

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO GEOLOGIA SEDIMENTAR E AMBIENTAL

JOSÉ DINIZ MADRUGA NETO

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS PROCESSOS EROSIVOS E DE
VULNERABILIDADE, E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS NO
LITORAL DO MUNICÍPIO DO PAULISTA – PE

Recife

2022

JOSÉ DINIZ MADRUGA NETO

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS PROCESSOS EROSIVOS E DE
VULNERABILIDADE, E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS NO
LITORAL DO MUNICÍPIO DO PAULISTA – PE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Geociências. Área de concentração em Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador (a): Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso

Recife

2022

Catálogo na fonte:
Bibliotecário Josias Machado, CRB-4 / 1690

M183a Madruga Neto, José Diniz.
Avaliação dos efeitos dos processos erosivos e de vulnerabilidade, e suas implicações ambientais no litoral do município do Paulista - PE / José Diniz Madruga Neto. – 2022.
225 f.: il., figs., tabs., abrev. e sigl.

Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, Recife, 2022.
Inclui referências.

1. Geociências. 2. Linha de costa. 3. Morfodinâmica. 4. Sedimentologia. 5. Erosão costeira. 6. Vulnerabilidade ambiental. 7. Paulista - PE. I. Manso, Valdir do Amaral Vaz (orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed)

BCTG/2022-221

JOSÉ DINIZ MADRUGA NETO

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DOS PROCESSOS EROSIVOS E DE
VULNERABILIDADE, E SUAS IMPLICAÇÕES AMBIENTAIS NO LITORAL DO
MUNICÍPIO DO PAULISTA – PE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geociências. Área de Concentração: Geologia Sedimentar e Ambiental.

Aprovada em: 23/02/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof.^a Dr.^a Rochana Campos de Andrade Lima Santos (Examinadora Externa)
Universidade Federal de Alagoas

Prof. Dr. Fábio José de Araújo Pedrosa (Examinador Externo)
Universidade de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria, primeiramente, de agradecer a Deus, não somente hoje, mas diariamente, por tudo o que ele tem proporcionado em minha vida, dando-me força, muita paciência, muita saúde e determinação para enfrentar todas as dificuldades desta caminhada, desde a aprovação na seleção para o tão sonhado mestrado, até a sua conclusão.

Ao meus pais, José Diniz Madruga Filho e Maria do Rozário Menezes Madruga, por toda ajuda na elaboração desta pesquisa, pela dedicação, incentivo, cobrança e confiança que depositaram em mim ao longo desta caminhada, sem medir esforços para que tudo fosse realizado da melhor maneira possível.

Ao meu Orientador, Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso, por ter aceitado o convite para orientação desta pesquisa, por todo apoio científico na elaboração deste trabalho, pelos comentários e conselhos sempre precisos e fundamentais, e por sua amizade, que será para a vida toda.

Ao meu irmão, Marcelo Menezes Diniz Madruga, que através de sua experiência como Mestre e Doutorando na área de Geociências, pôde me aconselhar e me auxiliar na realização dos trabalhos de campo, na utilização de softwares essenciais para este trabalho, e na elaboração da presente dissertação e de sua referida apresentação, sempre à disposição para quaisquer dúvidas.

A minha esposa, Mayara Moura Nogueira, por todo apoio, por toda paciência, incentivo e confiança depositada em mim.

Aos amigos André Costa, Bruno César, Diógenes Valença, Fernando Soares, Guilherme Assis, Gustavo Souto, João Alberto, Miguel Chaves, por toda ajuda na execução dos trabalhos de campo.

A minha amiga Débora Almeida, Mestre e Doutoranda na área de Geociências pelo incentivo e ajuda na realização da apresentação deste trabalho.

Ao Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) do Departamento de Geologia (DGEO), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde pude realizar grande parte das análises deste trabalho, e a todos que a compõem.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geociências (PPGEOC) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que patrocinou esta pesquisa.

RESUMO

Esta pesquisa foi realizada no município do Paulista, litoral norte do estado de Pernambuco, entre as praias de Enseadinha, localizada ao norte da desembocadura do rio Paratibe, e o pontal de Maria Farinha, localizada ao sul da desembocadura do rio Timbó. O trabalho teve intuito de levantar informações sobre o sistema costeiro, com base na caracterização morfodinâmica e geoambiental, quantificando o balanço sedimentar através de análises granulométricas; definir uma linha de preamar máxima atual; realizar levantamentos hidrodinâmicos; e analisar a vulnerabilidade das praias do referido município. Para isto, fez-se um monitoramento bimestral com o levantamento de sete perfis topográficos associados a coletas de sedimentos nos setores praias, tais quais a antepraia, o estirâncio e pós-praia (quando houve), entre os meses de julho/2019 e março/2020. Na correlação dos perfis topográficos associados à sedimentologia das amostras, os resultados indicaram que o balanço sedimentar foi positivo (deposicional) em quatro pontos, sendo o perfil praias 4, na praia de Pau Amarelo, onde houve a maior variação com $+17,6\text{m}^3/\text{m}$. Em outros três perfis, o balanço final foi negativo, sendo o perfil 2 o que obteve a maior variação negativa com $-26,4\text{m}^3/\text{m}$. A sedimentologia mostrou que aproximadamente 90% das 79 amostras coletadas foram classificadas na fração areia. O perfil 4 apresentou 100% das amostras com assimetria negativa, típica de ambientes praias, e que, associada a outros parâmetros, podem indicar áreas que estão em processo de erosão. No que se refere ao levantamento da linha de preamar máxima, constatou-se a retrogradação da linha de costa em grande parte da área de estudo, em virtude, sobretudo, da ocupação desordenada no litoral, onde a população busca cada vez mais morar em frente ao mar, realizando, para isso, intervenções antrópicas e invadindo a faixa de praia. Com relação a análise da vulnerabilidade, foram utilizadas duas variáveis: a Costeira e a Continental. De modo geral, os indicadores utilizados revelaram um litoral altamente vulnerável, com aproximadamente 65% da linha de costa apresentando intenso processo erosivo, com a presença de obras de proteção costeira sem uma fundamentação técnica adequada, e/ou em mau estado de conservação. Em 31% da área de estudo, a vulnerabilidade foi classificada como moderada, apresentando em geral uma faixa de praia estreita, vegetação do tipo gramínea e um baixo quantitativo de ocupações. Apenas no extremo norte da área, no pontal da praia de Maria Farinha, representando 4% da área de estudo, a vulnerabilidade foi classificada como baixa.

Isto ocorreu, sobretudo, pelo bom suprimento sedimentar na área, acresção da linha de costa, presença de bancos de areia e, principalmente, pela ausência de ocupações.

PALAVRAS-CHAVE: Linha de costa; morfodinâmica; sedimentologia; erosão costeira; vulnerabilidade ambiental; paulista – PE.

ABSTRACT

This research was carried out in the municipality of Paulista, north coast of the state of Pernambuco, between the beaches of Enseadinha, located north of the outfall of the Paratibe River, and the head of Maria Farinha, located south of the outfall of the Timbo River. The objective of this work was to gather information about the coastal system, based on morphodynamic and geoenvironmental characterization, quantifying the sedimentary balance through granulometric analysis; to set a current maximum high tide line; to carry out hydrodynamic surveys; and to analyze the vulnerability of the beaches of this municipality. For this, a bimonthly monitoring was carried out with the survey of seven topographic profiles associated to sedimentary collections in the beach sectors, such as the shore, the stretch and post-beach (when there was), between the months of July/2019 and March/2020. In the correlation of the topographic profiles associated with the sedimentology of the samples, the results indicated that the sedimentary balance was positive (depositional) at four points, with beach profile 4 on Pau Amarelo beach, where there was the greatest variation, with + 17, 6m³/m. In the other three profiles, the final balance was negative, with profile 2 showing the greatest negative variation, with -26.4m³/m. The sedimentology showed that approximately 90% of the 79 samples collected were classified in the sand fraction. The profile 4 showed 100% of the samples with negative asymmetry, typical of beach environments, which, associated with other parameters, may indicate areas that are in the process of erosion. Regarding the survey of the maximum high tide line, there was a retrogradation of the coastline in most of the study area, mainly, due to the disorderly occupation of the coast, where the population increasingly seeks to live in front of the sea, carrying out, for this, anthropic intervention and invading the beach strip. With regard to the vulnerability analysis, two variables were used: the Coastal and the Continental. In general, the indicators used revealed a highly vulnerable coastline, with approximately 65% of the coastline showing an intense erosive process, with the presence of coastal protection works without adequate technical foundations and/or in a poor state of conservation. In 31% of the study area, vulnerability was classified as moderate, generally presenting a narrow strip of beach, grassy vegetation and a low number of occupations. Only at the northern end of the area, at the head of Maria Farinha beach, representing 4% of the study area, the vulnerability was classified as low. This occurred, above all, due to the good sedimentary supply in the area, accretion

of the coast, presence of sandbanks and, mainly, due to the absence of occupations.

KEY WORDS: Shoreline; morphodynamics; sedimentology; coastal erosion; environmental vulnerability; paulista – PE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 –	Localização da Área de Estudo.....	29
Figura 2 –	Climatologia da Região Metropolitana do Recife.....	31
Figura 3 –	Normais Climatológicas da Estação do Recife (Curado), 1961 a 1990.....	32
Figura 4 –	Normais Climatológicas da Estação do Recife (Curado), 1961 a 1990.....	32
Figura 5 –	Panorâmica do fragmento de vegetação a montante da BR-101	34
Figura 6 –	Localização do Rio Timbó	36
Figura 7 –	Bacia do Paratibe	37
Figura 8 –	Principais tipos de arrebentação das ondas.....	47
Figura 9 –	Representação ilustrativa dos efeitos das ondas sobre a linha de recifes	48
Figura 10 –	Tipos de regimes de marés no litoral brasileiro	51
Figura 11 –	Localização dos Perfis Praiais na área de estudo.....	53
Figura 12 –	Nível Pentax utilizado para realização das leituras nas miras topográficas.....	55
Figura 13 –	Tripé utilizado na base do Nível Pentax para regulagem de altura.....	56
Figura 14 –	Mira Topográfica com altura regulável até 5m.....	56
Figura 15 –	Trena plástica de 50m de comprimento.....	57
Figura 16 –	Esquema do cálculo de volume de perfil praial. Área do perfil aéreo (m ²) multiplicada por 1 m resultando no volume (m ³ /m) .	57
Figura 17 –	Amostras na etapa de pré-secagem, em temperatura ambiente	59
Figura 18 –	Amostras armazenadas em béqueres antes de ir para a estufa	59
Figura 19 –	Estufas utilizadas para secagem das amostras a 60°C.....	60
Figura 20 –	Balança semi-analítica utilizada para pesagem das amostras .	60
Figura 21 –	Peneiras de 2mm e 0,063mm utilizadas no peneiramento úmido.....	61

Figura 22 –	Agitador de peneiras (rotap) utilizado para separação das frações de areia	62
Figura 23 –	Receptor utilizado na base para o levantamento geodésico na área de estudo.....	65
Figura 24 –	Receptor "rover" utilizado no percurso do levantamento geodésico	65
Figura 25 –	Coletora de dados utilizada no levantamento geodésico.....	66
Figura 26 –	GNSS caracterizado pelo conjunto dos equipamentos (rover da base, rover do percurso e coletora de dados)	67
Figura 27 –	Mapa indicando a localização dos setores 1, 2 e 3	68
Figura 28 –	Mapa indicando a localização dos setores 4 e 5	69
Figura 29 –	Mapa indicando a localização dos setores 6, 7 e 8	69
Figura 30 –	Mapa ilustrando a área costeira das bacias de Pernambuco, da Paraíba e da Plataforma de Natal, com suas respectivas sub-bacias	74
Figura 31 –	Compartimentação da Província da Borborema.....	76
Figura 32 –	Principais domínios e terrenos da Província Borborema.....	77
Figura 33 –	Quadro esquemático proposto para a estratigrafia da sub-bacia Olinda, inserida na Bacia da Paraíba.....	79
Figura 34 –	Esquema de um sistema praial completo	85
Figura 35 –	Classificação textural para o mês de julho/19	91
Figura 36 –	Classificação textural para o mês de setembro/19	91
Figura 37 –	Classificação textural para o mês de novembro/19	92
Figura 38 –	Classificação textural para o mês de janeiro/20	93
Figura 39 –	Classificação textural para o mês de março/20	93
Figura 40 –	Classificação das amostras pelo diâmetro médio - julho/19	94
Figura 41 –	Classificação das amostras pelo diâmetro médio - setembro/19.....	95
Figura 42 –	Classificação das amostras pelo diâmetro médio - novembro/19.....	95
Figura 43 –	Classificação das amostras pelo diâmetro médio - janeiro/20..	96
Figura 44 –	Classificação das amostras pelo diâmetro médio - março/20...	96
Figura 45 –	Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 1	97

Figura 46 –	Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 1	97
Figura 47 –	Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 2	98
Figura 48 –	Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 2	98
Figura 49 –	Classificação diâmetro médio na pós-praia do Perfil 2	99
Figura 50 –	Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 3	99
Figura 51 –	Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 3	100
Figura 52 –	Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 4	100
Figura 53 –	Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 4	101
Figura 54 –	Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 5	101
Figura 55 –	Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 5	102
Figura 56 –	Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 6	102
Figura 57 –	Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 6	103
Figura 58 –	Classificação diâmetro médio na pós-praia do Perfil 6	103
Figura 59 –	Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 7	104
Figura 60 –	Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 7	104
Figura 61 –	Classificação Desvio Padrão em julho/19	106
Figura 62 –	Classificação Desvio Padrão em setembro/19	107
Figura 63 –	Classificação Desvio Padrão em novembro/19	107
Figura 64 –	Classificação Desvio Padrão em janeiro/20	108
Figura 65 –	Classificação Desvio Padrão em março/20	108
Figura 66 –	Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 1	109
Figura 67 –	Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 1	110
Figura 68 –	Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 2	110
Figura 69 –	Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 2	111
Figura 70 –	Classificação Desvio Padrão na pós-praia do perfil 2	111
Figura 71 –	Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 3	112
Figura 72 –	Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 3	112
Figura 73 –	Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 4	113
Figura 74 –	Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 4	113
Figura 75 –	Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 5	114
Figura 76 –	Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 5	114
Figura 77 –	Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 6	115
Figura 78 –	Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 6	115

Figura 79 –	Classificação Desvio Padrão na pós-praia do perfil 6	116
Figura 80 –	Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 7	116
Figura 81 –	Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 7	117
Figura 82 –	Classificação Assimetria no mês de julho/19.....	118
Figura 83 –	Classificação Assimetria no mês de setembro/19	119
Figura 84 –	Classificação Assimetria no mês de novembro/19	119
Figura 85 –	Classificação Assimetria no mês de janeiro/20	120
Figura 86 –	Classificação Assimetria no mês de março/20	120
Figura 87 –	Classificação Assimetria na antepraia do perfil 1	121
Figura 88 –	Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 1	122
Figura 89 –	Classificação Assimetria na antepraia do perfil 2	122
Figura 90 –	Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 2.....	123
Figura 91 –	Classificação Assimetria na pós-praia do perfil 2	123
Figura 92 –	Classificação Assimetria na antepraia do perfil 3	124
Figura 93 –	Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 3.....	124
Figura 94 –	Classificação Assimetria na antepraia do perfil 4	125
Figura 95 –	Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 4.....	125
Figura 96 –	Classificação Assimetria na antepraia do perfil 5	126
Figura 97 –	Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 5.....	126
Figura 98 –	Classificação Assimetria na antepraia do perfil 6	127
Figura 99 –	Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 6.....	127
Figura 100 –	Classificação Assimetria na pós-praia do perfil 6	128
Figura 101 –	Classificação Assimetria na antepraia do perfil 7	128
Figura 102 –	Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 7.....	129
Figura 103 –	Vista parcial da praia de Enseadinha, mostrando a localização do perfil 1, próximo a desembocadura do rio Paratibe, que separa os municípios de Olinda e Paulista.....	131
Figura 104 –	Localização do RN no perfil 1	131
Figura 105 –	Conjunto de perfis realizados na praia de Enseadinha durante os meses de monitoramento	132
Figura 106 –	Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 1	133
Figura 107 –	Faixa do estirâncio no perfil 1, com vista de sul para norte.....	133
Figura 108 –	Morfologia do perfil de praia 1, nos meses de julho/19 e	

	novembro/19.....	134
Figura 109 –	Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 1, em 2013 e 2014.....	135
Figura 110 –	Vista parcial da praia do Janga, onde se localiza o perfil 2	136
Figura 111 –	Localização do RN no perfil 2	137
Figura 112 –	Conjunto de perfis realizados no ponto 2, durante os meses de monitoramento.....	138
Figura 113 –	Vista mostrando a presença de todos os setores no perfil 2, incluindo a vegetação Panicum Reptans na pós-praia	138
Figura 114 –	Panicum Reptans capinado no setor de pós-praia do perfil 2 ..	139
Figura 115 –	Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 2	140
Figura 116 –	Trecho do estirâncio no perfil 2	140
Figura 117 –	Morfologia do perfil de praia 2, nos meses de julho/19 e agosto/19.....	141
Figura 118 –	Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 2, em 2013 e 2014.....	142
Figura 119 –	Vista parcial da praia do Janga, onde se localiza o perfil 3	143
Figura 120 –	Localização do RN no perfil 3.....	144
Figura 121 –	Conjunto de perfis realizados no ponto 3, durante os meses de monitoramento.....	144
Figura 122 –	Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 3	146
Figura 123 –	Presença de embarcações e veículos no setor que deveria ser a pós-praia, além do acúmulo de material sedimentar no local onde houve a escavação para passagem do canal artificial.....	147
Figura 124 –	Setor de estirâncio com a presença de embarcações no local, e sinais de matéria orgânica.....	147
Figura 125 –	Morfologia do perfil de praia 3, nos meses de julho/19 e setembro/19.....	148
Figura 126 –	Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 3, em 2013 e 2014.....	149
Figura 127 –	Vista parcial da praia de Pau Amarelo, onde se localiza o perfil 4	150
Figura 128 –	Localização do RN no perfil 4 no mês de julho/19.....	151

Figura 129 – Localização do RN no perfil 4 no mês de outubro/19	151
Figura 130 – Bagwall instalado no ponto 4, como método de contenção costeira	152
Figura 131 – Conjunto de perfis realizados no ponto 4, durante os meses de monitoramento.....	153
Figura 132 – Estirâncio no perfil praial 4, abaixo do bagwall.....	154
Figura 133 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 4	155
Figura 134 – Morfologia do perfil de praia 4, nos meses de julho/19 e março/20.....	156
Figura 135 – Vista parcial da praia de Nossa Senhora da Conceição, onde se localiza o perfil 5	157
Figura 136 – Localização do RN no perfil 5.....	158
Figura 137 – Conjunto de perfis realizados no ponto 5, durante os meses de monitoramento.....	158
Figura 138 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 5	160
Figura 139 – Faixa de aterro realizado no perfil 5 para construção do bagwall	160
Figura 140 – Faixa de estirâncio do perfil 5.....	161
Figura 141 – Morfologia do perfil de praia 5, nos meses de julho/19 e fevereiro/20.....	162
Figura 142 – Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 5, em 2013 e 2014.....	162
Figura 143 – Vista parcial da praia de Maria Farinha, onde se localiza o perfil 6	164
Figura 144 – Localização do RN no perfil 6.....	165
Figura 145 – Faixa de pós-praia do perfil 6	166
Figura 146 – Setorização da faixa de pós-praia e do estirâncio, devidamente ilustrada pela linha amarela.....	167
Figura 147 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 6	167
Figura 148 – Conjunto de perfis realizados no ponto 6, durante os meses de monitoramento.....	168
Figura 149 – Morfologia do perfil de praia 6, nos meses de julho/19 e agosto/19.....	168

Figura 150 – Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 6, em 2013 e 2014.....	169
Figura 151 – Vista parcial da praia de Maria Farinha, onde se localiza o perfil 7	170
Figura 152 – Localização do RN no perfil 7	171
Figura 153 – Enrocamento instalado no local em condições precárias	172
Figura 154 – Conjunto de perfis realizados no ponto 7, durante os meses de monitoramento.....	172
Figura 155 – Imagem mostrando curta faixa de estirâncio e início da antepraia no local	173
Figura 156 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 7	174
Figura 157 – Morfologia do perfil de praia 7, nos meses de julho/19 e fevereiro/20.....	175
Figura 158 – Oceanograma para julho/19	177
Figura 159 – Oceanograma para agosto/19 e setembro/19	178
Figura 160 – Oceanograma para outubro/19.....	179
Figura 161 – Oceanograma para novembro/19.....	180
Figura 162 – Oceanograma para dezembro/19.....	181
Figura 163 – Oceanograma para janeiro/20	182
Figura 164 – Oceanograma para fevereiro/20.....	183
Figura 165 – Oceanograma para março/20.....	184
Figura 166 – Escarpa de berma presente na área de estudo.....	186
Figura 167 – Linha de vegetação presente na área de estudo.....	187
Figura 168 – Linha de deixa representada pela diferença de cor da areia	187
Figura 169 – Enrocamento representado como indicador na definição da linha de preamar máxima	188
Figura 170 – Bagwall presente na área estudada	188
Figura 171 – Indicador: Muro de arrimo.....	189
Figura 172 – Construções antrópicas presentes da faixa de praia da área de estudo.....	190
Figura 173 – Gráfico mostrando o percentual de indicadores da linha de preamar máxima.....	190
Figura 174 – Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020	

	(direita), no perfil 1.....	191
Figura 175 –	Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2021 (direita), no perfil 2.....	192
Figura 176 –	Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 3.....	192
Figura 177 –	Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2021 (direita), no perfil 4.....	193
Figura 178 –	Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 5.....	193
Figura 179 –	Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 6.....	194
Figura 180 –	Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 7.....	195
Figura 181 –	Comparação do pontal da praia de Maria Farinha nos anos de 2011 (esquerda) e 2021 (direita)	195
Figura 182 –	Mapa contendo a Linha de Preamar Máxima atual para o município do Paulista.....	196
Figura 183 –	Caracterização do setor 1 quanto aos indicadores costeiros e continentais	200
Figura 184 –	Caracterização do setor 2 quanto aos indicadores costeiros e continentais	200
Figura 185 –	Caracterização do setor 3 quanto aos indicadores costeiros e continentais	201
Figura 186 –	Caracterização do setor 4 quanto aos indicadores costeiros e continentais	201
Figura 187 –	Caracterização do setor 5 quanto aos indicadores costeiros e continentais	202
Figura 188 –	Caracterização do setor 6 quanto aos indicadores costeiros e continentais	203
Figura 189 –	Caracterização do setor 7 quanto aos indicadores costeiros e continentais	203
Figura 190 –	Caracterização do setor 8 quanto aos indicadores costeiros e continentais	204

Figura 191 – Mapa ilustrando o grau de vulnerabilidade a erosão para o município do Paulista..... 205

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Principais estuários de Pernambuco, listados por ocorrência de norte a sul	39
Tabela 2 –	Software Sysgran 3.0 utilizado para o tratamento dos dados....	63
Tabela 3 –	Materiais utilizados durante o levantamento.....	67
Tabela 4 –	Geindicadores utilizados para avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira	71
Tabela 5 –	Classificação dos sedimentos pela dimensão dos grãos nos valores em phi (Φ), e em milímetros (mm)	90
Tabela 6 –	Variação de volume, de inclinação do estirâncio e de largura do estirâncio no perfil 1, durante os meses estudados.....	132
Tabela 7 –	Variação do volume sedimentar no ponto 1 nos anos de 1999, 2013 e 2014.....	135
Tabela 8 –	Variação de volume, de inclinação do estirâncio, de largura de pós-praia e de largura do estirâncio no perfil 2, durante os meses estudados.....	139
Tabela 9 –	Variação do volume sedimentar no ponto 2 nos anos de 1999, 2013 e 2014.....	142
Tabela 10 –	Variação de volume, de inclinação do estirâncio, e de largura do estirâncio no perfil 3, durante os meses estudados.....	145
Tabela 11 –	Variação do volume sedimentar no ponto 3 nos anos de 1999, 2013 e 2014.....	149
Tabela 12 –	Variação de volume, de inclinação do estirâncio, e de largura do estirâncio no perfil 4, durante os meses estudados.....	153
Tabela 13 –	Variação de volume, de inclinação do estirâncio, e de largura do estirâncio no perfil 5, durante os meses estudados.....	159
Tabela 14 –	Variação do volume sedimentar no ponto 5 nos anos de 1999, 2013 e 2014.....	163
Tabela 15 –	Variação de volume, de inclinação do estirâncio, de largura de pós-praia e de largura do estirâncio no perfil 6, durante os meses estudados.....	166

Tabela 16 –	Varição do volume sedimentar no ponto 6 nos anos de 1999, 2013 e 2014.....	169
Tabela 17 –	Varição de volume, de inclinação do estirâncio, e de largura do estirâncio no perfil 7, durante os meses estudados.....	173
Tabela 18 –	Resultados da avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira por setores na praia do município do Paulista	199

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Am	Clima tropical úmido ou subúmido
ART	Artigo
As	Clima tropical quente e úmido
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CDMA	Acesso Múltiplo por Divisão de Código
CPRH	Agência Estadual de Meio Ambiente
DGEO	Departamento de Geologia
FIDEM	Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco
Ga	Giga Anos
GNSS	Sistema Global de Navegação por Satélite
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GSM	Sistema Global para Comunicações Móveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITEP	Instituto de Tecnologia de Pernambuco
LGGM	Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha
LPM	Linha de Preamar Média
ONU	Organização das Nações Unidas
PNGC	Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro
PPGEOC	Programa de Pós-Graduação em Geociências
PPK	Cinemático Pós-Processado
PPT	Partes por trilhão

PX	Perfil X
RMR	Região Metropolitana do Recife
RN	Referencial de Nível
RTK	Posicionamento cinemático em Tempo Real
SECTMA	Secretaria de Ciências, Tecnologia, e Meio Ambiente
SEMAS	Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
UHF	Frequência Ultra Alta
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura
UTM	Universal Transversa de Mercator
WGS	World Geodetic System

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	OBJETIVOS DO TRABALHO	28
1.2	LOCALIZAÇÃO E VIAS DE ACESSO	29
1.3	ASPECTOS FISIAGRÁFICOS	29
1.3.1	Climatologia	30
1.3.2	Vegetação	34
1.3.3	Hidrografia	35
1.3.4	Geomorfologia	39
1.3.4.1	Tabuleiros costeiros	40
1.3.4.2	Domínio colinoso	41
1.3.4.3	Planície costeira	41
1.3.4.3.1	<i>Terraços fluviais</i>	41
1.3.4.3.2	<i>Terraços marinhos superiores e inferiores</i>	42
1.3.4.3.3	<i>Baixios de maré</i>	42
1.3.4.3.4	<i>Flechas litorâneas e alinhamentos de cordões litorâneos</i>	43
1.3.4.3.5	<i>Bancos de arenito e recifes de corais</i>	43
1.4	OCEANOGRAFIA	44
1.4.1	Correntes litorâneas	44
1.4.2	Regime de ondas	45
1.4.3	Ventos	49
1.4.4	Regimes de marés	50
1.4.5	Salinidade e temperatura	51
2	MATERIAIS E MÉTODOS	53
2.1	LEVANTAMENTO MORFODINÂMICO	53
2.2	AMOSTRAGEM SEDIMENTOLÓGICA	58
2.2.1	Tratamento das amostras	58
2.2.2	Tratamento dos dados	63
2.3	LEVANTAMENTO HIDRODINÂMICO	64
2.4	LEVANTAMENTO GEODÉSICO	64
2.5	ANÁLISE DA VULNERABILIDADE À EROÇÃO	68
3	CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	74
3.1	PROVÍNCIA DA BORBOREMA	75

3.1.1	Terreno rio capibaribe	77
3.2	BACIA DA PARAÍBA.....	78
3.2.1	Depósitos quaternários	80
3.2.1.1	Depósitos aluvionares	81
3.2.1.2	Depósitos de mangue.....	81
3.2.1.3	Depósitos flúvio-lagunares	83
3.2.1.4	Depósitos litorâneos praias.....	83
3.2.1.5	Recifes algálicos.....	85
3.2.1.6	Rochas de praia (beachrocks).....	86
3.2.1.7	Terraços marinhos holocênicos.....	87
3.2.1.8	Terraços marinhos pleistocênicos	88
4	SEDIMENTOLOGIA	89
4.1	CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL	90
4.2	DIÂMETRO MÉDIO	94
4.3	DESVIO PADRÃO (SELEÇÃO)	105
4.4	ASSIMETRIA.....	117
5	MORFODINÂMICA DE PRAIA	130
5.1	PERFIS DE PRAIA	130
5.1.1	Perfil de praia 1	130
5.1.2	Perfil de praia 2	136
5.1.3	Perfil de praia 3	143
5.1.4	Perfil de praia 4	150
5.1.5	Perfil de praia 5	157
5.1.6	Perfil de praia 6	164
5.1.7	Perfil de praia 7	170
6	LEVANTAMENTO HIDRODINÂMICO	176
6.1	DADOS HIDRODINÂMICOS DE JULHO/19	176
6.2	DADOS HIDRODINÂMICOS DE AGOSTO/19 E SETEMBRO/19	177
6.3	DADOS HIDRODINÂMICOS DE OUTUBRO/19	178
6.4	DADOS HIDRODINÂMICOS DE NOVEMBRO/19	179
6.5	DADOS HIDRODINÂMICOS DE DEZEMBRO/19	180
6.6	DADOS HIDRODINÂMICOS DE JANEIRO/20	181
6.7	DADOS HIDRODINÂMICOS DE FEVEREIRO/20	182
6.8	DADOS HIDRODINÂMICOS DE MARÇO/20	183

7	LINHA DE PREAMAR MÁXIMA	185
7.1	LEVANTAMENTO DA LINHA DE PREAMAR MÁXIMA ATUAL	186
8	AVALIAÇÃO DO GRAU DE VULNERABILIDADE	197
8.1	RESULTADOS	198
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES.....	206
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	211

1 INTRODUÇÃO

Há muitos anos que grande parte do litoral brasileiro vem sofrendo com problemas relacionados a erosão costeira. No município do Paulista, localizado na Região Metropolitana do Recife, não é diferente. O litoral do município vem passando por um grande impacto ambiental com a erosão marinha, que vem se agravando cada vez mais, culminando com o aumento do processo erosivo, e fazendo com que as praias urbanas sejam as mais atingidas nesse aspecto.

A erosão caracteriza-se pela remoção de material sedimentar (Muehe, 1996). Em praias arenosas é um processo natural que resulta da dinâmica entre diversos fatores físicos sobre a praia: variações relativas do nível do mar, energia das ondas e da disponibilidade e tipo de sedimentos (Toldo Jr. *et al.*, 2005). Um dos principais fatores que contribuem para a erosão marinha é a ocupação desordenada do ambiente praial, que se dá, sobretudo, pelo aumento natural da população, que busca viver no litoral, onde se concentra a maior parte das atividades socioeconômicas.

No Brasil, em zonas costeiras urbanas, este processo pode ser acelerado por intervenção do homem nos processos costeiros (Muehe, 2006) como por exemplo, o excesso de obras de engenharia na zona costeira, lançamento de efluentes domésticos e industriais nos cursos d'água, o aterro de manguezais, entre outros, e tudo isso normalmente ocorre sem planejamento prévio.

Segundo dados da ONU através da UNESCO aproximadamente 2/3 da população mundial vive atualmente a menos de 50 km do mar. Essa faixa de terra litorânea correspondente a menos de 2% do território terrestre abriga uma população de um pouco mais de 4 bilhões de pessoas, agrupadas em sua maioria em centros urbanos de médio e grande porte. Pernambuco, com uma zona costeira que representa cerca de 4% do território, vive 43,8 % da população (Manso *et al.*, 2003).

A Lei nº 7.661/88, instituidora do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC, em seu Art. 2º, parágrafo único, conceituou a Zona Costeira como “o espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre”.

As zonas costeiras passam por recorrentes transformações, sejam elas morfológicas, ou relacionadas a fatores como a ação e o ângulo de incidência das ondas na linha de costa, ou a dimensão da altura da maré. A interação desse conjunto de fatores, chamamos de “Dinâmica Costeira”.

Manso *et al.*, (2003) afirma que essa dinâmica interfere diretamente na posição da linha de costa e se caracteriza pelas variações do nível relativo do mar, dispersão de sedimentos, tempestades, marés e principalmente pelo balanço sedimentar. Ainda segundo Manso *et al.*, (2003), em áreas onde se constata que o suprimento de sedimento é contínuo, o resultado é o avanço da posição da linha de costa. Contrariamente quando o aporte de sedimento a praia é menor que a migração, tanto para a plataforma interna adjacente, como lateralmente, caso particular das baías, são observadas o recuo da referida linha e se caracteriza como sendo um processo erosivo.

Para mitigar ou sanar os danos causados pela erosão são, em geral, realizadas obras de engenharia costeira com caráter de contenção como espigões, gabiões, enrocamentos, muro de arrimo, dissipadores de energia, entre outros, associadas com a alimentação artificial de praias (engordamento), e a presença de vegetação e dunas. Ações preventivas são mais indicadas para evitar prejuízos maiores, algumas delas podem ser controle de uso, ocupação e exploração do solo (Cai *et al.*, 2009).

Em Paulista-PE, como forma de conter os processos erosivos, foram instalados na década de 90, um conjunto de nove quebra-mares para proteger o terreno e a praia, modificando a deriva litorânea e desempenhando uma parcial proteção da linha de costa. Além dos quebra-mares, também foram instalados enrocamentos em trechos da Praia do Janga, e da Praia de Pau Amarelo. Posteriormente, em 2013, uma vez que a técnica utilizada não obteve o resultado esperado, e tomando como base os métodos de contenção utilizados nas cidades de Fortaleza e Maceió, adotou-se a técnica chamada de Bagwall (dissipador de energia constituído de sacos de concreto alocados em forma de degraus). No entanto, assim como o enrocamento, o bagwall também não obteve o resultado esperado. No decorrer deste trabalho, buscaremos entender melhor o porquê de estar ocorrendo todo esse problema de erosão costeira no município de paulista e o que pode ser feito para amenizar e tornar o litoral menos vulnerável a esse processo. Para isso, dividimos esta dissertação em nove capítulos, distribuídos da seguinte forma:

- Este primeiro capítulo tratará um pouco sobre os processos erosivos, especificando os objetivos do trabalho, identificando a área de estudo, abrangendo também os aspectos fisiográficos da região, como o clima, a vegetação, a hidrografia e a geomorfologia, além da parte

oceanográfica, com as correntes litorâneas, o regime de ondas, os ventos, o regime de marés, e a salinidade e temperatura;

- No Capítulo dois, será abordado os materiais e métodos utilizados em toda a pesquisa, começando pelo levantamento morfodinâmico, seguido da amostragem sedimentológica, com seu respectivo tratamento das amostras e tratamento dos dados, além do levantamento hidrodinâmico, do levantamento geodésico, e da análise da vulnerabilidade à erosão;
- Dando sequência a este trabalho, o capítulo três se refere ao contexto geológico regional da Província da Borborema, com seu Terreno Rio Capibaribe; da Bacia da Paraíba, com sua sub-bacia Olinda e todos os depósitos sedimentares presentes nela, bem como os depósitos quaternários presentes na área de estudo;
- O capítulo quatro irá abordar toda a sedimentologia na área de estudo;
- O capítulo cinco diz respeito a morfodinâmica praial, com o estudo de todos os sete perfis de praia realizados na área;
- No capítulo seis serão apresentados os oceanogramas para a área de estudo durante o período em que se realizou o levantamento morfodinâmico;
- Já no capítulo sete, a definição da linha de preamar máxima será o objeto em questão;
- A vulnerabilidade costeira será o tema abordado no capítulo oito;
- O capítulo nove irá tratar das conclusões e considerações finais;
- Por fim, no último tópico, serão citadas as referências bibliográficas.

1.1 Objetivos do trabalho

O problema da erosão costeira no litoral do Paulista não foi corretamente sanado com as inúmeras obras de proteção que foram edificadas desde a década de 1990. A construção de estruturas rígidas artificiais, aliada às alterações do suprimento sedimentar das praias, contribuiu para um recuo médio de 100 m da linha de costa do litoral de Paulista ao longo dos últimos 10 anos (Souza & Filho, 2015).

Este trabalho visa apresentar os resultados obtidos após os 36 meses de estudos, através de diagnósticos, levantamentos e monitoramentos realizados neste período, e tem como principal objetivo o mapeamento das áreas de vulnerabilidade ambiental atuais da Zona Costeira do município do Paulista e verificar, através de outros trabalhos já realizados, como a área tem se comportado ao longo dos anos. Para isso, foram realizados estudos sistemáticos visando reavaliar e coletar novos dados sobre as condições morfodinâmicas, hidrodinâmicas e sedimentológicas, para assim, delimitar a linha de preamar máxima atual no município do Paulista.

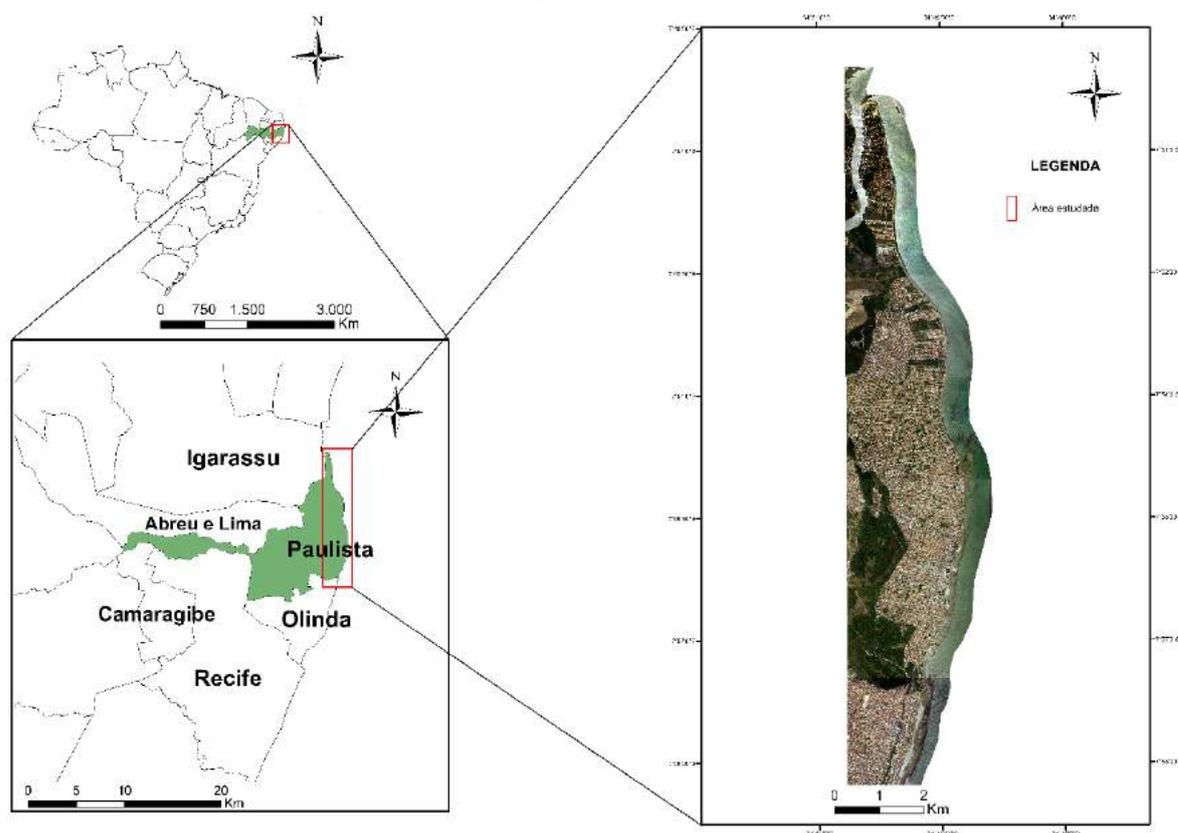
Entre os objetivos específicos podem ser citados:

1. Determinação da morfodinâmica praial, através do levantamento de perfis topográficos transversais a linha de praia, em pontos previamente definidos, no período de julho de 2019 a março de 2020;
2. Coleta e análise dos sedimentos superficiais ao longo dos perfis praias;
3. Quantificação do transporte sedimentar na área;
4. Monitoramento das praias com levantamento de dados hidrodinâmicos, tais como altura, direção, período, e direção de pico das ondas, e velocidade e direção dos ventos;
5. Determinação a linha de preamar máxima atual;
6. Avaliação do Grau de Vulnerabilidade em cada setor da área estudada, identificando zonas com tendência a erosão/sedimentação.

1.2 Localização e Vias de Acesso

A área de estudo está inserida na porção externa da planície costeira da Região norte do Estado de Pernambuco, compreendendo a orla marítima do município do Paulista e possui aproximadamente 14 km de extensão, o que corresponde a cerca de 6,5% do litoral pernambucano, e 0,13% do litoral brasileiro, considerando todas as reentrâncias do território (IBGE, 2018) (figura 1). A referida área forma um polígono com cerca de 23,3 km², cujas coordenadas UTM de seus vértices são: V1 9119868 S de latitude sul, e 298121 E de longitude leste; V2 9133169 S de latitude sul e 296869 E de longitude leste; V3 9133306 S de latitude sul e 298680 E de longitude leste; e V4 9119808 S de latitude sul e 299764 E de longitude leste, todas no quadrante 25M, com datum WGS84.

Figura 1 – Localização da Área de Estudo



Fonte: O autor (2021).

1.3 Aspectos Fisiográficos

Os aspectos fisiográficos da área estudada estão descritos abaixo, e correspondem basicamente ao seu clima, vegetação, hidrografia, geomorfologia, com suas eventuais subdivisões.

1.3.1 Climatologia

O município do Paulista, em Pernambuco, está localizado na Região Metropolitana do Recife, e se insere na faixa costeira do Nordeste do Brasil que se estende do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia, conhecida como Zona da Mata. É caracterizado por apresentar clima quente e úmido com precipitação pluviométrica variando entre 1.000 e 2.000 mm/ano, concentrada nos meses de abril a junho, e com média superior a 1.700 mm/ano, o que contribui para uma intensa decomposição das rochas, gerando solos agricultáveis. Dentro desta grande faixa de terreno submetida a condições climatológicas similares, ainda podem ser identificadas variações que definem diferentes tipologias de clima no contexto dos sistemas de classificação mais usuais. Dentro da classificação de Köppen, por exemplo, observa-se que a RMR apresenta dois tipos de climas, o As' ou úmido/sub úmido na porção norte, com temperaturas altas, estação seca mais demorada e chuvas em período mais definido (março a julho), e o AM's ou úmido na porção sul, com chuvas durante quase todo o ano e com uma estação seca menor (outubro a dezembro). Enquanto o Clima Tropical Litorâneo do Sudeste do Brasil apresenta a maior concentração das chuvas no verão, o clima da faixa leste do Nordeste do Brasil apresenta como principais períodos chuvosos os meses de inverno, sendo, por isso, chamado de Pseudotropical ou Mediterrâneo (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

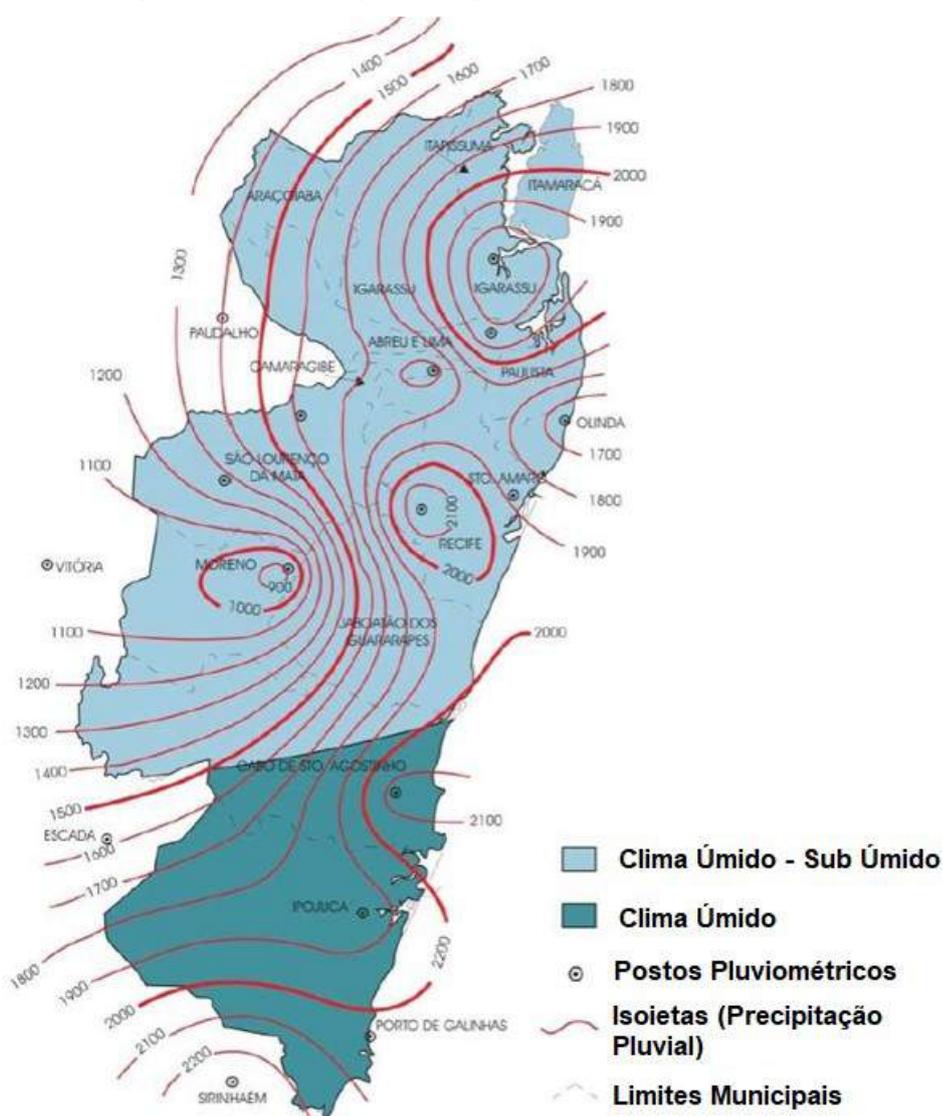
A figura 2 construída a partir de informações do Atlas das Bacias Hidrográficas De Pernambuco (SECTMA, ITEP), do Manual de Ocupação dos Morros da Prefeitura do Recife, e do tomando como base o trabalho de Alheiros (1998), retrata as distinções climáticas presentes na Região Metropolitana do Recife.

