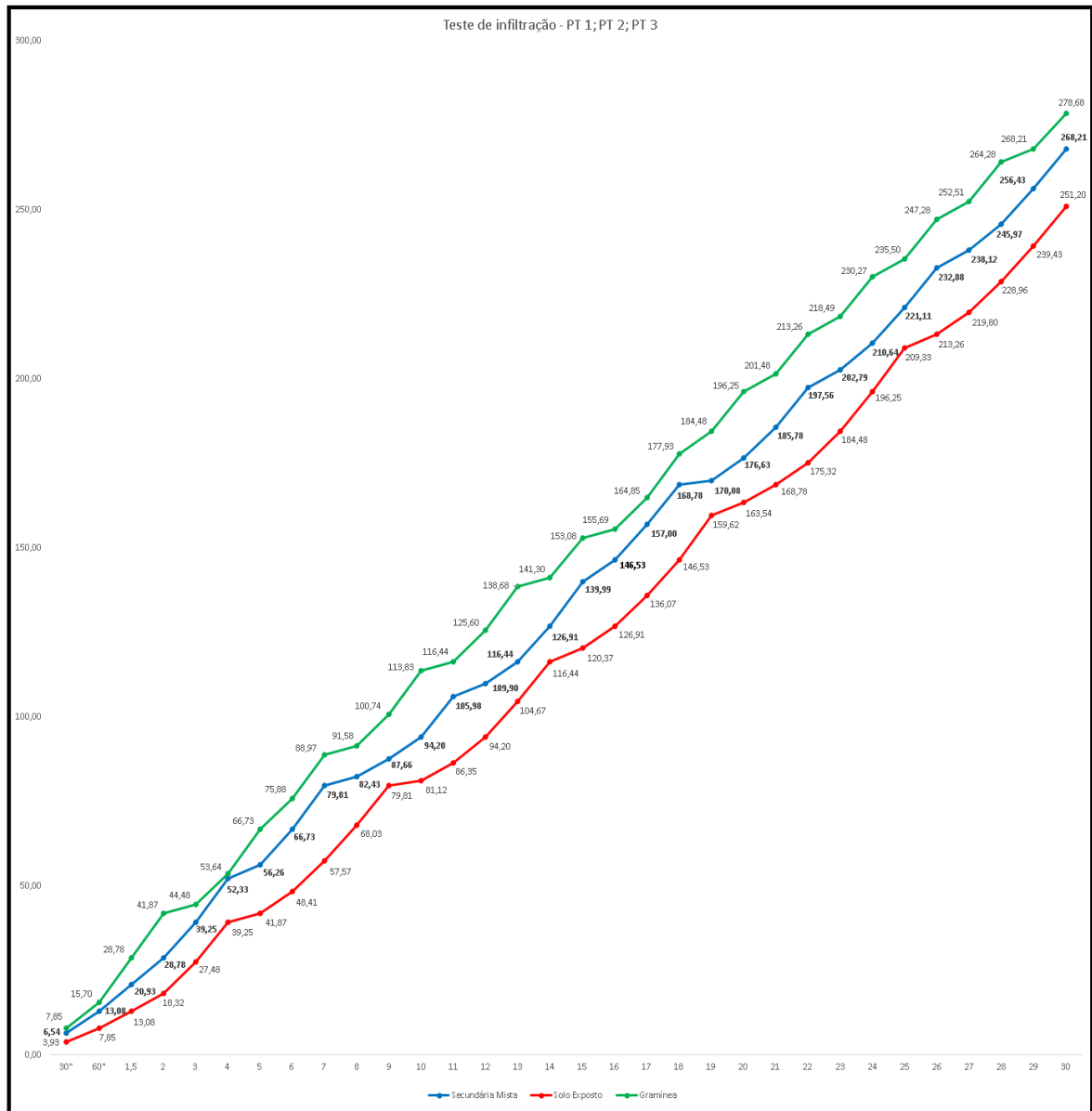
Fonte: Elaboração do Autor, 2021

**Gráfico 12** - Teste de infiltração no Ponto 3 na falésia de Ponta Verde  
(OBS: os dados com asterisco referem-se às recargas feitas)



Fonte: Elaboração do Autor, 2021

**Gráfico 13 - Comparativo dos três pontos de teste de infiltração na falésia de Ponta Verde**



Fonte: Elaboração do Autor, 2021

**Tabela 5** - Teste de infiltração no Ponto 1 na falésia de Ponta Verde  
(OBS: os dados com asterisco referem-se às recargas feitas)

| TESTE DE INFILTRAÇÃO - Vegetação Secundária Mista (Ponto 1) |                                  |                            |                         |                                   |               |                          |
|---|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------------|
| Tempo (s/min)   | Altura de infiltração Régua (cm) | Altura de infiltração (cm) | Volume infiltração (ml) | Volume infiltração Acumulado (ml) | Tempo (s/min) | Taxa de Infiltração (ml) |
| 30s   | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 196,25                            | 30"           | 6,54                     |
| 1   | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 392,5                             | 60"           | 13,08                    |
| 1,5   | 7,0                              | 3,0                        | 235,5                   | 628                               | 1,5           | 20,93                    |
| 2   | 7,0                              | 3,0                        | 235,5                   | 863,5                             | 2             | 28,78                    |
| 3   | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 1177,5                            | 3             | 39,25                    |
| 4   | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 1570                              | 4             | 52,33 *                  |
| 5   | 8,5                              | 1,5                        | 117,75                  | 1687,75                           | 5             | 56,26                    |
| 6   | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 2001,75                           | 6             | 66,73                    |
| 7   | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 2394,25                           | 7             | 79,81 *                  |
| 8   | 9,0                              | 1,0                        | 78,5                    | 2472,75                           | 8             | 82,43                    |
| 9   | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 2629,75                           | 9             | 87,66                    |
| 10  | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 2826                              | 10            | 94,20                    |
| 11  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 3179,25                           | 11            | 105,98 *                 |
| 12  | 8,5                              | 1,5                        | 117,75                  | 3297                              | 12            | 109,90                   |
| 13  | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 3493,25                           | 13            | 116,44                   |
| 14  | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 3807,25                           | 14            | 126,91                   |
| 15  | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 4199,75                           | 15            | 139,99 *                 |
| 16  | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 4396                              | 16            | 146,53                   |
| 17  | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 4710                              | 17            | 157,00                   |
| 18  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 5063,25                           | 18            | 168,78 *                 |
| 19  | 9,5                              | 0,5                        | 39,25                   | 5102,5                            | 19            | 170,08                   |
| 20  | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 5298,75                           | 20            | 176,63                   |
| 21  | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 5573,5                            | 21            | 185,78                   |
| 22  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 5926,75                           | 22            | 197,56 *                 |
| 23  | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 6083,75                           | 23            | 202,79                   |
| 24  | 7,0                              | 3,0                        | 235,5                   | 6319,25                           | 24            | 210,64                   |
| 25  | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 6633,25                           | 25            | 221,11                   |
| 26  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 6986,5                            | 26            | 232,88                   |
| 27  | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 7143,5                            | 27            | 238,12                   |
| 28  | 7,0                              | 3,0                        | 235,5                   | 7379                              | 28            | 245,97                   |
| 29  | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 7693                              | 29            | 256,43                   |
| 30  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 8046,25                           | 30            | 268,21                   |
|   | TOTAL                            | 102,5                      | 8.046,25                |                                   |               |                          |