As isoietas de precipitação média anual apresentadas na referida figura confirmam os descritivos realizados. Observa-se como as médias decrescem do sul para o norte ao longo do litoral pernambucano, variando de 2.200mm, na sede do município do Cabo de Santo Agostinho, para 1.700mm em Olinda, observando-se a mesma tendência de leste a oeste, com as médias históricas passando de 2.100mm em Recife, para valores da ordem de 900mm no município de Moreno.

A estação chuvosa estende-se de março a agosto, sendo os meses de maio, junho e julho os de maior pluviosidade, e outubro, novembro e dezembro os de menor precipitação. Um aspecto importante encontrado nos arquivos da CPRH é a referência histórica a períodos de estiagem na RMR, como os que ocorreram na década de 1990,

quando os totais pluviométricos médios mensais sofreram fortes reduções, agravando o racionamento hídrico na RMR e acarretando o aumento descontrolado da exploração das águas subterrâneas.

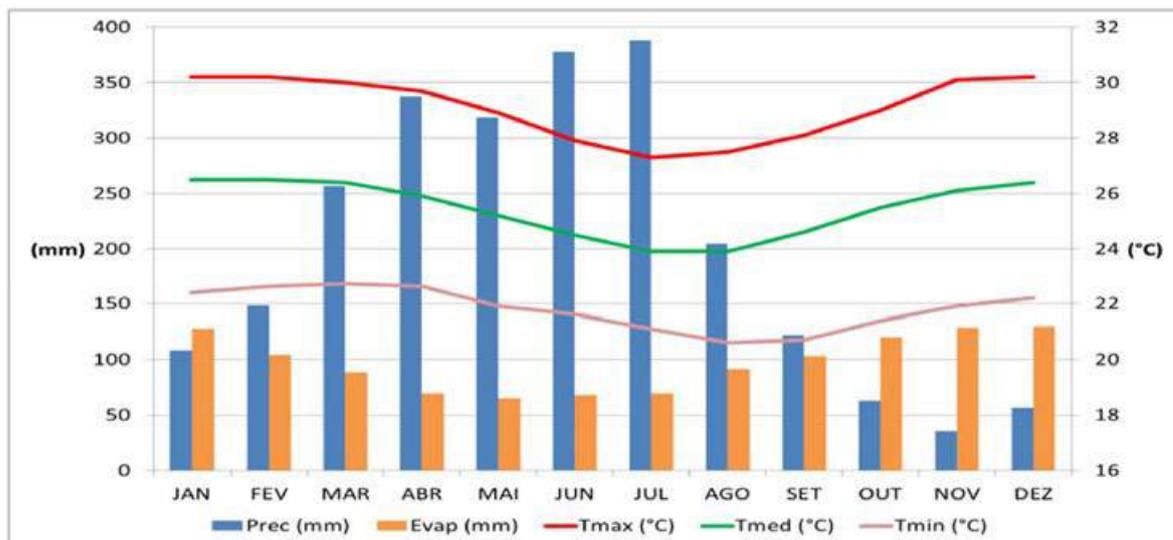
Figura 2 – Climatologia da Região Metropolitana do Recife



Fonte: Alheiros (1998).

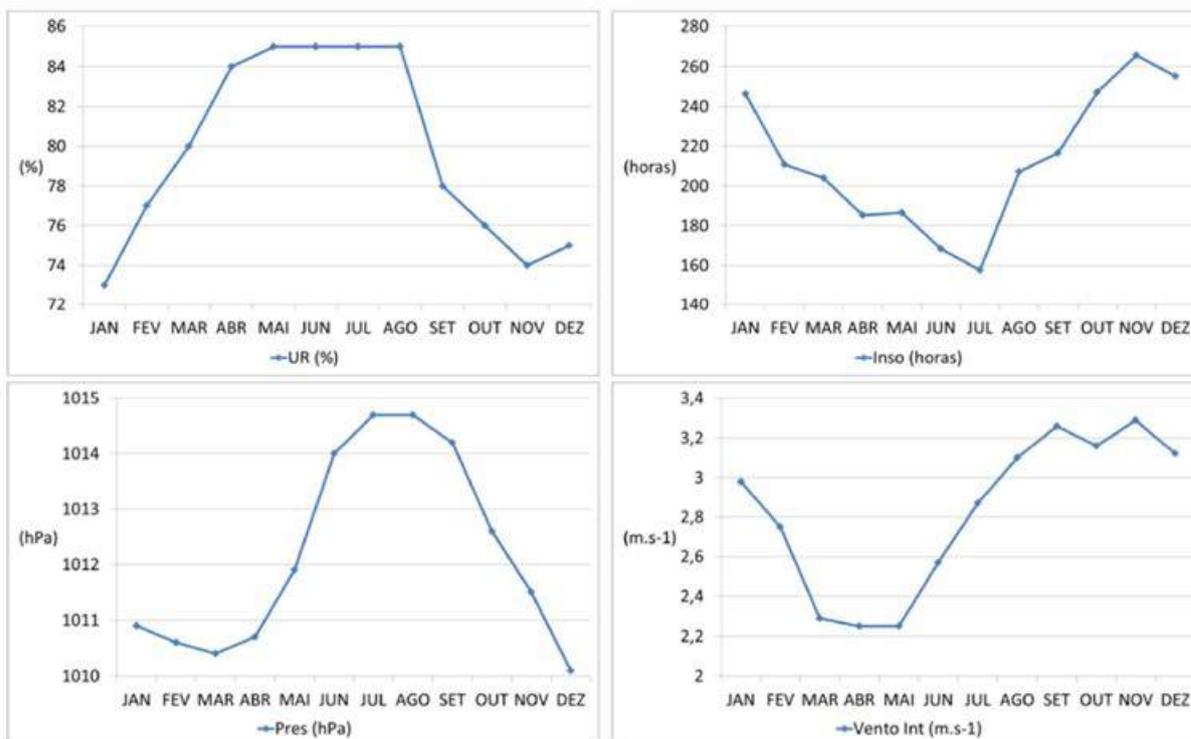
Em relação à precipitação pluviométrica dentro da RMR umas das séries de dados climatológicos mais confiáveis são aqueles da estação Curado localizada no bairro do mesmo nome em Recife, e operada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) para o período 1961-1990 e cujas principais variáveis podem ser observadas nos gráficos das figuras 3 e 4.

Figura 3 – Normais Climatológicas da Estação do Recife (Curado), 1961 a 1990



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2016).

Figura 4 – Normais Climatológicas da Estação do Recife (Curado), 1961 a 1990



Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia – INMET (2016).

No Brasil, os últimos cálculos estatísticos para identificação de normais climatológicas foram feitos justamente para o período compreendido entre 1961 e 1990. A maioria das Estações Meteorológicas continuaram em operação do ano de 1990 até os dias atuais, mas não foram calculadas as médias históricas (normais climatológicas) para nenhuma estação. Assim, os dados mais recentes disponíveis para se fazer uma análise do comportamento médio das variáveis climáticas estão compreendidos nesse período.

A estação chuvosa corresponde ao período de março a julho com uma precipitação média mensal de 250mm. Os meses mais chuvosos são normalmente os de maio, junho e julho, quando a precipitação mensal pode atingir 400-500mm.

Em termos de temperatura do ar, observam-se valores médios anuais em torno de 25,4°C, com variações aproximadas de 27°C (julho) e 29,1°C a 30,5°C (fevereiro) para a média das temperaturas máximas, e 20,7°C (agosto) e 21,9° a 22,8°C (março) para a média das temperaturas mínimas. A temperatura máxima absoluta não ultrapassa 32,7°C, enquanto que a mínima absoluta também não apresenta valores inferiores a 17,1°C.

Dados da área para o mesmo período de 1961 a 1990 indicam balanço hídrico positivo de 1.068,2mm e insolação média anual de 2.463,6h com máxima mensal em novembro e mínima, em agosto (Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco – SRH-PE, 2002). A umidade do ar exibe valores altos, acima de 80% durante todo o ciclo hidrológico.

Em relação ao vento que pode constituir uma variável climatológica importante para o dimensionamento e aspectos de segurança de edifícios de maior altura, citam-se a seguir dados dos relatórios do INMET. Segundo dito órgão predominam na região os ventos S e SE nos meses de maio a setembro, e E e SE, nos meses de outubro a abril.

Em todo o período, são registrados ventos com velocidade variável entre 2 e 3 m/s, 38 % do tempo, ventos com velocidades entre 3 e 4 m/s; e, apenas 7 % do tempo, ventos com velocidades acima de 4m/s. No período de dez anos, conforme dados, a direção predominante do vento de Sudeste (SE) foi de 84 %, variação em média entre 5 e 11% nas direções Leste (E) e Sul (S) respectivamente. Os dados podem ser considerados representativos da área, já que o raio de ação da estação é de em torno de 150 km.

1.3.2 Vegetação

A cobertura vegetal no Município do Paulista, assim como em toda a RMR é variada em seu tipo e porte, predominando, como vegetação nativa, as matas nas áreas elevadas ou nos vales úmidos, e os manguezais, nas áreas alagadas das margens dos rios.

Originalmente a vegetação era composta pela floresta tropical úmida, a conhecida “Mata Atlântica”, com jacarandás, perobas, cedros, embaúbas, pau-brasil, entre outros, e vegetação arbustiva de menor porte. Hoje encontra-se bastante devastada e reduzida a pequenos núcleos, como as chamadas “Mata do Janga”, no bairro do Janga, a “Mata de Jaguarana”, no bairro de Jaguarana, e existe também um fragmento de vegetação a montante da BR-101 (figura 5). Este último não possui uma denominação definida como acontece com as matas do Janga e de Jaguarana, ficando situado próximo a BR-101 norte, ao clube de Campo Sítio do Pica-pau Amarelo e das indústrias Formiplac e Sian-Gobain no município de Paulista.

Essa redução da vegetação se dá, sobretudo, em virtude da recorrente modificação antrópica desde os tempos coloniais, substituindo-a pela monocultura da cana-de-açúcar.

Figura 5 – Panorâmica do fragmento de vegetação a montante da BR-101



Fonte: Silva (2013).

Extensos coqueirais também são encontrados tanto nas terras altas (antes recobertas por Mata Atlântica), principalmente nas faixas de praia, caracterizando a paisagem do litoral da região. A variedade de vegetação representa uma diversificada estrutura paisagística, variando entre restinga, Mata Atlântica e Manguezal.

No Manguezal, presente sobretudo ao longo do rio Timbó, no Paulista, sobressaem espécies identificados: *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*. Essa vegetação tem grande importância, pois o sistema de raízes proporciona abrigo para a fauna, se tornando verdadeiros berçários naturais. Na porção mais arenosa do litoral, encontra-se uma vegetação pouco densa e herbácea, que geralmente tem início na pós-praia e é representada por gramíneas, salsas de praia, capim de areia e psamófica herbácea alastrante. Nos campos de várzeas, ocorrem ao longo dos cursos d'água, brejos e áreas de acumulação de água doce.

1.3.3 Hidrografia

O estuário do rio Timbó (figura 6) é a mais importante feição hidrográfica da área estudada, e fica localizada na praia de Maria Farinha, no Município do Paulista. Segundo Silva (2004), esse estuário abrange uma área de aproximadamente 1.397ha, nos municípios de Abreu e Lima, Igarassu e Paulista. Ele abriga uma expressiva vegetação de mangue e é considerado “um dos mais férteis da região” com altos índices de produtividade primária (CPRH, 2003). A hidrologia da região do estuário é formada por três rios de grande porte: Paratibe, Timbó e Arroio Desterro, desembocando, os dois primeiros diretamente no Atlântico, enquanto o último deságua no estuário do rio Timbó.

Já a bacia hidrográfica do rio Timbó abrange uma área total de 9.296,41 ha. O município de Abreu e Lima detém 32,5% de sua superfície, o município do Paulista detém 25,7% e Igarassu apenas 7,7%. Limita-se ao norte, com a bacia hidrográfica do rio Igarassu e a microbacia do rio Engenho Novo; ao sul, com a bacia do rio Paratibe; a oeste, com a junção das bacias do rio Igarassu e Paratibe; e, a leste, com as microbacias que banham a planície costeira (FIDEM, 1980). O principal rio da bacia hidrográfica, o rio Timbó, nasce no Tabuleiro de Araçá (município de Abreu e Lima) com o nome de Barro Branco, que conserva até atingir o estuário no município de Paulista quando passa a denominar-se rio Timbó. Os tributários mais extensos do rio Timbó são o Arroio Desterro e o rio Zumbi, pela margem esquerda e o rio Fundo, pela

margem direita. Ao penetrar na área estuarina, divide-se em vários braços, espalhando-se entre o terraço marinho a leste e as colinas que circundam a planície costeira ao norte, ao sul e a oeste. A bacia hidrográfica do Timbó é circundada por um complexo industrial que exercem atividades diversas como: têxtil, metalúrgica, minerais não metálicos, produtos alimentares, matéria plástica, perfumes / sabões / velas e editora gráfica (CPRH, 2003).

Figura 6 – Localização do Rio Timbó



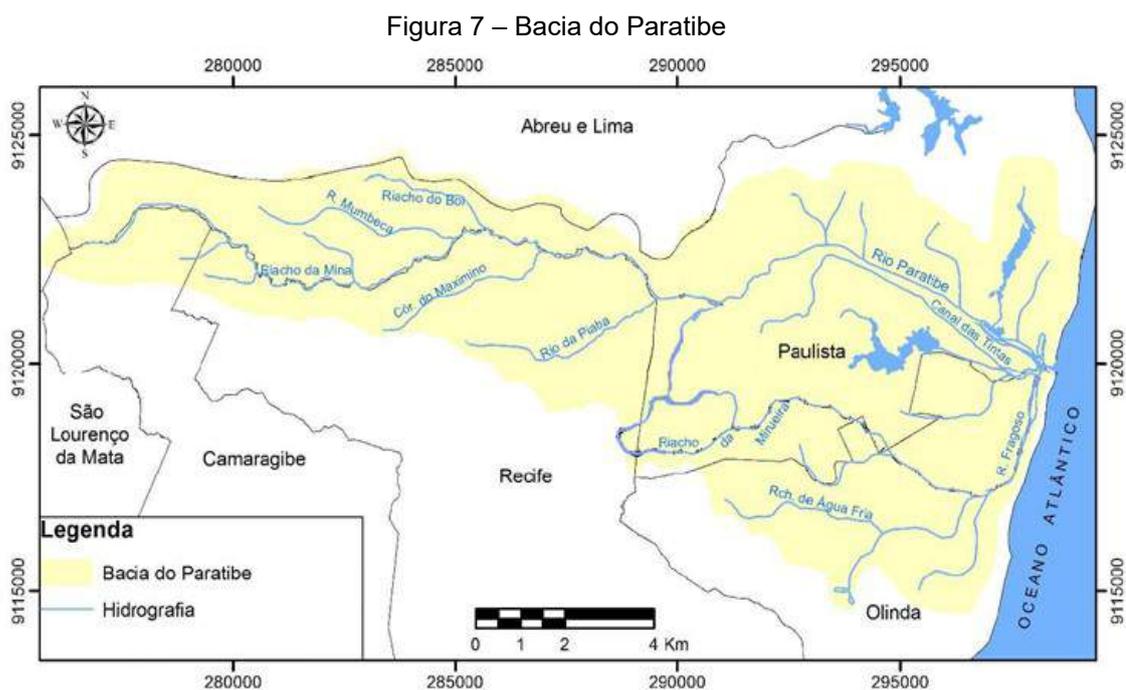
Fonte: Fidem (2001).

O rio Timbó, quando sob influência da preamar, apresenta uma vasta superfície líquida, com profundidades variando de 2 a 8m, sendo sua vazão estimada de 0,11m/s (FIDEM, 1987).

Outro rio importante localizado também na área de estudo é o rio Paratibe. Sua bacia se localiza na extremidade meridional do Litoral Norte e tem sua porção sul-ocidental fora dos limites dessa área. Totaliza 118km² (cerca de 11.800ha) e abrange terras dos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Camaragibe. A parte da bacia inserida no Litoral Norte está totalmente situada no município de Paulista e abrange 6.283,09 ha, o que corresponde a 53,2% da área total da bacia e a 63,8% da superfície

municipal, mas, representa apenas 4,6% da superfície do Litoral Norte. Limita-se, ao norte, com as bacias dos rios Timbó e Igarassu; ao sul, com a bacia do rio Beberibe; a oeste, com a bacia do Capibaribe; e, a leste, com as microbacias dos rios que drenam o terraço marinho. Relativamente estreita em sua porção ocidental, a citada bacia alarga-se bastante a leste da BR-101.

O rio Paratibe nasce na divisa dos municípios de Paudalho, Camaragibe e Paulista. Recebe, inicialmente, o nome de Riacho da Mina, denominação que conserva até a confluência com o Riacho do Boi, passando, dali em diante, a chamar-se Paratibe. Segue a direção geral oeste-leste, da nascente até a desembocadura na divisa entre os municípios de Paulista e Olinda. Recebe ela margem direita os tributários mais extensos – o Canal da Tinta, os rios Frágoso e da Piaba e o Córrego Maximino. Pela margem esquerda, o rio Mumbeca, o riacho do Boi e o riacho do Limoeiro são os afluentes mais importantes (figura 7).



Com exceção dos rios localizados na porção oriental da bacia – o próprio Paratibe, o Canal da Tinta, o rio Frágoso e demais tributários do baixo Paratibe – cujos vales apresentam-se amplos e separados por divisores rebaixados, os rios da porção ocidental da bacia em apreço possuem vales estreitos e profundos, em forma de “U”, separados por tabuleiros da Formação Barreiras que se tornam mais amplos e contínuos para oeste.

Os padrões de uso e ocupação do solo predominantes na porção oriental da bacia do Paratibe são o urbano e urbano-industrial, intercalados com remanescentes da Mata Atlântica bastante degradados e submetidos a fortes pressões da expansão urbana, a exemplo da mata do Ronca e das Reservas Ecológicas do Janga e de Jaguarana, esta última também pressionada pela atividade agrícola existente em seu entorno.

Na porção ocidental da bacia, predominam, em proporções idênticas, granjas e remanescentes de mata. Algumas granjas localizadas à margem direita do Paratibe fazem criação de suínos e/ou de aves em escala comercial. Os dejetos desses criadouros são lançados, sem tratamento, no solo e nos corpos de água da bacia, ocasionando a poluição dos mananciais de superfície e podendo contaminar o lençol de água subterrâneo (Relatórios Técnicos da CPRH).

Os remanescentes de mata da bacia do Paratibe, embora extensos, acham-se submetidos a acelerado processo de degradação, através da retirada de lenha e madeira pelas comunidades rurais e urbanas circunjacentes, excetuando-se desse processo apenas a Estação Ecológica de Caetés, monitorada pela CPRH. Essa devastação é mais intensa nos remanescentes de propriedade da Companhia de Tecidos Paulista, sob ação judicial. Os demais remanescentes de mata da bacia têm sido devastados pelo avanço dos loteamentos para granjas e chácaras. Estes, juntamente com as demais atividades em expansão na área, ao efetuarem a destruição da cobertura vegetal, comprometem a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos da unidade hidrográfica em apreço.

Ao banharem as áreas urbanas e urbano-industriais do município de Paulista, o rio Paratibe e seus tributários sofrem a ação contínua de aterros e da poluição por resíduos de origem doméstica e industrial (matadouro, abatedouros de aves, indústrias têxteis entre outras), motivando a destruição da fauna fluvial, sobretudo no baixo curso desse rio, além de contribuir para a má qualidade da água das praias contíguas à desembocadura do mesmo.

A tabela 1, de Silva (2004) cita os principais estuários encontrados no estado de Pernambuco.

Tabela 2 – Principais estuários de Pernambuco, listados por ocorrência de norte a sul

Denominação	Área (ha)	Rios principais	Municípios abrangidos
Estuário dos rios Goiana e Megaó	4 776	Goiana e Megaó	Goiana
Estuário do rio Itapessoca	3 998	Itapessoca	Goiana
Estuário do rio Jaguaribe	212	Jaguaribe	Itamaracá
Complexo estuarino do canal de Santa Cruz	5 292	Igarassu, Botafogo, Maniquara e Arataca	Itamaracá, Itapissuma, Igarassu e Goiana
Estuário do rio Timbó	1 397	Timbó e arroio Desterro	Paulista, Abreu e Lima, e Igarassu
Estuário do rio Paratibe	-	Paratibe e Fragoso	Paulista e Olinda
Estuário do rio Beberibe	-	Beberibe	Olinda e Recife
Estuário do rio Capibaribe	-	Capibaribe, Pina, Jordão, Tejipió e Jiquiá	Recife
Estuário dos rios Jaboatão e Pirapama	1 284	Jaboatão e Pirapama	Cabo e Jaboatão
Estuário dos rios Sirinhaém e Maracaípe	3 335	Sirinhaém e Maracaípe	Ipojuca e Sirinhaém
Estuário do rio Formoso	2 724	Formoso, Passos e Ariquindá	Tamandaré e Barreiros
Estuário dos rios Mamucabas e Ilhetas	402	Mamucabas e Ilhetas	Tamandaré e Barreiros
Estuário do rio Una	553	Una	Barreiros e São José da Coroa Grande

Fonte: Silva (2004).

1.3.4 Geomorfologia

A Geomorfologia da área é caracterizada por um relevo aplainado na franja litorânea e por suaves ondulações na porção interior, onde sobressaem as feições colinosas, arredondadas e de baixas altitudes, constituídas quase sempre por sedimentos areno-argilosos que recobrem, as mais das vezes, rochas calcárias, mormente no trecho Recife – João Pessoa (Mabesoone & Silva, 1991).

A feição dominante, porém, pelo menos em termos de área territorial, é a de tabuleiros os quais, a oeste da rodovia BR-101, formam extensas chãs, a “Superfície dos Tabuleiros”, em cujos topos estão assentadas as Coberturas Tércio-Quaternárias, formadas pelos sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras.

A área de um modo geral apresenta três conjuntos topograficamente distintos que são: os Tabuleiros, as Colinas e a Planície Costeira. Essas unidades morfológicas têm origens distintas, porém interrelacionadas; os processos de dissecação dos tabuleiros e as Colinas por agentes fluviais, pluviais e gravitacionais responsáveis pelo modelamento dos Morros e a atividade destrutiva/construtiva do mar atuando sobre a Planície Costeira, são ações interativas regidas pelas mudanças climáticas globais, e por processos tectônicos.

A planície Costeira possui altitudes variando entre zero a 10 m, e inclinação suave para leste, sendo sua cota média entre 3 e 4 m. As colinas e os tabuleiros

condicionam cotas que variam de 10 a 150 m aproximadamente, aumentando do litoral para o interior. Zonas com lagunas, separadas entre si por pequenas elevações arenosas, antigamente com mangues. As áreas médias são dominadas por terraços marinhos e por vezes fluviais, que ocorrem em diversos locais da planície até seu limite com as colinas.

Encostas retilíneas e côncava, bem como vales em V e U, estão presentes como relevos degradacionais, geralmente esse tipo de relevo está subordinado a diferença de altitude entre as superfícies planas e as encostas. Os relevos de origem antrópica são decorrentes da erosão associada a desmatamento e associada a retirada de material.

No que se refere a compartimentação geomorfológica, a área de estudo compreende as seguintes unidades: Tabuleiros Costeiros, Domínio Colinoso, Planície Costeira, Terraços Fluviais, Terraços Marinhos Superiores, Terraços Marinhos Inferiores, Baixios de Maré, Flechas Litorâneas e Alinhamentos de Cordões Litorâneos, e Bancos de Arenito e Recifes de Corais.

1.3.4.1 Tabuleiros Costeiros

Os tabuleiros costeiros constituem um elemento geomorfológico importante no desenvolvimento das planícies costeiras, cuja existência depende do maior ou menor recuo de suas falésias. São constituídos por sedimentos areno-argilosos da Formação Barreiras, uma das mais extensas ocorrências sedimentares da costa brasileira, depositados principalmente no Plio-Pleistoceno, de altitudes geralmente situadas entre 40 e 100 m, sulcados pela drenagem, com interflúvios de topos aplainados, sendo estas características marcantes na unidade. Nos sopés dos tabuleiros costeiros estende-se um material coluvial proveniente da degradação destes mesmos tabuleiros e cuja morfologia em pendente suave deu origem à denominação Rampas de Colúvio.

A construção destes depósitos deve-se a processos atuais e sub-atuais, estando intimamente relacionada a fatores litológicos e climáticos. Os processos morfogenéticos característicos dos climas quentes e úmidos são os responsáveis pela mobilização dos sedimentos da Formação Barreiras, que constituem os tabuleiros, cuja natureza areno-argilosa contribui para facilitar o ataque da erosão e conseqüente transporte. Este material é depositado após os mais variados tipos de movimentos de massa: corrida de lama, corrida de detritos, reptação, desmoronamentos e, principalmente, por solifluxão.

As rampas de colúvio, subproduto do retrabalhamento dos tabuleiros costeiros, têm o agravante da possibilidade mais imediata de evacuação de seus sedimentos, uma vez que se trata de material já mobilizado e em posição de declive, o que facilita a ação da gravidade. Uma linha de falésias fósseis marca o limite destes depósitos com a Planície Costeira Quaternária.

1.3.4.2 Domínio Colinoso

Este compartimento geomorfológico é encontrado onde ocorrem as formações geológicas cretáceas (Grupo Paraíba) existentes na área, apresentando cotas situadas entre 10 e 40m. A morfologia desta unidade é caracterizada pela presença de colinas suaves e mais ou menos arredondadas, geralmente de pequena extensão.

Pode ocorrer entre os tabuleiros costeiros e os vales dos principais rios, podendo seus topos estarem capeados por podzol, formado essencialmente por areias brancas bastante lixiviadas, de granulometria geralmente fina, característica esta que foi utilizada, inclusive, no mapeamento, tanto geológico, como geomorfológico. Por outro lado, este compartimento pode apresentar-se também de forma individualizada e saliente no terreno, destacando-se da morfologia local.

1.3.4.3 Planície Costeira

As planícies costeiras, elaboradas durante o Quaternário, constituem uma unidade geológico-geomorfológica de grande complexidade, tendo em vista representarem um ambiente de transição entre os fenômenos continentais e marinhos.

Na área de estudo, esta unidade apresenta-se dividida em cinco subcompartimentos distintos, descritos a seguir.

1.3.4.3.1 Terraços Fluviais

A formação destes terraços está ligada às regressões marinhas quaternárias, quando o recuo do mar permitiu a deposição de sedimentos trazidos pelos rios, devido ao aumento do gradiente continental, com a retomada da erosão e gerando terraços fluviais que, de uma maneira geral, são perpendiculares à linha de costa e paralelos aos leitos dos rios. Ocorrem principalmente nos vales dos principais rios, em cotas que raramente ultrapassam os 10 m.

Os terraços fluviais são representados por uma morfologia plana, de cotas

bastante baixas, sendo predominantes as cotas de 2-3 m, constituídas por depósitos essencialmente arenosos, de granulometria fina a média, ocorrendo encaixados em vales que podem atingir até 1 km de largura.

1.3.4.3.2 Terraços Marinheiros Superiores e Inferiores

Nessas planícies costeiras encontram-se dois níveis de terraços marinheiros elaborados durante as oscilações do nível do mar no Quaternário. Deve-se salientar que terraços marinheiros são aquelas porções do terreno, mais ou menos paralelas à linha de costa, possuindo um topo aplainado e um rebordo abrupto que se mantém livre das investidas do mar, permanecendo enxutas mesmo durante as marés mais altas.

Os terraços superiores, elaborados durante a regressão que se sucedeu após o máximo da penúltima transgressão marinha (Bittencourt, 1979), de provável idade pleistocênica, apresentam-se em geral descontínuos, mais ou menos alongados e paralelos à linha de costa, no sopé das formações geológicas mais antigas. Estes terraços têm larguras médias de 10 m, podendo alcançar até cerca de 200 m. Em toda a área, os terraços marinheiros superiores alcançam altitudes de 8 m.

Já os Terraços Marinheiros Inferiores desenvolveram-se na última regressão marinha, após o retrabalhamento do relevo então existente na última transgressão e erodindo parcialmente os terraços marinheiros pleistocênicos.

Este sub-compartimento apresenta uma geometria mais regular com relação àquela observada no anterior, sendo em geral, alongados, paralelos à linha de costa, com altitude média de 1 a 3 m. A largura destes terraços é variável, ocorrendo desde 100 m até cerca de 1,5 Km.

1.3.4.3.3 Baixios de Maré

Este sub-compartimento é encontrado nas áreas onde o gradiente de declividade é quase nulo, estando, portanto, sujeito à ação das marés. Devido à topografia, estas áreas são ambientes favoráveis aos processos de sedimentação flúvio-marinha. Os solos com alto teor de salinidade, as águas mornas e salobras, e o constante fluxo das marés permitem o surgimento de uma vegetação típica, denominada de manguezal.

Contudo, na área estudada, a ação antrópica está acelerando acentuadamente

os processos de assoreamento característicos deste ambiente, devido aos constantes aterros realizados nos terrenos de mangues, provocados pela expansão urbana desordenada observada na Região Metropolitana do Recife.

Intercaladas nesses baixios de maré, ou entre eles e alguns terraços marinhos, podem-se encontrar pequenas salinas, inundáveis na maré alta, e que na baixa-mar apresentam altos teores de salinidade, impedindo o avanço da vegetação dos mangues.

1.3.4.3.4 Flechas Litorâneas e Alinhamentos de Cordões Litorâneos

Inseridos em alguns terraços holocênicos, encontram-se marcas de antigos alinhamentos de cordões litorâneos, cuja gênese está relacionada ao encontro de águas fluviais em desembocaduras de rios, com as correntes de deriva litorânea, no caso de direção geral S-N, acarretando um obstáculo que poderá bloquear o transporte de sedimentos, proporcionando um "efeito de molhe" (Komar, 1973; in: Amaral et al., 1990). Com o passar do tempo, havendo sempre um saldo positivo em favor da sedimentação, o traçado do rio será progressivamente modificado, na tentativa de desviar-se dos obstáculos que foram formados à frente de sua desembocadura. As formas de relevo que são construídas, inicialmente apresentar-se-ão como flechas e cordões, podendo o crescimento destes cordões arenosos fechar a foz de alguns rios, dando condições para o surgimento de algumas lagunas.

Nas cavas formadas entre as cristas destes cordões arenosos, podem se instalar pequenos riachos ou lagunas alongadas, que se estendem por até 4 Km. As larguras destes cordões são, em média, de 10-20m, sendo encontrados de maneira praticamente contínua, interrompidos pelas desembocaduras dos rios da área. Na área, os alinhamentos destes cordões litorâneos ocorrem dispostos paralelamente à linha de costa, como por exemplo, o Pontal de Maria Farinha.

1.3.4.3.5 Bancos de Arenito e Recifes de Corais

Em diversos trechos do litoral de Pernambuco ocorrem bancos de arenito formando feições lineares que se estendem, às vezes continuamente, por cerca de 10 Km (Dominguez et al., 1990). Esses bancos afloram na baixa-mar, sendo que alguns podem ser vistos ligeiramente acima do nível médio do mar. Ocorrem dispostos paralelamente ao litoral por longos trechos, normalmente formando duas ou três faixas

de bancos, apresentando em média 20 a 60 cm de largura por 3 a 4 m de espessura (Mabesoone, 1964). Em alguns locais, eles aparecem diretamente na face da praia.

Os recifes de corais constituem geralmente corpos alongados, descontínuos, com o eixo maior paralelo à linha de costa. As dimensões individuais desses corpos recifais variam de menos de 1 Km de comprimento até cerca de 4 Km, nos recifes mais próximos à praia. A profundidade das águas circundantes raramente ultrapassa 10 m.

A fauna coralina responsável pela construção desses corpos recifais é pobre em número de espécies, devido principalmente ao clima úmido, águas muito turvas, além de uma tectônica mais suave, em contraste com o Oceano Pacífico. Das dezoito espécies de corais descritos para os recifes brasileiros, apenas nove estão referidas nos recifes da costa pernambucana (Dominguez et al., 1990).

Estas duas construções geomorfológicas, os bancos de arenito e os recifes de corais, assumem um papel destacado no litoral pernambucano, pois funcionam como um anteparo natural às investidas das ondas sobre estas áreas costeiras, que se tornam, conseqüentemente, mais preservadas em relação à erosão marinha.

1.4 Oceanografia

Em virtude da influência de processos naturais que ocorrem em zonas costeiras, diversos parâmetros marinhos podem ser considerados em um estudo sobre a sedimentação praial e de plataforma adjacente. Neste tópico serão abordadas algumas variáveis oceanográficas que ocorrem na área de estudo, tais quais as correntes litorâneas, regime de ondas, ventos, os regimes de marés, salinidade e temperatura.

1.4.1 Correntes Litorâneas

As ondas que chegam à praia acabam por gerar uma série de correntes marinhas, cujo padrão depende do ângulo de incidência que fazem com a linha de costa. Os três principais tipos de correntes que atuam junto à praia são as correntes longitudinais, as correntes de retorno, e as correntes geradas por ondas.

Outros tipos de correntes que contribuem para sedimentação e para morfologia costeira da área de estudo são as correntes de maré, correntes de circulação oceânica, correntes fluviais e correntes litorâneas. As correntes litorâneas transportam os sedimentos que foram postos em movimento pela ação das ondas ao longo de

amplos trechos da costa. Este movimento de areia é denominado de deriva litorânea e constitui-se num importante processo de transporte de sedimentos ao longo de costas arenosas.

Próximo ao litoral, a influência de vários fatores torna as correntes bastante complexas, necessitando de estudos detalhados sobre o modelo de circulação, que resulta principalmente da ação dos ventos, das marés, das descargas de água doce do continente e da interação entre esses fatores e a morfologia do ambiente.

A circulação oceânica regional é caracterizada pela Corrente do Brasil que flui para o Sul com velocidades de 0,2m/s a 0,5m/s (Barreto & Summerhayes, 1975; apud Madruga Filho, 2004).

Dentre os três tipos de correntes que atuam junto a praia, destacam-se as correntes longitudinais. São correntes que se movem paralelamente à linha de costa, e sua velocidade varia de acordo com o ângulo de incidência das ondas. Segundo Larras (1961; apud Suguio, 1992), quando estes ângulos variam entre 46° e 58°, essas correntes atingem as maiores velocidades. Muehe (1994), porém, afirma que ângulos superiores a 5° já são suficientes para produzir grandes velocidades.

No que se refere as correntes de retorno, estas são as responsáveis pela movimentação dos sedimentos da costa. Elas englobam fortes correntes superficiais que seguem para o mar aberto, correspondendo ao movimento de retorno das águas que ficam acumuladas na zona costeira pelos contínuos trens de onda. Suguio (1992), afirmou que as correntes de retorno têm comprimentos que variam de 70 a 830m, e suas velocidades variam entre 2m/s e 3m/s. Não obstante, segundo Reading & Collinson (1996) já foram registrados valores de até 10m/s.

No presente estudo, as velocidades de correntes foram obtidas através do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

1.4.2 Regime de Ondas

As ondas que se observam nos oceanos são geradas pelos ventos que sopram sobre a superfície da água. Existem também as ondas geradas por abalos sísmicos, os maremotos, de efeito catastrófico.

As ondas geradas pelos ventos atuam como importantes agentes modificadores de energia. Elas obtêm sua energia a partir dos ventos, transferem-na através da superfície dos oceanos, descarregando-a nas zonas costeiras, onde se constituem na principal causa de erosão, gerando diversos tipos de correntes

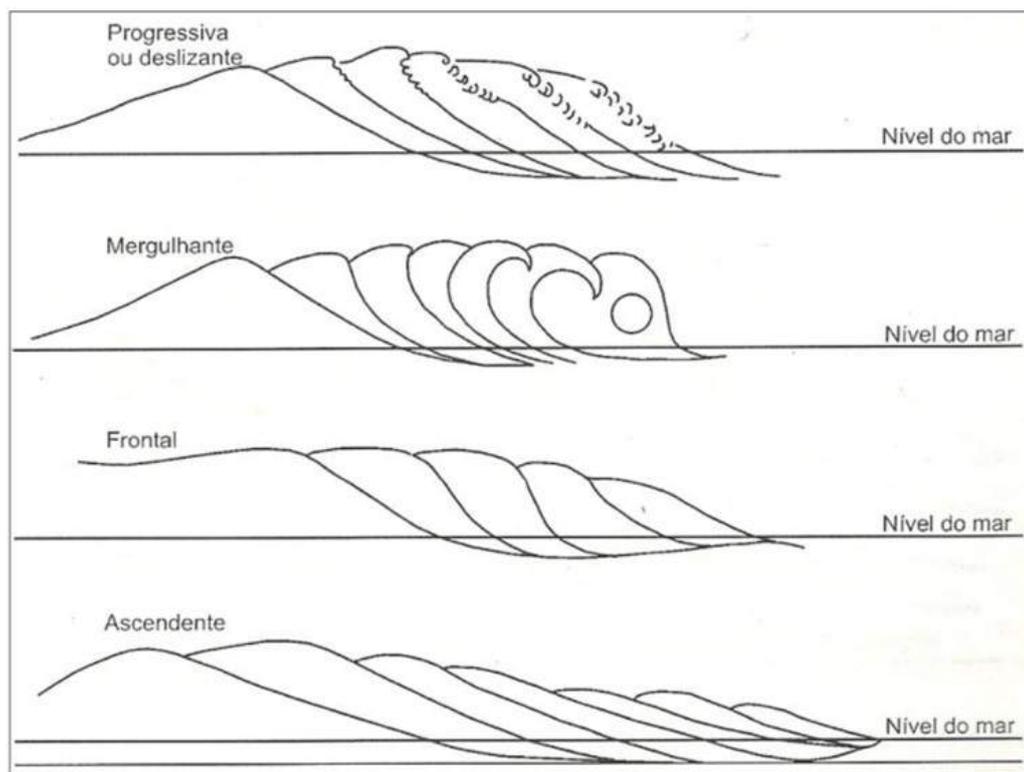
e diferentes padrões de transporte de sedimentos.

As ondas significativas são geradas durante tempestades e dependem fundamentalmente da velocidade dos ventos, da duração da tempestade e do "fetch" (corredor de ventos, ou seja, a pista sobre a qual a tempestade atua). Quanto maior a duração e o "fetch", maior a quantidade de energia potencial obtida pelas ondas (Komar, 1983).

As ondas geradas nos locais de tempestade mostram um amplo espectro. Por processos de dispersão acabam originando uma sequência regular de ondas, conhecidos como "swell" ou, simplesmente, ondulação. A ondulação viaja pelos oceanos perdendo muito pouca energia. Deste modo, as ondas que promovem erosão em uma determinada linha de costa, podem, em muitos casos, ter sido geradas em áreas de tempestades situadas a milhares de quilômetros de distância. Uma vez atingindo zonas mais rasas, próximo as regiões costeiras, a energia das ondas diminui devido à interação com o fundo do mar e outros fenômenos naturais, como recifes e barras. As ondulações que chegam à costa podem também sofrer difração ao acercarem-se de obstáculos, como ilhas, promontórios, diques, etc. Este processo culmina com a quebra da onda, produzindo a arrebentação.

Os principais tipos de arrebentação segundo Galvin (1986) são: deslizante ("spilling"), mergulhante ("plunging"), ascendente ("surging"), e frontal. Este último é mais raro. A figura 8 mostra estes tipos de arrebentação.

Figura 8 – Principais tipos de arrebentação das ondas



Fonte: Silva, et al., (2004).

Como as ondas que chegam à costa têm alturas diferentes, as mais altas quebram a profundidade maiores do que as mais baixas, gerando assim o que se conhece como zona da arrebentação. Em praias de baixa declividade, depois da arrebentação, as ondas se transformam em pequenas vagas que viajam pela zona de surfe até espalhar-se na face da praia, denominada zona de espraçamento.

É nas zonas de arrebentação, surfe e espraçamento, uma faixa relativamente estreita, que se dissipa a energia trazida pela ondulação oceânica. Da quantidade de energia aí liberada, função do regime das ondas e do tipo de arrebentação, dependem o perfil de praia e o tamanho dos grãos dos sedimentos praias.

Como consequência direta deste fenômeno, as regiões submetidas a diversos regimes de ondulação relacionados com diferentes estações do ano, inverno e verão, por exemplo, ou submetidas periodicamente a tempestades, mostram variações cíclicas no perfil de praia, através da movimentação de enormes volumes de areia. Em condições de alta energia as ondas erodem a praia, retirando dali a areia que se deposita em bancos construídos na zona de arrebentação.

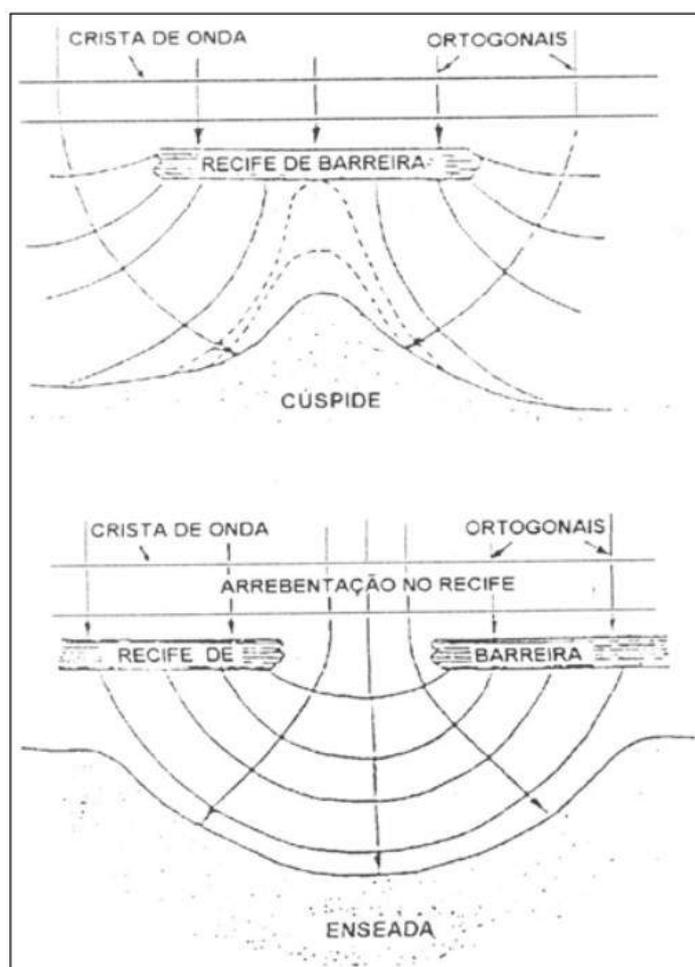
As linhas de recifes modificam a energia das ondas incidentes sobre a costa,

não somente pela perda de energia através da arrebentação ao encontrarem os recifes, mas também pela modificação do espectro de ondas resultante que é substituído por ondas de baixa frequência.

Além da simples transformação e atenuação da energia das ondas através da arrebentação, as barreiras de recifes tendem a concentrar a energia das ondas do lado interno da barreira de recife e a depositar material através dos processos de refração e difração.

A Figura 9 ilustra os efeitos das ondas sobre uma linha de recifes contínua ou interrompida, e as consequências sobre a geometria da linha de praia adjacente.

Figura 9 – Representação ilustrativa dos efeitos das ondas sobre a linha de recifes



Fonte: Lira (1997).

As mudanças são causadas pelos efeitos combinados da difração e refração das ondas. Quando a linha de praia moderna prograda rumo à barreira de recife, geralmente, há tendência para formação de um cúspide, semelhante a um tómbolo. Quando a linha de recife apresenta interrupções, pode-se formar um embaiamento na

linha de praia em frente ao canal. O efeito geral resultante é a produção de uma linha de costa altamente irregular, com alternância de pequenas enseadas e pontais arenosos, como encontrado principalmente no litoral sul de Pernambuco.

O sistema de ondas oceânicas que aportam as áreas costeiras do Estado de Pernambuco, em função da significativa constância na velocidade e direção do sistema de ventos, as ondas por elas geradas têm grande influência no transporte de sedimentos à praia. As ondas de direção E-SE, associadas a ventos de mesma direção, têm altura média de 1 a 1,5 m e períodos de 5 a 7 s, dominantes durante todo ano (Hog-Ben & Lumb, 1967; U.S.Navy, 1978; Dominguez et al., 1992). Com relação às ondas que incidem diretamente no litoral norte de Pernambuco, SUHAYDA et al. (1977) encontraram a altura média anual de 0,40m e período de 7,5s.

1.4.3 Ventos

Os ventos são os grandes responsáveis pela dinâmica costeira. Caracterizam-se principalmente pela sua direção e velocidade, tendo um papel importante na sedimentação litorânea. Sobre a superfície aquosa, são responsáveis pela formação das ondas, contribuindo, também, para a geração das correntes litorâneas.

Seu papel não se restringe ao de originar as ondas e por consequência as correntes litorâneas. O transporte de sedimentos que ocorre na costa é também influenciado pelos ventos que incidem sobre esta, e podem produzir importantes depósitos para o equilíbrio de uma praia, como os campos de dunas, que constituem uma das principais fontes de suprimento de areia para a praia.

Os ventos no litoral de Pernambuco possuem três sentidos dominantes tais quais SE (sudeste), E-W (leste-oeste) e NE (nordeste). Os mais intensos e habituais são os primeiros, que levam as águas superficiais no sentido de Sul para Norte, causando concomitantemente um notável processo de deslocando sedimentar paralelo à costa. Quando os ventos mudam para o quadrante NE, as correntes se invertem, isto é, seguem no sentido norte-sul, acarretando, no entanto, um transporte menos efetivo, pois os ventos são mais brandos.

A Região Metropolitana do Recife, situada em baixa latitude e pouco elevada acima do nível do mar, é caracterizada por baixas pressões atmosféricas, recebendo por isso, a influência dos ventos alísios. As velocidades médias destes variam de 6,1 a 9,3 nós (3,1 a 4,7m/s), vindos principalmente de E-SE, no período de abril a setembro, e de E-NE, de outubro a março (Cavalcanti & Kempf, 1970).

Os ventos alísios de sudeste e as brisas marinhas exercem grande influência no clima da área, ora minimizando ora maximizando os efeitos térmicos advindos da insolação.

Para os trabalhos de campo, foram levantadas informações sobre a velocidade e direção dos ventos no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

1.4.4 Regimes de Marés

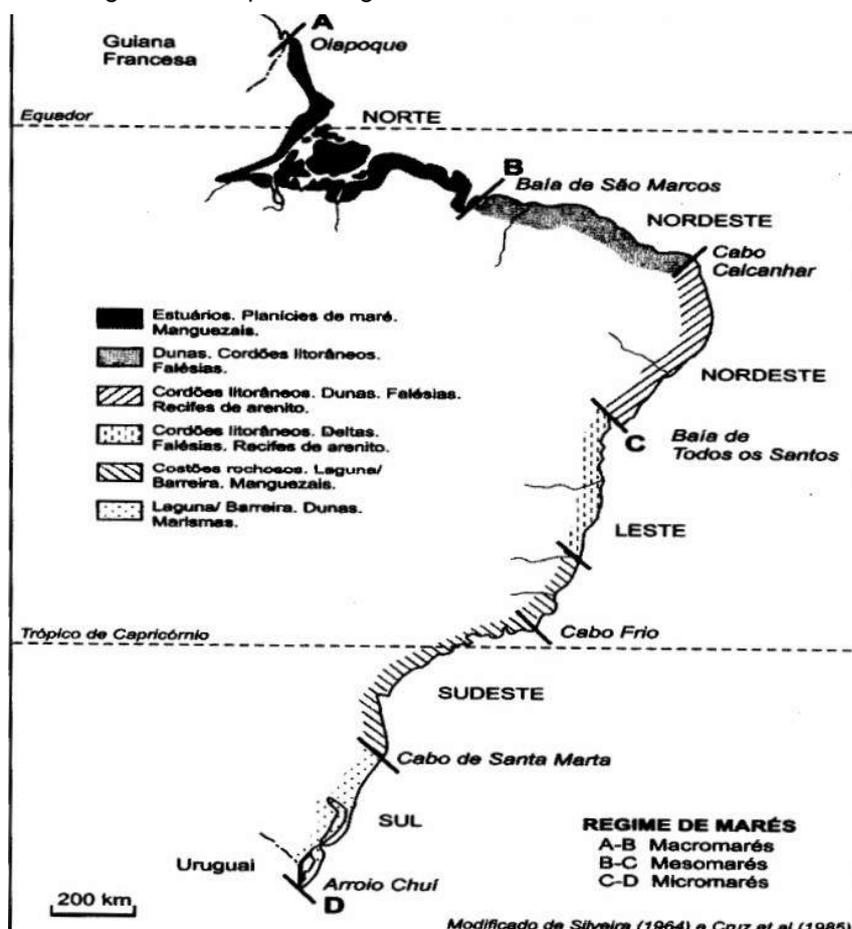
As marés apresentam um levantamento e abaixamento rítmico sobre um intervalo de tempo de várias horas. Elas se traduzem por uma oscilação periódica do nível do mar, de período e amplitude variável no tempo e de um lugar a outro, devido à atração, principalmente, da lua sobre a terra, porém também, em menor escala, da atração gravitacional exercida pelo Sol sobre a Terra. Segundo Hayes (1979), em virtude da oscilação periódica do nível do mar inerente a sua existência, as marés constituem-se em importantes agentes da dinâmica marinha e um dos fatores determinantes na geomorfologia de áreas costeiras.

As variações do nível do mar, em função da fase lunar, da latitude, estação do ano, forma da linha de costa, tamanho e profundidade da bacia oceânica, representam mudanças cíclicas de curto período que se processam no litoral. Este período pode ser de 12 horas (semi-diurna), 24 horas (diurna), ou de período variável (maré mista), durante o ciclo lunar. Estas exercem uma grande influência nas feições morfológicas e sedimentológicas das praias e estuários.

Segundo a classificação de Hayes (1979), pode-se distinguir as seguintes classes de marés: regime de micromaré (0-1m), regime de mesomaré fraco (1-2m), regime de mesomaré forte (2-4m), regime de macromaré fraco (4-5m) e regime de macromaré (>5m).

Souza, et al. (2004) subdividiu a costa brasileira em cinco setores (figura 10), com diferentes regimes de marés. Na área de estudo, as marés que incidem são as meso-marés, dominadas por ondas e sob a ação constante dos ventos alísios.

Figura 10 – Tipos de regimes de marés no litoral brasileiro



Fonte: Souza et al. (2005).

No presente trabalho, as informações referentes à altura das marés foram obtidas a partir da tábua de marés para o Porto do Recife, confeccionada pelo Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

1.4.5 Salinidade e Temperatura

A salinidade e a temperatura das águas oceânicas que constituem a zona costeira do estado de Pernambuco normalmente apresentam um ciclo sazonal bem definido. A salinidade, possui uma variação sazonal bastante nítida, uma vez que é na estação do verão (período mais seco) onde ocorre teores mais elevados, atingindo um máximo de 37,16 ppt. Já nos períodos chuvosos esses valores caem para um mínimo de 28,88 ppt. Esses valores podem variar localmente em virtude do aporte das águas doces provenientes dos rios que deságuam no litoral, como o Rio Paratibe e o Rio Timbó.

No que se refere a temperatura das águas, segundo Manso et al. (1992), no

verão os valores mais elevados atingem aproximadamente 30,8°C, enquanto que no inverno esses valores chegam a atingir 25,7°C, confirmando a conhecida estabilidade térmica na coluna d'água marinha.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo 2, serão descritos os materiais e métodos utilizados para cada uma das etapas deste trabalho, buscando sempre explicar tudo com a maior clareza possível.

2.1 Levantamento Morfodinâmico

Para o referido levantamento, foram previamente escolhidos sete pontos (P1 a P7) baseando-se inicialmente nos mesmos pontos do trabalho realizado por Melo (2015), a fim de realizar uma comparação da morfologia da linha de costa com o passar dos anos, bem como trechos em que a erosão costeira era visivelmente acentuada. A distância entre o primeiro e o último ponto foi de 12km, e abrangeu 86% de todo o litoral da cidade (figura 11).

Figura 11 – Localização dos Perfis Praiais na área de estudo



Fonte: Google Earth (2020).

Os sete pontos foram situados nas praias de Enseadinha (1), praia do Janga (2), Pau Amarelo (1), Nossa Senhora da Conceição (1), e Maria Fatinha (2), e estão situados entre as coordenadas UTM 9120309 e 9131688 de latitude sul e 298425 e 297597 de longitude leste, quadrante 25M e datum WGS84.

Segundo Macêdo (2012), sucessivos levantamentos do perfil praiial durante um determinado tempo podem expressar quantitativamente a relação entre a entrada e saída de sedimentos, bem como a associação dos estados morfodinâmicos à feição morfológica. É importante frisar também que através destes levantamentos topográficos, é possível realizar o cálculo do volume de sedimentos que compõem a faixa de praia estudada, e, a partir daí, obter subsídios que permitam o monitoramento costeiro.

Uma vez determinado os pontos a serem estudados no litoral do município do Paulista, dispostos espaçadamente no extremo sul, trecho central e norte da área, foi realizada uma campanha mensal para realização dos perfis de praia, no período compreendido entre Julho/2019 a Março/2020, totalizando 9 meses de estudos. Para isto, adotou-se um referencial de nível (RN), constituído por um marco fixo (estrutura de alvenaria, coqueiro, poste de energia elétrica, etc), em cada um dos sete perfis e realizou-se o levantamento antes de cada maré de sizígia, durante o período de maré baixa, sempre perpendiculares a linha de costa, em direção ao mar até a profundidade aproximada de 50cm.

Os levantamentos foram executados com um Nível Pentax acoplado a um tripé de alumínio, em conjunto com uma mira topográfica que consiste em uma régua graduada de 5m de altura (figuras 12, 13 e 14), miras verticais (estacas de ferro ou de madeira) posicionadas nos pontos de inflexão dos setores praiiais (pós-praia, estirâncio e antepraia), e uma trena de 50m de comprimento (figura 15), para medir a distância entre os referidos pontos de inflexão.

No que se referem as leituras, as mesmas eram realizadas através de visadas horizontais, medindo as diferenças de nível entre cada ponto dos perfis com auxílio dos equipamentos citados anteriormente.

Os perfis foram amarrados a um ponto de referência fixo e atribuído à cota zero o nível do mar, de acordo com a tábua de maré do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), tomando como base o Porto de Recife. Considerou-se o horário da leitura da mira topográfica na linha d'água e a partir daí foi calculado a altura do nível do mar naquele momento em relação ao nível de redução disponível na carta do INPE,

obtendo-se a cota daquele ponto.

Após esses procedimentos, foram efetuados os cálculos das cotas absolutas e alocados nas planilhas do software Excel, gerando os gráficos de perfis para todos os sete pontos. Posteriormente foi calculado o volume do perfil subaéreo através do software Surfer8. Para isso, considerou-se o perfil subaéreo e a extensão do ponto do nível de referência até a cota zero (nível do mar). Este resultado foi multiplicado por 1m, obtendo o volume total em metros cúbicos por metro (m^3/m) (figura 16).

Figura 12 – Nível Pentax utilizado para realização das leituras nas miras topográficas



Fonte: O autor (2020).

Figura 13 – Tripé utilizado na base do Nível Pentax para regulagem de altura



Fonte: O autor (2020).

Figura 14 – Mira Topográfica com altura regulável até 5m

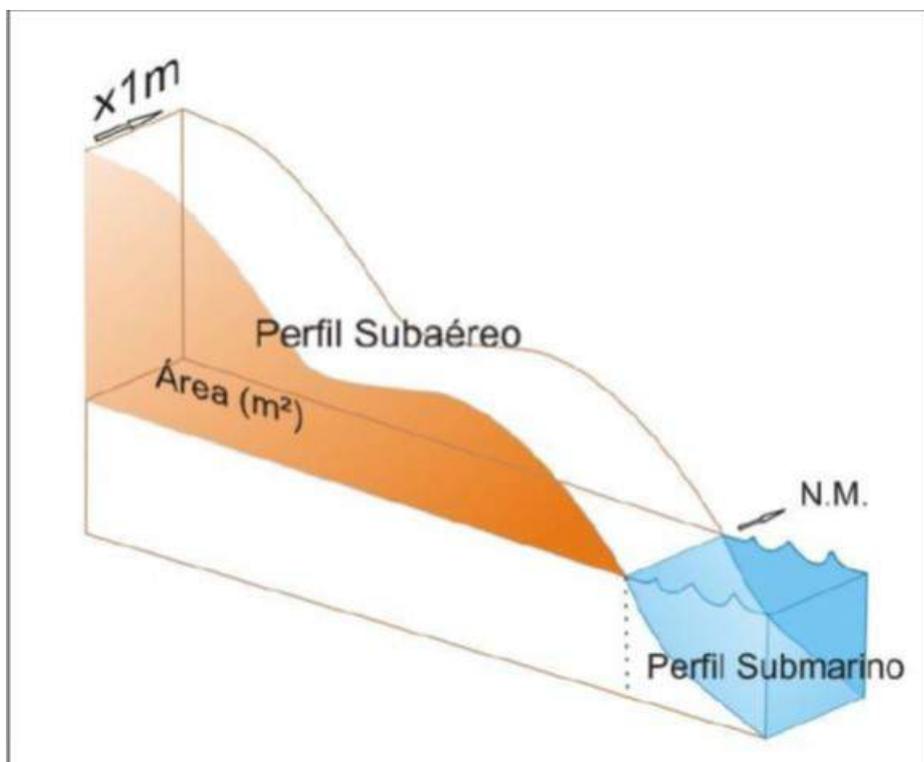


Fonte: O autor (2020).

Figura 15 – Trena plástica de 50m de comprimento



Fonte: O autor (2020).

Figura 16 – Esquema do cálculo de volume de perfil praia. Área do perfil aéreo (m^2) multiplicada por 1 m resultando no volume (m^3/m)

Fonte: Macêdo (2010).

2.2 Amostragem Sedimentológica

Para os estudos dos tipos de sedimentos constituintes na área de estudo, foram coletadas três amostras nos perfis onde havia uma completa divisão setorial (pós-praia, estirâncio e antepraia), sendo uma por setor, o que ocorreu em dois pontos (P2 e P6); e duas amostras nos demais perfis, por não haver setor de pós-praia. Essa coleta ocorria com periodicidade bimestral, iniciando em julho/19 e finalizando em março/20. Elas pesavam aproximadamente 250 gramas, e foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas, e levadas para tratamento laboratorial e estatístico no Laboratório de Geofísica e Geologia Marinha (LGGM) do Departamento de Geologia (DGEO) da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). No total, foram coletadas 79 amostras sedimentares, que foram georreferenciadas através do Sistema de Posicionamento Global – GPS, utilizando-se para tal o equipamento modelo Garmin 12.

2.2.1 Tratamento das Amostras

Conforme informado anteriormente, as amostras coletadas foram submetidas à análise granulométrica no Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha (LGGM) do Departamento de Geologia da UFPE.

Todas as amostras foram submetidas às etapas laboratoriais, seguindo o método descrito por Suguio (1973), tais quais:

- a) pré-secagem a temperatura ambiente em recipientes de alumínio devidamente identificados (figura 17);
- b) em seguida, os sedimentos foram colocados em béqueres (figura 18) e levados a estufa à uma temperatura de 60°C por 48 horas para uma nova secagem (figura 19);
- c) na terceira etapa, a amostra é retirada do béquer, que por sua vez é devidamente lavado, e é realizado o quarteamento manual, seguida da pesagem de 100g em balança semi-analítica (figura 20), com erro aproximado de 0,05g. Separa-se uma parte do material como contra-amostra, para eventual utilização em caso de erro no processamento;

Figura 17 – Amostras na etapa de pré-secagem, em temperatura ambiente



Fonte: O autor (2020).

Figura 18 – Amostras armazenadas em béqueres antes de ir para a estufa



Fonte: O autor (2020).

Figura 19 – Estufas utilizadas para secagem das amostras a 60°C



Fonte: O autor (2020).

Figura 20 – Balança semi-analítica utilizada para pesagem das amostras



Fonte: O autor (2020).

- d) uma vez concluída a pesagem citada anteriormente, foi realizado o peneiramento úmido em água corrente para a separação inicial das frações granulométricas. Nesse processo, utilizam-se duas peneiras, sendo uma com abertura de malha de 2mm e outra com 0,063mm (figura 21). As partículas que ficam retidas na primeira são cascalhos; as que ficam na peneira de abertura 0,063mm são as areias; e as que passam por esta são as lamas, que correspondem a silte e argila. Para este estudo, a lama não foi levada em consideração;
- e) posteriormente, todos os sedimentos de fração areia que permaneceram nas peneiras foram adicionados a novos béqueres, e novamente levados a estufa a uma temperatura de 60°C por mais 48 horas; os cascalhos, por sua vez, foram colocados em recipientes plásticos, e postos para secar a temperatura ambiente;

Figura 21 – Peneiras de 2mm e 0,063mm utilizadas no peneiramento úmido



Fonte: O autor (2020).

- f) finalizada a secagem, as amostras seguiram para pesagem. Em seguida as

areias foram colocadas num jogo de peneiras com malhas de aço, com aberturas de 1,00mm, 0,500mm, 0,250mm e 0,125mm, seguida de um fundo onde são retidas as partículas entre 0,125mm e 0,063mm, e agitadas com batida intermitente no “rotap” (agitador de peneiras) por 10 minutos (figura 22). Uma vez concluída esta etapa, as partículas retidas em cada peneira correspondem às frações areia muito grossa (acima de 1,00mm), areia grossa (entre 1,00 e 0,500mm), areia média (entre 0,500 e 0,250mm), areia fina (entre 0,250 e 0,125mm) e areia muito fina (entre 0,125 e 0,063mm). Nesta etapa também foi possível saber a quantidade de lama que passou pela peneira de 0,063mm na etapa do peneiramento úmido. Para isso, calculou-se a diferença de peso das 100 gramas de amostra inicialmente colocada no béquero com o somatório “areias + cascalho”. Veremos mais a frente o quão importante é essa informação para caracterização dos parâmetros estatísticos;

- g) para concluir, pesa-se cada uma das frações acima citadas, embalando-as em sacos plásticos e realizando a devida identificação. Essas amostras poderão ser utilizadas para estudos posteriores, como a morfoscopia, por exemplo, que não foi objeto deste trabalho.

Figura 22 – Agitador de peneiras (rotap) utilizado para separação das frações de areia



Fonte: O autor (2020).

2.2.2 Tratamento dos Dados

De posse das informações referentes às frações areia, cascalho e lama, introduziram-se os dados no software Sysgran, versão 3.0 (tabela 2), que se encarrega de tratá-los, gerando uma tabela contendo vários parâmetros estatísticos. Para este trabalho, foi adotada como referência a classificação de Folk & Ward (1957), e considerado os seguintes parâmetros estatísticos: diâmetro médio, desvio padrão, e assimetria.

Os resultados foram apresentados por mês de coleta (julho/19, setembro/19, novembro/19, janeiro/20 e março/20), e por perfil praial (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7), subdivididos ainda em setores (antepraia, estirâncio e pós-praia), para um melhor entendimento sobre o comportamento praial.

Além destes, também foi estudada a classificação textural, utilizando como referência o diagrama triangular de Shepard (1954), gerado através do mesmo software. As 79 amostras coletadas obtiveram suas classificações separadas pelo mês de coleta.

Tabela 4 – Software Sysgran 3.0 utilizado para o tratamento dos dados

The image shows a screenshot of the Sysgran 3.0 software interface. The main window displays a data table with columns labeled A through U and rows numbered 1 to 41. The data consists of numerical values for each cell. A dialog box titled 'Sobre...' (About...) is overlaid on the right side of the table. The dialog box contains the following text: 'Análises e gráficos sedimentológicos', 'Versão 3.0', 'Desenvolvido por: Márcio D. Camargo - www.computador.org.br', 'Sistema Operacional: Windows (32-bit)', 'Módulo físico disponível para o Windows: 2.057.152 KB', and 'Módulo em uso: 66 %'. There is an 'OK' button at the bottom of the dialog box.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1																					
2	152-D	0	0,708	0	1,286	0	6,918	0	16,939	0	29,834	0	41,747	2,544	0	0	0	0	0	0	0
3	195-D	0	0	0	0,856	0	42,77	0	51,38	0	4,449	0	0,317	0,089	0	0	0	0	0	0	0
4	136-D	0	1,34	0	0,865	0	1,177	0	0,534	0	0,489	0	28,496	67,203	0	0	0	0	0	0	0
5	189-D	0	0	0	0,045	0	3,048	0	73,005	0	22,504	0	0,987	0,514	0	0	0	0	0	0	0
6	153-D	0	3,499	0	20,286	0	64,533	0	3,366	0	0,256	0	0,731	7,334	0	0	0	0	0	0	0
7	117-D	0	0,306	0	0,8	0	5,246	0	49,23	0	41,111	0	2,712	0,549	0	0	0	0	0	0	0
8	164-D	0	2,279	0	5,027	0	5,633	0	1,842	0	7,63	0	60,371	17,229	0	0	0	0	0	0	0
9	135-D	0	0,039	0	0,536	0	3,901	0	2,47	0	13,992	0	69,665	9,442	0	0	0	0	0	0	0
10	165-D	0	3,253	0	6,669	0	14,092	0	6,729	0	5,487	0	52,581	11,177	0	0	0	0	0	0	0
11	160-D	0	0,207	0	2,145	0	6,542	0	39,755	0	48,735	0	1,964	0,624	0	0	0	0	0	0	0
12	158-D	0	3,59	0	5,495	0	10,721	0	4,619	0	6,529	0	56,031	12,102	0	0	0	0	0	0	0
13	142-D	0	0	0	0,078	0	1,775	0	43,434	0	51,344	0	2,95	0,412	0	0	0	0	0	0	0
14	173-D	0	0,457	0	3,11	0	21,529	0	54,474	0	19,351	0	1	0,019	0	0	0	0	0	0	0
15	180-D	0	4,596	0	4,919	0	15,226	0	4,383	0	5,91	0	55,515	9,475	0	0	0	0	0	0	0
16	171-D	0	0,055	0	0,457	0	5,063	0	52,941	0	37,965	0	2,743	0,704	0	0	0	0	0	0	0
17	122-D	0	3,049	0	3,059	0	5,405	0	4,078	0	10,476	0	69,18	4,798	0	0	0	0	0	0	0
18	111-D	0	0,115	0	2,283	0	51,638	0	43,565	0	2,076	0	0,072	0,16	0	0	0	0	0	0	0
19	126-D	0	11,165	0	4,307	0	6,219	0	2,563	0	0,388	0	26,136	49,242	0	0	0	0	0	0	0
20	102-D	0	0,019	0	0,141	0	5,386	0	61,878	0	19,622	0	12,501	0,491	0	0	0	0	0	0	0
21	119-D	0	0	0	0,005	0	0,292	0	35,078	0	57,178	0	7,159	0,278	0	0	0	0	0	0	0
22	105-D	0	2,286	0	24,821	0	51,097	0	2,382	0	0,461	0	1,169	17,775	0	0	0	0	0	0	0
23	124-D	0	1,197	0	9,416	0	44,464	0	33,135	0	7,74	0	3,4	0,617	0	0	0	0	0	0	0
24	161-D	0	1,653	0	0,97	0	2,982	0	4,171	0	4,696	0	69,541	15,984	0	0	0	0	0	0	0
25	120-D	0	0,591	0	1,754	0	10,888	0	17,195	0	17,423	0	44,565	7,536	0	0	0	0	0	0	0
26	146-D	0	1,03	0	1,626	0	3,067	0	1,624	0	1,071	0	71,59	19,995	0	0	0	0	0	0	0
27	190-D	0	0,701	0	9,329	0	44,841	0	35,185	0	1,443	0	7,682	0,81	0	0	0	0	0	0	0
28	112-D	0	5,803	0	3,589	0	5,263	0	3,484	0	2,455	0	63,188	16,236	0	0	0	0	0	0	0
29	187-D	0	0,038	0	0,04	0	1,305	0	63,922	0	33,746	0	0,648	0,338	0	0	0	0	0	0	0
30	115-D	0	1,309	0	2,359	0	19,837	0	49,591	0	21,761	0	4,589	0,146	0	0	0	0	0	0	0
31	132-D	0	5,271	0	1,898	0	0,675	0	0,242	0	3,356	0	69,036	19,541	0	0	0	0	0	0	0
32	118-D	0	0,435	0	4,565	0	18,928	0	29,623	0	37,056	0	8,256	1,133	0	0	0	0	0	0	0
33	107-D	0	1,303	0	7,97	0	16,523	0	9,031	0	8,822	0	51,183	5,219	0	0	0	0	0	0	0
34	193-D	0	0,107	0	1,92	0	50,096	0	39,513	0	7,161	0	0,975	0,188	0	0	0	0	0	0	0
35	123-D	0	2,818	0	0,711	0	0,972	0	0,536	0	1,173	0	42,538	51,324	0	0	0	0	0	0	0
36	170-D	0	0	0	0,048	0	1,732	0	56,895	0	36,29	0	3,921	1,099	0	0	0	0	0	0	0
37	182-D	0	0	0	0,096	0	0,145	0	34,14	0	59,46	0	5,874	0,578	0	0	0	0	0	0	0
38	139-D	0	1,479	0	10,441	0	48,399	0	0,879	0	0,399	0	2,845	36,552	0	0	0	0	0	0	0
39	176-D	0	2,236	0	1,532	0	30,091	0	40,206	0	21,238	0	3,423	1,167	0	0	0	0	0	0	0
40	125-D	0	0,523	0	0,901	0	1,789	0	3,201	0	14,311	0	61,867	17,105	0	0	0	0	0	0	0
41	192-D	0	4,481	0	5,221	0	7,13	0	3,096	0	56,977	0	16,079	7,072	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

2.3 Levantamento Hidrodinâmico

Os parâmetros hidrodinâmicos levados em consideração neste trabalho foram:

- a) altura significativa das ondas (m);
- b) a direção média das ondas;
- c) período de pico (s);
- d) direção de pico;
- e) magnitude (m/s e N) e direção do vento a 10m.

Essas informações são atualizadas diariamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), não necessitando, assim, realizar qualquer procedimento em campo a fim de obtê-las. Faz-se importante essa divulgação por parte do referido órgão, uma vez que evita que haja erros, caso esses dados fossem obtidos através dos métodos convencionais em campo.

Buscou-se acessar esses parâmetros hidrodinâmicos durante a semana em que iria ser realizado o Levantamento Morfológico, a fim de obter dados mais precisos.

2.4 Levantamento Geodésico

Para o levantamento geodésico, foram verificadas as coordenadas geográficas em campo, e a partir delas, delimitado os trechos em que ocorrem a zona úmida (linha de deixa), linha de vegetação, escarpa de berma, e as áreas urbanizadas que continham residências, bares, e demais estruturas de contenção costeira (enrocamento, bagwall, espigão, etc).

A metodologia utilizada consistiu no Posicionamento relativo cinemático em Tempo Real (Real Time Kinematic -RTK), que se baseia na fixação de um receptor (figura 23) em uma estação com coordenadas conhecidas (estação de referência) e o outro receptor que se move sobre as estações de interesse (figura 24) transmitindo sinais pelos sistemas globais de navegação por satélite, GPS, Glonass e Galileo, este último ainda em fase de implantação. Os dados desse tipo de posicionamento podem ser processados após a aquisição das informações pela coletora (figura 25) PPK - Post Processed Kinematic, ou fornecido em tempo real durante a coleta RTK – Real Time Kinematic.

No posicionamento RTK, os erros envolvidos no processo (ionosfera, troposfera e órbita dos satélites) são proporcionais ao comprimento da linha de base,

o que restringe a distância entre a estação de referência e o usuário a poucos quilômetros.

Figura 23 – Receptor utilizado na base para o levantamento geodésico na área de estudo



Fonte: O autor (2021).

Figura 24 – Receptor "rover" utilizado no percurso do levantamento geodésico



Fonte: O autor (2021).

Figura 25 – Coletora de dados utilizada no levantamento geodésico



Fonte: O autor (2021).

O receptor GNSS (figura 26) – nome que se dá ao conjunto de todos os equipamentos utilizados para este tipo de levantamento (base, rover e coletora de dados) – utilizado foi o modelo Triumph-1, e possui todas as antenas (GNSS, UHF, GSM/CDMA 200, Bluetooth/Wifi) escondidas e protegidas. Esse equipamento foi utilizado para o levantamento, sendo considerado completo para fins de levantamento topográfico e geodésico.

A tabela 3 abaixo exhibe os materiais utilizados durante o levantamento.

O trabalho de campo foi desenvolvido a partir da instalação da base do GNSS através um marco geodésico (onde o mesmo foi rastreado pelo método de posicionamento estático e processo para obtenção das coordenadas georreferenciadas no site do IBGE), realizando sua configuração com as coordenadas norte e leste no local de origem, e assim realizando o processamento dos dados. Uma estação de referência prevê correções instantâneas para estações móveis, o que faz com que a precisão obtida chegue ao nível centimétrico.

Figura 26 – GNSS caracterizado pelo conjunto dos equipamentos (rover da base, rover do percurso e coletora de dados)



Fonte: O autor (2021).

Tabela 6 – Materiais utilizados durante o levantamento

1 Tripé
RTK (Receptor Base e Receptor Rover)
1 Controladora
1 Bastão
Software JAVAD
Software Excel (Processamento dos dados)
Software Autocad Civil 3D 2021

Fonte: O autor (2021).

A partir da instalação da base (e fazendo o seu rastreamento para que seja possível fazer seu processamento junto ao IBGE), segue com o Rover para cadastrar os pontos em toda linha de preamar máxima, observando seu traçado em todo o percurso estudado. Posteriormente é realizado o tratamento dos dados no software Autocad Civil 3D 2021, e a confecção do mapa na escala de 1:65000, identificando a linha de preamar máxima.

O serviço com o GNSS realizado na área de estudo apresentou algumas interferências. Sempre que isso ocorria, fez-se necessário realizar mudanças da base, e proceder com uma nova calibragem do equipamento.

2.5 Análise da Vulnerabilidade à Erosão

Juntamente com o levantamento geodésico, citado anteriormente, no qual foi percorrido todo o litoral do município do Paulista, foram observados pontos de vulnerabilidade dentro da área estudada. Utilizando o mesmo equipamento de GPS do levantamento geodésico, foi possível obter as coordenadas destes pontos para assim, realizar um detalhamento e uma caracterização dessas áreas de vulnerabilidade.

Para melhor caracterizar morfologicamente o sistema praial, e obter uma maior precisão no que se refere ao grau de vulnerabilidade do litoral do Paulista, a área de estudo foi dividida em oito setores (figuras 27, 28 e 29). Como forma de otimizar este trabalho, esses setores foram definidos tomando como base algumas das características urbanas e morfológicas do litoral do município do Paulista, como por exemplo o trecho de mar aberto, a urbanização local, a presença de estruturas de contenção, a ocupação da linha de costa, entre outros.

Figura 27 – Mapa indicando a localização dos setores 1, 2 e 3



Fonte: Google Earth (2021).

Figura 28 – Mapa indicando a localização dos setores 4 e 5



Fonte: Google Earth (2021).

Figura 29 – Mapa indicando a localização dos setores 6, 7 e 8



Fonte: Google Earth (2021).

- Setor 1: localizado entre a desembocadura do Rio Paratibe e o final do trecho de mar aberto, entre os pontos com coordenadas UTM 298413 E; 9119827 S, e 298468 E; 9120450 S;
- Setor 2: localizado no trecho que compreende todo o calçadão do Janga, entre os pontos com coordenadas UTM 298468 E; 9120450 S, e 299049 E; 9122473 S;
- Setor 3: localizado após o calçadão do Janga até o último quebra-mar, entre os pontos com coordenadas UTM 299049 E; 9122473 S, e 299264 E; 9123204 S;
- Setor 4: localizado após o quebra-mar, em todo o trecho com enrocamento, entre os pontos com coordenadas UTM 299264 E; 9123204 S, e 299196 E; 9124897 S;
- Setor 5: localizado após o enrocamento e durante toda estrutura do bagwall, entre os pontos com coordenadas UTM 299196 E; 9124897 S, e 298867 E; 9127546 S;
- Setor 6: novo trecho de mar aberto com extensa faixa de praia, entre os pontos com coordenadas UTM 298867 E; 9127546 S, e 297743 E; 9130915 S;
- Setor 7: trecho com erosão costeira e construções na faixa de praia, entre os pontos com coordenadas UTM 297743 E; 9130915 S, e 297406 E; 9132602 S;
- Setor 8: localizado no Pontal de Marinha Farinha, entre os pontos com coordenadas UTM 297406 E; 9132602 S, e 297134 E; 9133050 S.

Para este trabalho, a metodologia utilizada foi a adotada por Bush et al. (1999). Eles apresentam um método rápido e simples baseado em indicadores ambientais e geoindicadores, com o intuito de minimizar os impactos da erosão costeira.

No que se refere ao grau de vulnerabilidade, a tabela 4 abaixo apresenta três colunas deste índice (baixa, moderada e alta).

Tabela 9 – Geoindicadores utilizados para avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira

	Variáveis	Indicadores	V. Baixa	V. Moderada	V. Alta
Índice	Costeiras	1 Morfologia da praia	Bom suprimento sedimentar.	Praia estreita	Ausência de praia
		2 Posição da linha de costa	Acresção	Estável	Erosão
		3 Campos de Dunas	Grande extensão de campos de dunas.	Dunas de baixas altitudes.	Sem dunas
		4 Exposição às ondas	Presença de barreiras naturais.	Presença de bancos de areia.	Ondas sem obstáculos naturais
		5 Distância da foz de Rios	>100m	Entre 50 e 100 m	<50m
	Continentais	6 Elevação do terreno	> 6m	3-6 m	< 3m
		7 Vegetação	Vegetação Densa	Gramíneas, Arbustos	Ausência de Vegetação
		8 Estruturas costeiras	Ausente	Estruturas de pequeno porte	Muros de contenção ao longo do ambiente praial.
		9 Percentual de ocupação do solo	< 30%	Entre 30 e 70%	>70%
		10 Impermeabilidade do solo	Ausência de ocupações	Baixo quantitativo de ocupações	Obras de infraestrutura avançadas: assentamentos desenvolvidos, estradas asfaltadas e urbanização elevada.

Fonte: Sousa et al. (2011).

Com relação as variáveis, a mesma tabela considera a variável costeira e a continental. Cada uma dessas variáveis contem cinco indicadores, sendo eles a (i) morfologia da praia, (ii) posição da linha de costa, (iii) presença de dunas, (iv) exposição às ondas, e (v) proximidade com rios, para o indicador costeiro, e (i) elevação do terreno, (ii) vegetação, (iii) estruturas costeiras, (iv) ocupação percentual do solo, e (v) impermeabilidade do solo para o indicador continental.

Sousa et al. (2011) afirma que este método é adotado a partir da análise de geoindicadores antrópicos e naturais, levando em consideração variáveis que influenciam na vulnerabilidade à erosão costeira. Menezes et al. (2018) apresenta a descrição de cada geoindicador:

- a) Morfologia da praia: Este é o primeiro e mais importante geoindicador para compreender os processos dinâmicos da linha de costa. A morfologia costeira é o fator resultante de processos hidrodinâmicos, geológicos e climatológicos. Podendo ocorrer em longa ou curta duração, na ordem de metros a quilômetros, respectivamente (Menezes, 2008);
- b) Posição da linha de costa: Este elemento sofre constantes alterações, sendo que estas podem ser intensas ou pouco significativas, não possuindo um padrão indicado em escalas temporais. Para avaliar este indicador é

necessário avaliar as alterações históricas do ambiente praial como indicam Cowel & Thom (1994);

- c) Campos de dunas: Funcionam como barreiras naturais que protegem a zona costeira de ondas e tempestades, além de funcionarem como fontes de sedimentos para as praias adjacentes. Elas têm uma importância elementar, pois são feições eficazes na proteção praial;
- d) Recifes: Este é um parâmetro que define o grau de exposição ou proteção da linha de costa para a ação de ondas. É necessário observar a existência ou ausência de obstáculos em direção ao longo da linha de costa;
- e) Rios ou canais: Os rios e canais são feições que tendem à instabilidade em função de sua migração ao longo do tempo. Rios e canais podem migrar muitos metros causando mudanças abruptas na linha de costa;
- f) Elevação do terreno: Está relacionada com o alcance do ataque das ondas e elevação do nível do mar. Uma região com elevação acima de 6 m dificilmente sofrerá inundações causadas por sobrelavagem que ocorrem em períodos energéticos. Já terrenos com elevação abaixo de 3 m são bastante suscetíveis à ação destes eventos;
- g) Vegetação: A vegetação na zona costeira é um indicador que mostra estabilidade ou instabilidade de uma área adjacente à praia. A vegetação funciona como retentora de sedimentos. Além disso, quando arbórea com copas altas e bem desenvolvidas, indica estabilidade de uma área com processo de pedogênese avançada e ausência de indícios de erosão costeira, enquanto que a vegetação com raízes expostas e árvores inclinadas sugere processo de erosão em curso;
- h) Engenharia costeira e estruturas de contenção: As estruturas de engenharia costeira são comumente implantadas para tentar minimizar ou conter os impactos da erosão. Estas obras são implantadas em momentos de emergências para manter a infraestrutura urbana localizada nas proximidades da linha de costa. Embora providencie a proteção em curto prazo, elas representam áreas de instabilidade em cenário futuro;
- i) Ocupação: uma maior densidade populacional na zona costeira aumenta a vulnerabilidade, pois os impactos da erosão podem gerar prejuízos socioeconômicos significativos. A ocupação pode intensificar processos erosivos ao intervir no balanço sedimentar da praia;

- j) Impermeabilidade do solo: Este indicador está diretamente relacionado ao percentual de ocupação. Quanto maior a ocupação, maior é a impermeabilidade do solo em função da infraestrutura urbana como residências e vias.

Para o cálculo do índice foi considerado cada indicador de maneira individual. O indicador é classificado conforme seu potencial para a vulnerabilidade à erosão costeira (baixa, moderada ou alta), considerando os valores da tabela 2.2. Um valor numérico baseado nas amostras é atribuído para cada variável, sendo 0 = baixa, 5 = moderada e 10 = alta vulnerabilidade.

Os resultados obtidos através do banco de dados acerca da vulnerabilidade costeira são aplicados em uma equação, que resulta no índice (I), de acordo com os 10 parâmetros de entrada do modelo. A referida equação é expressa pela seguinte fórmula:

Equação 1 – Equação para cálculo do índice de vulnerabilidade

$$I = \left(\frac{1}{n_v}\right) \cdot \sum_v \left(\frac{1}{n_i}\right) \cdot \sum_i x_i$$

Fonte: Menezes et al. (2018).

Onde n_v é o número de variáveis, n_i o número de indicadores de determinada variável e x_i é a soma dos indicadores.

Somando as variáveis e realizando a média aritmética dos indicadores, obtém-se o valor do índice proposto.

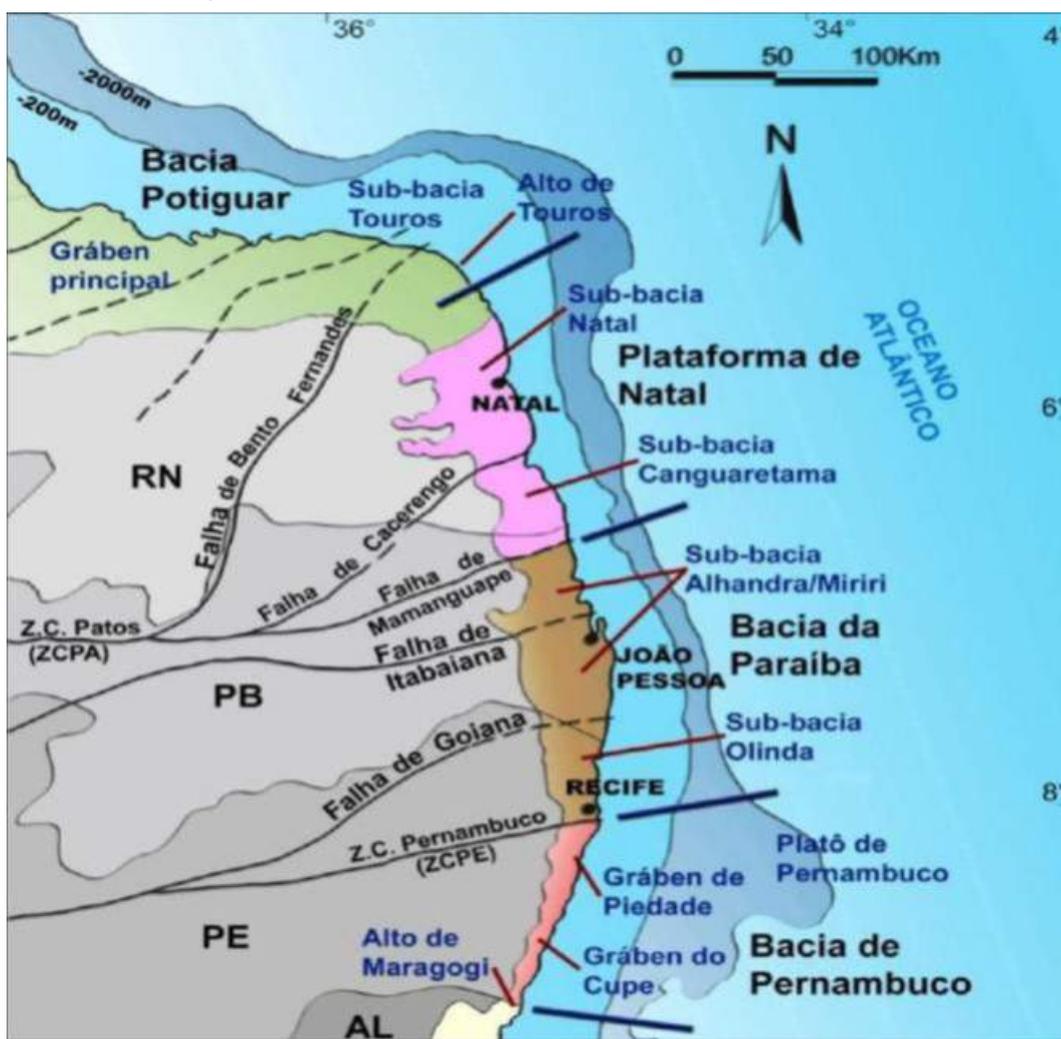
A vantagem deste índice é a possibilidade de trabalhar em diferentes escalas de mapeamento com base na disponibilidade de dados de entrada para a área de interesse.

O índice é um resumo dos indicadores (tabela 2.2), dada pela avaliação da vulnerabilidade sendo os valores numéricos encontrados entre 0 a 2,9 considerado como baixa vulnerabilidade, de 3 a 6,9 vulnerabilidade moderada e de 7 a 10 como vulnerabilidade alta.

3 CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

O município de Paulista, onde se localiza a área de estudo, está inserido na Sub-Bacia Olinda, que faz parte da Bacia Paraíba. Limita-se a norte com a Plataforma de Natal através da falha de Mamanguape, e a sul com a Bacia Pernambuco através do Lineamento Pernambuco (figura 30).

Figura 30 – Mapa ilustrando a área costeira das bacias de Pernambuco, da Paraíba e da Plataforma de Natal, com suas respectivas sub-bacias



Fonte: Barbosa (2006).

As formações geológicas que compõem a Bacia da Paraíba são a formação Beberibe, de idade Santoniano-Campaniano, a Itamaracá, do Campaniano, a Gramame, do Campaniano-Maastrichtiano, a Maria Farinha, do Paleoceno, e a Formação Barreiras de idade plio-pleistocênica, todas na fase pós-rifte (Barbosa et al., 2004); além dos próprios Sedimentos Quaternários, tais quais os Depósitos Flúvio-Lagunares, os Depósitos Aluvionares, Depósitos de Mangue, Terraços Marinhas

Pleistocênicos, Beachrocks (Rochas de Praia), e os Depósitos Litorâneos Praiais. Ainda segundo Barbosa (2007), essas formações repousam discordantemente sobre o embasamento cristalino.

3.1 Província da Borborema

Segundo Brito Neves (1975) a Província Borborema é um conjunto de unidades geológicas constituído por sistemas ou faixas de dobramentos, maciços medianos e lineamentos, que recentemente foram sustentados através de estudos estruturais e geocronológicos (Van Schmus et al., 1995; Brito Neves et al., 1995a; Neves et al., 2000) e atualizadas segundo o estudo da tectônica de placas (Brito Neves et al., 1995; Santos, 1995; Santos e Medeiros, 1999). É composta por rochas gnaissico-migmatíticas do embasamento que formam blocos e separam faixas de rochas supracrustais com idades Paleo a Neoproterozóicas. Recobrimo este embasamento ocorrem seqüências metavulcanossedimentares e metasedimentares (cinturões de dobramentos) de idades paleoproterozóicas a neoproterozóicas (Van Schmus et al. 1995, 1996; Dantas et al. 1998; Fetter et al. 2000; Brito Neves et al. 2001).