Fonte: Elaboração do Autor, 2021



**Tabela 6** - Teste de infiltração no Ponto 2 na falésia de Ponta Verde  
(OBS: os dados com asterisco referem-se às recargas feitas)

| TESTE DE INFILTRAÇÃO - Condomínio - solo exposto (Ponto 2) |                                  |                            |                         |                                   |               |                          |
|--|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------------|
| Tempo (s/min)  | Altura de infiltração Régua (cm) | Altura de infiltração (cm) | Volume infiltração (ml) | Volume infiltração Acumulado (ml) | Tempo (s/min) | Taxa de Infiltração (ml) |
| 30s  | 8,5                              | 1,5                        | 117,75                  | 117,75                            | 30"           | 3,93                     |
| 1  | 8,5                              | 1,5                        | 117,75                  | 235,5                             | 60"           | 7,85                     |
| 1,5  | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 392,5                             | 1,5           | 13,08                    |
| 2  | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 549,5                             | 2             | 18,32                    |
| 3  | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 824,25                            | 3             | 27,48                    |
| 4  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 1177,5                            | 4             | 39,25                    |
| 5  | 9,0                              | 1,0                        | 78,5                    | 1256                              | 5             | 41,87                    |
| 6  | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 1452,25                           | 6             | 48,41                    |
| 7  | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 1727                              | 7             | 57,57                    |
| 8  | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 2041                              | 8             | 68,03                    |
| 9  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 2394,25                           | 9             | 79,81                    |
| 10   | 9,5                              | 0,5                        | 39,25                   | 2433,5                            | 10            | 81,12                    |
| 11   | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 2590,5                            | 11            | 86,35                    |
| 12   | 7,0                              | 3,0                        | 235,5                   | 2826                              | 12            | 94,20                    |
| 13   | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 3140                              | 13            | 104,67                   |
| 14   | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 3493,25                           | 14            | 116,44                   |
| 15   | 8,5                              | 1,5                        | 117,75                  | 3611                              | 15            | 120,37                   |
| 16   | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 3807,25                           | 16            | 126,91                   |
| 17   | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 4082                              | 17            | 136,07                   |
| 18   | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 4396                              | 18            | 146,53                   |
| 19   | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 4788,5                            | 19            | 159,62                   |
| 20   | 8,5                              | 1,5                        | 117,75                  | 4906,25                           | 20            | 163,54                   |
| 21   | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 5063,25                           | 21            | 168,78                   |
| 22   | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 5259,5                            | 22            | 175,32                   |
| 23   | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 5534,25                           | 23            | 184,48                   |
| 24   | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 5887,5                            | 24            | 196,25                   |
| 25   | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 6280                              | 25            | 209,33                   |
| 26   | 8,5                              | 1,5                        | 117,75                  | 6397,75                           | 26            | 213,26                   |
| 27   | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 6594                              | 27            | 219,80                   |
| 28   | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 6868,75                           | 28            | 228,96                   |
| 29   | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 7182,75                           | 29            | 239,43                   |
| 30   | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 7536                              | 30            | 251,20                   |
|  | TOTAL                            | 96                         | 7.536,00                |                                   |               |                          |

Fonte: Elaboração do Autor, 2021

**Tabela 7** - Teste de infiltração no Ponto 3 na falésia de Ponta Verde  
(OBS: os dados com asterisco referem-se às recargas feitas)