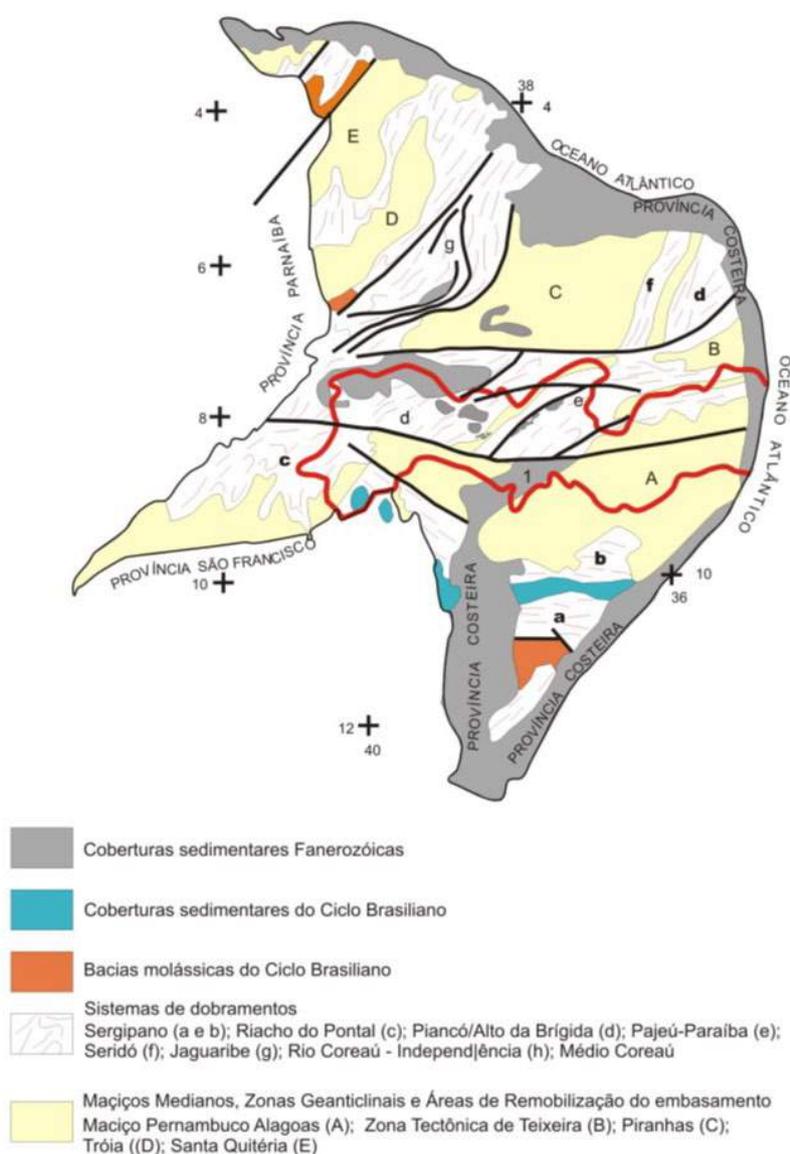
Na evolução geotectônica da Província Borborema há registros de que após 2,0-2,2Ga, o embasamento desta província alcançou condições cratônicas estáveis, registrada por seqüências metavulcanossedimentares de rifteamento intracrustal e por intrusões anorogênicas (Sá et al. 1995, 1997, 2002 e Accioly et al. 2000).

Brito Neves (2000) propôs uma história evolutiva para Província Borborema baseada na aglutinação diacrônica de massas continentais e a sua subsequente fragmentação, destacando a atuação da Orogenia Transamazônica/Eburniana (Paleoproterozóico) na formação do supercontinente Atlântica, a Orogenia Cariris-Velhos (final do Mesoproterozóico) associada à formação do supercontinente Rodinia e finalmente, a influência da Orogenia Brasileira/Pan-Africana (final do Neoproterozóico) no desenvolvimento do supercontinente Gondwana Ocidental.

A Província da Borborema distingue-se em 7 compartimentos distintos (figura 31) denominados: (i) coberturas sedimentares fanerozóicas; (ii) coberturas sedimentares do Ciclo Brasileiro; (iii) bacias molássicas do Ciclo Brasileiro; (iv) sistema de dobramentos; (v) maciços medianos; (vi) zonas geoanticlinais; e (vii) áreas

remobilizadas do embasamento (Brito Neves, 1975).

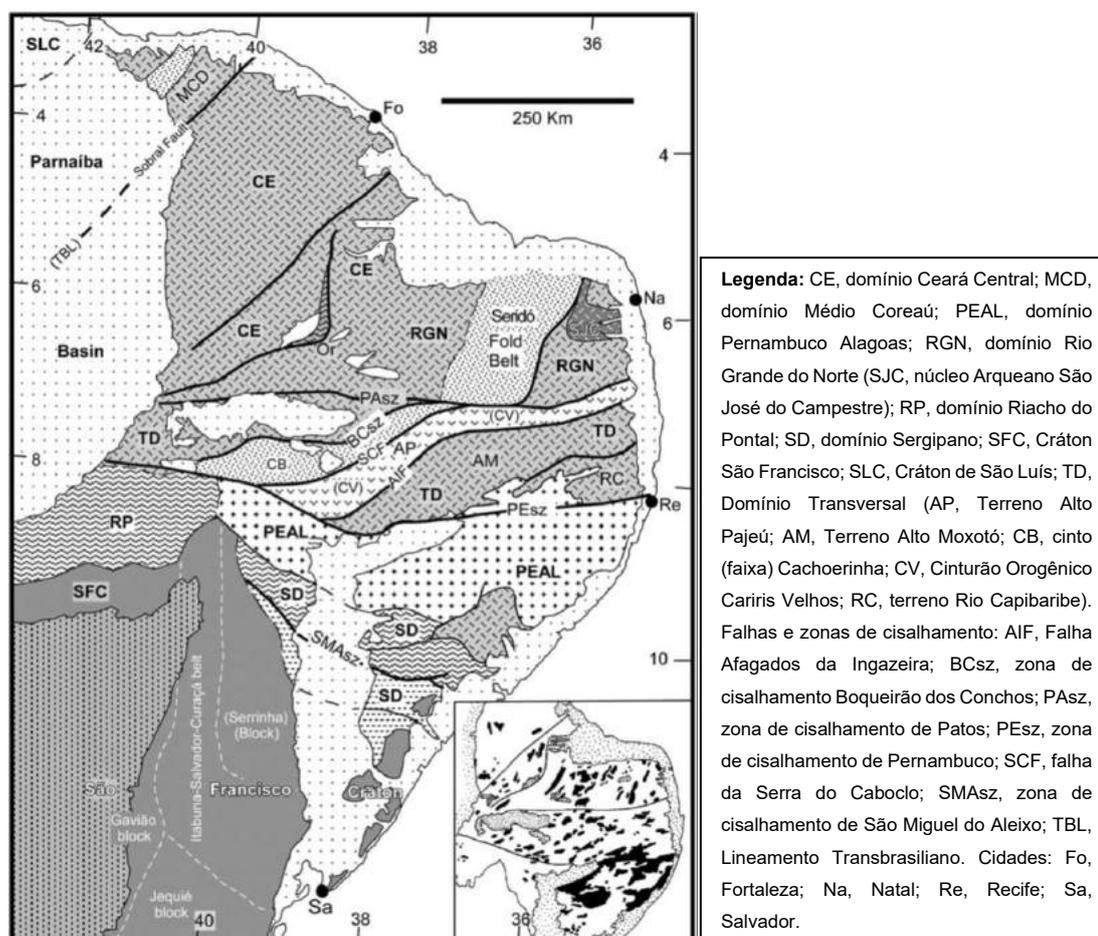
Figura 31 – Compartimentação da Província da Borborema



Fonte: Dantas (2008).

Segundo Van Schmus et al. (2008) a Província Borborema compreende seis domínios (regionais) principais, e terrenos (figura 32), sendo eles (i) Domínio Médio Coreáú; (ii) Domínio Ceará Central, com a faixa de dobramento Orós de 1,8Ga; (iii) Domínio Rio Grande do Norte, com o núcleo arqueano São José do Campestre; (iv) Domínio Transversal, com os terrenos Alto Pajeú, Alto Moxotó, e Rio Capibaribe, e faixas Cachoeirinha, e Cariris Velhos; (v) Domínio Sul, subdividido nos terrenos Sergipano e Riacho do Pontal; e por último (vi) o Domínio Pernambuco Alagoas.

Figura 32 – Principais domínios e terrenos da Província Borborema



Fonte: Van Schmus et al. (2008).

3.1.1 Terreno Rio Capibaribe

O Terreno Rio Capibaribe é composto por ortognaisses bandados de composições dioríticas e graníticas (Neves et al., 2006), augen gnaisses, e principalmente rochas metassedimentares, mais precisamente a biotita gnaisse, biotita xisto, paragnaisse quartzo-feldspático, quartzito e mármore. É possível identificar também nessas rochas metassedimentares pequenas lentes de para-anfibolito e de rochas calcissilicáticas (Cordani *et al.*, 1984).

Brito Neves (2003), afirma que o Terreno Rio Capibaribe apresenta embasamento gnáissico-migmatítico (Paleoproterozoico) que é cortado por várias intrusivas de idades paleoproterozóicas, mesoproterozóicas e neoproterozóicas.

Ele está regionalmente localizado a sudeste da Zona Transversal da Província Borborema, limitando-se a sul pelo Lineamento Pernambuco, a leste pela Bacia Sedimentar Paraíba e a oeste pelo Terreno Alto Moxotó. O Terreno Rio Capibaribe se

desenvolve na porção nordeste do estado de Pernambuco e na porção sudeste do estado da Paraíba.

França e Capucci (1978), afirmam que ao longo da área de estudo, mais precisamente no trecho compreendido entre a praia do Janga e a praia de Nossa Senhora da Conceição, o embasamento foi encontrado em uma profundidade de 400m abaixo do nível do mar. Rodrigues (1983) cita a profundidade de 543m a nordeste da cidade de Paulista.

3.2 Bacia da Paraíba

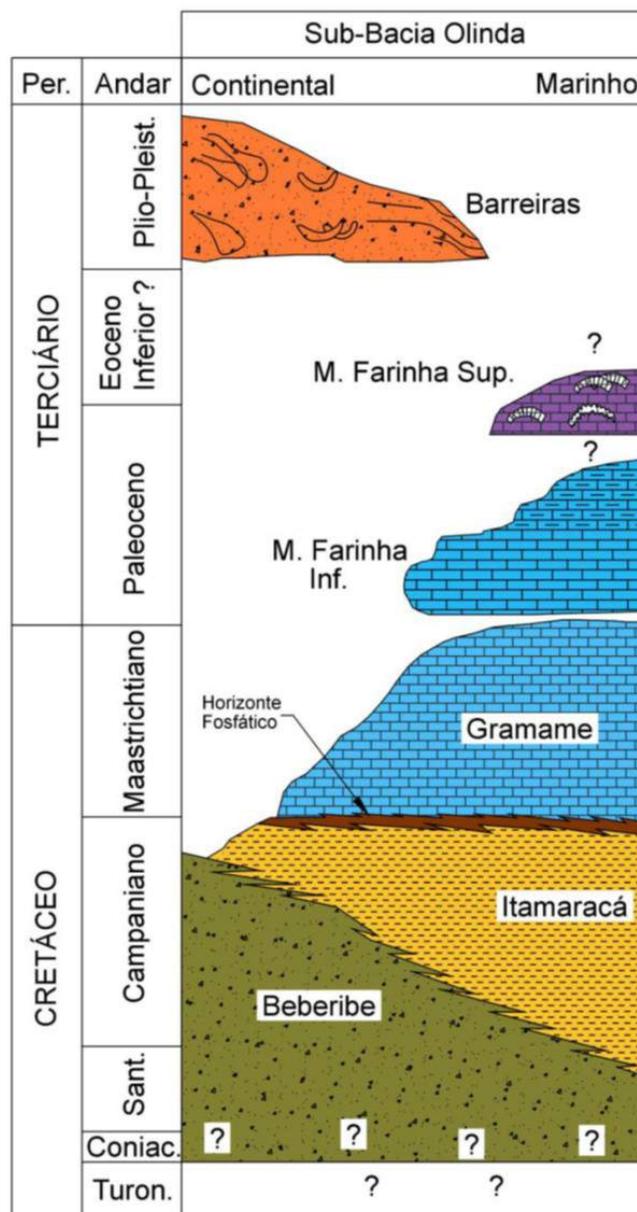
Localizada na faixa costeira dos estados de Pernambuco e Paraíba, a Bacia da Paraíba, segundo Souza (2006), é definida como uma bacia costeira, de idade Mesozóica, com origem diretamente ligada à separação dos continentes Africano e Sul-americano, e responsável pela formação do oceano Atlântico. É uma bacia que se dispõe emersa em uma área de 5.300 km², limitando-se a sul pela Zona de Cisalhamento Pernambuco e a norte pelo Alto de Mamanguape, também conhecido com Falha de Mamanguape, que nada mais é do que uma ramificação da Zona de Cisalhamento Patos.

Esta bacia divide-se em três sub-bacias separadas por falhamentos no sentido E-W, sendo elas, de norte a sul, a sub-bacia Miriri, alocada entre as falhas de Itabaiana e de Mamanguape, a sub-bacia Alhandra, posicionada entre as falhas de Goiana e de Itabaiana, e a sub-bacia Olinda (Lima Filho et al., 1998), onde está inserida a área de estudo.

No que se refere a estratigrafia, depositados sobre o embasamento cristalino, a Bacia Paraíba contém um pacote sedimentar cretáceo-paleocênico, de caráter continental/marinho e transgressiva/regressivo (figura 33), com largura média de 25 km, e espessura máxima de aproximadamente 400 m. Toda essa sequência é recoberta por sedimentos terciários e quaternários (Lagese, 2003).

Essa sequência sedimentar inicia-se com a Formação Beberibe. É uma formação constituída por arenitos continentais fluviais e fluvio-lacustres, friáveis, de coloração avermelhada, marrom ou creme, quartzosos de granulação grossa a fina às vezes conglomerático, com matriz microclástica e intercalações de siltitos e folhelhos (Oliveira et al., 2003). Ainda segundo Oliveira et al., (2003), a Formação Beberibe representa a fase continental de sedimentação da bacia.

Figura 33 – Quadro esquemático proposto para a estratigrafia da sub-bacia Olinda, inserida na Bacia da Paraíba



Fonte: Barbosa (2007).

Após a Formação Beberibe está posicionada a Formação Itamaracá, de idade Neo-Campaniano/Eo-Maastrichtiano, e caracterizada pela presença de arenitos calcíferos, calcários com siliciclastos e margas. A origem dessas rochas está associada a um evento transgressivo que recobriu os depósitos continentais basais. São reconhecidas esta formação as fácies supramesolitoral e fosfática sedimentar, marca de um depósito de superfície de inundação máxima (Tinoco & Siqueira 1976; Amaral et al., 1997; Menor & Amaral, 1979; Souza, 1998; apud Topan, 2017).

Acima da Formação Itamaracá, segundo Tinoco (1971), encontra-se a primeira unidade carbonática marinha, denominada Formação Gramame. Esta formação foi

inicialmente definida por Oliveira (1940), e segundo Beurlen (1967) possui idade maastrichtiana. Possui um ambiente deposicional marinho raso, de média à baixa energia, sujeito à ação de eventuais tempestades (Barbosa, 2004). É constituída pela presença de calcários margosos e margas sem influência siliciclásticas.

Repousando diretamente sobre a Formação Gramame, sem nenhuma discordância ou hiato, encontra-se a Formação Maria Farinha. É uma formação que mergulha para o leste, mostrando uma suave ondulação no sentido N-S. Oliveira (1940) denomina de Formação Maria Farinha os calcários fossilíferos encontrados ao norte do Recife. Ela representa o registro da fase transgressiva, e seus depósitos apontam um ambiente marinho com entrada de material terrígeno (Kegel, 1955, 1957a; Souza, 1998, 2006; Barbosa et al., 2003, Barbosa, 2004). Segundo Barbosa (2004), as camadas desta formação possuem estratificações oriundas da ação de ondas, e uma maior quantidade de sedimentos terrígenos e bioclastos que indicam a diminuição gradual e ascendente da profundidade da bacia, como efeito da regressão o que também produziu variações faciológicas laterais.

A Formação Barreiras, de idade plio-pleistocênica, é a mais extensa dentre as unidades geológicas que ocorrem no segmento litorâneo. É constituída por sedimentos areno-argilosos não consolidados, de origem continental, dispostos discordantemente sobre as formações mais antigas como as Formações Gramame, Maria Farinha e até mesmo a Beberibe (LGGM, 1992; apud CPRH 2001). Ela aflora, de forma predominante, em toda a extensão norte-sul da porção central da área, e, geomorfologicamente, é dominada por tabuleiros costeiros de grande extensão recortados por grandes vales de rios na zona costeira proximal.

3.2.1 Depósitos Quaternários

São depósitos de origem marinha, fluvial ou mista, correlacionados com as variações do nível do mar. Segundo Souza (2006), esses depósitos são constituídos por sedimentos depositados quase que exclusivamente na Planície Costeira, à exceção das aluviões recentes, presentes nos vales fluviais instalados em cotas mais elevadas.

Estão presentes na área de estudo alguns depósitos quaternários, como os Depósitos Aluvionares, Depósitos de Mangue, Depósitos Flúvio-lagunares, Depósitos Litorâneos Praiais, Recifes Algálicos, Rochas de Praia (beachrocks), Terraços Marinheiros Holocênicos e Terraços Marinheiros Pleistocênicos, cujas características serão

tratadas a seguir.

Segundo a CPRH (2001), o litoral norte do estado de Pernambuco abrange alguns sedimentos recentes como os depósitos fluviais, os depósitos de brejos e pântanos, depósitos de mangue, depósitos de praia atual, terraços marinhos (Holocênicos e Pleistocênicos), flechas litorâneas e os beachrocks. Esses sedimentos, em sua maior parte, integram a feição geomorfológica denominada planície costeira, segmento litorâneo onde se concentram a ocupação urbana e as taxas mais elevadas de crescimento demográfico da área. Segundo Manso (2003), as planícies costeiras desenvolvidas durante o Quaternário, constituem uma unidade geológico-geomorfológica de grande complexidade, por serem ambientes de transição entre fenômenos marinhos e continentais.

3.2.1.1 Depósitos Aluvionares

São depósitos de origem continental, constituídos de areias, cascalhos e lama, transportados pelos rios e depositados ao longo do canal fluvial, mais precisamente no leito e nas margens da drenagem, incluindo as planícies de inundação e as áreas deltaicas. Areias grossas e cascalhos dominam nos depósitos de canal, enquanto as areias finas e argilas, nas planícies de inundação, particularmente em alças de meandros abandonadas (Alheiros, 1998).

Em condições normais, os depósitos aluvionares se apresentam como depósitos clásticos, mal classificados e mal selecionados, muito retrabalhados e mutáveis em virtude da erosão fluvial. Em casos mais raros, podem ocorrer depósitos de blocos maiores, às vezes bem arredondados nas regiões elevadas das cabeceiras com maior energia fluvial.

Estes depósitos se localizam nas áreas mais baixas dos vales, junto ao leito menor dos rios, formando várzeas e planície de inundação, enquanto os terraços fluviais ocorrem como patamares paralelos à várzea e perpendiculares à linha de costa, cuja altitude raramente ultrapassa 10 metros.

3.2.1.2 Depósitos de Mangue

Os Depósitos de Mangue, formam um sistema ecológico tropical costeiro, com substrato lamacento, fauna e flora típicas, e distribuição geográfica em locais de água semifechada, cujos fatores físicos resultam da mistura de águas doces com salgadas.

São característicos de ambientes estuarinos tropicais, na qual a salinidade elevada do solo associada a esse tipo de substrato resultante da sedimentação flúvio-

marinha, propiciam o desenvolvimento da vegetação de mangue.

Morfologicamente, acham-se limitados às planícies costeiras inferiores que representam áreas de transição entre o oceano e os níveis elevados que se situam mais para dentro do continente.

Estão presentes nas zonas estuarinas dos rios Botafogo, Arataca, Jaguaribe, Igarassu, Timbó, Canal de Santa Cruz (braço do mar que separa a ilha de Itamaracá do continente), e os rios Paratibe e Beberibe (Manso et al., 1992). Na quase sua totalidade, são constituídos de depósitos recentes, argilosos, de coloração cinza escura a preta. Os bancos de vasas aparecem nos mangues e nos estuários dos rios devido ao efeito da floculação e da gravidade por ocasião das preamares.

A vegetação proporciona alimentos, retém os detritos, serve de obstáculo à força das marés e ao fluxo de água doce, sendo por isso possível depositar grandes quantidades de sedimentos que contribuem para produzir extensas superfícies de lama, que ficam descobertas durante a maré baixa e servem de “habitat” para muitos animais como crustáceos, poliquetas e lamalibrânquios (Costa & Alcântara filho, 1987. In: Manso et al., 1992).

O manguezal possui características geológicas e biológicas específicas, destacadas dos demais ambientes lagunares, pela sua importância ambiental e por constituírem ecossistemas muito frágeis e desenvolvendo uma estreita relação entre os processos de sedimentação e a sucessão vegetal, de tal modo que, havendo uma alteração no padrão normal de sedimentação, consequências consideráveis poderão ocorrer com a flora. Geralmente essas alterações estão associadas a processos geomorfológicos, modificações na linha de costa por correntes marinhas ou processos de ordem hidrológicas ocasionando flutuações do volume das águas dos rios (Manso et al., 1992).

Os sedimentos depositados nesses ambientes são constituídos por materiais siltico-argilosos com grande quantidade de matéria orgânica evidenciada pela coloração escura dos mesmos (LGGM, 1992, p. 34), e também apresentam uma grande quantidade de biodetritos.

A fração arenosa é composta predominantemente por quartzo, apresentando também hornblenda, epidoto, hiperstênio, além de uma pequena quantidade de mica e minerais pesados (ilmenita e a magnetita principalmente). Já a fração argilosa, dominante neste tipo de depósito, é constituída essencialmente de caulinita, esmectitas e illitas.

3.2.1.3 Depósitos Flúvio-Lagunares

Esses depósitos são formados por brejos e pântanos, ocupando áreas topograficamente deprimidas das planícies flúvio-lagunares da porção interna dos estuários (Alheiros, 1998). São constituídos por areias grossas até siltes argilosos com variados graus de compactação, formando planícies razoavelmente contínuas ou terraços isolados no sopé das formações Barreiras e Gramame, na porção interna da planície costeira, com altura variando de 3 a 9 m.

Segundo Manso et al., (1992), os depósitos flúvio-lagunares exibem uma direção perpendicular à direção da linha de costa. Em geral, reúnem aluviões e sedimentos lagunares, deltaicos e estuarinos antigos e recentes. Os aluviões são predominantemente arenosas ao longo dos canais mais retilíneos, e mostram também, sedimentos argilosos com matéria orgânica, depositados nas planícies de inundação, durante o transbordamento dos canais. Os sedimentos lagunares, deltaicos e estuarinos apresentam composição variada, areno-siltico-argilosa com matéria orgânica e estratificação plano-paralela.

Em virtude das oscilações do nível do mar, esses depósitos podem intercalar sedimentos tipicamente lagunares, ricos em conchas, com sedimentos de água doce depositados em lagoas, brejos e pântanos. Localmente, são encontrados em subsuperfície, camadas moles de argilas moles, diatomitos e turfas, oriundas desses ambientes (Alheiros et al., 1995).

Geralmente, oferecem solos propícios à agricultura, ainda que também forneçam material para a construção civil. Atualmente, na área em estudo, têm sido também atingidos pela expansão imobiliária.

3.2.1.4 Depósitos Litorâneos Praiais

Os depósitos praiiais representam importante elemento de proteção do litoral, pois são susceptíveis aos processos de erosão acentuados (Muehe, 1995). Esses processos de erosão interferem principalmente no aporte de sedimentos em praias estreitas, como ocorre no litoral do município do Paulista, em virtude do em constante movimento pela ação de ondas, marés e correntes de deriva litorânea. Estas faixas estreitas possuem uma pequena inclinação no sentido do mar, e formam uma área permanentemente submetida à ação combinada das ondas, correntes de deriva litorânea e das marés (Almeida, 2011).

Esses depósitos são caracterizados pela presença de cordões arenosos,

contínuos, constituídos por areias médias e finas, esbranquiçadas e incoerentes, depositadas principalmente por ação das ondas, atingindo cotas máximas em torno de 2 m e podendo ser afogadas por ocasião das marés mais altas (LGGM, 1992; apud CPRH, 2003). São depósitos que representam a porção mais externa da planície costeira.

Apesar de haver em território brasileiro praias formadas por cascalhos, seixos e elementos mais finos do que as areias (Christofolletti, 1980), na área estudada ocorrem somente praias arenosas.

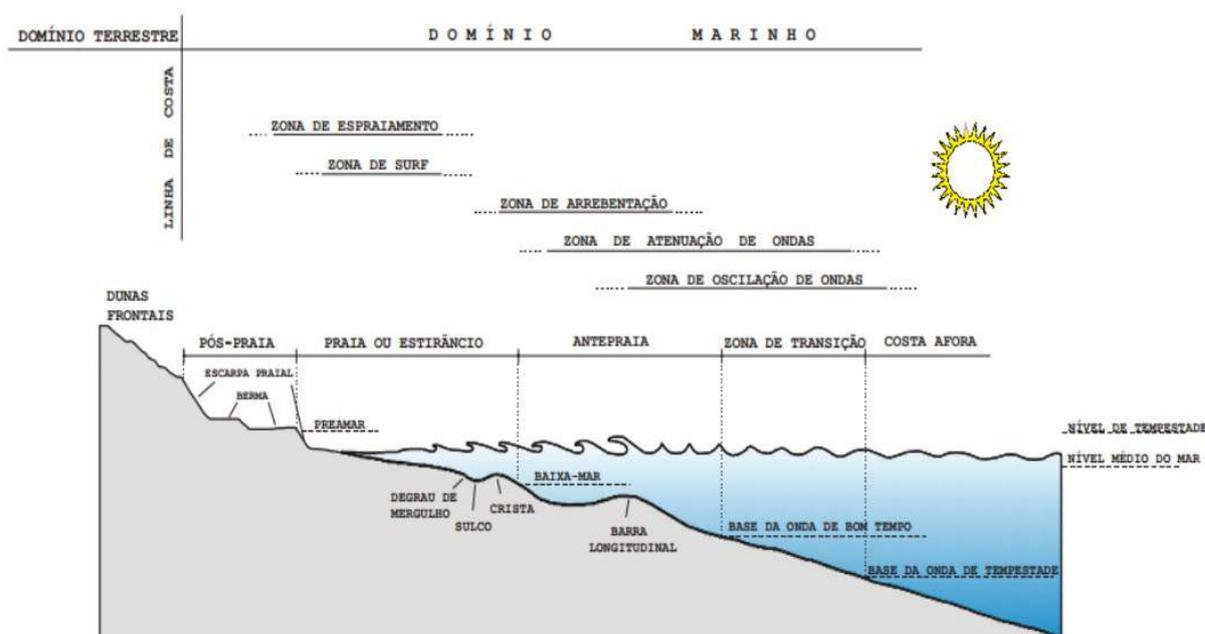
No que se refere a um perfil de praia completo (figura 34), são reconhecidas as dunas frontais (foredunes), áreas de pós-praia (backshore), área de praia ou estirâncio (shore) e o setor de antepraia (shoreface) (Reineck & Singh 1975). Segundo Reading & Collinson (1996), essa diferenciação é caracterizada principalmente por elos de tempestade ou de bom tempo, e ao nível médio das marés alta e baixa.

Segue abaixo a descrição de cada uma das áreas (setores) supracitados, baseando-se na terminologia adotada pelos autores mencionados acima.

- ✓ **As dunas frontais (foredunes)** dispõem de importante fonte de sedimentos em períodos de tempestades, e se localizam na retaguarda da pós-praia, dispostas longitudinalmente em relação à linha de costa;
- ✓ **A pós-praia (backshore)** localiza-se acima da linha de preamar, e raramente é atingida pelas marés de sigízia e/ou de tempestade. Todavia, quando isto ocorre, a maré traz consigo sedimentos que serão depositados e retrabalhados neste setor. Sua largura está relacionada à inclinação média da praia, e geralmente é bem desenvolvida nas áreas de inclinações suaves;
- ✓ **Praia ou estirâncio (shore)**, é a parte do ambiente praial que sofre a ação das marés e os efeitos de espraiamento das ondas após a arrebentação, por estar situada entre o limite superior da preamar e a linha de baixa mar (Suguo, 1998). Segundo Manso (1997), é o setor onde ocorre a acumulação de materiais geralmente inconsolidados (areia e cascalho) por ação das ondas e de oscilações das marés, segundo condições hidrodinâmicas locais, numa faixa de grande variabilidade morfológica e sedimentológica;

- ✓ De acordo com Reading & Collinson, (1996), a **antepraia (shoreface)** é a zona que se inicia no nível médio de maré baixa e estende-se mar adentro até a base das ondas. Dabis (1978) afirma que a antepraia é caracterizada pela presença de barras arenosas, geralmente contínuas, e subparalelas à linha de praia.

Figura 34 – Esquema de um sistema praial completo



Fonte: Duarte (2002).

3.2.1.5 Recifes Algálicos

Os recifes algálicos estão localizados nas áreas abrigadas pelos recifes de arenito na costa. São recifes formados por uma estrutura coralínea (corais e algas calcárias), estabelecida sobre um embasamento arenítico. Em sua maioria, são mortos ou pouco ativos. As partes expostas à baixa-mar apresentam uma superfície aplainada muito pobre em vida (Kempf, 1970).

A costa brasileira é banhada em toda sua extensão pelas águas quentes da Corrente Sul Equatorial que atinge o litoral brasileiro na altura do Cabo do Calcanhar, no Rio Grande do Norte, facultando o desenvolvimento dos ecossistemas de algas, inclusive as calcárias, que formam os chamados recifes algálicos (Oliveira Filho, 1977). Em uma visão esquemática, pode-se dividir o litoral brasileiro em 4 zonas florísticas: Zona Norte ou Equatorial, Zona Oriental, as quais serão detalhadas, por estar inserido na área de estudo, Zona Sudeste e Zona Sul.

A Zona Norte ou Equatorial, estende-se do Amapá até o extremo oeste do

Ceará e caracteriza-se, em termos gerais, por apresentar uma flora pobre, de baixa diversidade. A maior parte desta região carece de substrato rochoso na zona das marés e é bastante influenciada pela descarga do Amazonas e outros rios da região o que não só diminui a salinidade de uma extensa área, como aumenta a turbidez da água e conseqüentemente restringe muito a penetração de luz. Estes fatores, agindo independentemente em maior ou menor grau, dependendo do local considerado, e, em conjunto, são os responsáveis pela pobreza da flora local. A literatura menciona algumas referências esparsas de algas de dragagem e apenas no Maranhão apresenta uma flora mais diversificada.

A Zona Oriental, por sua vez, apresenta diferenças marcantes quando comparadas com a anterior. É considerada bastante ampla, estendendo-se desde a costa ocidental do Ceará até o sul do estado do Espírito Santo. Aqui as águas são, via de regra, límpidas e de elevada salinidade, exceto em locais muito restritos nas vizinhanças de um ou outro rio de maior porte. A região abriga a flora marinha mais abundante e diversificada do país, sendo dominada de substrato rochoso e de beachrocks e recifes de coral, muito adequados ao crescimento das algas. Essas feições constituem o principal substrato que sustenta o crescimento de uma flora marinha luxuriante.

No trecho correspondente à costa nordeste, ocorre uma flora muito rica onde se destacam as *Siphonocladales*, *Codiales* e *Caulerpales*, além das *Dictyotales* e de alguns grupos de *Ceramiales* e *Gigartinales*.

3.2.1.6 Rochas de Praia (beachrocks)

Geneticamente associados ao ambiente praiial, e presente em abundância no litoral de Pernambuco, incluindo o município do Paulista, onde se localiza a área de estudo, os beachrocks (ou rochas de praia, ou ainda arenitos de praia) são uma das feições morfológicas mais características. Ocorrem paralelamente à linha de costa, são descontínuos e na maioria das vezes aparecem de duas a três linhas de beachrocks, sendo a primeira encontrada geralmente emersa e mais próxima à praia, enquanto as demais se encontram praticamente submersas ou parcialmente emersas. Essas linhas medem de 30 a 60 m de largura por 3 ou 4 m de espessura, estendendo-se, em alguns trechos, por cerca de 10 km (LGGM, 1992; apud CPRH, 2003).

São entendidos como corpos rochosos naturais cimentados por carbonato de

cálcio (Chaves, 1996), compostos por arenitos, sendo os da primeira linha mais friáveis e em processo de formação; e de extrema importância para as praias, pois minimizam as ações da energia das marés.

De acordo com Alheiros (1998), esses beachrocks são indicadores da posição de linhas de costa pretéritas, quando o nível do mar se encontrava abaixo do atual.

A composição destes arenitos é reflexo do material presente nas praias onde ele ocorre. A maioria é constituída por areia quartzosa e fragmentos orgânicos, cimentada por calcário. Segundo Assis (1990), apresentam dois tipos de estruturas facilmente identificáveis, a laminação plano-paralela que é a mais comum e a estratificação cruzada de baixo ângulo.

Os beachrocks pernambucanos consistem de areias com até 80% de quartzo, sendo o restante constituído de fragmentos carbonáticos, principalmente de moluscos e algas (Mabesoone, 1964). Recifes orgânicos podem desenvolver-se sobre estas bases de arenito, com 1 a 4km de extensão, como ocorre ao longo da costa da praia de Maria Farinha, na área de estudo deste presente trabalho.

Embora exista uma ampla literatura sobre a ocorrência de arenitos de praia em diferentes regiões, ainda não se definiu o processo de cimentação. Inúmeras teorias explicam localmente cada caso estudado, mas não permite dizer a origem dos beachrocks, pois a precipitação do cimento parece ser controlada por diversos parâmetros ambientais físico-químicos, biológicos e hidrodinâmicos.

3.2.1.7 Terraços Marinheiros Holocênicos

Representam a faixa de praia atual e ocorrem preenchendo a porção externa da planície costeira, sendo reconhecidos em toda extensão da área estudada sob forma de corpos alongados mais ou menos contínuos e paralelos a linha de costa, com largura média entre 0,5 e 1 km, mas podendo ter poucos metros nas regiões de falésias ou em torno de 2 km na região de Maria Farinha (Manso et al., 1992).

Apresentam cotas com altitudes médias variando entre 1 e 3 metros, constituídas essencialmente de areias quartzosas inconsolidadas, com cores claras, granulometria média a grosseira, medianamente selecionada, com grãos arredondados a subarredondados e incluindo fragmentos de conchas de moluscos em bom estado de conservação. As seções construídas a partir dos dados de sondagens, mostram que esses terraços são cortados por canais fluviais preenchidos por sedimentação típica (sedimentos grosseiros, mal selecionados, presença de

cascalhos, entre outros), formados em decorrência dos processos associados à regressão marinha (Alheiros et al., 1991), erodindo parcialmente os terraços pleistocênicos, dos quais se distinguem pela altitude, por feições texturais e presença das conchas de moluscos. Atualmente são alvos de intensa ocupação imobiliária.

3.2.1.8 Terraços Marinhos Pleistocênicos

Tratam-se de uma antiga praia com idade em torno de 100 mil anos, morfologicamente aplainada, com cotas entre 7 e 10 metros, em contraste com as encostas dos morros que cercam a planície costeira (Alheiros et al., 1995). Segundo Nascimento et al. (2005), esses terraços se apresentam de forma descontínua, e sua largura é variável entre 500 e 1000 metros. Em sua maior parte, são ocupados por habitações ou utilizados como fonte de material para a construção civil. Nos dias de hoje, em virtude desta exploração, dificilmente ultrapassam os 4 metros de altura.

Esses terraços são formados por areias quartzosas claras, inconsolidadas em superfície, apresentando granulometria média a grosseira, medianamente selecionadas, e com grãos arredondados a subarredondados. Por conta da lixiviação em locais mais profundos, esses terraços encontram-se mais ricos em matéria orgânica, se apresentam mais compactos e escuros em virtude do ácido húmico e do óxido de ferro ali presentes, contribuindo assim para cimentação das areias, dando coesão ao material arenoso, e exibindo uma coloração marrom, semelhante a pó de café.

Não foram encontrados fragmentos de conchas nessas areias, provavelmente, em virtude do poder de dissolução do ácido húmico sobre o carbonato (Alheiros et al., 1991). Sua origem está associada à regressão marinha que se sucedeu imediatamente à penúltima transgressão, ocorrida durante o Pleistoceno (Martin, 1988; Alheiros et al., 1991).

4 SEDIMENTOLOGIA

Sedimentologia consiste no estudo científico dos sedimentos (Wadell, 1932). Woodroffe (2002) afirma que o estudo do movimento dos sedimentos é o que auxilia no principal controle sobre a morfodinâmica costeira, sendo este analisado a partir das feições encontradas no local e dos processos sedimentares envolvidos com a erosão, o transporte, a deposição deste material. Segundo Dias (2004), o termo “sedimentologia” é utilizado para denominar um depósito material; as partículas que ainda não foram depositadas, como os sedimentos transportados por correntes, ventos, etc; e também os sedimentos em suspensão.

Um dos fatores mais importantes da sedimentologia é a relação dos sedimentos com o ambiente de origem, o ambiente de deposição, e de como o sedimento foi transportado. Para isso, faz-se necessário um estudo das características texturais destes sedimentos, realizado através de quantificação das dimensões das partículas em classes texturais da amostra.

Segundo Komar (1976) as variações texturais verificadas nos sedimentos litorâneos, podem ser atribuídas às mudanças na energia das ondas, taxa de transporte e a influência de diferentes fontes de sedimentos ao longo da praia.

Usualmente, as classes texturais são baseadas em quatro tipos: cascalho, areia, silte e argila. As principais classificações texturais dos sedimentos surgiram na década de 40, momento em que os estudos sedimentológico ganhavam maior expressão, sendo a de Folk (1954) e Shepard (1954), as mais difundidas.

É possível, através da análise das classes texturais de apenas uma amostra, indicar o comportamento local das partículas sob influência dos agentes geológicos e hidrodinâmicos.

A classificação de Folk (op. cit.) é baseada em dois diagramas triangulares que são representados pelos teores, em porcentagem, de cascalho, areia e lama (silte + argila) de uma determinada amostra. A partir daí é possível fazer suposições quanto ao ambiente de deposição sobre a influência de processos hidrodinâmicos atuantes.

Já a classificação textural de Shepard (op. cit.), que também é baseada em um diagrama triangular, é representada pelos teores percentuais de argila, areia e silte.

Para estudo da distribuição granulométrica das partículas que constituem um sedimento, foram utilizadas duas escalas, sendo uma milimétrica (aritmética) e uma escala phi (ϕ) de Wentworth (1922), cuja classificação é expressa pela tabela 5

abaixo, que transforma os valores de milímetro para phi através da fórmula: $\Phi = -\log_2$ mm.

Tabela 12 – Classificação dos sedimentos pela dimensão dos grãos nos valores em phi (Φ), e em milímetros (mm)

Classificação	Phi (ϕ)	Milímetros (mm)
Areia Muito Grossa	-1 a 0	2 a 1
Areia Grossa	0 a 1	1 a 0,5
Areia Média	1 a 2	0,5 a 0,25
Areia Fina	2 a 3	0,25 a 0,125
Areia Muito Fina	3 a 4	0,125 a 0,0625
Silte	4 a 8	0,0625 a 0,0039
Argila	> 8	< 0,0039

Fonte: O autor (2020).

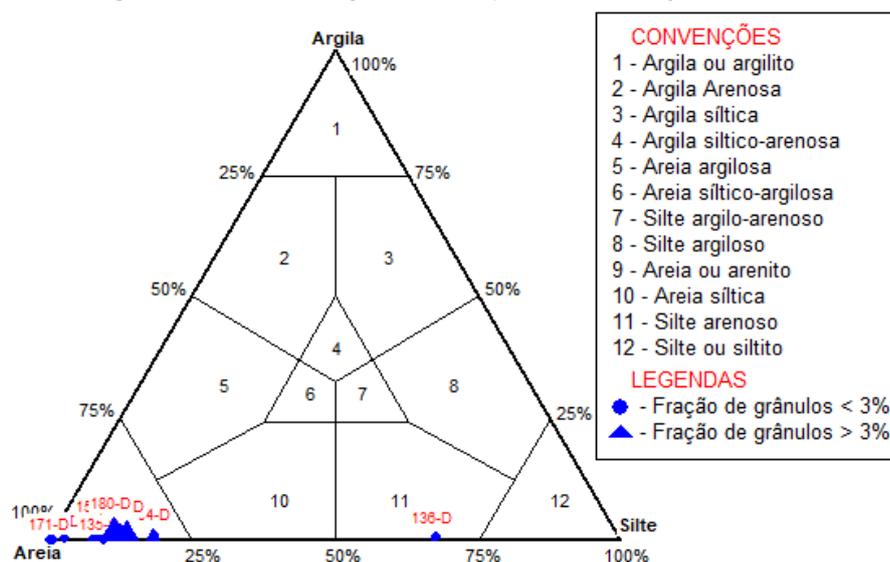
Uma vez realizada a análise granulométrica, conforme descrito anteriormente, foram realizados parâmetros estatísticos nos estudos granulométricos utilizando as equações de Folk & Ward (1957), no qual foi estudado o diâmetro médio do grão, assimetria e seleção do grão (desvio padrão).

No caso de praias arenosas, como no Litoral do Município do Paulista, é possível identificar as relações morfogênicas da faixa de praia através dos estudos sedimentológicos. Medina et al. (1994) mostrou que relação dos parâmetros texturais dos sedimentos e os perfis de praia estão ligadas, espacialmente e temporalmente, as variações morfológicas no perfil costeiro. Segundo Madruga Filho (2004), a distribuição de sedimentos ao longo de um perfil de praia é resultado das variações morfológicas que alteram essa distribuição de forma direta, interferindo nos processos hidrodinâmicos, que podem modificar a granulometria dos sedimentos.

4.1 Classificação Textural

No mês de julho/19 (figura 35), 93,3% das amostras foram classificadas na fração areia. Apenas uma amostra (que corresponde a 6,7%), 136-D, localizada no setor de antepraia do perfil 2, recebeu a classificação na fração silte arenoso.

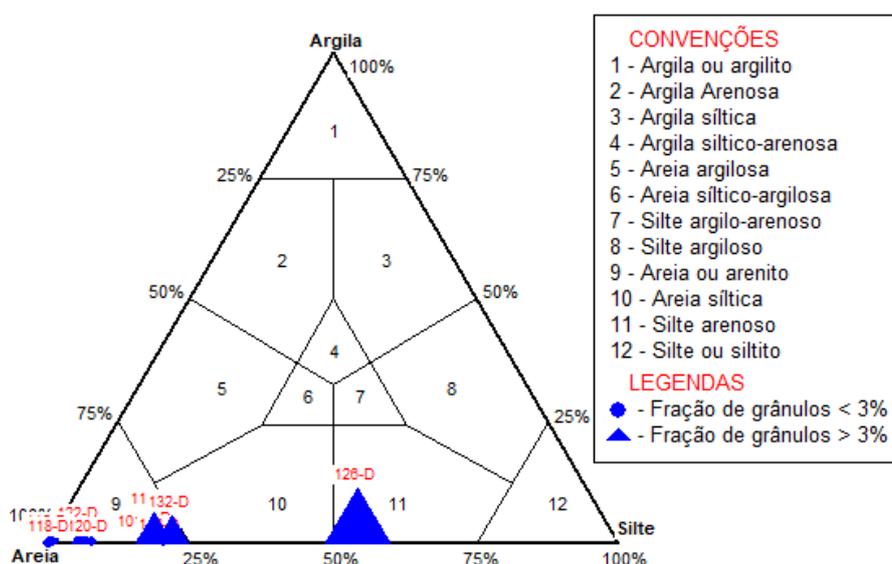
Figura 35 – Classificação textural para o mês de julho/19



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

A mesma situação ocorreu em setembro/19 (figura 36). Quinze das 16 amostras coletadas (93,75% do total das amostras) receberam a classificação na fração areia, enquanto apenas uma amostra (6,25%), 126-D, localizada no setor de antepraia do perfil 2, foi predominantemente classificada na fração silte arenoso.

Figura 36 – Classificação textural para o mês de setembro/19

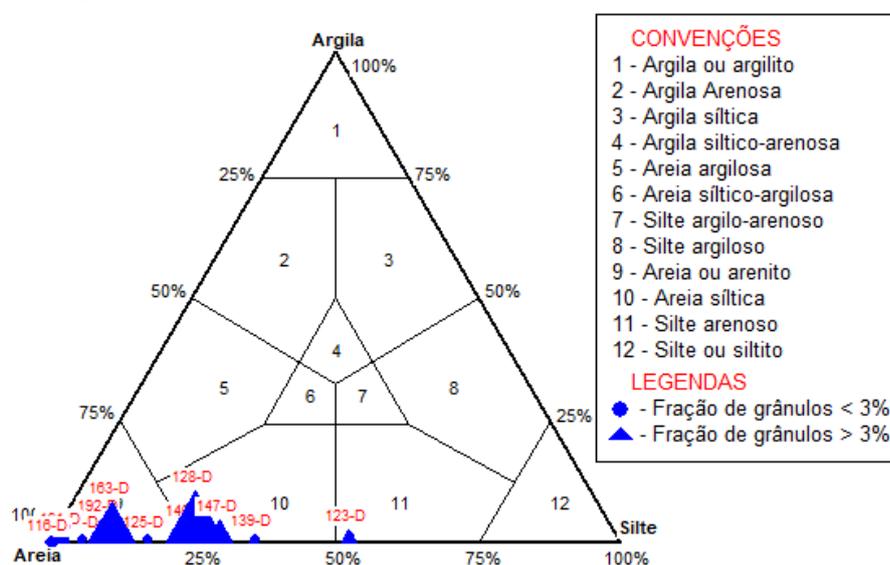


Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Já em novembro/19 (figura 37), as amostras receberam uma classificação um

pouco mais diversificada. Das 16 amostras coletadas, 11 amostras, o que representa um percentual de 68,75%, foram classificadas na fração areia. Duas amostras (12,5%), 140-D e 128-D, localizadas respectivamente no setor de antepraia do perfil 5 e antepraia do perfil 6, apareceram em cima da linha que divide a fração Areia com a fração areia siltica. Outras duas amostras, 139-D e 147-D, localizadas respectivamente no setor de antepraia do perfil 3 e antepraia do perfil 7, foram classificadas totalmente na fração areia siltica. Apenas uma amostra, o que representa 6,25% do total de amostras deste mês, recebeu a classificação na fração silte arenoso, a 123-D, localizada no setor de antepraia do perfil 2.

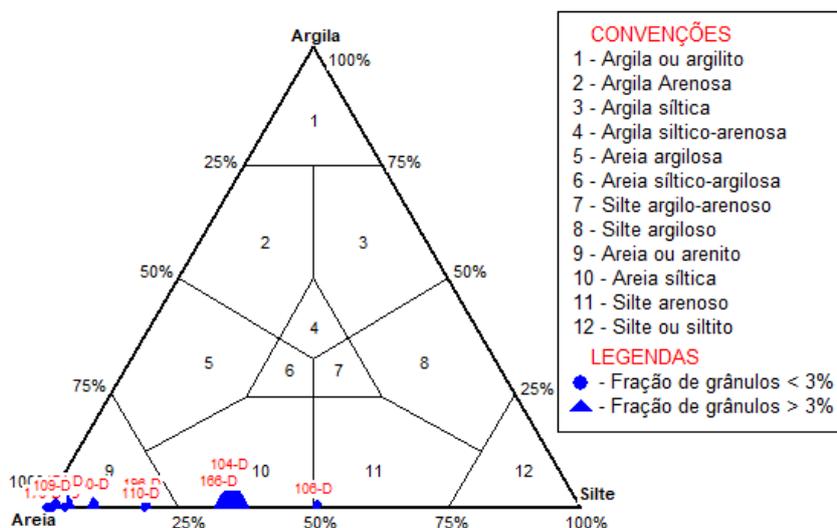
Figura 71 – Classificação textural para o mês de novembro/19



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Em janeiro/20 (figura 38), 81,25% das amostras sedimentares, o que corresponde a um total de 13 amostras foram classificadas na fração areia. Duas amostras, ou seja, 12,5%, sendo elas as 104-D e 166-D, localizadas respectivamente no setor de antepraia do perfil 2, e antepraia do perfil 6, apareceram na fração areia siltica. Assim como nos meses anteriores, apenas uma amostra 106-D, localizada no setor de antepraia do perfil 7, foi classificada na fração silte arenoso.

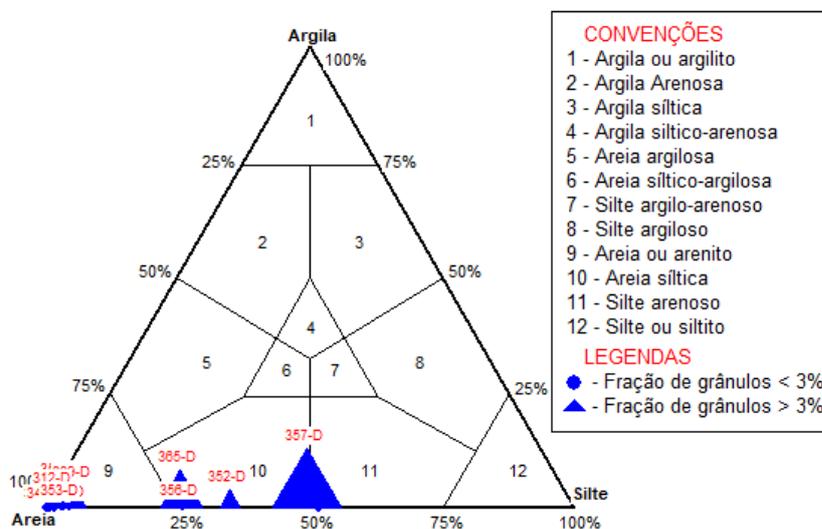
Figura 38 – Classificação textural para o mês de janeiro/20



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Por fim, no mês de março/20 (figura 39), 75% das 16 amostras foram classificadas na fração areia. Uma amostra, 6,25%, 365-D, localizada no setor de antepiraia do perfil 4, ocupou a parte do diagrama que divide a fração areia com a fração areia siltica. Duas das 16 amostras (12,5%), 356-D e 352-D, localizadas respectivamente no setor de antepiraia do perfil 5 e no setor de antepiraia do perfil 6, foram classificadas na fração areia siltica. A amostra 357-D, localizada no setor de antepiraia do perfil 7, ocupou a parte do diagrama que divide a fração areia siltica com a fração silte arenoso.

Figura 39 – Classificação textural para o mês de março/20



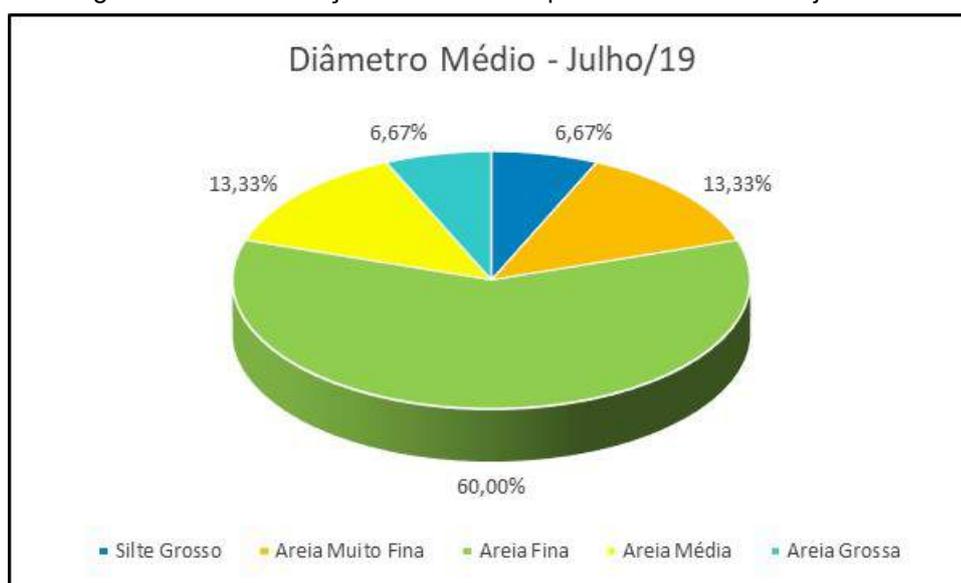
Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

4.2 Diâmetro Médio

O estudo do tamanho médio dos grãos do sedimento (diâmetro médio), é a melhor forma para identificar os níveis energéticos que um fluxo tem em mover os grãos, no qual, quanto maior o diâmetro do sedimento, maior será a energia para transportá-lo (Folk, 1954 e Folk & Ward, 1957). Segundo Suguio (1976), a média geral de tamanho dos sedimentos, que é afetada pela velocidade, pela fonte de suprimentos do material, e pelo processo de deposição, é refletida através do diâmetro médio.

O mês de julho/19 (figura 40), foi o que houve maior predominância de areia fina, com 60% dos sedimentos, o que corresponde a 9, das 15 amostras coletadas. Duas amostras foram classificadas areia muito fina, o que corresponde a 13,33%, e outras duas como areia média. Apenas uma amostra sedimentar foi classificada como silte grosso (6,67%), e outra como areia grossa.

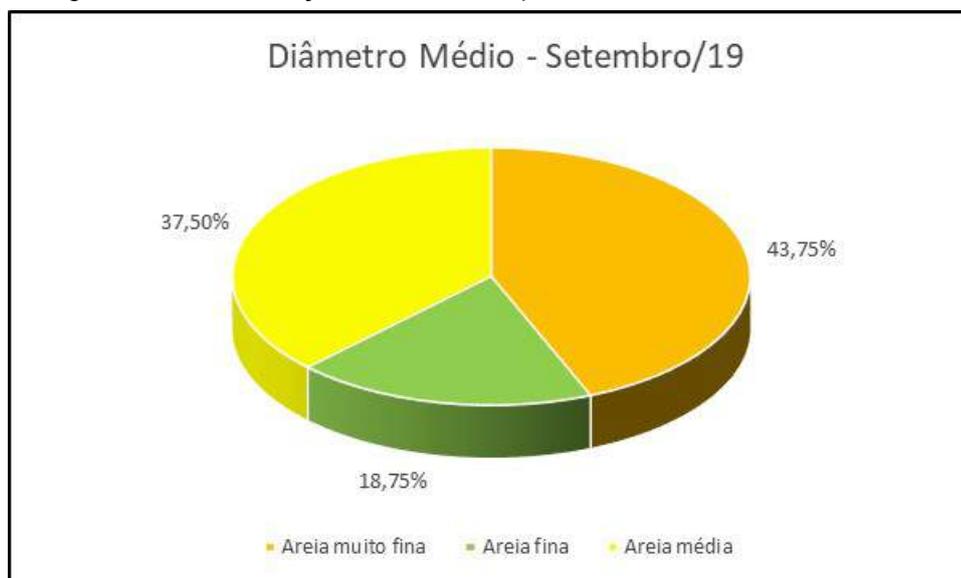
Figura 40 – Classificação das amostras pelo diâmetro médio - julho/19



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Em setembro/19 (figura 41), todas as 16 amostras foram classificadas como areia, sendo 7 (43,75%) areia muito fina, 3 (18,75%) areia fina, e 6 (37,5%) areia média.

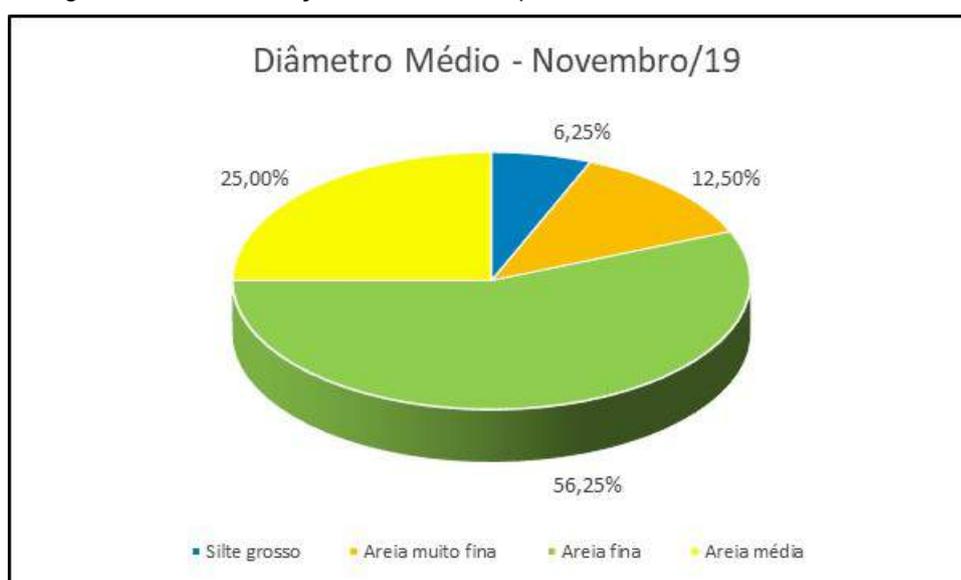
Figura 41 – Classificação das amostras pelo diâmetro médio - setembro/19



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Já em novembro/19 (figura 42), uma amostra sedimentar foi classificada como silte grosso, o que representa 6,25% do total das 16 amostras. As demais foram classificadas como areia, sendo 12,5% (duas amostras) areia muito fina, 56,25% (nove amostras) areia fina, e 25% (quatro amostras) areia média.

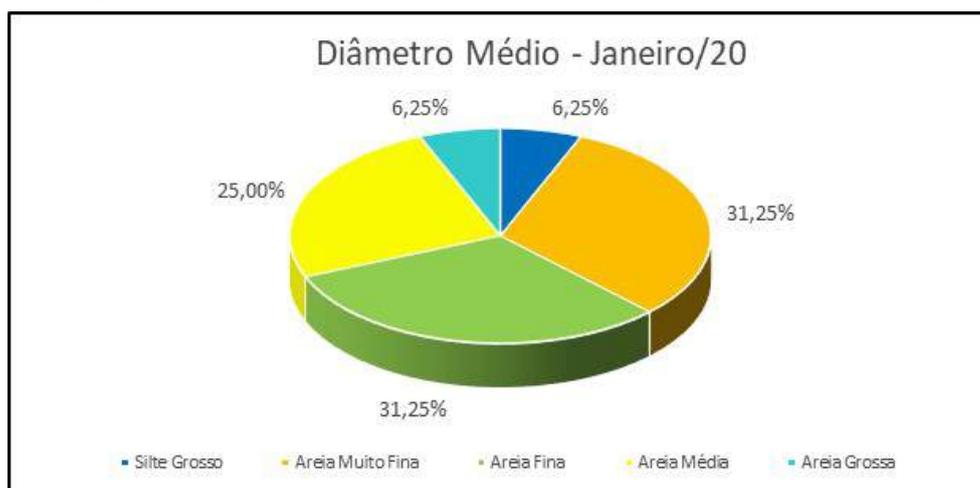
Figura 42 – Classificação das amostras pelo diâmetro médio - novembro/19



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

No mês de janeiro/20 (figura 43), 87,5% dos sedimentos foram classificados como areia, sendo 25% areia média (quatro amostras), 31,25% (cinco amostras) areia fina, e 31,25% areia muito fina. Os demais sedimentos foram classificados como silte Grosso, 6,25%, o que equivale a uma amostra, e areia grossa, também com 6,25%. A presença de sedimentos de granulometria grossa pode ser resultado de eventos de tempestade ou devido à remoção dos sedimentos finos pela ação de ondas incidentes.

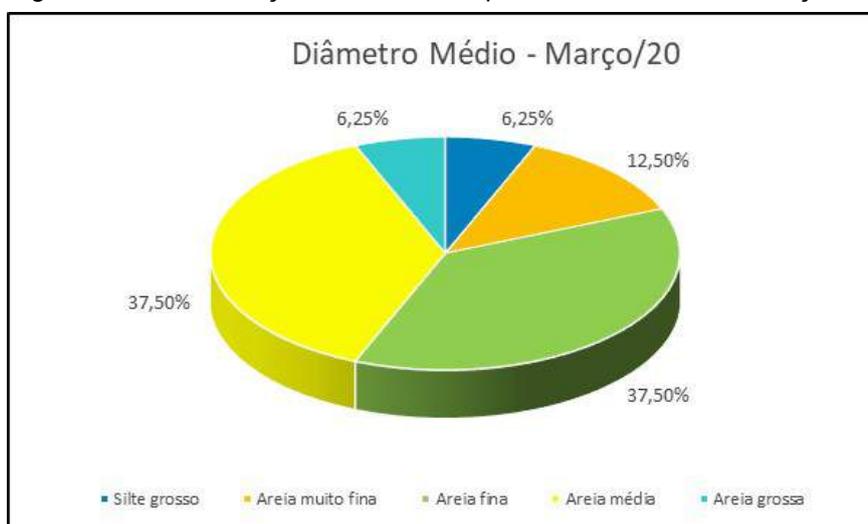
Figura 43 – Classificação das amostras pelo diâmetro médio - janeiro/20



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Por fim, em março/20 (figura 44), mais uma vez a presença de uma amostra (6,25%), dentre as 16 coletadas classificada como silte grosso. Todas as demais foram classificadas como areia, sendo 12,5% (duas amostras) classificadas como areia muito fina, 37,5% (seis amostras) areia fina, outras seis amostras areia média, e ainda uma amostra classificada como areia grossa.

Figura 44 – Classificação das amostras pelo diâmetro médio - março/20

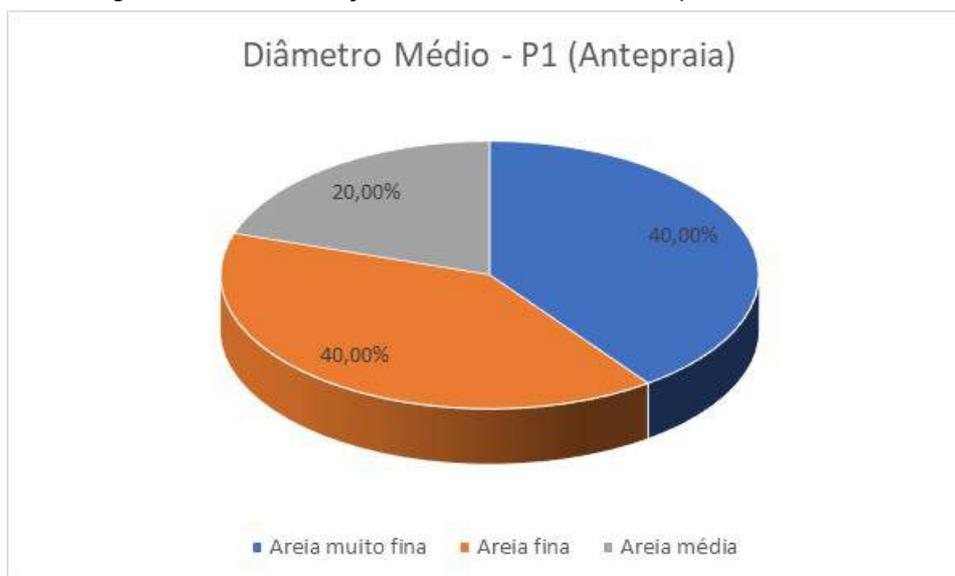


Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Já na avaliação do Diâmetro Médio por perfil, divididos pelos seus respectivos setores, temos o que segue abaixo:

- Perfil 1 – antepiraia (figura 45): Total de 5 amostras, sendo duas (40%) classificadas como areia muito fina, outras duas como areia fina, e uma amostra (20%), classificada como areia média.

Figura 45 – Classificação diâmetro médio na antepiraia do Perfil 1



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 1 – estirâncio (figura 46): 100% de um total de 5 amostras classificadas como areia média.

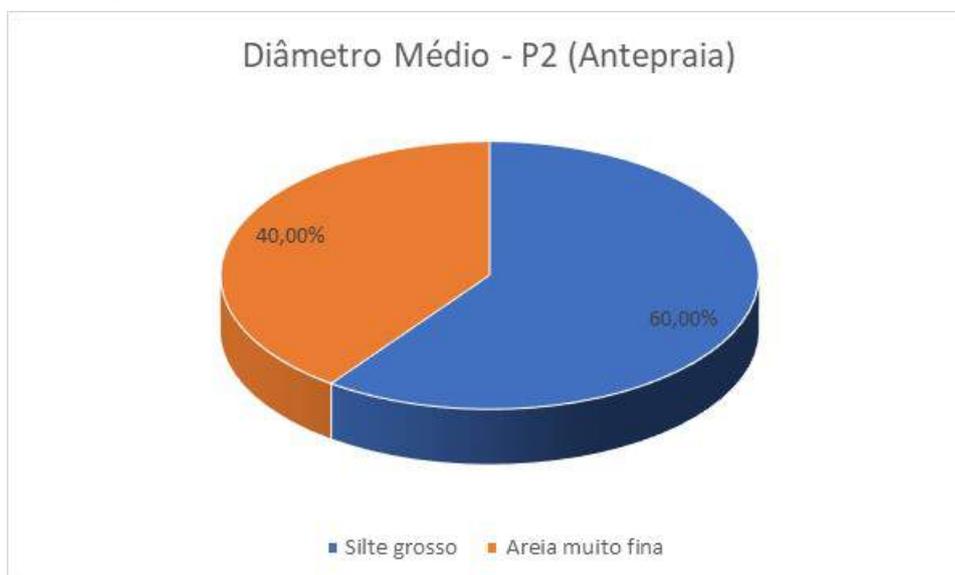
Figura 46 – Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 1



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 2 – antepraia (figura 47): Neste setor do Perfil 2, 60% das coletas realizadas (3 amostras) receberam a classificação de silte grosso. 40% (duas amostras) foram classificadas como areia muito fina.

Figura 47 – Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 2



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 2 – estirâncio (figura 48): Das 5 coletas realizadas no referido setor, apenas uma (20%) foi classificada como areia média. As demais (80%, equivalente a 4 amostras) foram classificadas como areia fina.

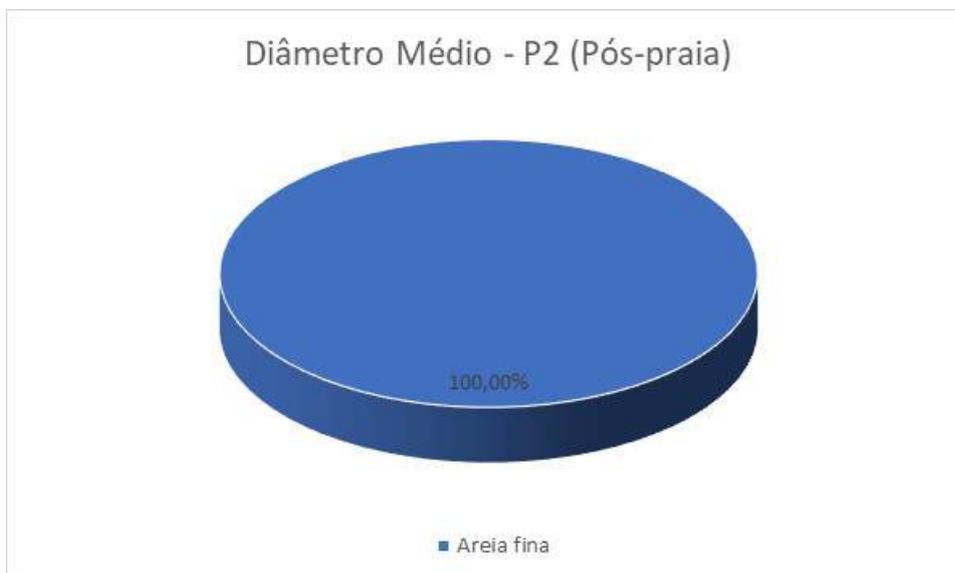
Figura 48 – Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 2



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 2 – pós-praia (figura 49): Todas as 4 amostras (100%) coletadas no referido setor foram classificadas como areia fina.

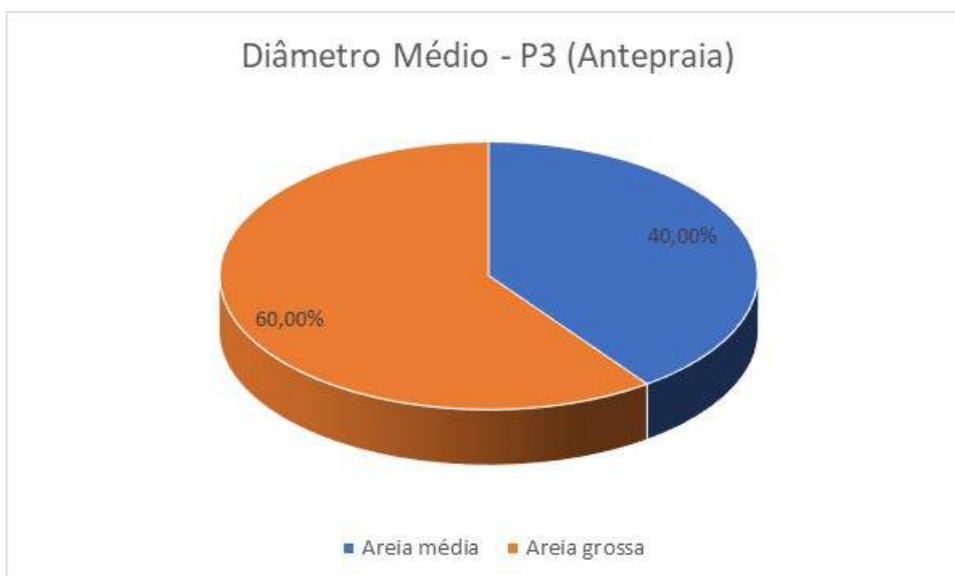
Figura 49 – Classificação diâmetro médio na pós-praia do Perfil 2



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 3 – antepraia (figura 50): Este foi o único setor, dentre todos os setores de todos os perfis estudados, em que houve amostras classificadas como areia grossa. Foram 5 amostras coletadas, sendo 60% (3 amostras) com a referida classificação, e 40% (2 amostras) classificadas como areia média.

Figura 50 – Classificação diâmetro médio na antepraia do Perfil 3



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 3 – estirâncio (figura 51): Das 5 coletas realizadas neste setor, duas amostras (40%) foram classificadas como areia fina, enquanto as demais (60% - 3 amostras) foram classificadas como areia média.

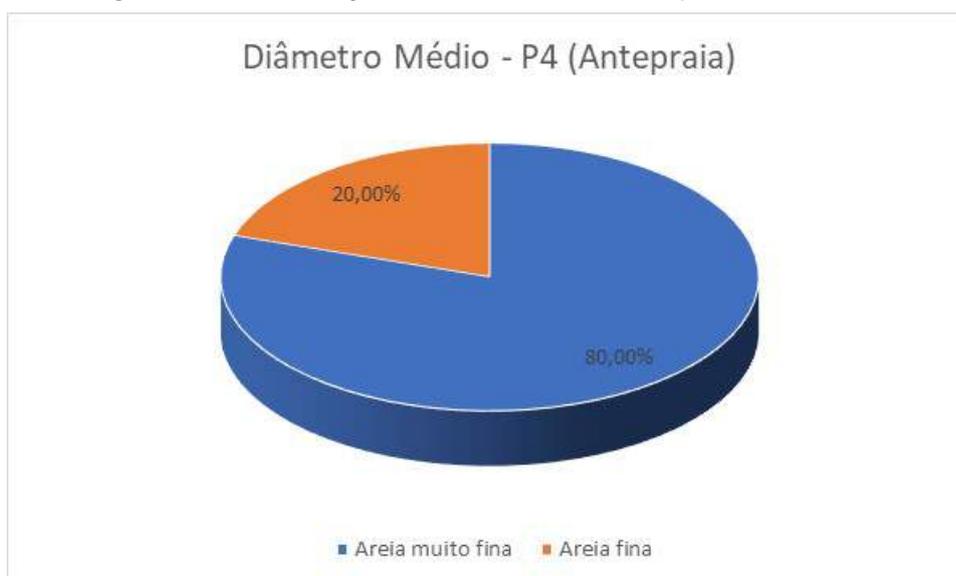
Figura 51 – Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 3



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 4 – antepiraia (figura 52): Quatro amostras (80%) classificadas como areia muito fina, e uma amostra (20%) classificada como areia fina.

Figura 52 – Classificação diâmetro médio na antepiraia do Perfil 4



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 4 – estirâncio (figura 53): Duas amostras (40%) classificadas como areia muito fina; três amostras (60%) classificadas como areia fina.

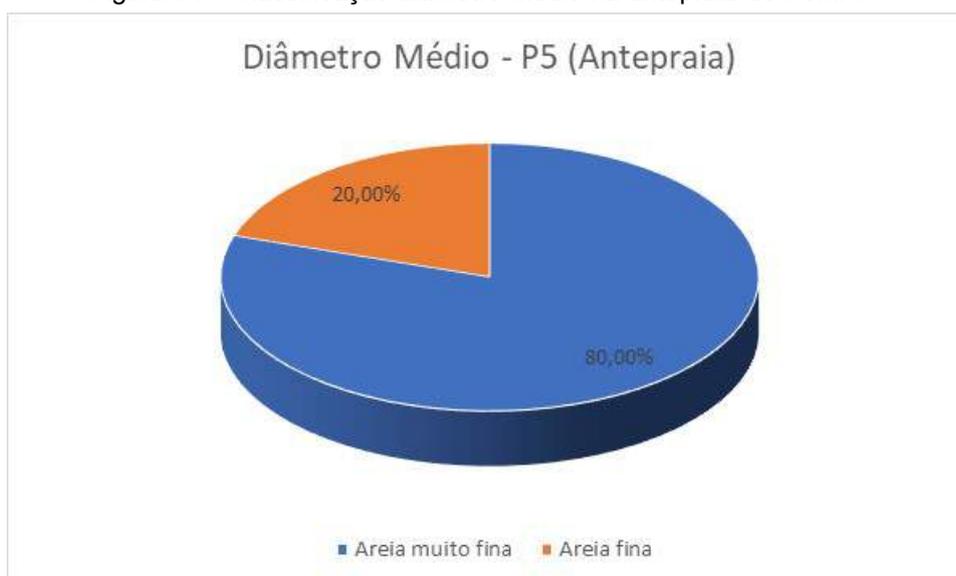
Figura 53 – Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 4



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 5 – antepiraia (figura 54): Assim como na antepiraia do Perfil 4, neste perfil também houve quatro amostras (80%) classificadas como areia muito fina, e apenas uma amostra (20%) classificada como areia fina.

Figura 54 – Classificação diâmetro médio na antepiraia do Perfil 5



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 5 – estirâncio (figura 55): Já neste setor, 80% das amostras (4 amostras) foram classificadas como areia média, enquanto apenas uma, o que corresponde a 20%, foi classificada como areia fina.

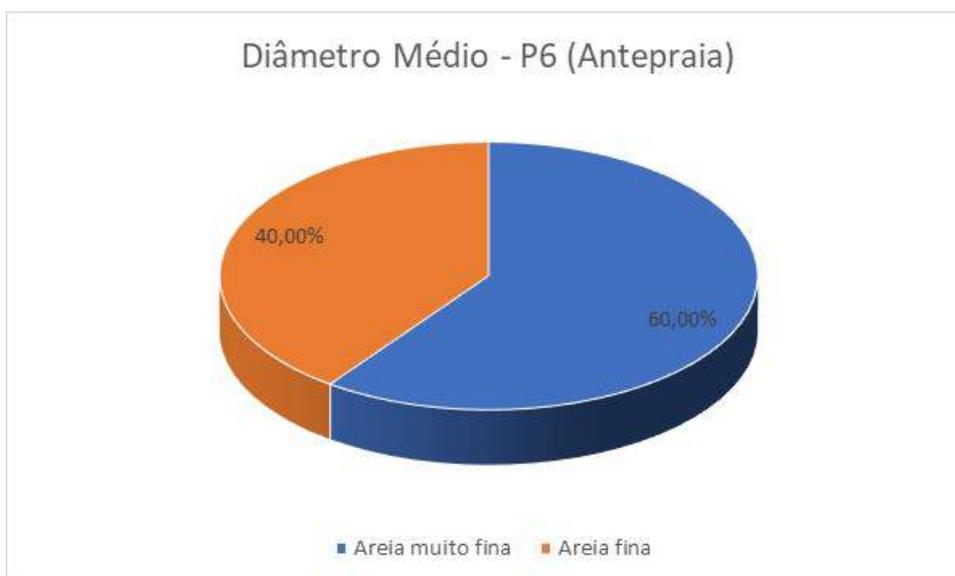
Figura 55 – Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 5



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 6 – antepiraia (figura 56): Três amostras coletadas classificadas como areia muito fina, o que representa 60%, e duas amostras (40%) classificadas como areia fina.

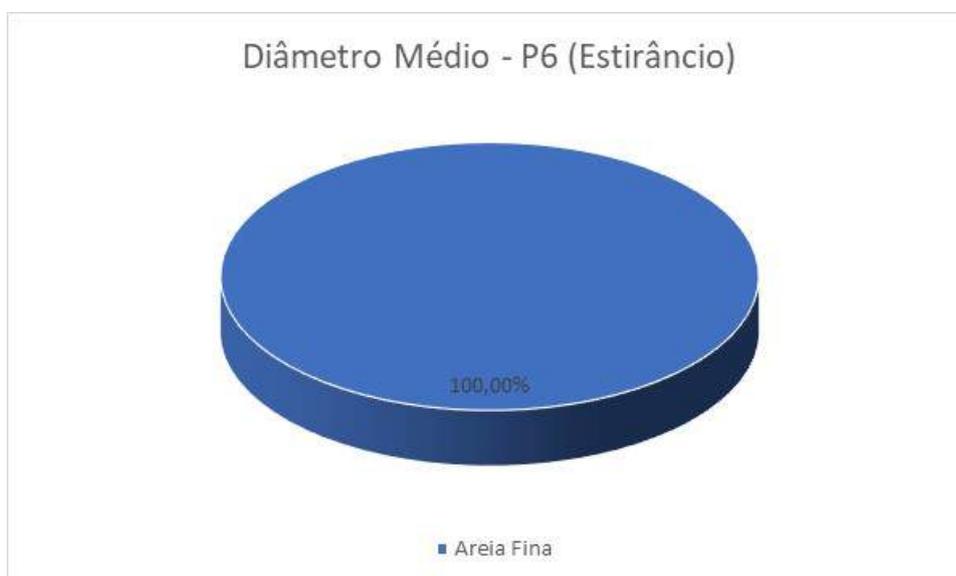
Figura 56 – Classificação diâmetro médio na antepiraia do Perfil 6



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 6 – estirâncio (figura 57): Neste setor, 100% de um total de 5 amostras foram classificadas como areia fina.

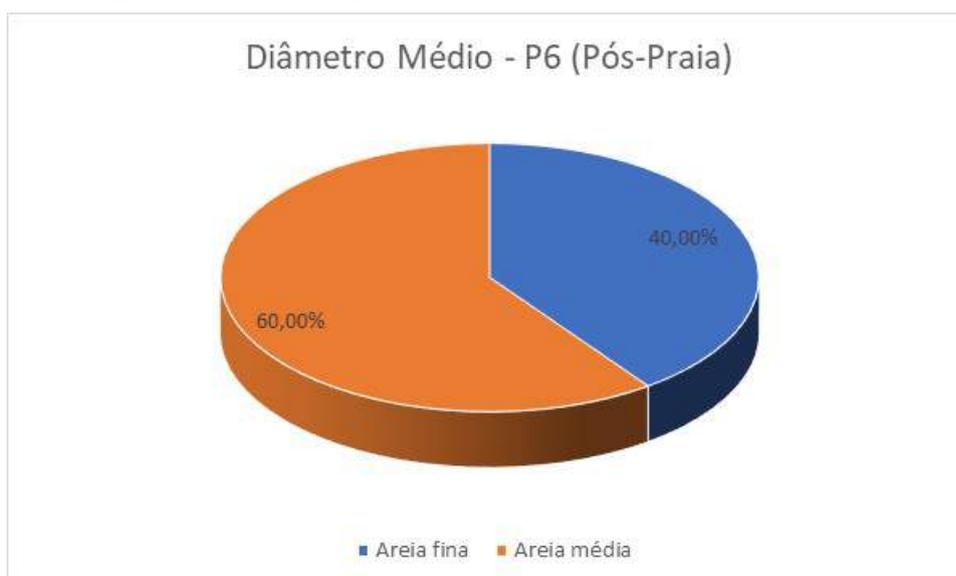
Figura 57 – Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 6



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 6 – pós-praia (figura 58): Este é o segundo e último perfil que apresenta o setor de pós-praia. Aqui, duas amostras foram classificadas como areia fina (40%), e outras três amostras como areia média (60%).

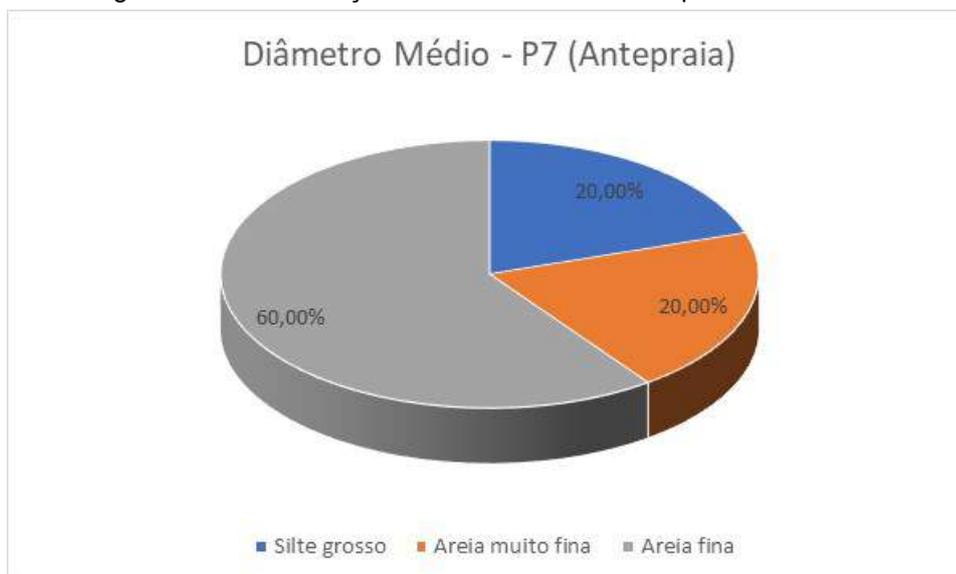
Figura 58 – Classificação diâmetro médio na pós-praia do Perfil 6



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 7 – antepiraia (figura 59): Assim como na antepiraia do Perfil 1, este setor também apresentou 3 classificações, sendo uma amostra classificada como silte grosso (20%), outra como areia muito fina, e outras três amostras classificadas como areia fina.

Figura 59 – Classificação diâmetro médio na antepiraia do Perfil 7



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

- Perfil 7 – estirâncio (figura 60): Duas amostras classificadas como areia fina (40%), e três amostras classificadas como areia média (60%).

Figura 60 – Classificação diâmetro médio no estirâncio do Perfil 7



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Após o término de todas as análises, e baseando-se nas respostas fornecidas através dos gráficos acima, podemos afirmar que o Perfil que apresenta maior nível energético é o 3, com 62,5% das amostras coletadas classificadas como areia média. Por outro lado, o Perfil 4 pode ser classificado como o de menor energia hidrodinâmica, uma vez que 60% das amostras foram classificadas como areia muito fina, e 40% areia fina, não apresentando granulometrias mais grossas.

Analisando, perfil por perfil, podemos concluir que nos pontos dos perfis praias 1, 2, e 3 predominou a fração areia média. Nos demais, a predominância foi de sedimentos mais finos, variando entre areia fina, areia muito fina e silte grosso.

4.3 Desvio Padrão (seleção)

O desvio padrão corresponde ao grau de dispersão ou espalhamento dos dados em torno de uma tendência central, determinando o grau de seleção dos sedimentos (Santos, 2004). O grau de seleção de uma amostra é medido de acordo com a dispersão da mesma, ou seja, com o desvio padrão (σ) da distribuição de tamanho. Sahu (1964) afirma que o selecionamento das amostras é um aspecto importante nas análises granulométricas dos sedimentos.

Areias bem selecionadas são trabalhadas num nível de energia elevada e por um período de tempo que permite ao agente transportador eleger o grão hidrodinamicamente ideal (Tabajara & Martin 2006). O desvio padrão mede o grau de seleção dos sedimentos, mostrando variações no nível energético do agente que foi responsável pela deposição da amostra e a capacidade de classificar os sedimentos. O índice de seleção representa uma das feições mais importantes fornecidas pela análise estatística, para caracterizar regimes deposicionais, pois ele reflete o resultado da interação de dois fatores: tipo de material e dinâmica da água que o recobre (Pereira, 2011).

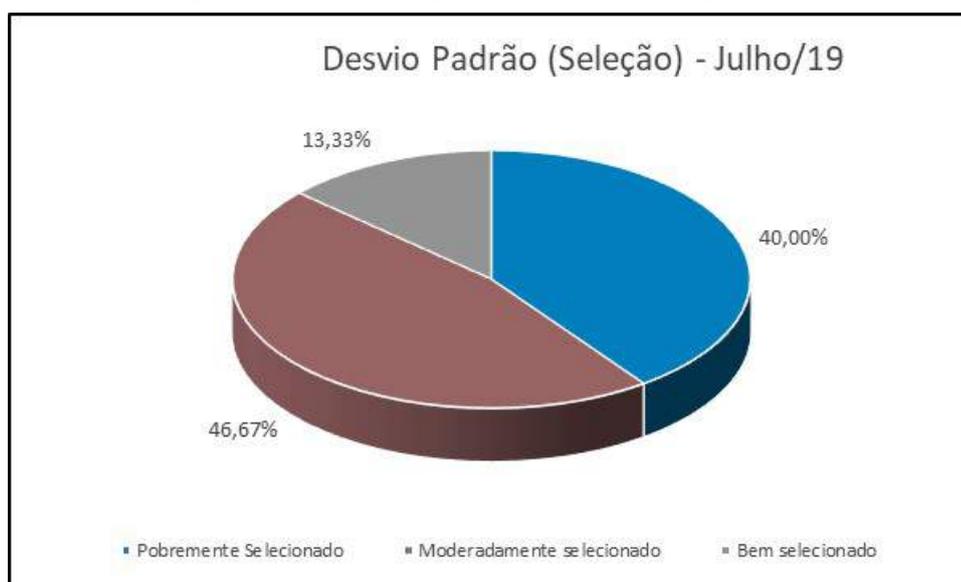
Quanto menor a variação dos valores granulométricos, mais bem selecionados serão os grãos. Quando há o aumento do transporte ou de agitação do meio, partículas de diferentes tamanhos tendem a ser separadas por tamanho. Os sedimentos de praia, em geral, são moderadamente a bem selecionados, enquanto que os sedimentos fluviais são moderadamente a pobremente selecionados e os eólicos são bem a muito bem selecionados (Martins, 2003). Na praia, objeto de estudo deste trabalho, a seleção dos grãos é refletida nas características dos sedimentos que são transportados para a zona costeira e em seguida retrabalhados pela ação de

ondas, marés, espriamento (swash) e ventos.

Neste trabalho os sedimentos foram caracterizados como muito pobremente selecionados, pobremente selecionados, moderadamente selecionados, bem selecionados, e muito bem selecionados. Essa caracterização foi dividida entre os meses em que houveram coleta de sedimentos, e também entre perfis e seus respectivos setores, assim como ocorreu com o diâmetro médio.

No mês de julho/19 (figura 61) foram coletadas 15 amostras. Destas, após a devida classificação no que se refere ao desvio padrão, 6 amostras dos sedimentos coletados foram classificadas como pobremente selecionados (40%), 7 amostras classificadas como moderadamente selecionados (46,67%), e apenas duas amostras (13,33%) como bem selecionados.

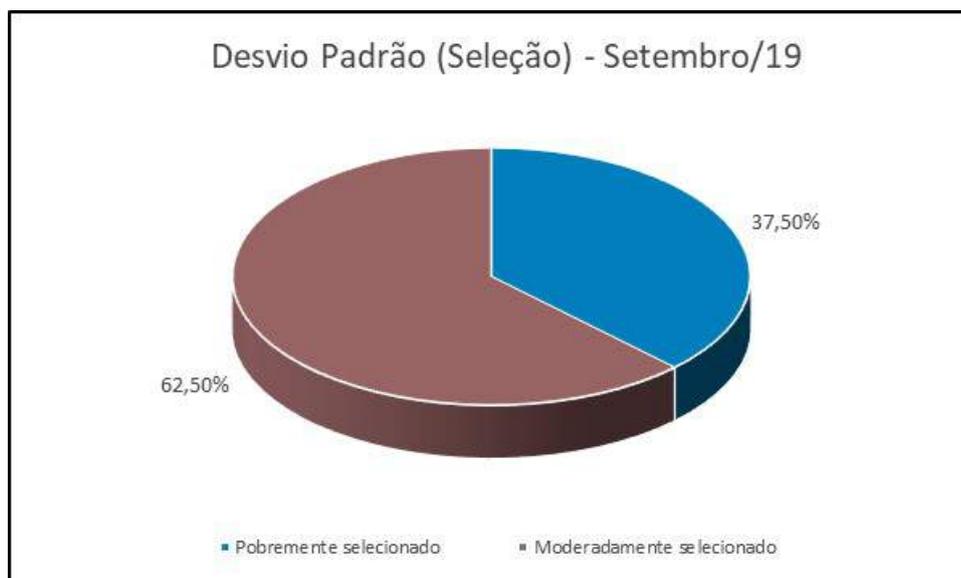
Figura 61 – Classificação Desvio Padrão em julho/19



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Já no mês de setembro/19 (figura 62), não houveram amostras classificadas como bem selecionadas, apenas pobremente selecionadas (6 amostras, o que corresponde a 37,5%), e 62,5% classificadas como moderadamente selecionadas (10 amostras).