| TESTE DE INFILTRAÇÃO - Gramínea (Ponto 3) |                                  |                            |                         |                                   |               |                          |
|---|----------------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------|---------------|--------------------------|
| Tempo (s/min)                             | Altura de infiltração Régua (cm) | Altura de infiltração (cm) | Volume infiltração (ml) | Volume infiltração Acumulado (ml) | Tempo (s/min) | Taxa de Infiltração (ml) |
| 30s                                       | 7,0                              | 3,0                        | 235,5                   | 235,5                             | 30"           | 7,85                     |
| 1   | 7,0                              | 3,0                        | 235,5                   | 471                               | 60"           | 15,70                    |
| 1,5                                       | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 863,5                             | 1,5           | 28,78                    |
| 2   | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 1256                              | 2             | 41,87                    |
| 3   | 9,0                              | 1,0                        | 78,5                    | 1334,5                            | 3             | 44,48                    |
| 4   | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 1609,25                           | 4             | 53,64                    |
| 5   | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 2001,75                           | 5             | 66,73 *                  |
| 6   | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 2276,5                            | 6             | 75,88                    |
| 7   | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 2669                              | 7             | 88,97 *                  |
| 8   | 9,0                              | 1,0                        | 78,5                    | 2747,5                            | 8             | 91,58                    |
| 9   | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 3022,25                           | 9             | 100,74                   |
| 10  | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 3414,75                           | 10            | 113,83 *                 |
| 11  | 9,0                              | 1,0                        | 78,5                    | 3493,25                           | 11            | 116,44                   |
| 12  | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 3768                              | 12            | 125,60                   |
| 13  | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 4160,5                            | 13            | 138,68 *                 |
| 14  | 9,0                              | 1,0                        | 78,5                    | 4239                              | 14            | 141,30                   |
| 15  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 4592,25                           | 15            | 153,08 *                 |
| 16  | 9,0                              | 1,0                        | 78,5                    | 4670,75                           | 16            | 155,69                   |
| 17  | 6,5                              | 3,5                        | 274,75                  | 4945,5                            | 17            | 164,85                   |
| 18  | 5,0                              | 5,0                        | 392,5                   | 5338                              | 18            | 177,93 *                 |
| 19  | 7,5                              | 2,5                        | 196,25                  | 5534,25                           | 19            | 184,48                   |
| 20  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 5887,5                            | 20            | 196,25 *                 |
| 21  | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 6044,5                            | 21            | 201,48                   |
| 22  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 6397,75                           | 22            | 213,26 *                 |
| 23  | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 6554,75                           | 23            | 218,49                   |
| 24  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 6908                              | 24            | 230,27 *                 |
| 25  | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 7065                              | 25            | 235,50                   |
| 26  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 7418,25                           | 26            | 247,28 *                 |
| 27  | 8,0                              | 2,0                        | 157                     | 7575,25                           | 27            | 252,51                   |
| 28  | 5,5                              | 4,5                        | 353,25                  | 7928,5                            | 28            | 264,28                   |
| 29  | 8,5                              | 1,5                        | 117,75                  | 8046,25                           | 29            | 268,21                   |
| 30  | 6,0                              | 4,0                        | 314                     | 8360,25                           | 30            | 278,68                   |
|   | TOTAL                            | 106,5                      | 8.360,25                |                                   |               |                          |

Fonte: Elaboração do Autor, 2021

#### 5.4 Movimentos de massa na falésia

Os movimentos de massa, também chamados de fluxo gravitacionais, de sedimentos, regolitos ou rochas são estudados há bastante tempo nas áreas urbanas baseados na noção de que constituem em graves riscos geológicos em localidades com topografia muito inclinada.

Porém, segundo Santos Júnior et al. (2020) são poucos os estudos realizados nas áreas de ocorrência das falésias.

Ao analisar a estabilidade das falésias, temos os processos marítimos e continentais como os principais agentes desestabilizadores, onde a erosão marítima atua na base, através de incisões que vão deixando-a cada vez mais íngremes; e a precipitação pluviométrica que aumenta o grau de saturação, diminuindo a resistência e, conseqüentemente, causando os movimentos de massa. Além desses fatores, a ação humana também pode provocar a instabilidade no top das falésias, como a irrigação de jardins. Para Duperret et al. (2002) características estruturais, mecânicas e hidráulicas bem ajustadas são importantes para a estabilidade das falésias.

Diversos autores classificaram os movimentos de massa ao longo dos anos. Para Taquez (2017) os movimentos são definidos como tombamentos, quedas de blocos e escorregamentos que ocorrem onde há maior quantidade de fendas de tração; segundo Varnes (1978) os movimentos são definidos como quedas, tombamentos, deslizamentos, escoamentos e movimentos complexos; Hungr et al (2014) atualiza a classificação de Varnes (1978) e define os movimentos da seguinte forma:

- Quedas, provocadas pela ação das forças gravitacionais e que acontecem com grande rapidez. Pode ser entendido como uma queda livre de material desprendido do maciço, sob gradientes altos ou quedas com algumas colisões com outros blocos, geralmente em taludes íngremes;
- Tombamentos, movimentos de blocos de solo ou rochas em torno de um ponto na base. Mais lentos que as quedas, ocorrem em áreas bastante íngremes por conta da ação gravitacional e por ações de unidades adjacentes ou por fluidos em falhas e fendas;
- Deslizamentos, movimentos de material a jusante, com propriedades e leis constitutivas próprias de materiais porosos, onde as forças de cisalhamento são responsáveis pela ruptura, ativadas por ações humanas, ações erosivas, sobrecargas, intensa pluviosidade ou sismo que retiram material da base. Podem ser classificados como rotacionais (superfícies circulares) ou translacionais (superfícies planas), onde segundo a forma da superfície pode ser circular, plana, formato de cunha ou composta;
- Espalhamentos, alongamento de uma camada rígida, onde ocorre a fragmentação, deslocamento e rotação de blocos a partir da deformação em

excesso de uma camada de material mais fraco localizada abaixo da massa onde ocorreu o espalhamento;

- Escoamentos, ocorrem em decorrência de um deslizamento ou da queda de blocos, onde rochas fragmentadas se desintegram com grande velocidade e apresentam aumento da mobilidade proporcionalmente ao volume do evento.

De acordo com Santos Júnior. et al. (2008) foram analisadas as características morfológicas e os processos de recuo das falésias na região nordeste do Brasil, as quais são compostas por sedimentos pré-quadernários da Formação Barreiras, com camadas intercaladas de arenitos e argilas consolidadas, evidenciando-se a presença de fendas de tração, que atuam promovendo a expulsão dos blocos do talude caso preenchidas por água.

Na área de estudo observou-se movimentos de massa ao longo de diversos pontos da extensão da falésia (Figuras 44 – 48), verificando que a origem desses movimentos pode ser atribuído a processos erosivos na porção superior da falésia, visto que nessas áreas encontra-se um patamar que separa a base da falésia do contato com a água do mar, diminuindo consideravelmente a ação dos processos marítimos.