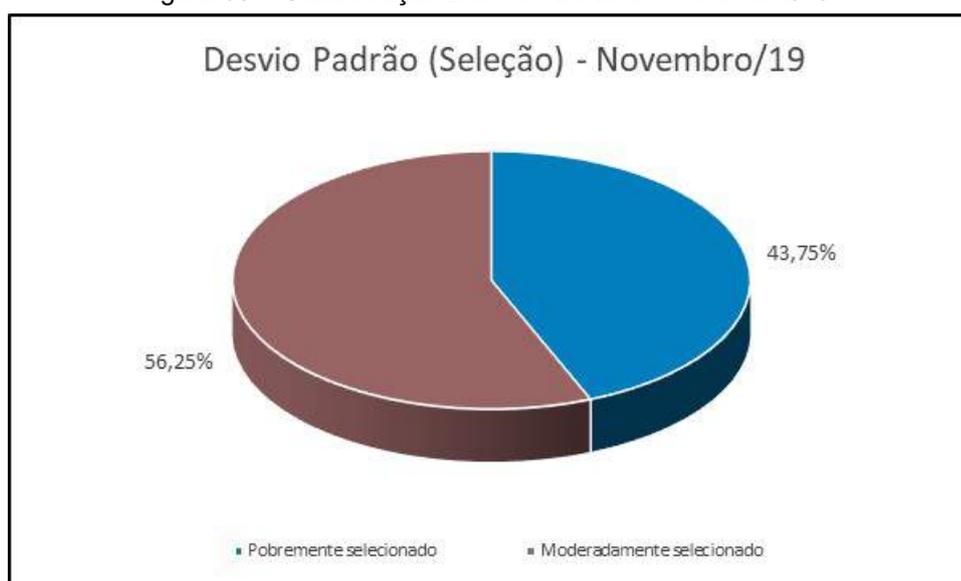
Figura 62 – Classificação Desvio Padrão em setembro/19



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Situação semelhante ao mês de setembro/19 ocorreu no mês de novembro/19 (figura 63). Sete amostras (43,75%) foram classificadas como pobremente selecionadas, enquanto que as demais, (nove amostras), foram classificadas como moderadamente selecionadas (56,25%).

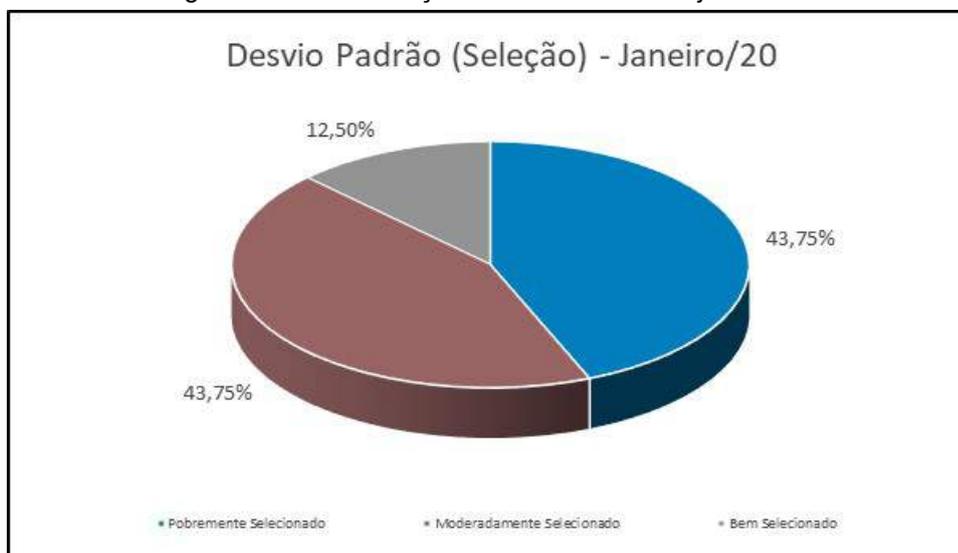
Figura 63 – Classificação Desvio Padrão em novembro/19



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Já em janeiro/20 (figura 64), a classificação bem selecionada voltou a aparecer em duas amostras (12,5%). Sete amostras foram classificadas como pobremente selecionadas (43,75%) e outras sete amostras como moderadamente selecionadas.

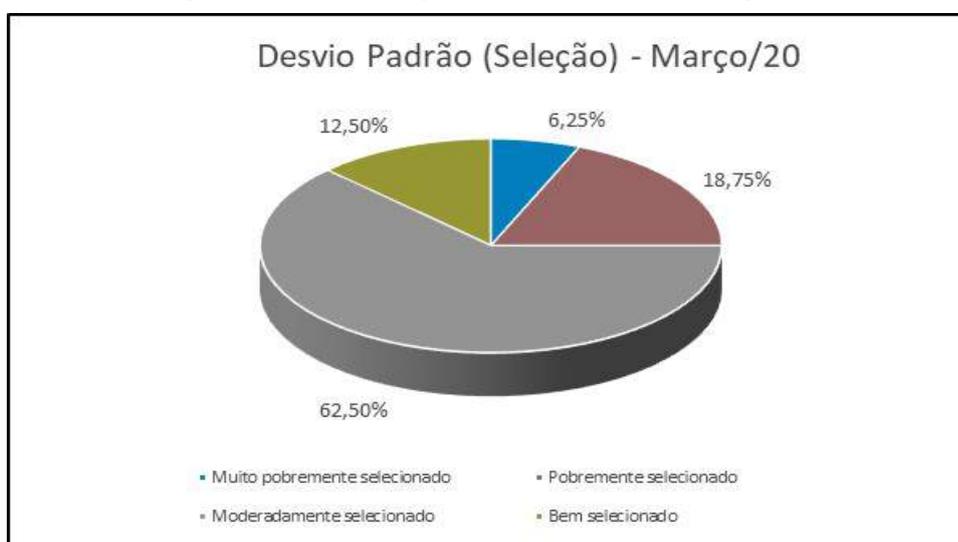
Figura 64 – Classificação Desvio Padrão em janeiro/20



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Para finalizar o grau de seleção das amostras nos meses de coletas, em março/20 (figura 65) uma amostra foi classificada como muito pobremente selecionada (6,25%), 3 amostras classificadas como pobremente selecionadas (18,75%), dez amostras como moderadamente selecionadas (62,5%), e duas amostras como bem selecionadas (12,5%).

Figura 65 – Classificação Desvio Padrão em março/20

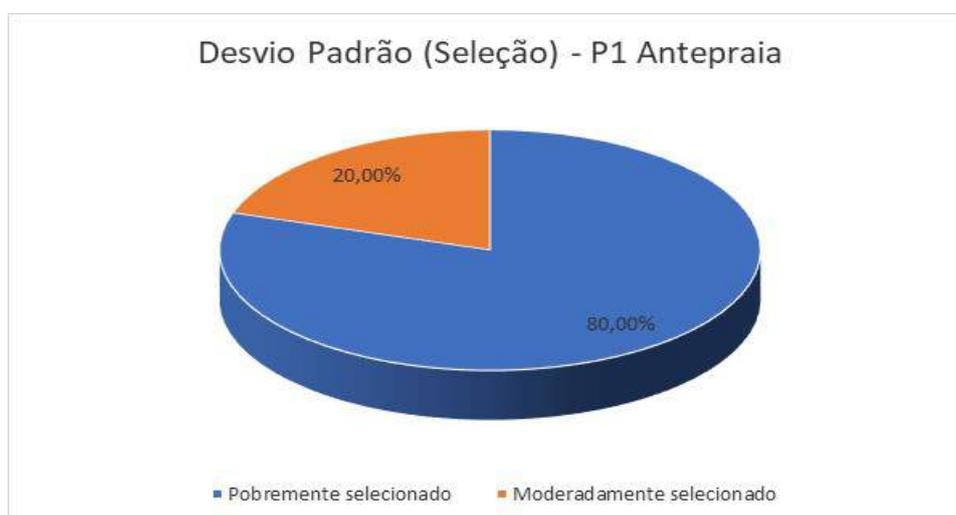


Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Finalizada a classificação dos referidos meses, podemos afirmar que 7,59% de todas as amostras foram classificadas como bem selecionadas, 54,43% como moderadamente selecionadas, 36,71% como pobremente selecionadas, e apenas 1,27% como muito pobremente selecionadas. Ou seja, houve uma predominância com mais da metade das amostras classificadas moderadamente selecionadas, indo de encontro a proposta de Martins (2003), que afirma que a predominância de sedimentos moderadamente selecionados e a presença de sedimentos bem selecionados estão relacionados a ambientes praias. Já a presença de sedimentos pobremente selecionados pode estar ligada ao fato de as praias do município do Paulista serem diretamente afetadas pela desembocadura do rio Paratibe, fazendo com que o mesmo deposite diferentes frações granulométricas de sedimentos na zona costeira, contribuindo para uma maior diferença no grau de seleção nas áreas fontes, onde foram realizadas as coletas.

Abaixo, serão apresentadas as classificações separadas por perfis, e subdivididos por setores. No perfil 1 foram coletadas 10 amostras sedimentares. Observamos nos gráficos abaixo a classificação individual para o setor de antepraia (figura 66) e estirâncio (figura 67). No geral, podemos afirmar que 60% do total das amostras nos dois setores foram classificadas como moderadamente selecionadas, e 40% como pobremente selecionadas. Individualmente temos na antepraia 20% das amostras moderadamente classificadas, e 80% pobremente selecionadas, e 100% das amostras do estirâncio moderadamente selecionadas.

Figura 66 – Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 1



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 67 – Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 1



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

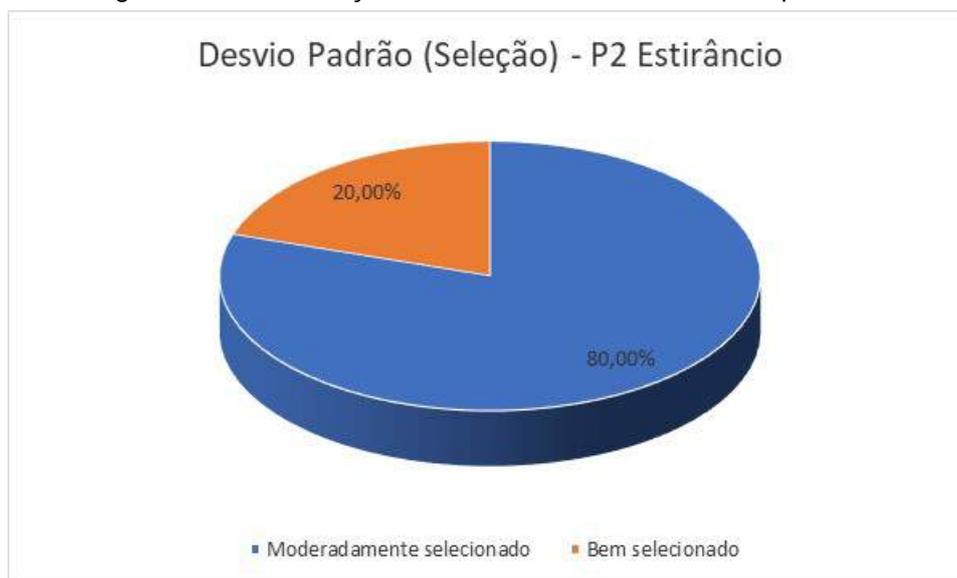
No Perfil 2, uma vez que existia o setor de Pós-praia, foram coletadas 14 amostras no total. Predominou, no geral, grãos Moderadamente Seleccionados, com 64,3% das amostras coletadas, o que corresponde a 9 amostras sedimentares. Excepcionalmente na antepraia deste perfil (figura 68), o percentual de grãos moderadamente selecionados foi o mais baixo, apenas com 20%. Em compensação, 80% dos grãos do estirâncio (figura 69) eram moderadamente selecionados, enquanto na pós-praia (figura 70) todos os grãos (100%) receberam essa classificação, o que acabou elevando o percentual total.

Figura 68 – Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 2



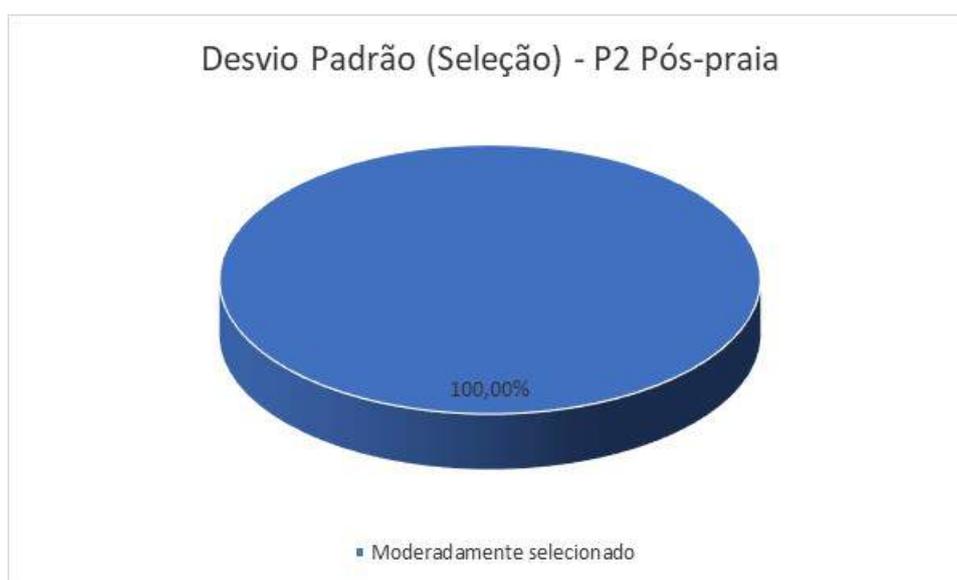
Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 69 – Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 2



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

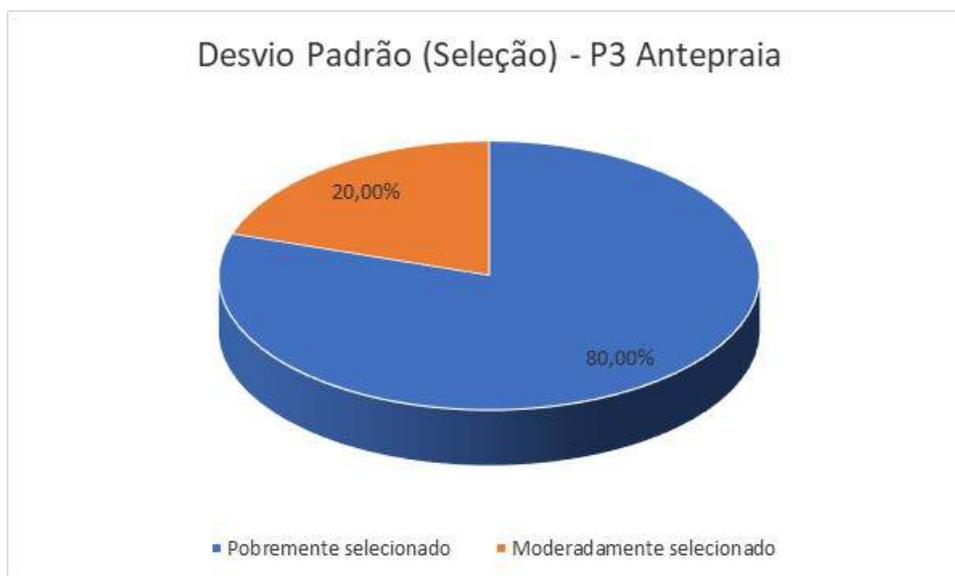
Figura 70 – Classificação Desvio Padrão na pós-praia do perfil 2



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

No perfil 3, assim como no perfil 1, não havendo setor de pós-praia, foram coletadas 10 amostras. Prevaleceu na antepiraia (figura 71) grãos pobremente selecionados (80%), e grãos moderadamente selecionados no estirâncio (figura 72), também com 80%. Somando-se os dois setores, temos grãos moderadamente selecionados, em 50% das amostras.

Figura 71 – Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 3



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

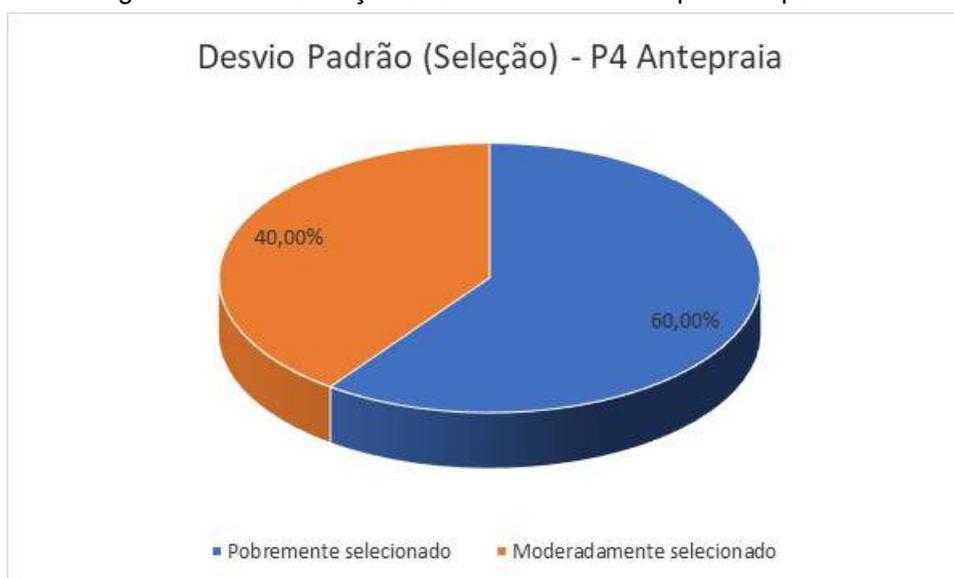
Figura 72 – Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 3



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

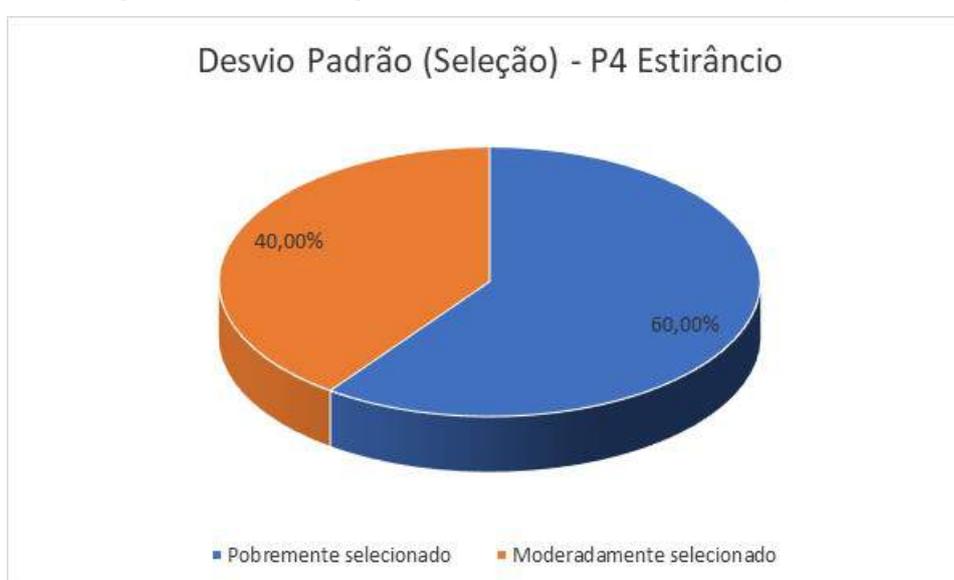
Já no que se refere a seleção dos grãos do Perfil 4, os gráficos mostram uma semelhança em ambos os setores. Tanto na antepraia (figura 73) quanto no estirâncio (figura 74), houve uma classificação com 40% de grãos moderadamente selecionados, e 60% de grãos pobrememente selecionados.

Figura 73 – Classificação Desvio Padrão na antepiraia do perfil 4



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 74 – Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 4

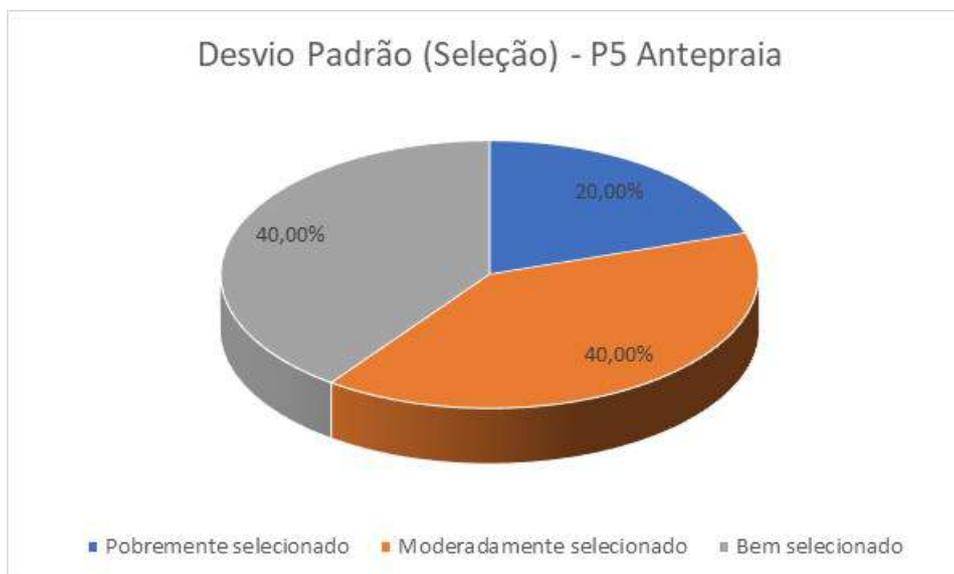


Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Nas amostras coletadas no perfil 5, observamos através do gráfico abaixo que houve 3 tipos de classificação na antepiraia deste perfil (figura 75). Do total das amostras (somando antepiraia e estirâncio), 60% dos grãos foram classificados como moderadamente selecionados, enquanto que 20% como pobrememente selecionados, e

outros 20% como bem selecionados. É importante mencionar que a classificação bem selecionada não apareceu no estirâncio (figura 76), apenas na antepiraia.

Figura 75 – Classificação Desvio Padrão na antepiraia do perfil 5



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 76 – Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 5

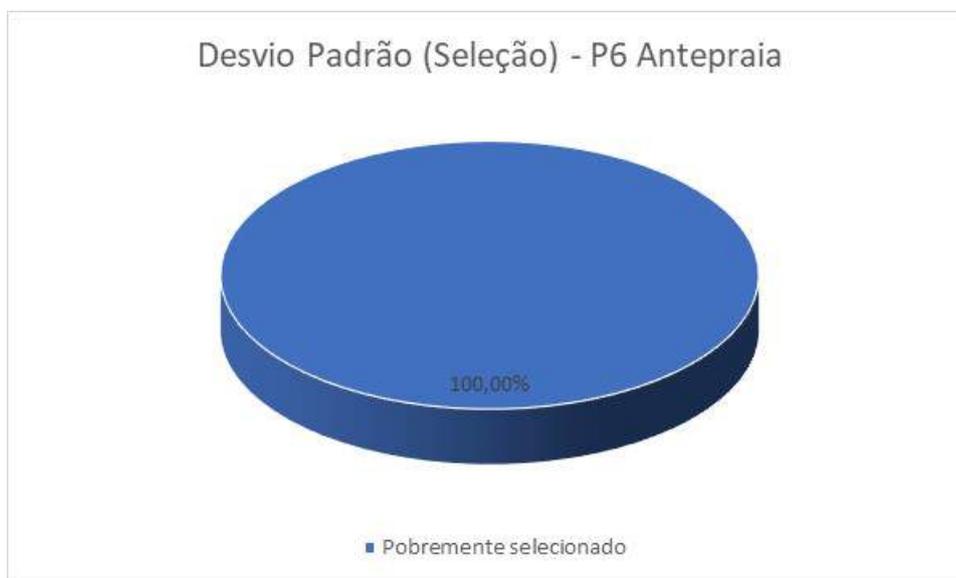


Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

No perfil 6, se olharmos a classificação apenas por setor, vemos que 100% das amostras obtiveram a mesma classificação (pobrememente selecionados no setor de antepiraia (figura 77), e moderadamente selecionados nos setores de estirâncio (figura

78) e pós-praia (figura 79)). Todavia, no geral, 66,67% dos grãos foram classificados como moderadamente selecionados, e apenas um terço das amostras coletadas, 33,33%, continham grãos pobremente selecionados, localizados na antepraia.

Figura 77 – Classificação Desvio Padrão na antepraia do perfil 6



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 78 – Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 6



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 79 – Classificação Desvio Padrão na pós-praia do perfil 6



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

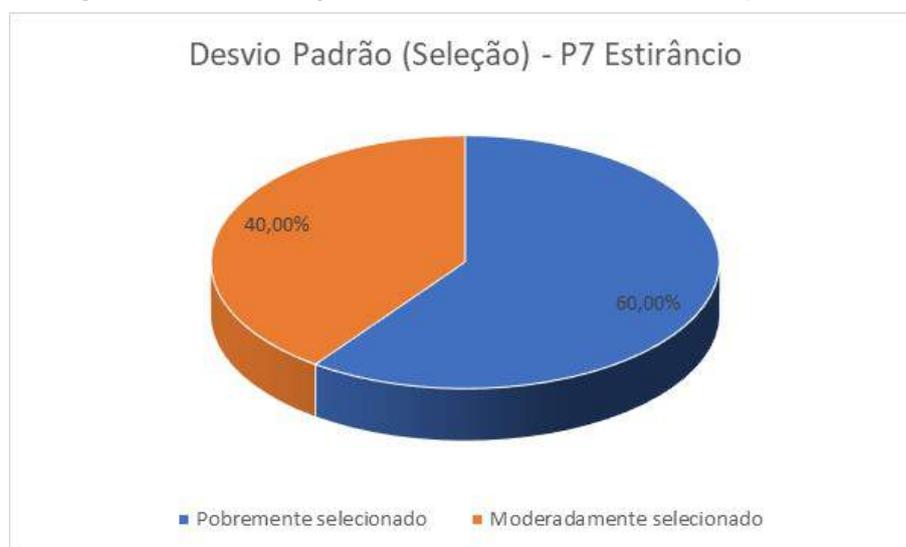
Por fim, no perfil 7, obtivemos na antepiraia (figura 80) 3 tipos de classificação, predominando nas amostras coletadas, grãos pobremente selecionados, com 60%, o equivalente a 3 amostras. As outras duas amostras restantes foram divididas, sendo uma delas (20%) muito pobremente selecionada, e a outra moderadamente selecionada. Já no estirâncio (figura 81), 3 amostras, o equivalente a 60% também recebeu a classificação de pobremente selecionadas, enquanto as outras duas (40%) ficaram no campo das amostras moderadamente selecionadas. No total deste perfil, temos 60% das amostras pobremente selecionadas, 30% moderadamente selecionadas, e apenas 10% como muito pobremente selecionada.

Figura 80 – Classificação Desvio Padrão na antepiraia do perfil 7



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 81 – Classificação Desvio Padrão no estirâncio do perfil 7



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

4.4 Assimetria

A assimetria é uma medida utilizada para calcular a tendência dos dados de se dispersarem de um ou do outro lado da média, e como pode ocorrer a direita ou a esquerda do diâmetro médio, assume valores positivos ou negativos. O grau de assimetria é indicado pelo afastamento do diâmetro médio da mediana (Suguio, 1973).

Valores negativos de assimetria indicam áreas que estão em processo de erosão, enquanto valores positivos indicam deposição (Duane, 1964). Friedman (1961) afirma que areias grossas de face de praia podem apresentar valores positivos e negativos de assimetria, porém ambos os autores asseguram que há uma predominância de valores negativos para sedimentos da face de praia.

As curvas de distribuição granulométrica dos sedimentos foram definidas como assimetria muito negativa, assimetria negativa, aproximadamente simétrico, assimetria positiva e assimetria muito positiva, conforme classificação de Folk e Ward (1954). Duane (1964), Friedman (1967) e Martins (2003), afirmam que ambientes praias apresentam assimetria negativa, e a assimetria positiva ocorre em ambientes onde os agentes têm a capacidade de transporte de um fluxo unidirecional (ambiente fluvial ou eólico).

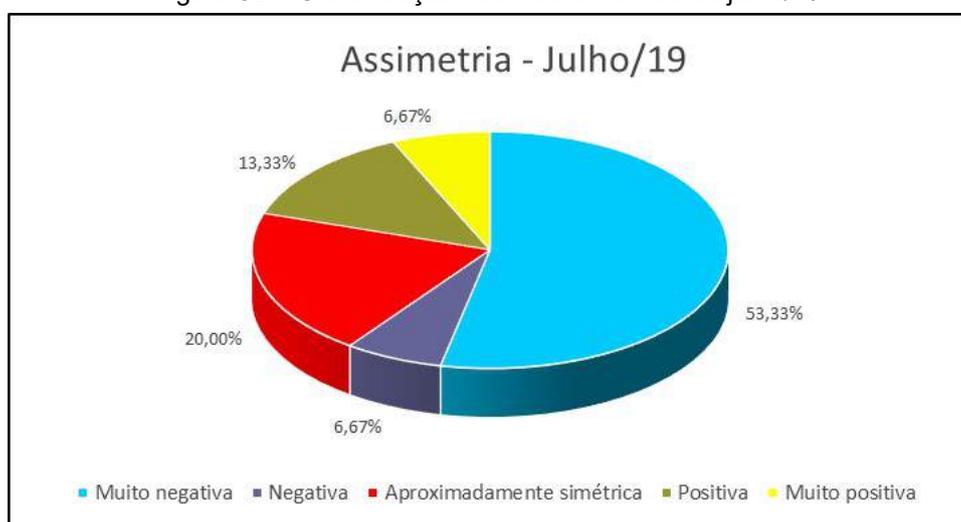
O maior percentual de amostras com assimetria muito negativa ou negativa, típica de ambientes praias, se concentrou no perfil praias 4 com 100% dos grãos. Este é o primeiro dos 2 perfis em que há o dissipador de energia Bagwall, como forma de

contenção erosiva. As ondas colidem diretamente neste dissipador, reduzindo o impacto das ondas seguintes.

No que se refere as análises mensais, o mês de julho/19 foi o que apresentou o maior percentual de grãos com assimetria muito negativa ou negativa, com 60%. Já o perfil que apresentou o maior índice de assimetria muito positiva ou positiva foi o perfil 3, com 60% dos grãos.

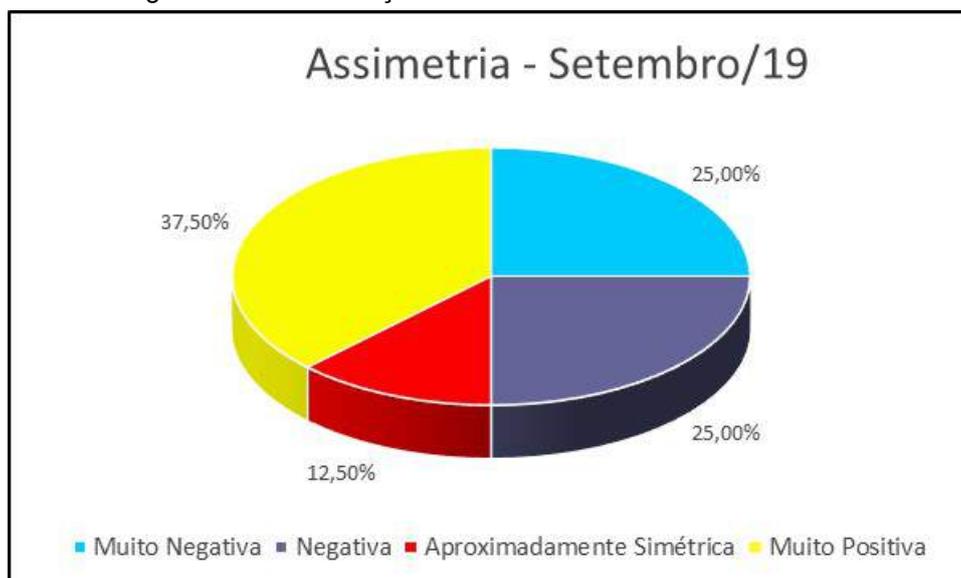
Segue abaixo, os gráficos referentes as assimetrias de julho/19 (figura 82), setembro/19 (figura 83), novembro/19 (figura 84), janeiro/20 (figura 85), e março/20 (figura 86) indicando seus respectivos percentuais.

Figura 82 – Classificação Assimetria no mês de julho/19



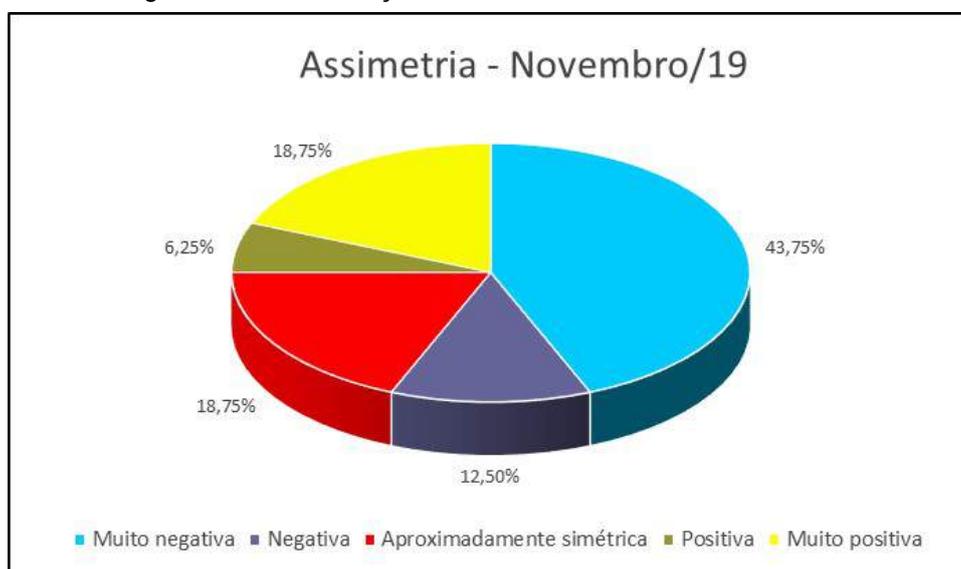
Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 83 – Classificação Assimetria no mês de setembro/19



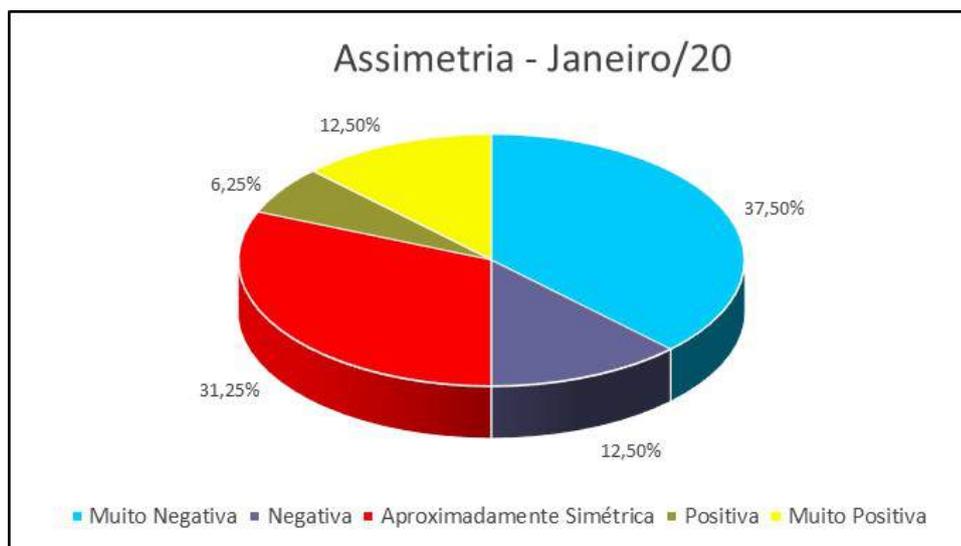
Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 84 – Classificação Assimetria no mês de novembro/19



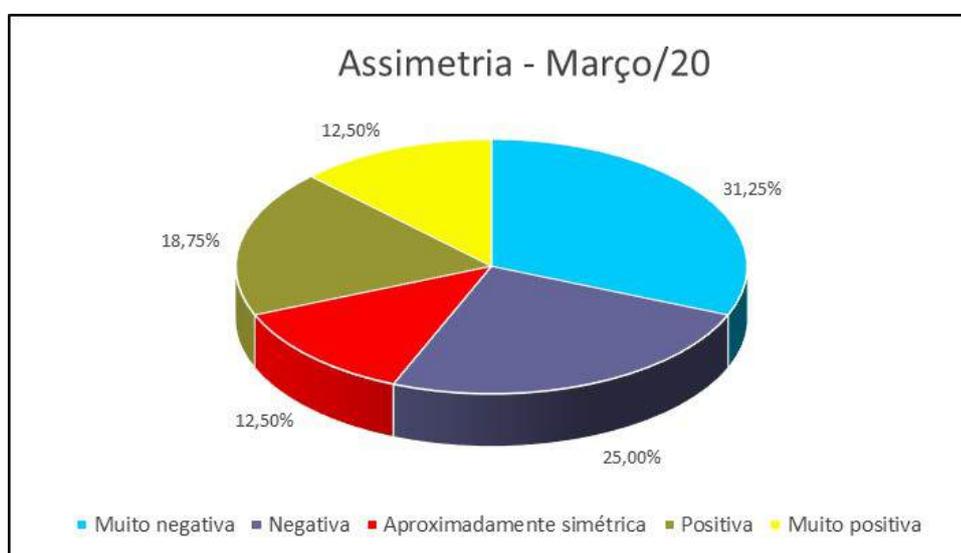
Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 85 – Classificação Assimetria no mês de janeiro/20



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 86 – Classificação Assimetria no mês de março/20

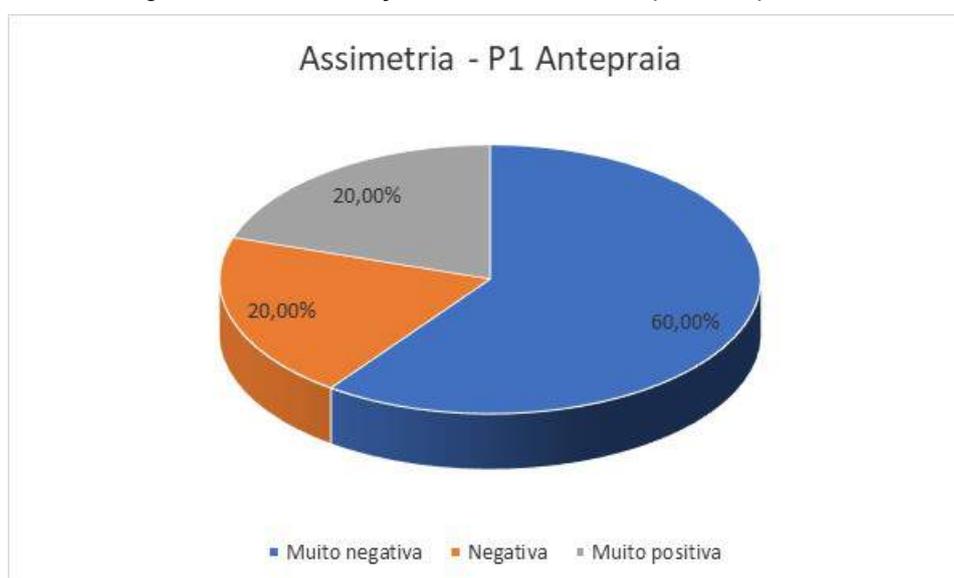


Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Analisando os gráficos acima, podemos observar que, com exceção do mês de setembro/19, onde prevaleceu a assimetria muito positiva, todos os demais meses predominou a assimetria muito negativa. Levando-se em consideração a soma da assimetria muito negativa com a assimetria negativa, em todos os meses, pelo menos 50% dos grãos foram classificados em com assimetria negativa, típica de ambientes praias, e que caracteriza um processo erosivo.

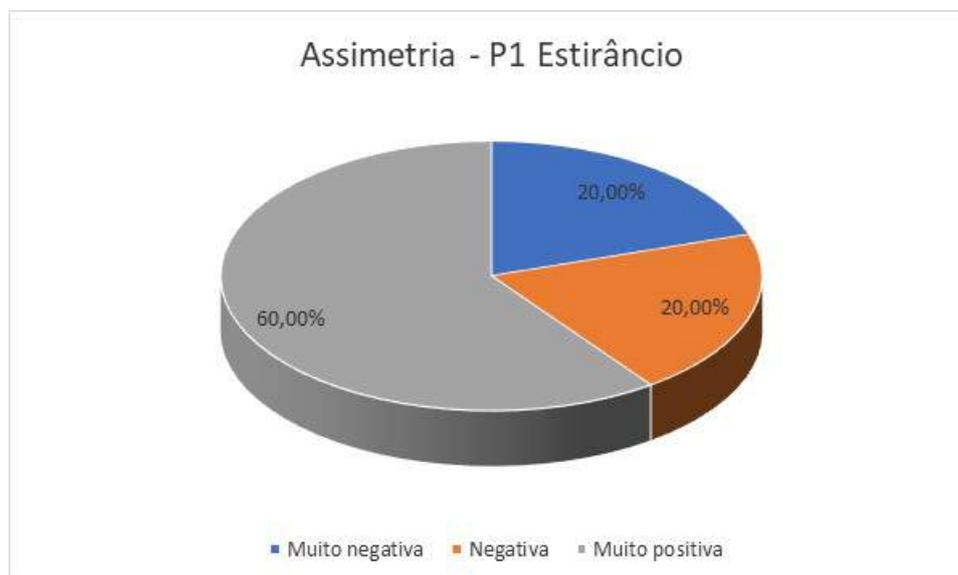
Observando agora os gráficos referentes aos perfis, subdivididos pelos seus respectivos setores das praias (pós-praia, estirâncio e antepraia), para fins gerais da assimetria, iremos considerar apenas a classificação como negativa, simétrica, ou positiva, apesar de um maior detalhamento nos gráficos. Na antepraia do perfil 1 (figura 87), observamos uma predominância de assimetria negativa, 80% dos grãos. Todavia, no estirâncio (figura 88), prevaleceu a assimetria positiva. Essa última pode estar relacionada a proximidade do perfil 1 com a desembocadura do rio Paratibe, situada a 500m de distância.

Figura 87 – Classificação Assimetria na antepraia do perfil 1



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

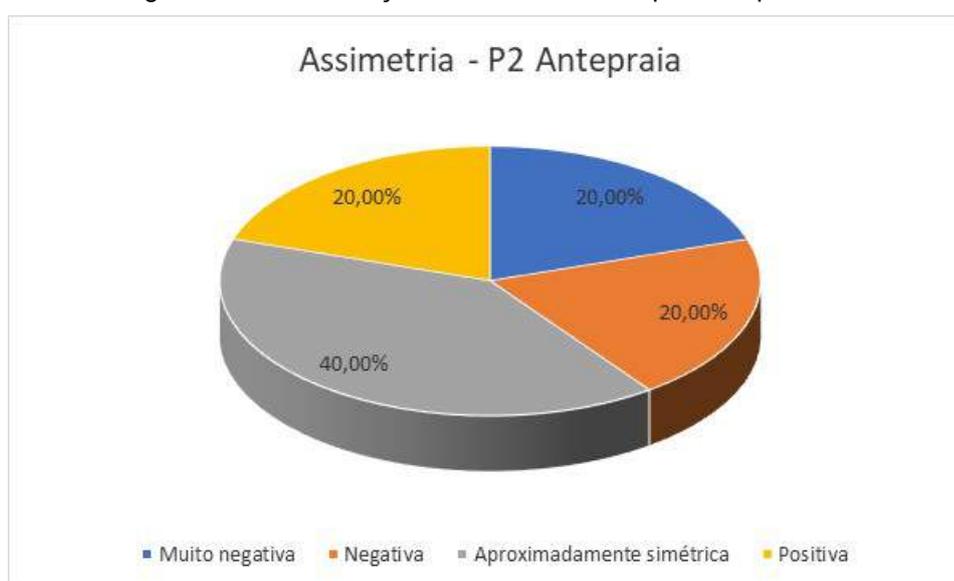
Figura 88 – Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 1



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

No perfil 2, analisando os setores individualmente, a antepiraia (figura 89) apresentou uma similaridade entre a assimetria negativa e a simétrica, ambas com 40%, enquanto a assimetria positiva foi evidenciada em apenas 20% dos grãos. Já no estirâncio (figura 90) prevaleceu a assimetria positiva, com 80% dos grãos. Se analisarmos o perfil como um todo, podemos afirmar que prevaleceu uma assimetria negativa, dado o percentual de 100% desta no setor de pós-praia (figura 91).