**Figura 44** - Movimento de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 45** - Movimento de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 46** - Movimento de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



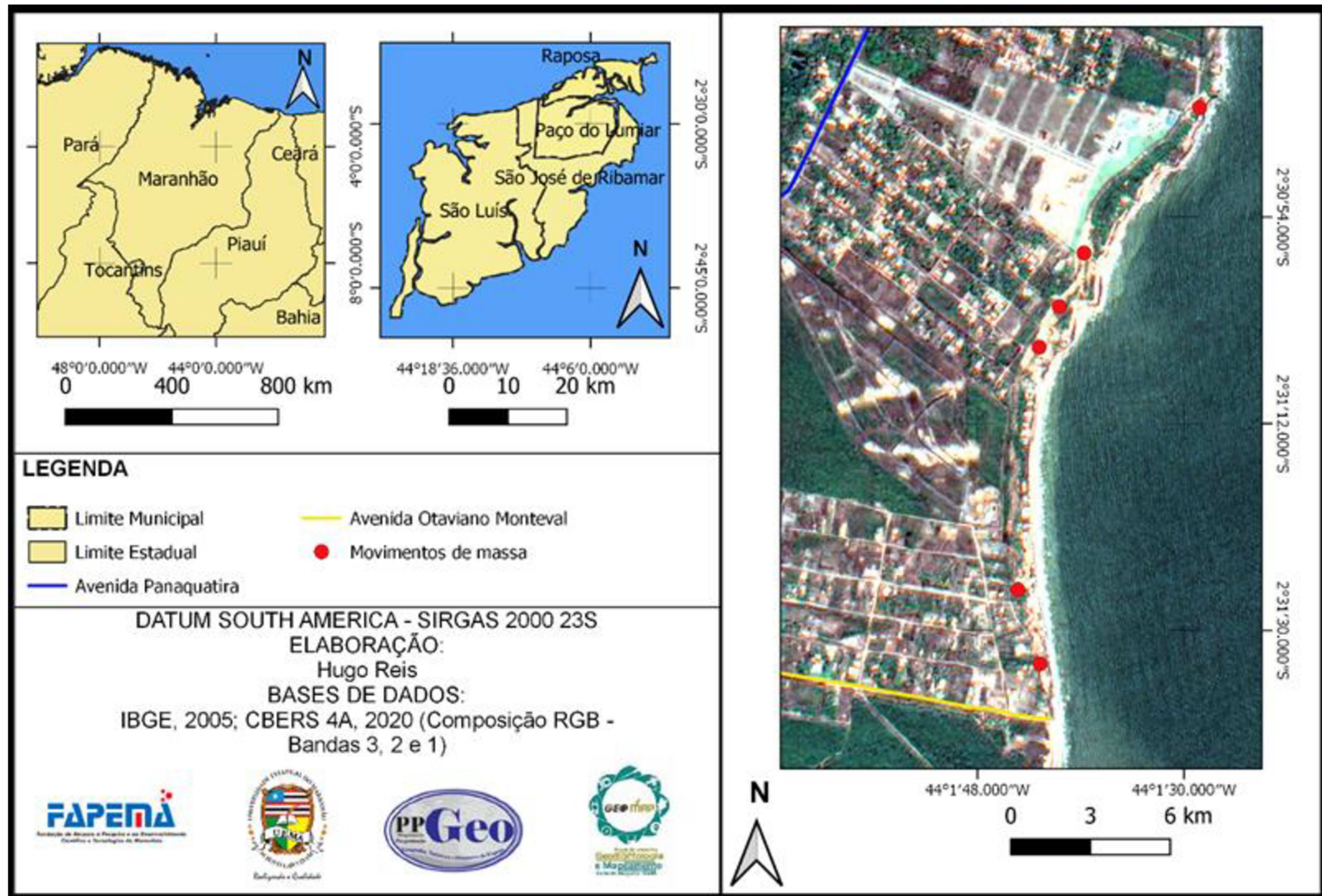
Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 47** - Movimento de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 48** - Mapa de localização de movimentos de massa na falésia da praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte; Elaboração do Autor, 2021

## **6 OCUPAÇÃO HUMANA E PROCESSOS COSTEIROS NA FALÉSIA DA PRAIA PONTA VERDE**

Sobre a zona costeira, Silva (2017) nos diz que ela corresponde a um espaço que apresenta singularidades e vantagens locacionais, sendo um ambiente restrito e limitado, se comparado com as demais porções das terras continentais, sendo visto como um local privilegiado, apresentando qualidades geográficas únicas, o que resulta no seu alto valor em comparação com outras áreas encontradas mais ao interior do continente.

Nas zonas costeiras ocorreram as primeiras formas de ocupação do território que viria a se tornar o Brasil, sendo que, todos os fluxos de colonização do Novo Mundo partiram de centros de difusão assentados na costa, que articulavam a hinterlândia explorada com as rotas oceânicas que alavancavam tal exploração da mesma forma que ocorreu em outros territórios da então conhecida América Colonial, podendo ser visto um certo tipo de padrão colonial. Os primeiros assentamentos lusitanos em terras brasileiras localizaram-se na zona costeira, apresentando uma estrutura bem definida de ocupação, partindo, após sua consolidação, para outras áreas nos seus entornos a fim de expandir sua ocupação (MORAES, 2007).

Sobre esse fato:

Esse padrão articula áreas no litoral brasileiro com baixas e altas densidades demográficas, que ocasionam a presença de vetores que irão contribuir no processo de uso e ocupação da zona costeira, como: industrialização e urbanização, segundas residências e movimento migratório e favelização. Estes estão diretamente relacionados, as intervenções que o ser humano realiza na zona costeira a fim de “melhorar” sua situação nessa área tão dinâmica (SILVA, 2017, p. 38).

O processo de industrialização é considerado um dos agentes de maior intensificação da ocupação da costa brasileira nas últimas décadas, porém ela ocorre de maneira pontual e concentrada, impactando, direta e indiretamente, no meio ambiente e nas relações sociais (SILVA, 2017). Mas tal situação não é percebida na praia de Ponta Verde, e nem em outras áreas da costa do município de São José de Ribamar, o que poderia causar algum impacto na área de estudo.