Figura 89 – Classificação Assimetria na antepiraia do perfil 2



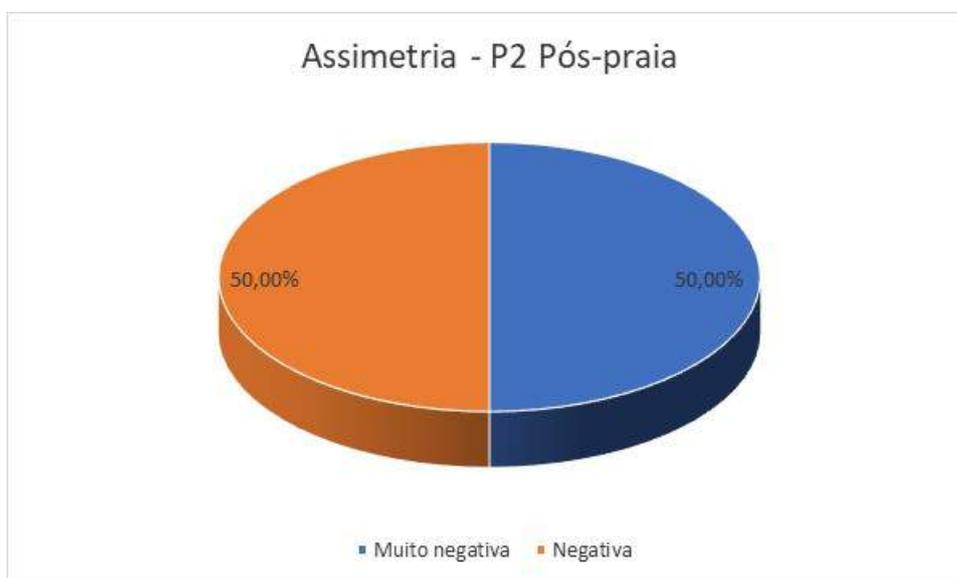
Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 90 – Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 2



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

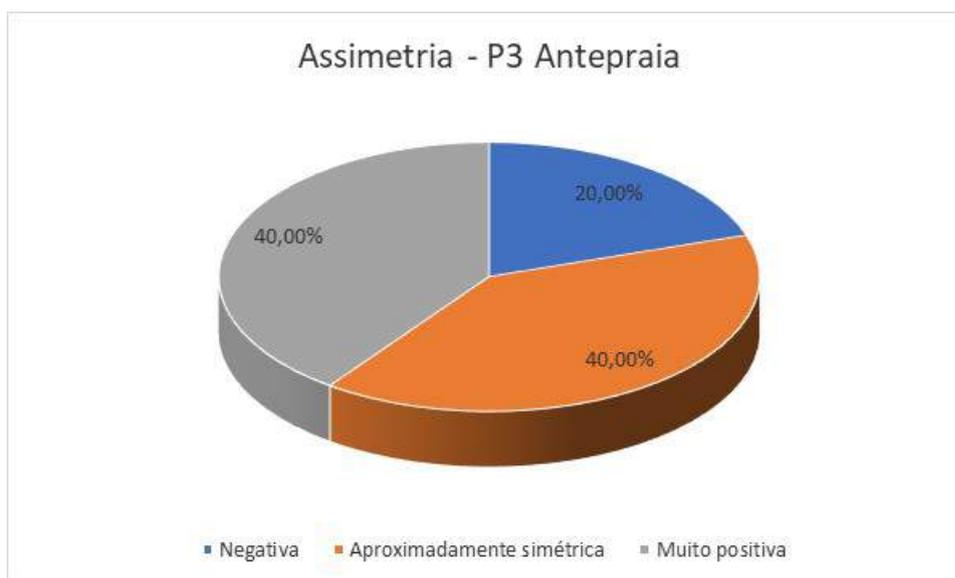
Figura 91 – Classificação Assimetria na pós-praia do perfil 2



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

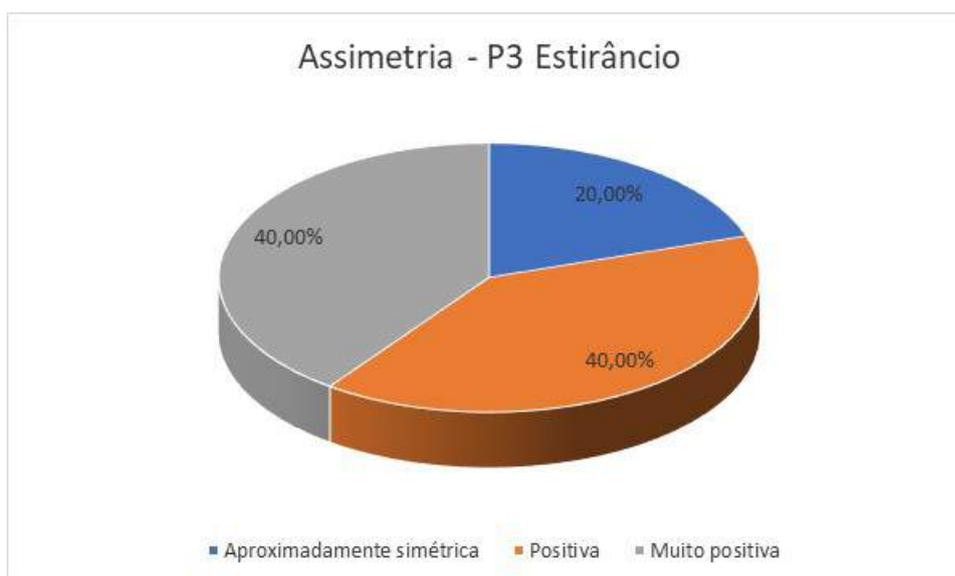
Na antepiraia do perfil 3 (figura 92) houve uma igualdade no percentual de grãos simétricos, e com assimetria positiva, ambas com 40%. Já no estirâncio deste perfil 3 (figura 93), assim como no perfil 2, também predominou uma assimetria positiva, com 80% dos grãos.

Figura 92 – Classificação Assimetria na antepiraia do perfil 3



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

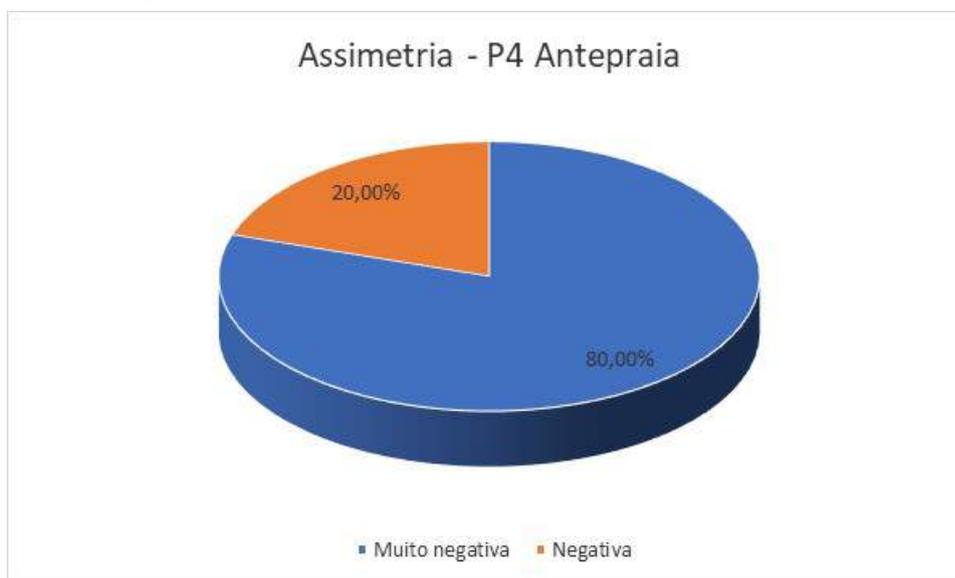
Figura 93 – Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 3



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

No perfil 4, por sua vez, a classificação nos setores de antepiraia (figura 94) e estirâncio (figura 95) foram idênticas, havendo um domínio na assimetria negativa dos grãos, com 100%, sendo 80% muito negativa, e 20% negativa.

Figura 94 – Classificação Assimetria na antepiraia do perfil 4



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

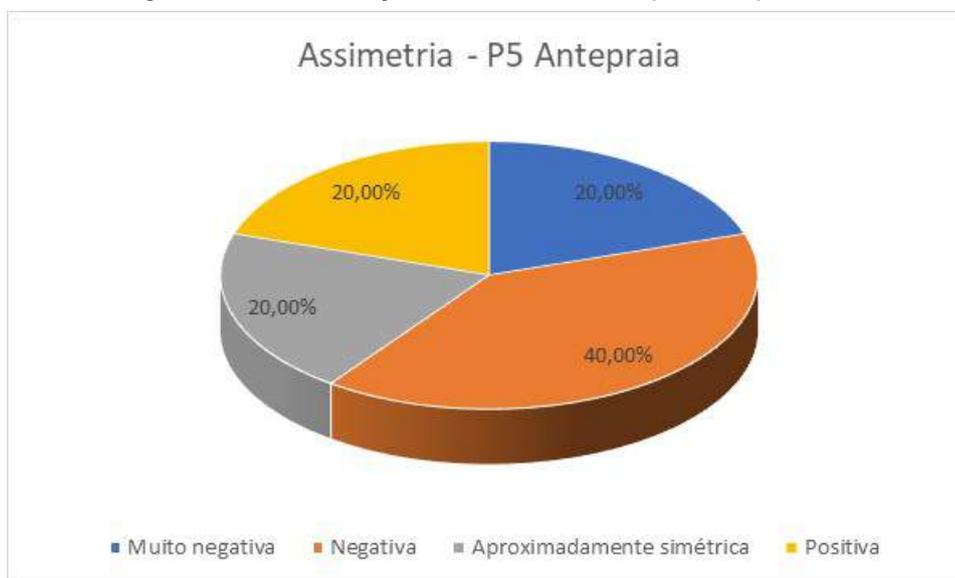
Figura 95 – Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 4



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

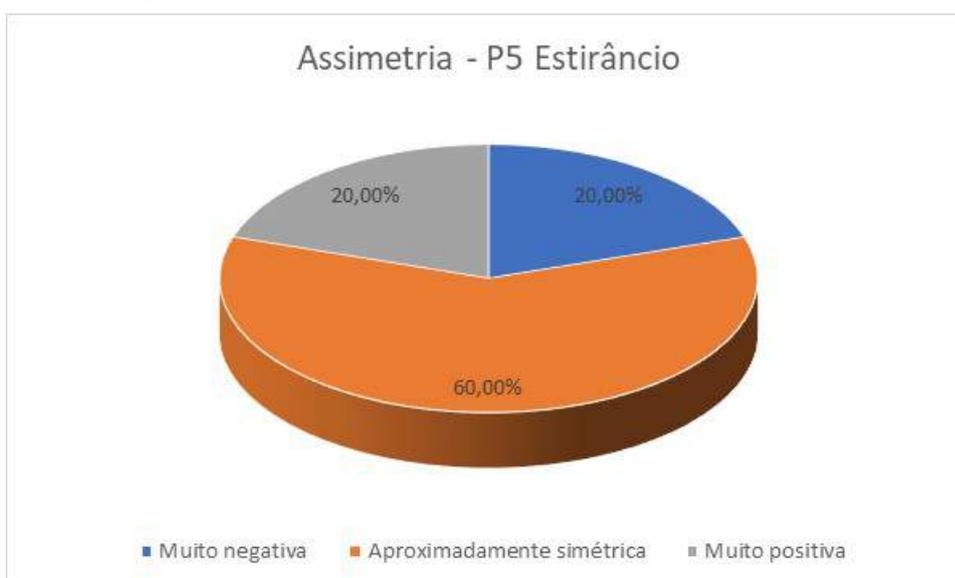
Os grãos do perfil 5 apresentaram uma assimetria negativa em 60% das amostras da antepiraia (figura 96). Todavia no estirâncio (figura 97), prevaleceu grãos simétricos em outras 60% das amostras sedimentares.

Figura 96 – Classificação Assimetria na antepiraia do perfil 5



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 97 – Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 5



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Na antepraia do perfil 6 (figura 98), assim como no estirâncio (figura 99), prevaleceu assimetria negativa. No primeiro, 100% da amostra recebeu esta classificação, enquanto no segundo, o percentual foi de 80%. Já no setor de pós-praia (figura 100) houve uma divisão de grãos com assimetria positiva (40%), e grãos simétricos (outros 40%).

Figura 98 – Classificação Assimetria na antepraia do perfil 6



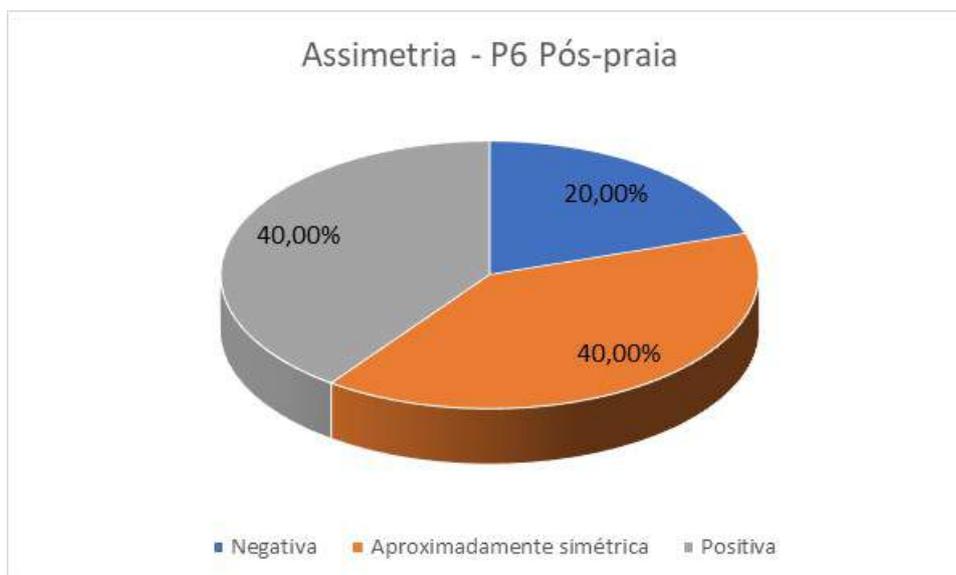
Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 99 – Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 6



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

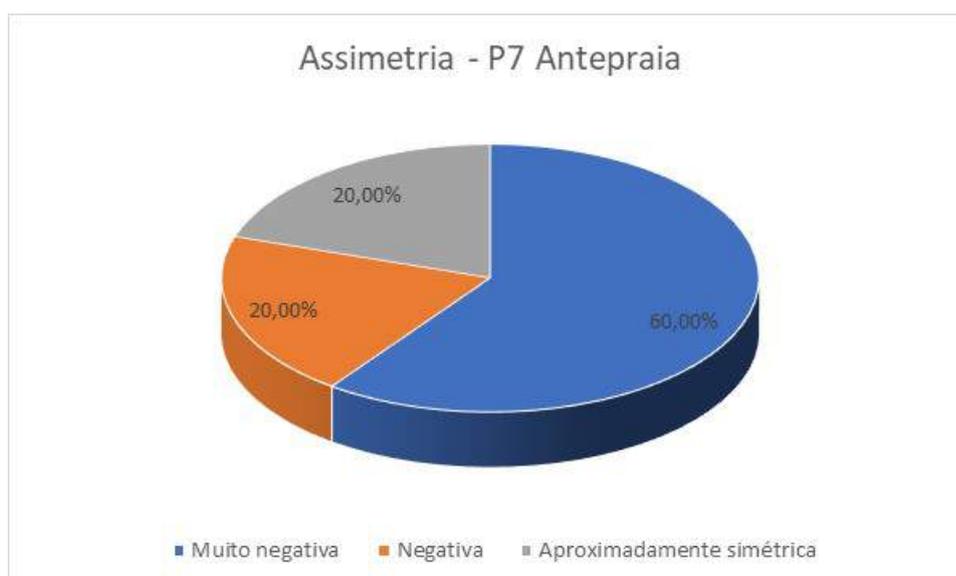
Figura 100 – Classificação Assimetria na pós-praia do perfil 6



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

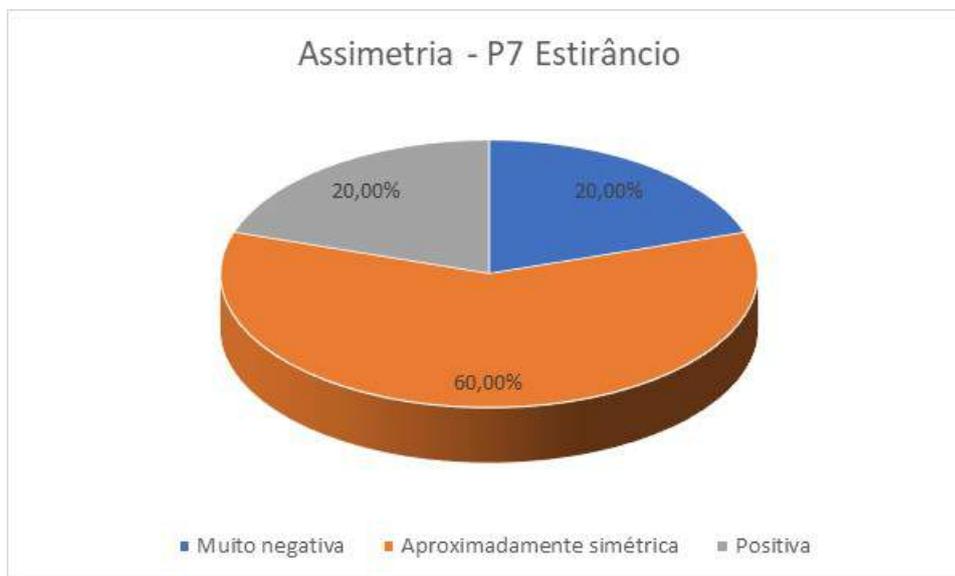
Por fim, no perfil 7, prevaleceu no setor de antepraia (figura 101) a assimetria negativa com 80% dos grãos, enquanto os outros 20% foram classificados como simétricos. Já no estirâncio (figura 102), 60% dos grãos se apresentaram simetricamente.

Figura 101 – Classificação Assimetria na antepraia do perfil 7



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

Figura 102 – Classificação Assimetria no estirâncio do perfil 7



Fonte: Sysgran 3.0 (2020).

5 MORFODINÂMICA DE PRAIA

No estudo morfodinâmico das praias do Município do Paulista, foram definidos cinco perfis com as mesmas coordenadas da pesquisa feita por Melo (2015), com o propósito de fazer um estudo comparativo dos perfis praias, bem como do comportamento morfodinâmico e evolutivo da área analisada. Também, com a mesma finalidade, foram considerados perfis de 1999 citados pelo mesmo, que serviram de base para comparação feita em sua Dissertação de Mestrado.

5.1 Perfis de Praia

No que tange aos perfis praias, foram realizados ao todo sete perfis bimestrais, entre os meses de julho/19 e março/20. Além dos cinco primeiros, encimados nos de Melo (2015), foram escolhidos outros dois com o propósito de abranger toda orla do litoral do município do Paulista-PE e melhor compreender as características morfológicas de suas praias.

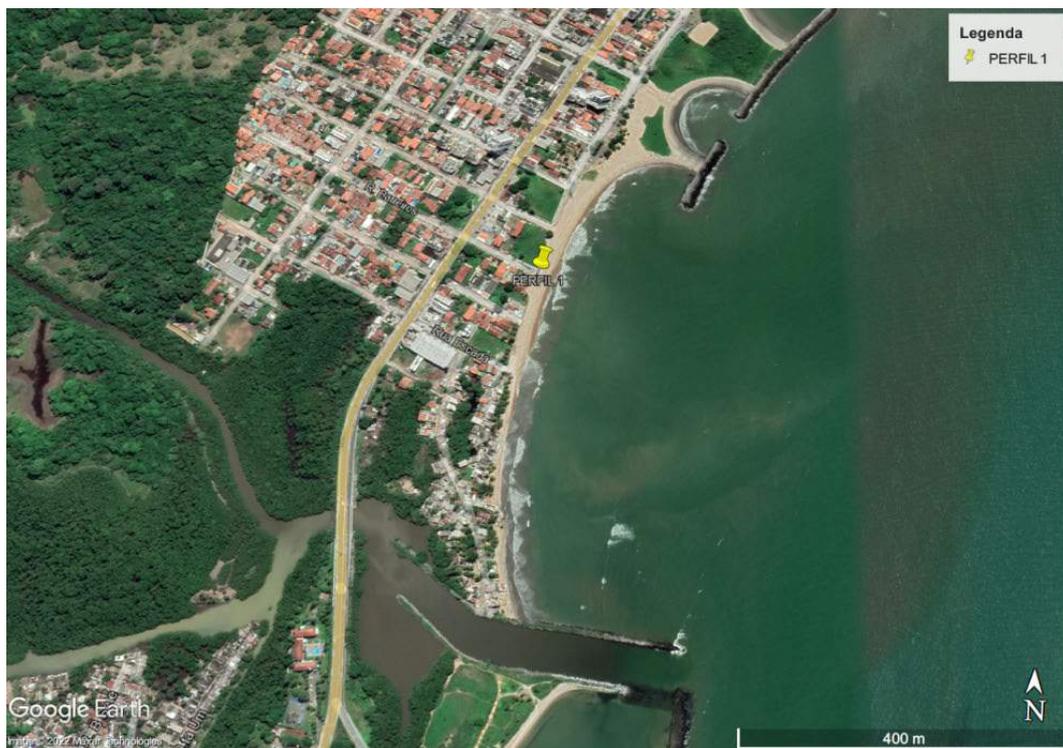
Os perfis foram feitos partindo do RN (Referência de Nível), perpendicularmente a linha de costa, em direção ao mar até a profundidade aproximada de 50 cm, sempre nas menores marés de cada mês.

5.1.1 Perfil de Praia 1

O primeiro perfil estudado localiza-se na Rua Barreiros, na praia de Enseadinha, bairro do Janga, próximo a desembocadura do rio Paratibe, nas coordenadas UTM (298425 E ; 9120309 S) (figura 103). Embora o RN tenha sido marcado em cima de uma estrutura de alvenaria (figura 104), não foi constatada erosão no mesmo, não havendo, portanto, nenhum tipo de alteração neste ponto.

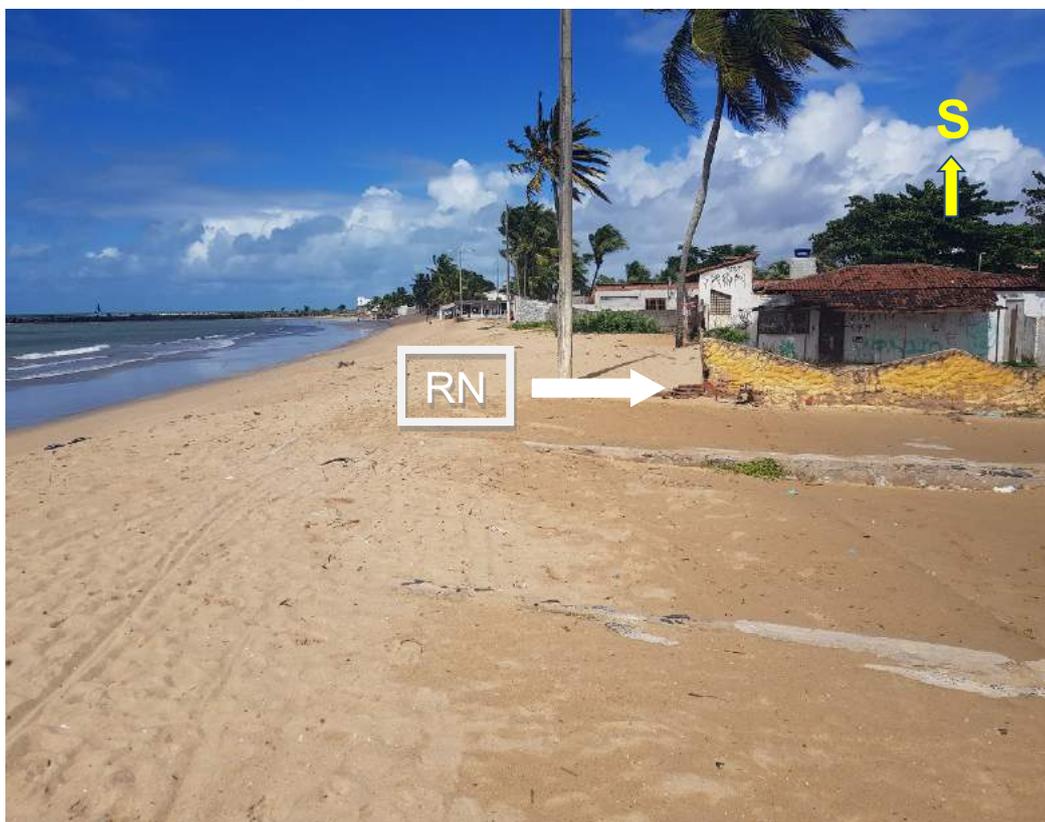
O comprimento deste perfil variou de 54,42m (março/20) a 77,70m (agosto/19) durante as etapas do levantamento (figura 105). Uma peculiaridade do mesmo foi à ausência de um setor de pós-praia, em virtude de um aterro realizado na área, para ações antrópicas, como a construção de calçadas, ruas, instalação de postes de energia elétrica, e construções habitacionais. O estirâncio apresentou inclinação média de $10,7^\circ$, e largura média de 36,9m (tabela 6). De modo geral, os perfis, durante o monitoramento, não mostraram grandes variações morfológicas (figura 106).

Figura 103 – Vista parcial da praia de Enseadinha, mostrando a localização do perfil 1, próximo a desembocadura do rio Paratibe, que separa os municípios de Olinda e Paulista



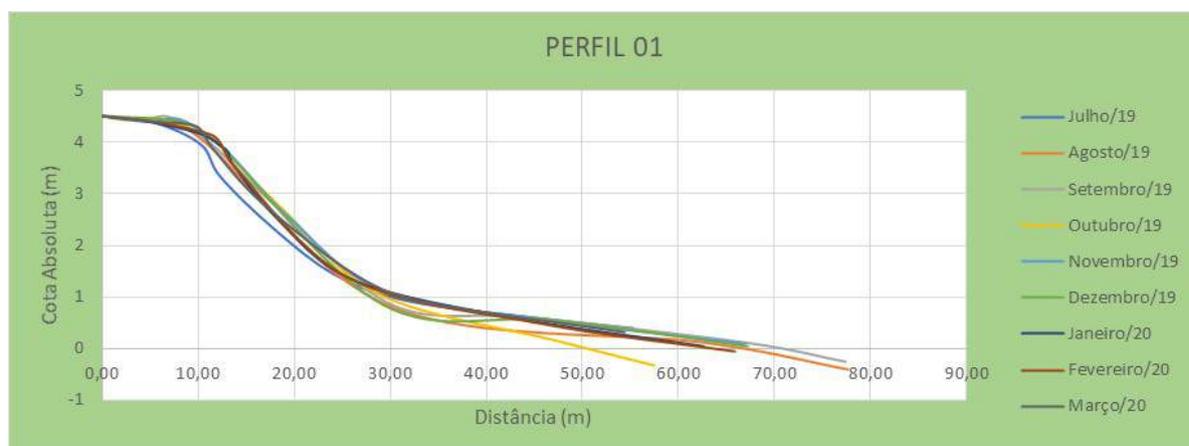
Fonte: Google Earth (2020).

Figura 104 – Localização do RN no perfil 1



Fonte: O autor (2019).

Figura 105 – Conjunto de perfis realizados na praia de Enseadinha durante os meses de monitoramento



Fonte: O autor (2020).

Tabela 15 – Variação de volume, de inclinação do estirâncio e de largura do estirâncio no perfil 1, durante os meses estudados

PERFIL 01					
Mês	Volume (m ³ /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP (m)	Largura Est. (m)
jul/19	103,904	0	10,3	-	33,1
ago/19	108,113	4,209	9,35	-	51,6
set/19	112,685	4,572	10,2	-	58,45
out/19	105,072	-7,613	10,8	-	35,65
nov/19	115,574	10,502	11,2	-	34,05
dez/19	112,264	-3,31	10,3	-	35,36
jan/20	109,952	-2,312	12,9	-	29,22
fev/20	110,838	0,886	10,2	-	32,02
mar/20	109,018	-1,82	11,6	-	22,96
BALANÇO FINAL/MÉDIA		5,114	10,76111111	-	36,93444444

Fonte: O autor (2020).

No que se refere ao volume sedimentar, a análise temporal da variação do volume (tabela 5.1) permitiu verificar que de julho/19 a novembro/19, houve deposição de sedimentos na faixa de praia, com variação de +11,67m³/m, enquanto nos meses subsequentes (dezembro/19 a março/20) houve tendência à erosão, com déficit de -6,56m³/m. O mês novembro/19, além de apresentar o maior volume no período de trabalho, com 115,57m³/m, também apresentou o maior balanço sedimentar positivo, comparado ao mês anterior, com variação de +10,5 m³/m (figura 5.4). Já o maior balanço sedimentar negativo ocorreu no mês de outubro/19, com variação de -7,61m³/m. A menor diferença na variação do volume ocorreu no mês de fevereiro/20, com pequena variação +0,87m³/m em relação ao mês anterior, o que mostra estabilidade no balanço sedimentar neste período. O balanço final médio, após os

nove meses de perfil foi de $+5,11\text{m}^3/\text{m}$, finalizando o trabalho neste ponto com esta variação positiva.

A figura 107 retrata a faixa de estirâncio no perfil 1, no mês de novembro/19.

Figura 106 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 1



Fonte: O autor (2020).

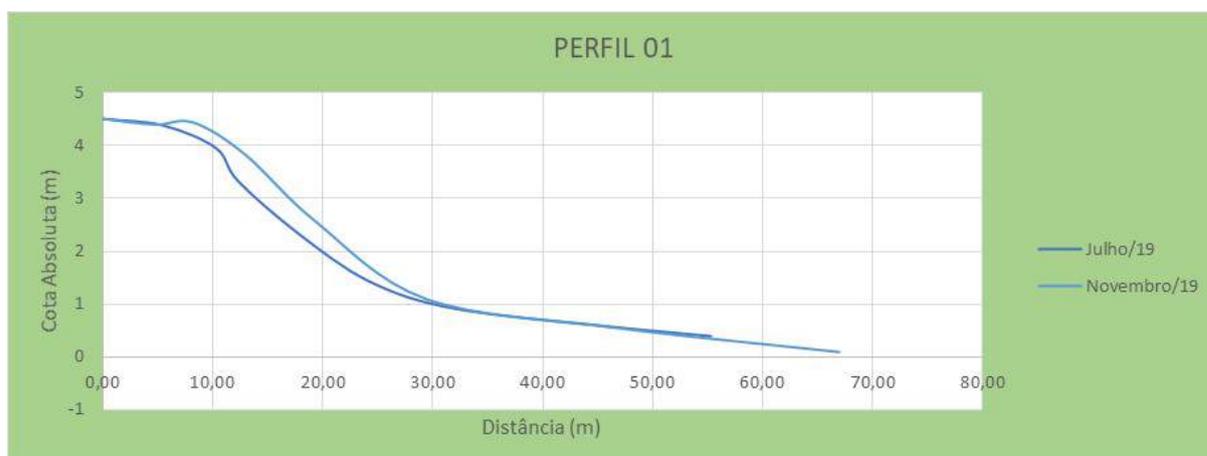
Figura 107 – Faixa do estirâncio no perfil 1, com vista de sul para norte



Fonte: O autor (2019).

Ainda com relação ao volume sedimentar, a maior diferença ocorreu entre os meses de julho/19, com $103,9\text{m}^3/\text{m}$, e novembro/19, com $115,6\text{m}^3/\text{m}$, representando um balanço de $+11,7\text{m}^3/\text{m}$. Tal diferença é evidenciada na tabela 5.1, e morfologicamente caracterizada no gráfico abaixo (figura 108), onde é possível observar um maior comprimento de perfil, comparado a julho/19, bem como a formação de uma crista no trecho aproximado entre 6m e 30m.

Figura 108 – Morfologia do perfil de praia 1, nos meses de julho/19 e novembro/19



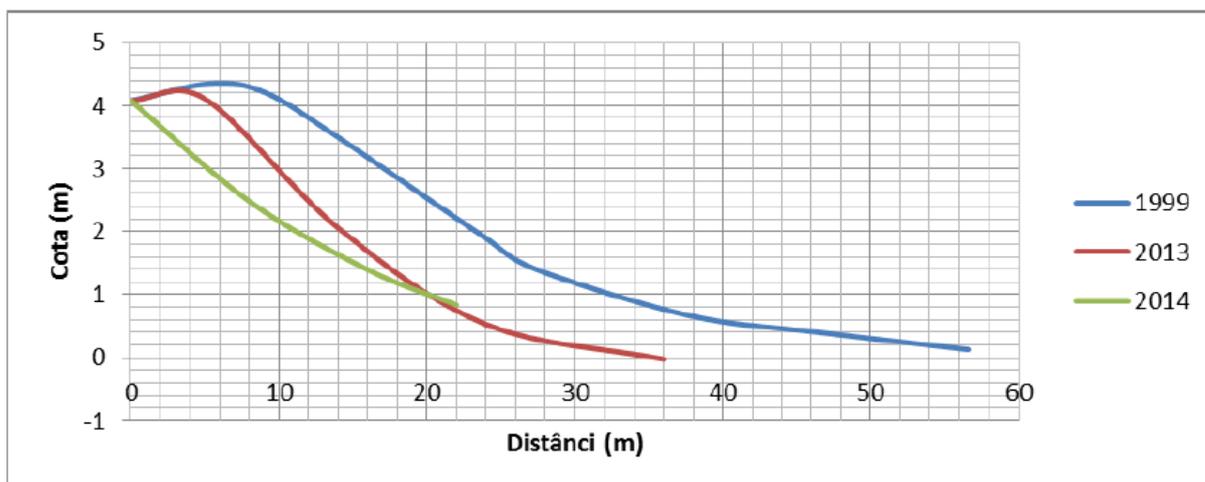
Fonte: O autor (2020).

Como já foi dito anteriormente, Melo (2015) fez comparação de seus levantamentos realizados nos anos de 2013 e 2014, com outro levantamento realizado no ano de 1999, no mesmo ponto onde foi realizado o perfil 1, do presente trabalho (figura 109). Comparando os dados de 1999, 2013 e 2014 do autor referido acima, com os perfis realizados em 2019 e 2020 no presente trabalho, é possível afirmar que atualmente, o volume sedimentar atual se assemelha numericamente aquele calculado em 1999, dada a semelhança no seu balanço final (tabela 6 e tabela 7). Segundo Melo (2015), em 1999 o volume no local foi de $107,96\text{ m}^3/\text{m}$, enquanto que em agosto/19, o volume sedimentar foi de $108,1\text{m}^3/\text{m}$. Esses números mostram a semelhança ocorrida no balanço sedimentar nestes períodos.

Também se constatou a evolução que ocorreu na área, se comparado o volume sedimentar de 2014 com o de julho/19, uma vez que em 2014 este número foi de apenas $41,31\text{m}^3/\text{m}$. É possível observar ainda a semelhança na morfologia da curva do perfil de 1999, com os perfis realizados em 2019 e 2020. O comprimento do perfil está dentro da média dos comprimentos mais atuais, diferentemente dos anos de 2013 e 2014, onde a extensão era significativamente menor (em torno de 28 metros).

Uma outra diferença observada é na cota do RN, onde o valor atualmente encontra-se 0,5m acima da cota medida até 2014, o que também contribuiu para um aumento no volume sedimentar atual.

Figura 109 – Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 1, em 2013 e 2014



Fonte: Melo (2015).

Tabela 18 – Variação do volume sedimentar no ponto 1 nos anos de 1999, 2013 e 2014

Mês	Volume (m ³ /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m ³ /m)
Ano 1999	107,96	0*
Ano 2013	64,02	-43,94
Ano 2014	41,31	-22,71

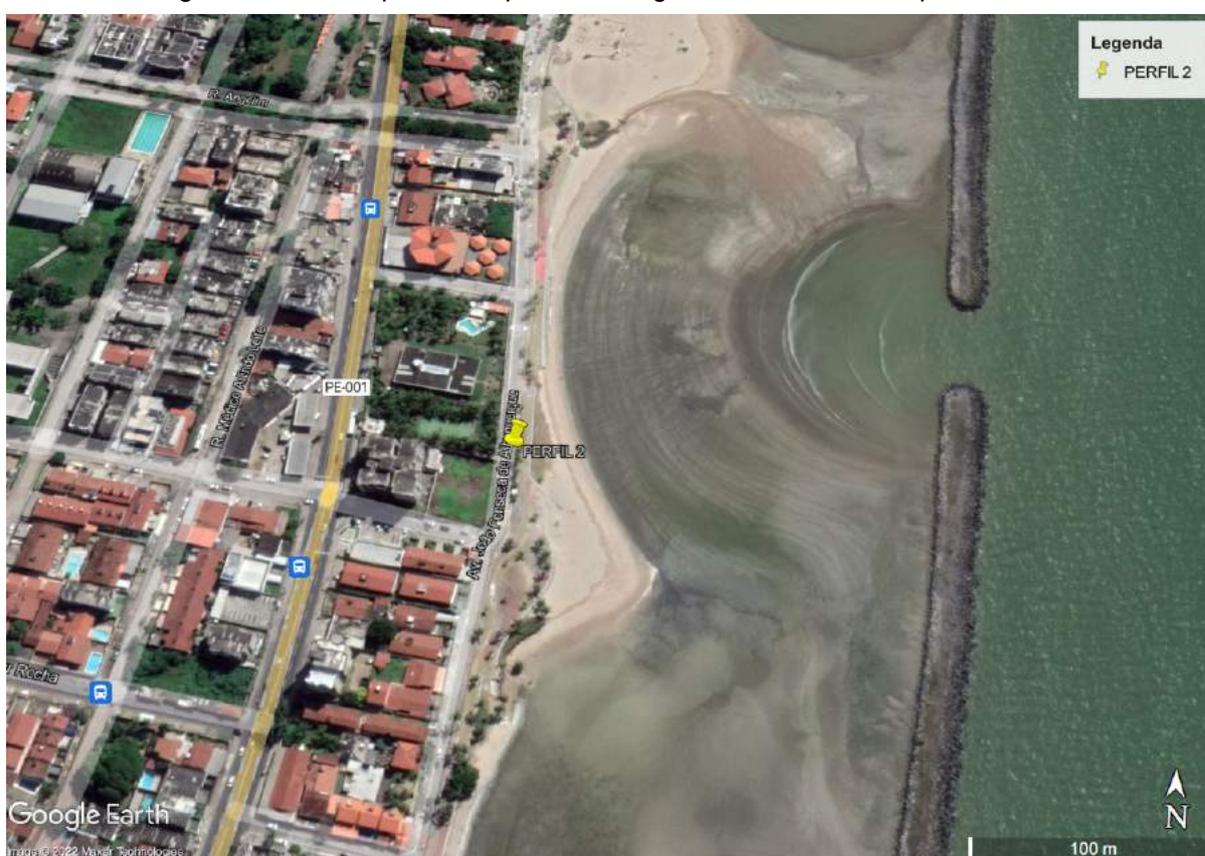
* Ano de referência

Fonte: Melo (2015).

5.1.2 Perfil de Praia 2

O perfil 2 está localizado próximo ao cruzamento da Rua Cabedelo com a Avenida João Fonseca de Albuquerque, no bairro do Janga, distante cerca de 1400 metros a norte do perfil 1, nas coordenadas UTM (298907 E ; 9121622 S) (figura 110). O RN deste ponto está localizado no muro presente na calçada do lado esquerdo (olhando para o norte) da Avenida João Fonseca de Albuquerque, mais precisamente no ponto que divide dois terrenos no local (figura 111).

Figura 110 – Vista parcial da praia do Janga, onde se localiza o perfil 2



Fonte: Google Earth (2020).

Figura 111 – Localização do RN no perfil 2

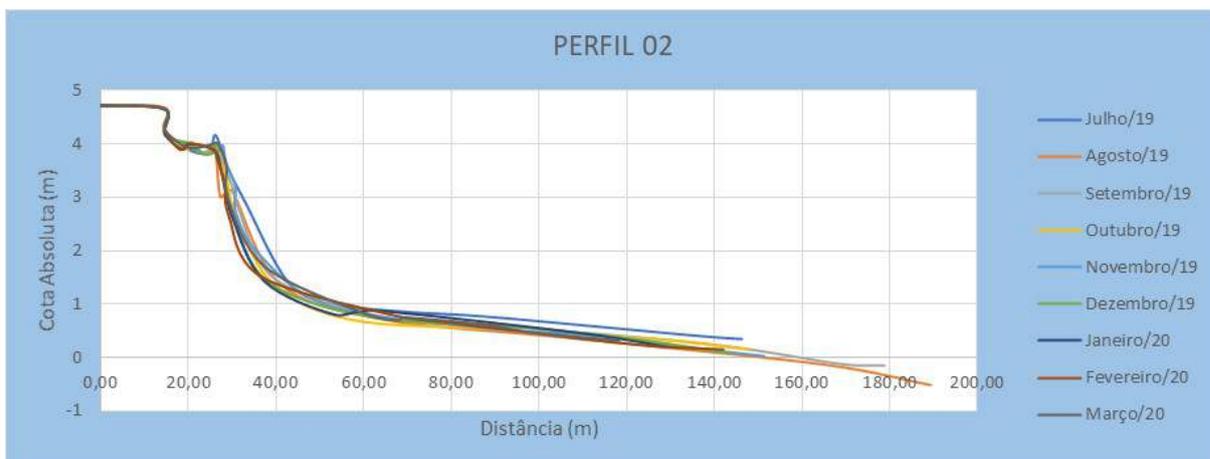


Fonte: O autor (2019).

Este perfil foi caracterizado por ser o maior, em termos de comprimento, de todos os perfis estudados. Assim como no perfil 1, o mês de março/20 do perfil 2 também ficou marcado por apresentar o menor comprimento durante o período monitorado, medindo 118,30m, enquanto o mês de agosto/19 apresentou o maior, com 189,35m (figura 112). A região de pós-praia apresentou uma largura variando entre 11,4m e 16,1m, e média geral de 12,9 m de comprimento, sendo distinguida pela presença de vegetação *Panicum Reptans*, popularmente conhecida como capim de areia, o que contribuiu para a diminuição do retrabalhamento dos sedimentos pela ação do vento, apesar da capinagem periódica realizada pela prefeitura no local.

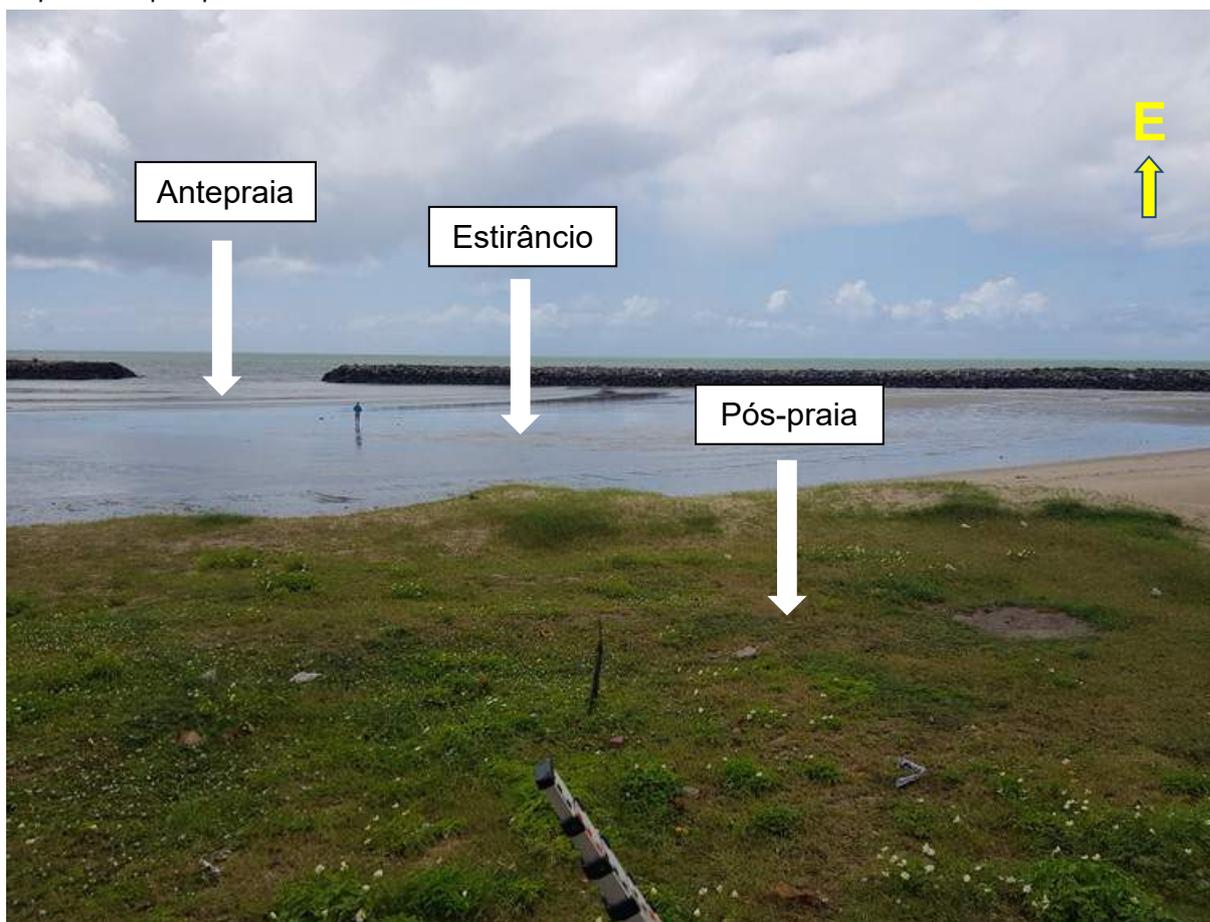
A figura 113 mostra todos os setores presentes neste perfil 2, bem como a presença da vegetação *Panicum Reptans*, enquanto a figura 114 mostra a capinação realizada pelo município.

Figura 112 – Conjunto de perfis realizados no ponto 2, durante os meses de monitoramento



Fonte: O autor (2020).

Figura 113 – Vista mostrando a presença de todos os setores no perfil 2, incluindo a vegetação *Panicum Reptans* na pós-praia



Fonte: O autor (julho/19).

Figura 114 – *Panicum Reptans* capinado no setor de pós-praia do perfil 2

Fonte: O autor (janeiro/19).