As chamadas “segundas residências” encontram-se distribuídas ao longo dos arredores das capitais estaduais e das grandes aglomerações do litoral brasileiro, configurando-se como um elemento bastante significativo na urbanização costeira. O impacto ambiental dessa atividade de veraneio pode ser relacionado diretamente relacionado à capacidade dos poderes públicos de ordenarem o uso do solo. Essa atividade tem a capacidade de desorganizar socialmente o local onde está instalado, promovendo a chamada especulação imobiliária, originando tensões e conflitos antes inexistentes (MORAES, 2007). Essa situação pode-se



observar na área de estudo e em outras áreas no entorno, tanto em construções mais antigas – no topo do tabuleiro como na base das falésias – que ainda são usadas ou que foram deterioradas pela ação do tempo e dos processos marinhos de subidas e descidas das marés (Figuras 49 e 50), como a valorização de áreas na porção superior do tabuleiro costeiro, evidenciadas no loteamento de terrenos para construção de condomínios de casas (Figura 51).

**Figura 49** - Propriedades ainda utilizadas no tabuleiro e na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Acervo do Autor, 2019

**Figura 50** - Construção abandonada na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 51** - Loteamento para construção de condomínio na praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

O movimento migratório em direção à costa é outro processo atuante na urbanização litorânea, visto que adiciona um grande número de pessoas para essa região, seja pela possibilidade de emprego nos setores da indústria ou de serviços. Porém a maior parte dessa mão de obra não é absorvida por nenhum desses setores, restando a esse contingente o exercício da atividade remunerada no setor informal. Essa camada populacional acaba ocupando os espaços litorâneos que se encontram sem uso pelos outros setores, na maioria das vezes áreas de grande vulnerabilidade e/ou de proteção ambiental. A precariedade e espontaneidade dos assentamentos desse grupo ocasiona impactos significativos no ambiente, resultando em alta insalubridade para a qualidade de vida local (SILVA, 2017). Na área em estudo não é evidenciado tal fato, pois não há a instalação de indústrias nas áreas próximas, porém evidencia-se a presença do trabalho informal, na figura dos vendedores ambulantes na praia, o que pode acarretar em poluição por resíduos sólidos.

O Estado também participa desse processo:

[...] a ação do Estado também se exercita com vigor nos processos de ocupação dos espaços “fronteiriços” do litoral, isto é, nas vastas extensões de população dispersa e semi-isolada. [...] A dotação de equipamentos e infraestruturas sela o destino de tais espaços, no sentido de sua rápida exploração. O critério para a seleção de tais lugares varia conforme o uso projetado, podendo ser tanto sítio portuário em face da proximidade de uma área de exploração mineral, quanto a beleza cênica no que importa a um uso turístico [...] (MORAES, 2017, p. 40-41).

Para Silva (2017), outro setor que tem sido responsável pelo grande uso da zona costeira, nas últimas décadas, é a atividade turística que vem ganhando força pela ampliação da classe média, que vem intensificando o fluxo interno, e pelo crescente número de turistas estrangeiros. O turismo vem crescendo muito nos últimos anos, evidenciado na rapidez das instalações na zona costeira. Tal situação pode ser comprovada pela preocupação do Estado em oferecer suporte para o setor por meio da elaboração de planos de construção de infraestrutura e investimentos, proporcionando ao litoral brasileiro um atrativo maior aos fluxos internacionais.

Sobre tais fatos, pode-se perceber que a área ainda carece dessa infraestrutura de acesso, visto que a única área de acesso com pavimentação asfáltica é a avenida que leva à praia de Panaquatira. Há um caminho que liga a avenida à praia de Ponta Verde, porém a mesma não é pavimentada, onde as intervenções realizadas para beneficiar o acesso localidade foi realizada pelos moradores e donos de estabelecimentos da localidade (Figuras 52 – 55), apresentando trechos com grande acúmulo de areia, podendo levar o veículo a atolar, representando um risco aos visitantes, visto que é uma área afastada e pode haver o ataque de assaltantes (Figura 56).

Segundo Souza et al. (2005) outros fatores antrópicos são responsáveis pela interferência nos processos de erosão e sedimentação das zonas costeiras:

- Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação do pós-praia, causam processos erosivos diretos, eliminando estoques sedimentares da praia e interferem na circulação de correntes costeiras;
- a implantação de estruturas rígidas e flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa, como espigões, molhes, enrocamentos, canais de drenagem, anteparos e muros, gabiões e quebra-mares, interferem na circulação de correntes costeiras, modificam o ângulo de incidência das ondas e o alteram o perfil praiar e o regime sedimentar;
- a retirada de areia de praias e dunas, provoca erosão na praia local e praias vizinhas, que alteram seu balanço sedimentar;
- a conversão de manguezais, planícies fluviais e lagunares em terrenos para urbanização e atividades antrópicas, causam desequilíbrio no balanço sedimentar regional e aumentam os processos erosivos no sistema costeiro, podendo muitos desses terrenos passarem a ser suscetíveis a inundações

**Figura 52** - Via de acesso para a praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

**Figura 53** - Acesso à praia de Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 54** - Acesso à praia de Ponta Verde após intervenção da comunidade.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

**Figura 55** - Empreendimento à entrada da praia de Ponta Verde.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 56** - Ponto de atoleiro no caminho da praia de Ponta Verde.



Fonte: Acervo do Autor, 2019.

Os movimentos migratórios, as segundas residências e o turismo podem acarretar na hiperconcentração da população na zona costeira, que vai gerar além da ocupação desordenada do espaço (Figura 57) uma série de problemas ambientais, como o descarte incorreto de resíduos sólidos (Figuras 58 – 60) e efluentes domésticos, poluindo o litoral e afetando a balneabilidade das praias. Por isso analisar todos os fatores expostos é de suma importância para compreender as interferências antrópicas na localidade, visto que não há um planejamento e gerenciamento correto da zona costeira, que facilitaria a ocupação correta da área. (SILVA, 2017)

**Figura 57** - Casa com estrutura comprometida na porção superior da falésia em Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 58** - Descarte irregular de resíduos sólidos na porção superior da falésia em Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 59** - Descarte irregular de materiais de construção na porção superior da falésia em Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019

**Figura 60** - Descarte irregular de resíduos sólidos ao longo da falésia em Ponta Verde, São José de Ribamar.



Fonte: Acervo do Autor, 2019



## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como é de conhecimento público o ano de 2020 apresentou uma série de dificuldades por conta da pandemia da Covid-19, que obrigou a todos o cumprimento de medidas que visassem a redução da proliferação da doença em todo o mundo, como as medidas de isolamento e distanciamento social. Tais medidas acabaram por prejudicar o desenvolvimento da pesquisa, pois ficou impossibilitado o deslocamento ao campo para realização de entrevistas com moradores e frequentadores da localidade para realizar análises que pudessem, possivelmente, verificar o grau de interferência humana na região e a coleta de amostras, pois algumas das amostras que haviam sido coletadas antes do decreto das medidas de controle sanitário encontram-se paradas no laboratório sem poderem ser analisadas, visto que a Universidade continua fechada por conta de determinação do Governo Estadual, o que prejudicou sobremaneira as análises do solo da área de estudo. Porém, com a flexibilização das medidas de restrição, o trabalho teve o seu desenvolvimento realizado novamente.

No litoral brasileiro ocorrem, em diversos pontos de sua longa extensão, grandes depósitos arenosos dispostos no formato de pontais, planícies de crista de praia e cordões litorâneos.

No final do século XX apresentou uma valorização das zonas costeiras, visando o turismo e o lazer, de maneira tão rápida e intensa que os gestores públicos não acompanharam tal movimento afim de promover uma ordenação de ocupação e utilização dos recursos costeiros com o intuito de minimizar os problemas que são corriqueiros em diversas regiões do país, como poluição das águas, destruição de ecossistemas, impactos sobre comunidades costeiras, lixo nas praias, entre outros (BARROS, 2005).

Como citado no parágrafo anterior, a respeito da degradação socioambiental, a ocupação urbana em períodos de férias e/ou finais de semana tem sido responsável por impactos ambientais ao ambiente costeiro, pelo desmatamento da vegetação (restingas, mangues) e dunas, além de apresentar deficiência na oferta de água, coleta de esgoto e estrutura viária que atenda o número de pessoas que chegam a essas regiões.

A descrição das características morfológicas de solo é de fundamental importância para a estruturação de um sistema de classificação, seja pela indispensabilidade do conhecimento do solo, como pela necessidade de designar os atributos taxonômicos necessários ao agrupamento das classes do mesmo. , tanto pela necessidade de se conhecer o solo como também para se estabelecer atributos taxonômicos indispensáveis ao agrupamento das classes.

Com relação aos dados obtidos sobre a densidade aparente do solo, a densidade de partículas e a porosidade total, os resultados mostram um solo um solo compactado, o que acaba dificultando a infiltração da água e, por consequência, um maior escoamento superficial que acelera os processos erosivos no topo da falésia.

Sobre esses resultados, é imperativo que haja uma melhor utilização dos espaços tanto na base como no topo da falésia, visto que algumas construções estão abandonadas e destruídas, parcial ou totalmente, visto que as ações da subida e descida das marés, que apresentam grande amplitude na área, acabam destruindo as construções localizadas na base; já as construções localizadas na porção superior, muitas vezes próximo da borda da falésia, em alguns pontos já apresentam suas estruturas comprometidas pelos processos erosivos no topo. Essas ações devem ser tomadas a fim de se evitar perdas tanto materiais como imateriais.

Outro ponto importante que se pode compreender do trabalho é a necessidade de um trabalho de educação ambiental para a população que habita na localidade, visto que a ação humana tem causado impactos na região da praia de Ponta Verde, principalmente no que tange ao descarte irregular de resíduos sólidos nas áreas próximas à falésia, como ficou evidenciado nas imagens apresentados no trabalho e à construções irregulares no topo e na base da falésia, o que além de representar um problema de ordem ambiental, visto que pode prejudicar o ecossistema local como a poluição das águas e do solo, como de problemas estruturais que afetam a estabilidade do topo da falésia e, conseqüentemente, as construções e vidas humanas.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, A. N. **Contribuição à Geomorfologia do Estado do Maranhão**. Notícias Geomorfológicas: Campinas. Departamento de Geografia da UNICAMP, 3(5). Abril, 1960.
- ARAÚJO, I. R. G; GOMES, E. R. **Análise multitemporal da linha de costa da praia de Macapá no litoral do Piauí a partir de imagens Landsat** – Caderno de Geografia, vol. 27, núm. 1, 2017, pp. 189-200.
- BARROS, F. M. L. **Risco e vulnerabilidade à erosão costeira no município de Maricá, Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.
- BANDEIRA, A. M. **Distribuição espacial dos sítios tupi na Ilha de São Luís, Maranhão**. Cadernos do LEPAARQ. Vol. XII, 2015.
- BERTALANFFY, L.V. **Teoria geral dos sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1973. 351p.
- BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico**. Caderno de Ciências da Terra. São Paulo, n.13, p. 1-27, 1972.
- BEZERRA, J. F. R. **Geomorfologia e Reabilitação de Áreas Degradadas por Erosão com Técnicas de Bioengenharia de Solos na Bacia do Rio Bacanga, São Luís – MA**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2011. p, 249.
- BEZERRA, J. F. R. *et al.* **Diagnóstico dos Processos Erosivos na Porção Nordeste da Ilha do Maranhão**. In: *PPGeo UEMA*, 2016.
- BRADY, N.C *et al.* **Elementos da natureza e propriedades do solo**. Tradução: LESPSCHE, I.F. 3ed.Porto Alegre: Bookman.2013.
- BRASIL. Decreto nº 89.817, de 20 de junho de 1984: **Estabelece as Instruções Reguladoras das Normas Técnicas da Cartografia Nacional**. Publicado no Diário Oficial da União, 22 de julho de 1984. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/d89817.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d89817.htm)> Acesso: 20 de Set. 2017.
- BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **A zona costeira e seus múltiplos usos: Importância Estratégica e Conflitos Socioambientais**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/gestao-territorial/gerenciamento-costeiro/a-zona-costeira-e-seus-m%C3%BAltiplos-usos>> Acesso em: 26/03/2016.
- BUSMAN, D. V *et al.* **Métodos de Vulnerabilidade Social – Subsídios à adaptação às mudanças climáticas em municípios costeiros**. Revista Brasileira de Cartografia (2017), Nº 69/4, Edição Desastres Naturais e Impactos Ambientais: 659-674 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgar Blücher. 2 ed., 1980.
- CPRM. PROGRAMA LEVANTAMENTOS GEOLÓGICOS BÁSICOS DO BRASIL: **Carta Geológica Folha Sa.23-X/Z São Luís Ne/Se**. 2000.

DIAS, R. L; PEREZ FILHO, A. Novas considerações sobre geossistemas e organizações espaciais em geografia. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 29 (3), p. 409-421, 2017.

DINIZ, J. S. **Expansão e organização do espaço urbano em São Luís (1980/90): uma abordagem sistêmica.** Monografia de Especialização/UFMA. São Luís, 1993. 63 p.

DINIZ, M. T. M *et al.* **Proposta de classificação das paisagens integradas.** REGNE, Vol. 01. Nº 01 de 2015

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2009.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

EMERY, K.O; KUHN, G.C. **Sea cliffs: their processes, profiles and classification. Geological.** Society of America Bulletin. Vol. 93, p. 644-654. 1982. doi: 10.1130/0016-7606(1982)93<2.0.CO;2

FARIAS FILHO, M. S. Caracterização geoambiental da Área de Proteção Ambiental da Região do Maracanã, São Luís, MA. *In: CARVALHO NETA, R. N. F. Área de Proteção Ambiental do Maracanã: subsídios ao manejo e à Educação Ambiental.* São Luís, MA: FAPEMA, 2010.

FARIAS FILHO, M. S.; CELERI, M. J. (org.). **Geografia da Ilha do Maranhão.** São Luís, MA. EDUFMA, 2015. 290p.

FEITOSA, A. C; TROVÃO, J. R. **Atlas do Maranhão: Espaço Geo-histórico e Cultural.** João Pessoa: Editora Grafset, 2006.

FERREIRA, A. J. de A. **A estrutura espacial urbana maranhense.** Monografia de graduação. São Luís. 68 p., 1989.

FREIRE, M. P.; DIAS, L. J. B. S. Caracterização geológico-geomorfológica e pedológica do bairro COHATRAC e área de entorno imediato (São Luís – MA): subsídios para estudos em geomorfologia ambiental. **[Anais]** VI Simpósio Nacional de Geomorfologia, Goiânia – GO. Setembro, 2006.

GUARIZ et al. Variação da umidade e da densidade do solo sob diferentes coberturas vegetais. **[Anais]**. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril. 2009. INPE, p. 7709-7716.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico.** 8 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. da; BOTELHO, R. G. M.(org.). **Erosão e Conservação dos Solos conceitos, temas e aplicações.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999. 340p.

GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. **Geomorfologia e meio ambiente.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil:1996, 394p.

GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

GUERRA, A.J.T.; MARÇAL. M. dos S. **Geomorfologia ambiental**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2014.192p.

GERCO-MA. **Macrozoneamento do Golfão Maranhense**: Diagnóstico ambiental da microrregião da aglomeração urbana de São Luís e dos municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário – Estudo de hidrologia. 55p. 1988

GOMES. E.R; ARAÚJO, I. R. G. **Análise multitemporal da linha de costa da praia de Macapá no litoral do Piauí a partir de imagens Landsat**. Caderno de Geografia, v.27, número especial 1, 2017

GRUBER, N. L. S; BARBOZA, E. G; NICOLODI, J. L. **Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos**: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira. Gravel, Porto Alegre, v.1. nº 1, p. 81-89, jan. 2003. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/gravel/portugues/publica.htm>>. Acesso em: 13/03/2016.

HILLS, R. C. **The determination of the infiltration capacity of fields soils using the Cylinder Infiltrometer**. London (UK): British Geomorphological Research Group, Technical Bulletin, 3, 1970.

HUNGR, O.; LEROUÉIL, S.; PICARELLI, L. **The Varnes classification of landslide types, an update**. Landslides, v. 11, n. 2, p. 167-194, 2014.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual técnico de uso da terra**. 3 ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Divisão regional do Brasil em regiões geográficas imediatas e regiões geográficas intermediárias: 2017** / IBGE, Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. ISBN 978-85-240-4418-2. 82p.

IMESC. Instituto Maranhense de Estudos Socioeconômicos e Cartográficos. **Situação Ambiental da Ilha do Maranhão**. São Luís: IMESC, 2011.

KIEHL, E.J. **Manual de edafologia**: Relações solo-planta. São Paulo: Ceres, 1979. 262p.

LIMA, L. D. da M. **Suscetibilidade à Erosão dos Solos nas Sub-bacias do médio e alto cursos da Bacia do Rio Macaé / RJ**. Dissertação de Mestrado, Programa de Pósgraduação em Geografia. UFRJ, Rio de Janeiro, 2008, 127 p.

LIVRO DO TOMBO DO CURATO – Paróquia – Santuário de São José de Ribamar.  
LEMONS, R. C.; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. SBCE e Embrapa CNPS, Viçosa. 1996. 83 p.

MARANHÃO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Coordenadoria de Programas Especiais. Programa Estadual de Gerenciamento Costeiro. **Macrozoneamento do Golfão Maranhense: Diagnóstico Ambiental da Microrregião da Aglomeração Urbana**

**de São Luís e dos Municípios de Alcântara, Bacabeira e Rosário.** Estudo de Geologia – São Luís: SEMA/MMA/PNMA, 1998.

MENEZES, A. F. **Análise da vulnerabilidade à erosão costeira no estado de Pernambuco através de indicadores ambientais e antrópicos.** Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a gestão da zona costeira do Brasil:** Elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro. Ed. Annablume, São Paulo, Brasil, 2005.

MORAIS, M. S. **Impactos socioambientais causados por processos erosivos em unidades de conservação: o caso do Parque Estadual do Bacanga, São Luís – MA.** Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2018.

NEVES, C. E. **Geossistema:** A história de uma pesquisa – Trajetórias e tendências no Estado de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

OLIVEIRA, M. F. **Metodologia Científica:** um manual para a realização de pesquisas em administração. Universidade Federal de Goiás, 2011.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. (orgs.). **Erosão e conservação dos solos:** conceitos, temas e aplicações. Editora: Bertrand Brasil. Rio de Janeiro-RJ, 2012.

PAIXÃO, F. J. R *et al.* Estimativa da infiltração da água no solo através de modelos empíricos e funções não lineares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra.** Campina Grande/PB, v.5, nº 1, p. 2-12, 2004.

PEREIRA, F. C.; OLIVEIRA, M. R. L. **Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro: 25 anos do Gerenciamento Costeiro no Brasil,** Brasília – DF. 2015.

PINHEIRO, M. R. **Técnicas cartográficas e aerofotográficas no estudo da erosão:** alta bacia do Ribeirão Araquá – São Pedro e Charqueada/SP. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo – USP, São Paulo – SP, 2009.

PRESS, F. *et al.* **Para entender a terra** – 4 ed. Porto Alegre: Bookmam, 2006.

RALISCH, R.*et al.* Resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Amarelo do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande,** v.12, n.4, p.381-384, 2008.

REIS, J.R.S. **São José de Ribamar:** a cidade, o santo e sua gente. São Luís, MA. Edição do Autor, 2001. 493p.

REIS, R. J. **Costa Sudeste do município de São Luís – MA:** análise e proposta para gestão ambiental. Tese (Mestrado em Gestão e Políticas Ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2005.

ROSSETI, D. F. Ambientes Costeiros. In: FLORENZANO, T. G. (org.). **Geomorfologia:** conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: oficina de textos, 2008.

SANTOS JUNIOR, O. F. *et al.* Processos de Instabilização em Falésias: Estudo de um Caso no Nordeste do Brasil. **Revista Luso-Brasileira de Geotecnia**, SPG, ABMS, ABGE, n. 114, p. 71-90, 2008.

SANTOS JUNIOR. Erosão em falésias costeiras e movimentos de massa no Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil – São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 39, n. 2, p. 447 - 461, 2020.

SERAFIM, M.B; BONETTI, J. Vulnerabilidade das praias do Estado de Santa Catarina a eventos de erosão e inundação costeira: proposta metodológica baseada em um índice multicritério – **Quaternary and Environmental Geosciences** (2017) 08(2):36-54

SILVA, C. H. S; SILVA, Q. D. Análise de falésias no litoral ocidental da Ilha do Maranhão – **Revista Geonorte**, Edição Especial, V.1, N.4, p.388 – 398, 2012.

SILVA, Q. D. **Mapeamento geomorfológico da Ilha do Maranhão**. UNESP/Presidente Prudente – Departamento de Geografia. Tese de Doutorado. Presidente Prudente. 2012.

SILVA, C. H. S. **Análise de falésias ativas na Ilha do Maranhão**. 2013. 118 f. TCC (Graduação em Geografia) – Curso de Geografia Licenciatura, Universidade Estadual do Maranhão, São Luís. 2013.

SILVA, C. H. S. **Falésia de Itapari, São José de Ribamar, Maranhão: Evolução geomorfológica recente**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Estadual do Piauí, Teresina, 2017.

SILVA, C. H. S; LIMA, I. M. M. F. Evolução geomorfológica recente da falésia de Itapari, São José de Ribamar – MA – **Revista Brasileira de Geografia Física** v.10, n.06 (2017) 1859-1874  
SOTCHAVA, V. B. **Geography and ecology. Soviet Geography: review and translation**. New York, v. 12, n. 5, p. 277-293, 1971.

SOUZA, C. R. de G. *et al* (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão preto: Holos Editora, 2005.  
SOUZA, J. R.; REIS, L. N. G. Mapeamento e análise do uso dos solos no município de Ibiá – MG utilizando o software Spring 5.1.8: análise da dinâmica agropecuária. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v.3, n.8, p.141-163, dez. 2011.

TAQUEZ, D.E.D. **Susceptibilidade à ocorrência de movimentos de massa e avaliação da estabilidade de falésias sob condição não saturada: Estudo de caso no Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno – Brasil**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2017.

TROPPEMAIR, H. **Geossistemas paulistas**. Rio Claro – SP, UNESP, edição do autor, 2001.

VARNES, David J. **Slope movement types and processes**. Transportation Research Board Special Report, n. 176, 1978.

VICENTE, L.E.; PEREZ FILHO, A. Abordagem Sistêmica e Geografia. **Geografia (Rio Claro. Impresso)**, Rio Claro, v. 28, n. 03. p. 323-344, set/dez, 2003.

VILLWOCK, J. A. Geologia e geomorfologia de regiões costeiras. In SOUZA, C. R. de G. *et al* (Ed.). **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

## **ANEXOS**



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO – UEMA**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS – CECEN**  
**PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, NATUREZA E DINÂMICA DO ESPAÇO**  
**CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

**Anexo A - Ficha Técnica de descrição morfológica do solo**

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Local:</b>       |  |
| <b>Ponto:</b>       |  |
| <b>Cor:</b>         |  |
| <b>Estrutura</b>    |  |
| <b>Forma</b>        |  |
| <b>Tamanho</b>      |  |
| <b>Consistência</b> |  |
| <b>Seco</b>         |  |
| <b>Úmido</b>        |  |
| <b>Plasticidade</b> |  |
| <b>Pegajosidade</b> |  |
| <b>Textura</b>      |  |
|                     |  |

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Local:</b>       |  |
| <b>Ponto:</b>       |  |
| <b>Cor:</b>         |  |
| <b>Estrutura</b>    |  |
| <b>Forma</b>        |  |
| <b>Tamanho</b>      |  |
| <b>Consistência</b> |  |
| <b>Seco</b>         |  |
| <b>Úmido</b>        |  |
| <b>Plasticidade</b> |  |
| <b>Pegajosidade</b> |  |
| <b>Textura</b>      |  |
|                     |  |