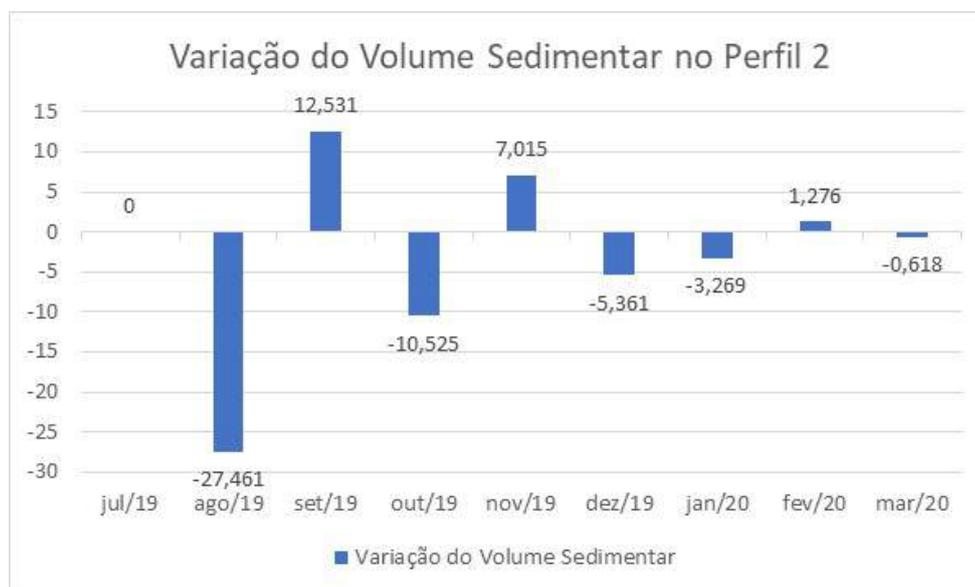
No que se refere ao balanço sedimentar, o mês de julho/19 foi o que obteve o maior volume, com $233,5\text{m}^3/\text{m}$ (tabela 8). Isso se deve, entre outros fatores, a presença de uma berma com aproximadamente 40cm de altura, associada a um estirâncio com largura aproximada de 107,4m. O mês de setembro/19 foi o que apresentou uma maior variação positiva no volume sedimentar, comparando ao mês anterior, com uma deposição de $12,5\text{m}^3/\text{m}$ (figura 115). Entretanto, o balanço sedimentar final foi negativo, apresentando erosão no local, com déficit sedimentar de $-26,4\text{m}^3/\text{m}$.

Tabela 21 – Variação de volume, de inclinação do estirâncio, de largura de pós-praia e de largura do estirâncio no perfil 2, durante os meses estudados

PERFIL 02					
Mês	Volume (m^3/m)	$V_{n+1} - V_n$ (m^3/m)	Inclinação ($^\circ$)	Largura PP (m)	Largura Est. (m)
jul/19	233,521	0	8,7	11,55	107,35
ago/19	206,06	-27,461	9	15,35	123,5
set/19	218,591	12,531	10,3	12,3	137,4
out/19	208,066	-10,525	9	11,7	97,65
nov/19	215,081	7,015	8,4	16,05	100,5
dez/19	209,72	-5,361	11,2	11,44	93,59
jan/20	206,451	-3,269	11,8	11,38	79,57
fev/20	207,727	1,276	12	12,07	92,9
mar/20	207,109	-0,618	8,6	14,08	69,32
BALANÇO FINAL/MÉDIA		-26,412	9,888888889	12,88	100,1977778

Fonte: O autor (2020).

Figura 115 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 2



Fonte: O autor (2020).

Conforme observado na tabela 8, a inclinação média do estirâncio foi de $9,9^\circ$, com variação entre $8,4^\circ$ e 12° , enquanto sua largura variou entre 69,3m e 137,4m, com média de 100,2m, o que contribuiu para que este perfil obtivesse o maior comprimento, dentre todos os perfis estudados.

A figura 116 mostra parte do estirâncio no local, no mês de janeiro/20.

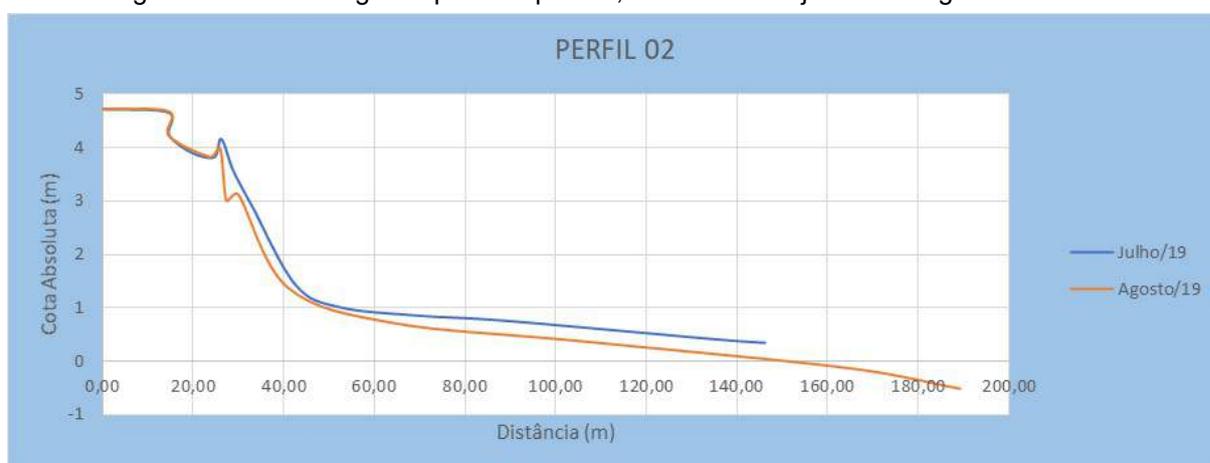
Figura 116 – Trecho do estirâncio no perfil 2



Fonte: O autor (2020).

A maior diferença no quesito balanço sedimentar ocorreu entre os meses de julho/19 e agosto/19, com um déficit de $-27,5\text{m}^3/\text{m}$. O gráfico abaixo mostra fatores que contribuíram para esta diferença. Apesar do mês de agosto/19 possuir aproximadamente 40m a mais de comprimento no perfil, sua cota absoluta (altura) reduziu 30cm em alguns pontos. Observa-se também no gráfico, o recuo em aproximadamente 2m da berma, além do surgimento de uma segunda berma, no mês de agosto/19, há aproximadamente 30 metros do RN. Esses fatores foram determinantes para essa diferença no volume sedimentar (figura 117).

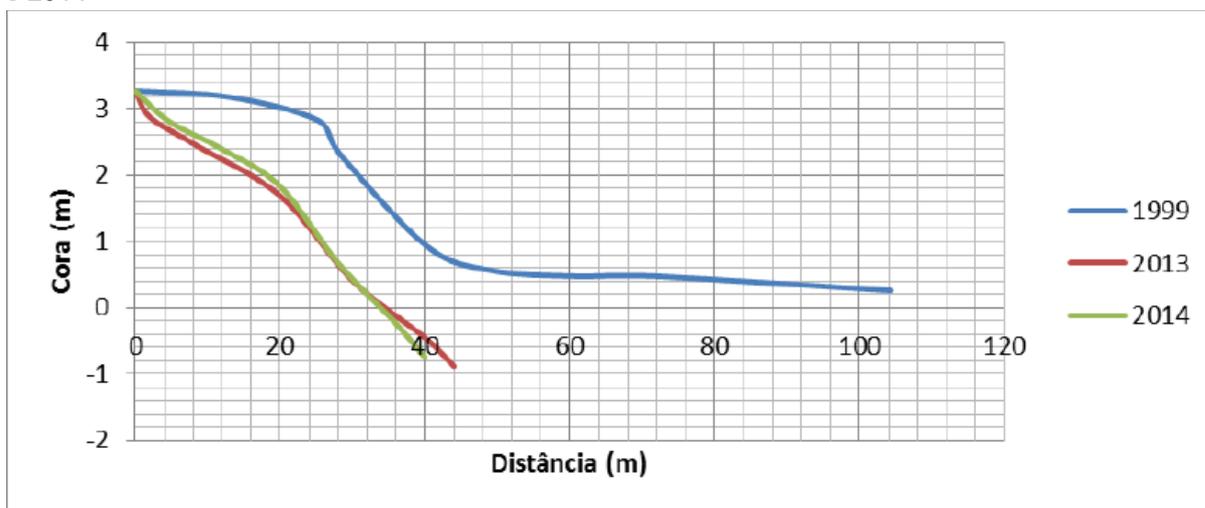
Figura 117 – Morfologia do perfil de praia 2, nos meses de julho/19 e agosto/19



Fonte: O autor (2020).

Já na comparação destes perfis, com os perfis apresentados na dissertação de Melo (2015), podemos novamente afirmar que o comportamento morfológico se mostra mais parecido com o perfil realizado em 1999, do que com os realizados em 2013 e 2014 (figura 118). A semelhança ocorre pela morfologia do perfil, como a presença de berma na pós-praia, e o elevado comprimento do perfil praiado, atingindo o patamar superior aos 100m, situação que não ocorreu nos anos de 2013 e 2014, onde o comprimento atingiu apenas 43m. No que se refere às diferenças, é possível citar que o volume sedimentar atual é superior a todos os anos estudados anteriormente (tabela 9). O menor volume dentre os meses estudados em 2019 e 2020 foi de $206,0\text{m}^3/\text{m}$, em agosto/19, o que representa uma deposição de $+60,6\text{m}^3/\text{m}$ comparado com o ano de 1999, e de $+135,2\text{m}^3/\text{m}$ com 2014.

Figura 118 – Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 2, em 2013 e 2014



Fonte: Melo (2015).

Tabela 24 – Variação do volume sedimentar no ponto 2 nos anos de 1999, 2013 e 2014

Mês	Volume (m ³ /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m ³ /m)
Ano 1999	145,39	0*
Ano 2013	58,60	-86,79
Ano 2014	70,78	12,18

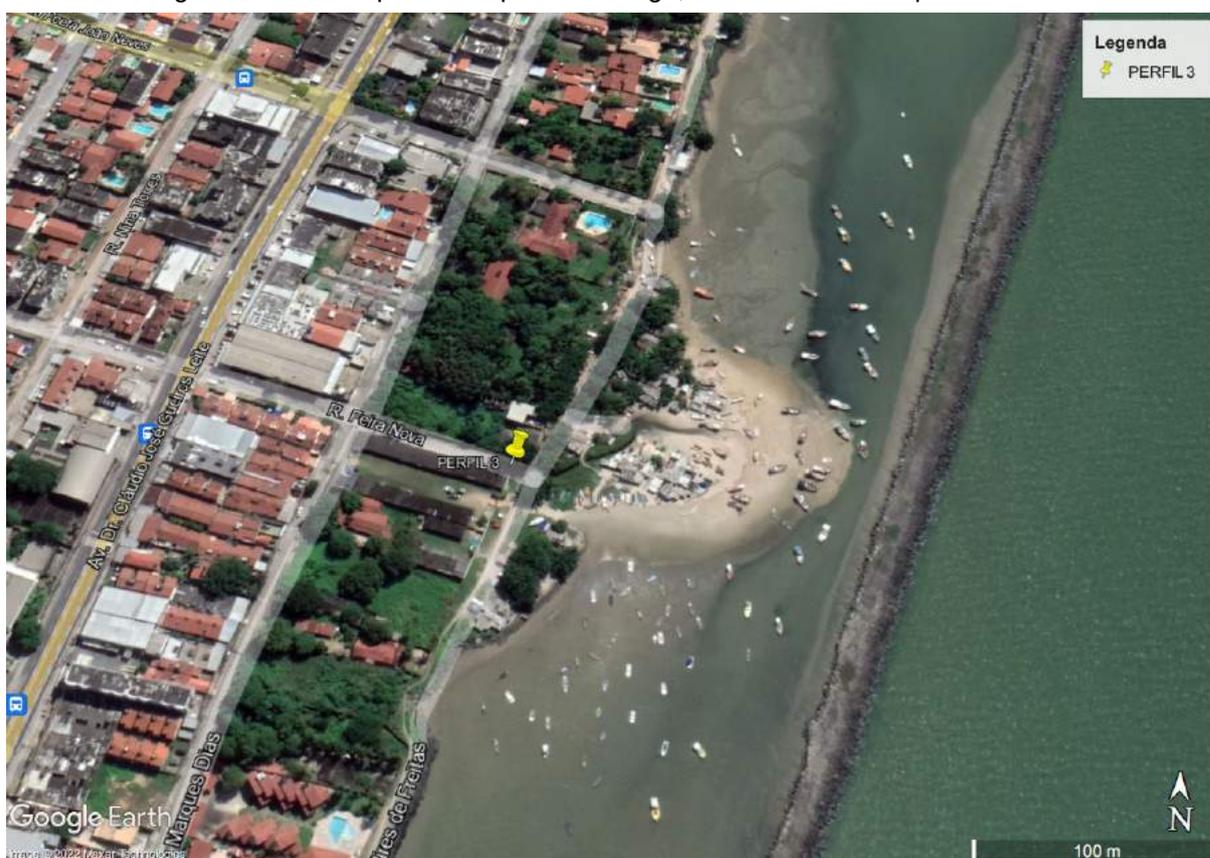
* mês de referência

Fonte: Melo (2015).

5.1.3 Perfil de Praia 3

O terceiro perfil realizado na área possui coordenadas UTM (299151 E ; 9122837 S), e localiza-se na Rua Feira Nova, distando aproximadamente 1240m do perfil 2 (figura 119).

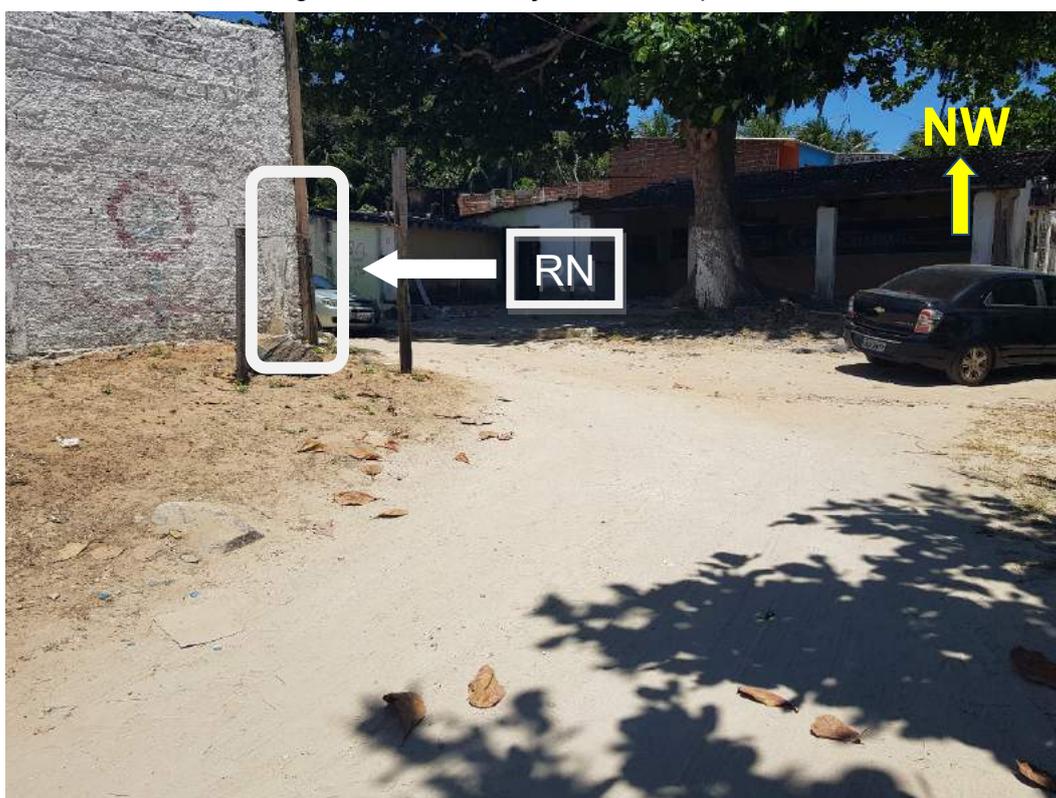
Figura 119 – Vista parcial da praia do Janga, onde se localiza o perfil 3



Fonte: Google Earth (2020).

Seu RN, assim como nos anos de 1999, 2013 e 2014 fica localizado no final da Rua Feira Nova, mais precisamente no muro de esquina do lado direito (figura 120).

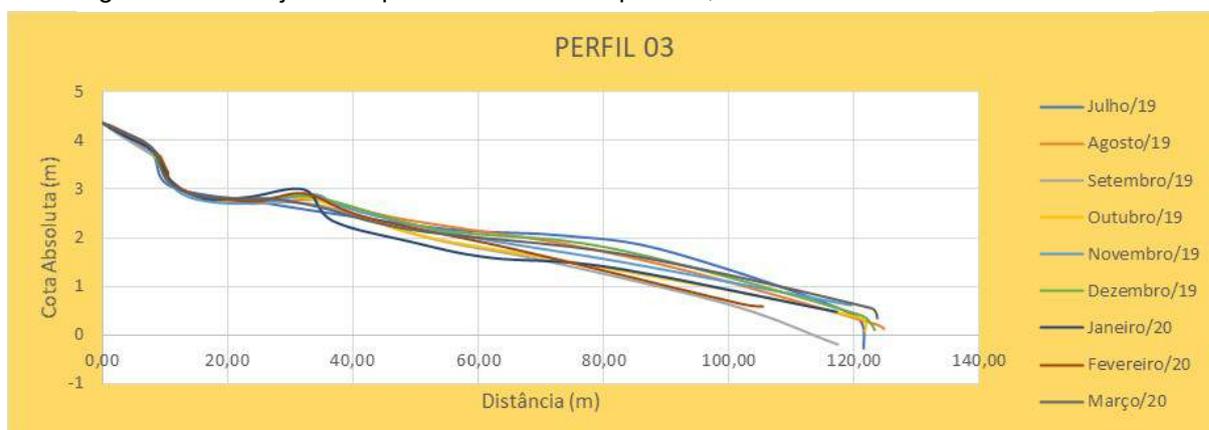
Figura 120 – Localização do RN no perfil 3



Fonte: O autor (2019).

Este perfil foi o segundo maior dos perfis estudados, no que se refere ao comprimento total, atrás apenas do perfil 2, apresentado no tópico anterior. Este valor variou de 105,5m, em fevereiro/20 a 124,8m em agosto/19 (figura 121). É importante ressaltar que este perfil, assim como o perfil 1, não conta com setor de pós-praia, dada a ocupação urbana no local, com a construção de bares, marinas e residências. Esse fator também contribuiu para um menor comprimento total do seu perfil.

Figura 121 – Conjunto de perfis realizados no ponto 3, durante os meses de monitoramento



Fonte: O autor (2020).

Também foi este o perfil que apresentou, visualmente, o maior grau de insalubridade das praias do litoral, com elevados odores e uma grande quantidade de matéria orgânica lançada diretamente ao mar (comprometendo até mesmo sua cor) através de um canal artificial para escoamento de efluentes sanitários, com ligações clandestinas da população. Em virtude disto, em alguns meses de estudo não foi possível adentrar após a linha d'água, para efetuar a leitura topográfica. É possível observar a morfologia deste canal, na figura acima, no trecho compreendido entre 10m e 25m.

Com relação as características morfológicas, temos que estirâncio apresentou uma inclinação média bastante suave, com ângulos variando entre 0,8° e 1,6°, e uma largura média de 78,2m. Apesar de não ser o perfil que obteve o maior comprimento total, foi neste ponto e que se calculou os maiores volumes sedimentares nos meses de estudo. O mês de julho/19 apresentou o maior valor, com 259,8m³/m, enquanto o mês de setembro/19 o menor volume, com 217,7m³/m (tabela 10).

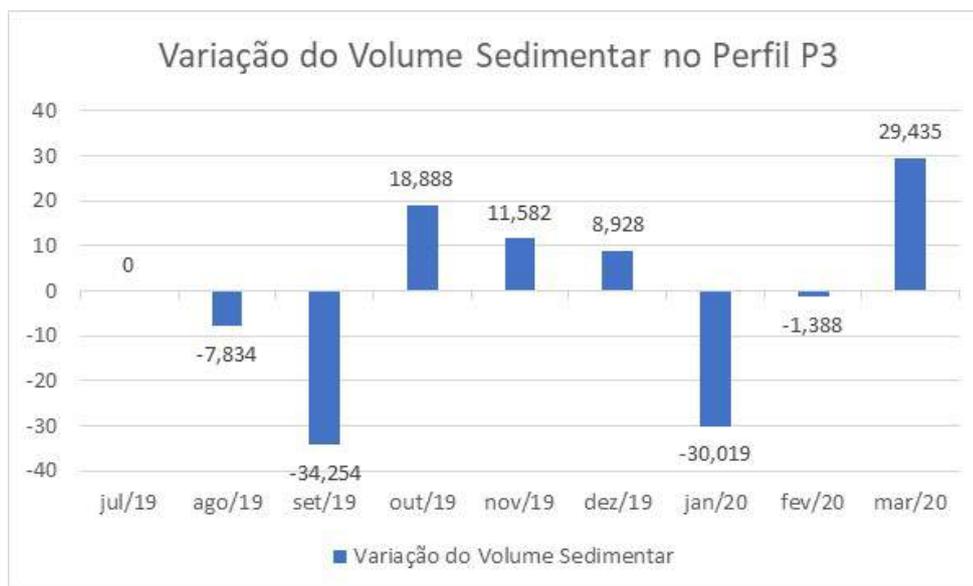
Na comparação mensal, o maior déficit ocorreu no mês de setembro/19 com uma variação de -34,3m³/m, confrontando com o mês anterior. Já a maior deposição ocorreu no mês de março/20, com um ganho de +29,4m³/m em relação ao mês de fevereiro/20 (figura 122). O balanço sedimentar final foi -4,7m³/m, o que evidencia uma pequena erosão.

Tabela 27 – Variação de volume, de inclinação do estirâncio, e de largura do estirâncio no perfil 3, durante os meses estudados

PERFIL 03					
Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP (m)	Largura Est. (m)
jul/19	259,819	0	0,8	-	79,75
ago/19	251,985	-7,834	1,4	-	77,7
set/19	217,731	-34,254	1,6	-	65,9
out/19	236,619	18,888	1,3	-	88,1
nov/19	248,201	11,582	1,4	-	82,7
dez/19	257,129	8,928	0,8	-	86,75
jan/20	227,11	-30,019	0,9	-	80,43
fev/20	225,722	-1,388	1,6	-	69,73
mar/20	255,157	29,435	0,8	-	72,68
BALANÇO FINAL/MÉDIA		-4,662	1,177777778	-	78,19333333

Fonte: O autor (2020).

Figura 122 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 3



Fonte: O autor (2020).

Na figura 123 abaixo, podemos observar o trecho onde deveria se situar a pós-praia, escavado para passagem do canal artificial com lançamento de efluentes ao mar, e ocupado por lanchas, barcos e veículos da marina que existe no local.

Já na figura 124, observa-se o trecho do estirâncio, também ocupado por embarcações, e sinais da presença de matéria orgânica no local.

Figura 123 – Presença de embarcações e veículos no setor que deveria ser a pós-praia, além do acúmulo de material sedimentar no local onde houve a escavação para passagem do canal artificial



Fonte: O autor (2020).

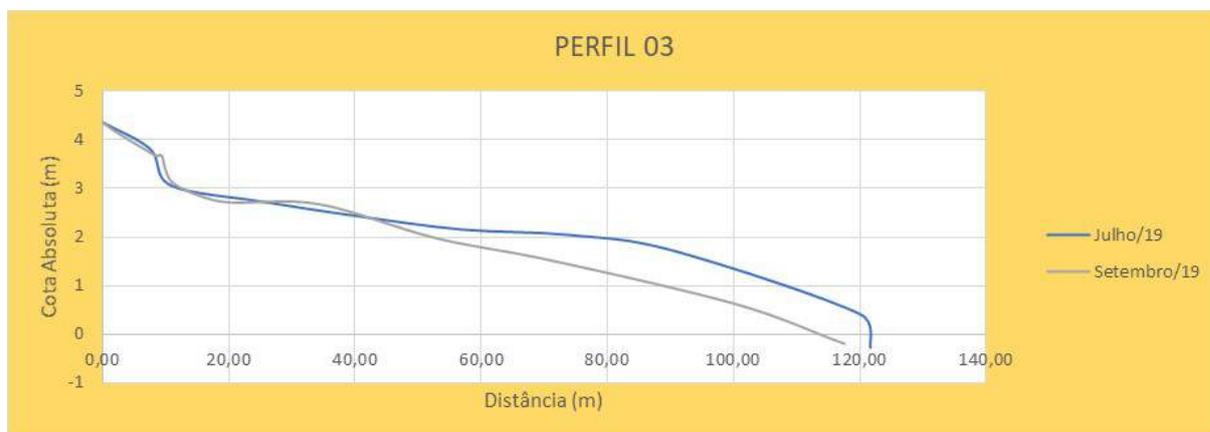
Figura 124 – Setor de estirâncio com a presença de embarcações no local, e sinais de matéria orgânica



Fonte: O autor (2020).

Finalizado todos nos trabalhos durante o período de estudo, e comparando o comportamento bimestral do que se refere ao volume sedimentar, observa-se que a maior diferença ocorreu entre os meses de julho/19 e setembro/19, com déficit de $-42,1\text{m}^3/\text{m}$. Analisando o gráfico da morfologia praia nestes dois meses (figura 125), podemos afirmar que em setembro/19 houve uma pequena deposição no trecho compreendido entre 25m e 40m, seguido de uma grande erosão em todo o estirâncio, a partir dos 43m, até a linha d'água.

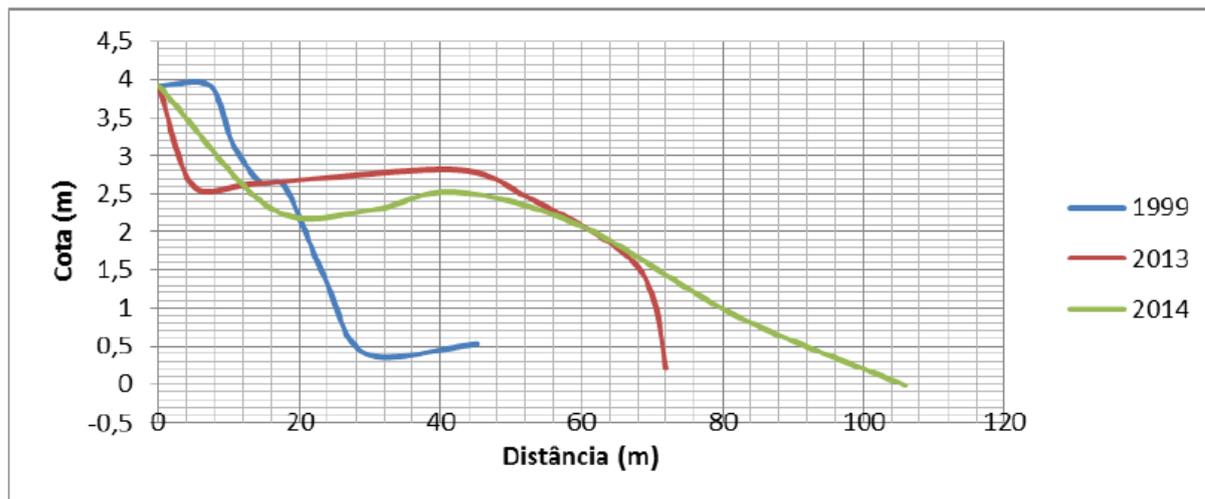
Figura 125 – Morfologia do perfil de praia 3, nos meses de julho/19 e setembro/19



Fonte: O autor (2020).

Confrontando-se agora, os perfis atuais, com aqueles realizados por Melo (2015), podemos afirmar que, diferentemente dos perfis anteriores, este tem um comportamento morfológico semelhante ao de 2014 (figura 126), inclusive com volume sedimentar muito parecido com $219,78\text{ m}^3/\text{m}$ em 2014, e $217,7\text{m}^3/\text{m}$ em setembro/19 (tabela 11). Observa-se também que em 2019 e 2020 a cota absoluta teve um acréscimo de aproximadamente 40cm no seu RN, que pode estar relacionada ao aterro no local para obras antrópicas.

Figura 126 – Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 3, em 2013 e 2014



Fonte: Melo (2015).

Tabela 30 – Variação do volume sedimentar no ponto 3 nos anos de 1999, 2013 e 2014

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)
Ano 1999	84,24	0*
Ano 2013	178,54	94,3
Ano 2014	219,78	41,24

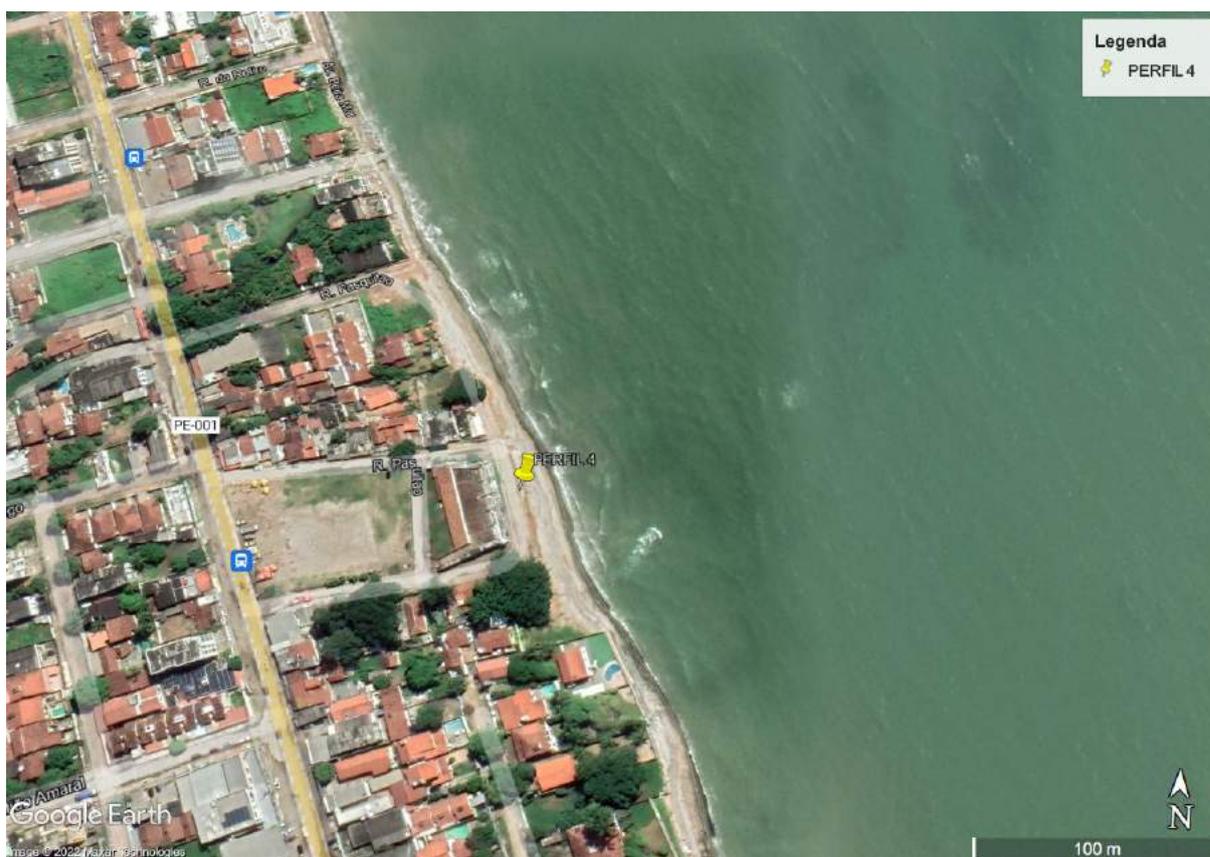
* mês de referência

Fonte: Melo (2015).

5.1.4 Perfil de Praia 4

O perfil de praia 4 está localizado na Rua Paquistão, em frente ao Forte de Pau Amarelo. Este perfil dista aproximadamente 2320m do perfil anterior, e possui coordenadas UTM (299058 E ; 9125157 S). A figura 127 abaixo mostra a vista parcial deste perfil.

Figura 127 – Vista parcial da praia de Pau Amarelo, onde se localiza o perfil 4



Fonte: Google Earth (2020).

Inicialmente, o RN era localizado em frente a um poste de energia elétrica (figura 128). Todavia, no intervalo entre o primeiro e o segundo mês, o poste foi recuado pela prefeitura, havendo necessidade de recuar o ponto do RN em 4,0m (figura 129).

Figura 128 – Localização do RN no perfil 4 no mês de julho/19



Fonte: O autor (julho/19).

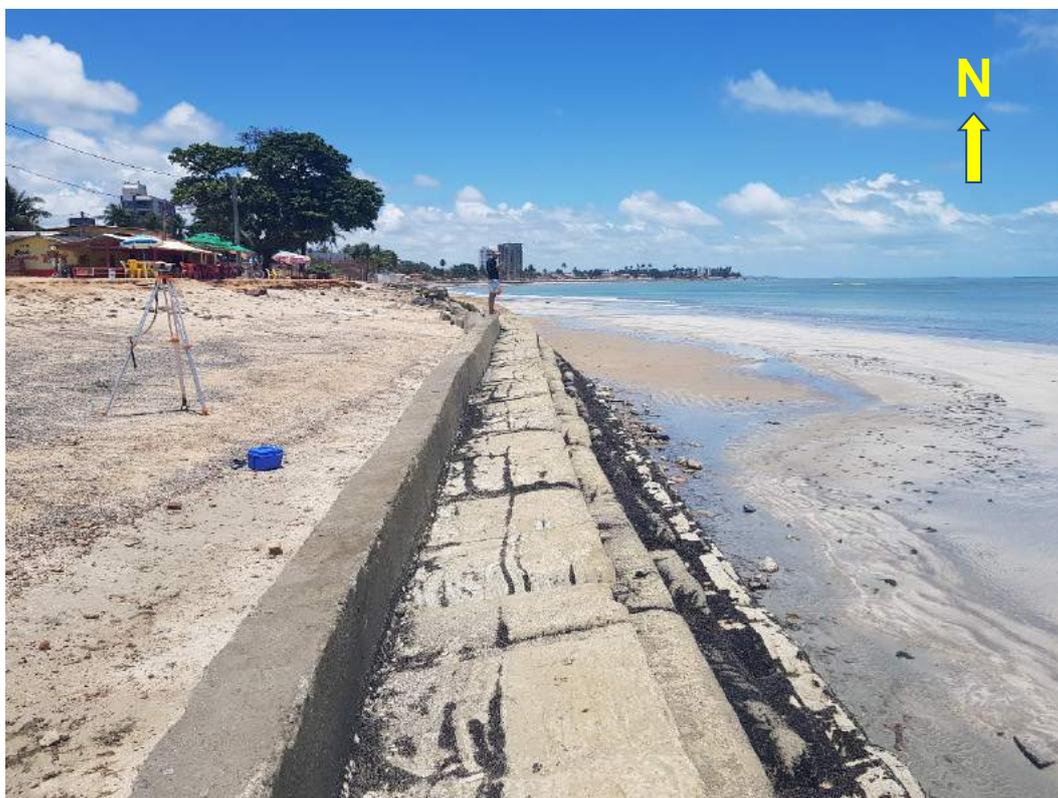
Figura 129 – Localização do RN no perfil 4 no mês de outubro/19



Fonte: O autor (outubro/19).

Este é o primeiro dos dois pontos estudados em que houve uma intervenção antrópica, com a construção de um dissipador de energia chamado “Bagwall”, cujo objetivo é conter a erosão costeira no local (figura 130).

Figura 130 – Bagwall instalado no ponto 4, como método de contenção costeira



Fonte: O autor (2019).

O bagwall é, portanto, uma estrutura que utiliza sacos de geotêxtil para aprisionar e modelar o concreto com auxílio das formas de madeiras e sacos têxteis. Em geral, são recipientes de pequeno volume que são preenchidos no local da construção da estrutura. Os sacos de geotêxtil são utilizados para recobrimento em locais que apresentam instabilidade e estão passando por processo erosivo. É um mecanismo que visa frear o impacto das ondas em determinados pontos, bem como, realizar uma engorda natural na praia. Não existe um estudo no local que comprove esse engordamento natural. Todavia, se compararmos a variação do volume sedimentar calculado neste ponto, nos primeiros cinco meses de estudo (julho/19 a novembro/19), com os quatro últimos (dezembro/19 a março/20), podemos ver que houve um aumento significativo no volume sedimentar no local. Enquanto nos primeiros cinco meses essa variação foi de $2,4\text{m}^3/\text{m}$, nos quatro últimos esse volume foi de $15,2\text{m}^3/\text{m}$ (tabela 12).

Tabela 33 – Variação de volume, de inclinação do estirâncio, e de largura do estirâncio no perfil 4, durante os meses estudados

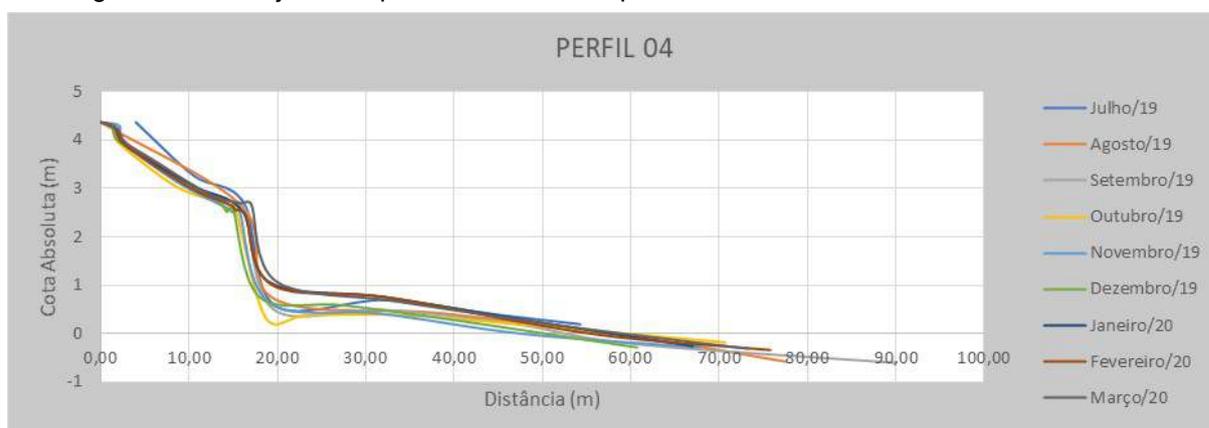
PERFIL 04					
Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP (m)	Largura Est. (m)
jul/19	64,686	0	0,4	-	24,6
ago/19	76,423	11,737	1,1	-	42,9
set/19	71,081	-5,342	1	-	40,45
out/19	66,165	-4,916	0,5	-	27,3
nov/19	67,059	0,894	1,3	-	28,8
dez/19	68,358	1,299	1,3	-	22,75
jan/20	80,638	12,28	1,5	-	27,97
fev/20	79,059	-1,579	1,6	-	36,39
mar/20	82,275	3,216	1,6	-	33,4
BALANÇO FINAL/MÉDIA		17,589	1,144444444	-	31,61777778

Fonte: O autor (2020).

Neste perfil também não há setor de pós-praia. O local foi novamente tomado pela ação antrópica (construção de bares), vide sua localização turística (Forte de Pau Amarelo), além do aterro realizado no local para construção do Bagwall. Este ponto apresentou uma inclinação média de estirâncio mais suave, com uma variação de 0,4° a 1,6°, com média de 1,1°. A largura média do estirâncio ficou em 31,6m, variando de 24,6m (em julho/19) a 42,9 (agosto/19).

Já o comprimento total deste perfil oscilou entre 54,3m em julho/19 e 90,05m em setembro/19. Na figura 131 abaixo podemos observar a morfologia dos perfis de praia em todos os meses estudados. Já na figura 132, podemos observar parte do trecho que compõe o estirâncio no local.

Figura 131 – Conjunto de perfis realizados no ponto 4, durante os meses de monitoramento



Fonte: O autor (2020).

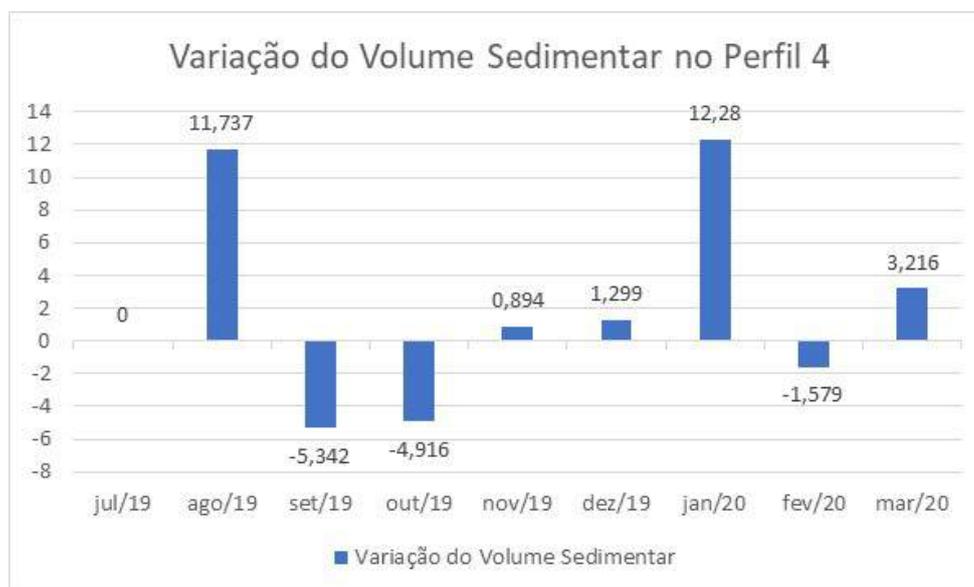
Figura 132 – Estirâncio no perfil praiial 4, abaixo do bagwall



Fonte: O autor (março/20).

Ainda no que concerne ao volume sedimentar, o maior balanço sedimentar positivo ocorreu no mês de janeiro/20, com uma variação de $+12,3\text{m}^3/\text{m}$, enquanto que a maior erosão ocorreu no mês de setembro/19, com déficit de $-5,3\text{m}^3/\text{m}$ (figura 133). O balanço final após os nove meses de estudo foi positivo, com variação de $+17,6\text{m}^3/\text{m}$, corroborando com um dos objetivos do bagwall, que é o engordamento natural da praia, através da deposição sedimentar.

Figura 133 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 4



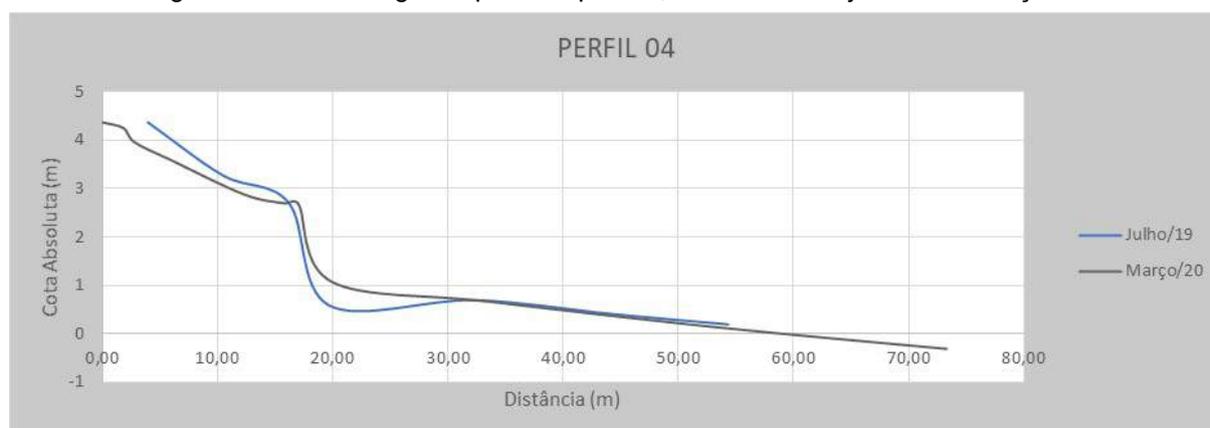
Fonte: O autor (2020).

Na comparação com os meses que apresentaram menor e maior volume, sendo respectivamente julho/19 com 64,7 m³/m, e março/20, com 82,3m³/m, podemos observar através do gráfico abaixo os motivos que contribuíram para isso (figura 134). Observa-se uma deposição significativa no trecho compreendido entre 18m e 28m, no mês de março/20, associado a um comprimento total do perfil maior em aproximadamente 20 metros. É importante frisar que no mês de julho/19, a leitura do último ponto foi realizada 10m após a linha d'água, enquanto no mês de março/20, essa mesma leitura aconteceu 20m após a linha d'água. Essa variação se dá em virtude da movimentação da maré no determinado dia, podendo permitir que a leitura seja realizada mais adentro ou mais a fora do mar.

Também se faz necessário lembrar que o mês de julho/19 foi o único que teve seu RN 4,0m a frente dos demais.

Seguindo com a análise do gráfico, observa-se que no trecho acima do bagwall, entre 4m e 17m aproximadamente, é possível visualizar que houve uma erosão. Isso pode ter acontecido pelo impacto das ondas diretamente no dissipador de energia, durante o período de maré máxima, o que faz com que os sedimentos ali presentes sejam transportados para a parte inferior da estrutura, já no setor de estirâncio.

Figura 134 – Morfologia do perfil de praia 4, nos meses de julho/19 e março/20



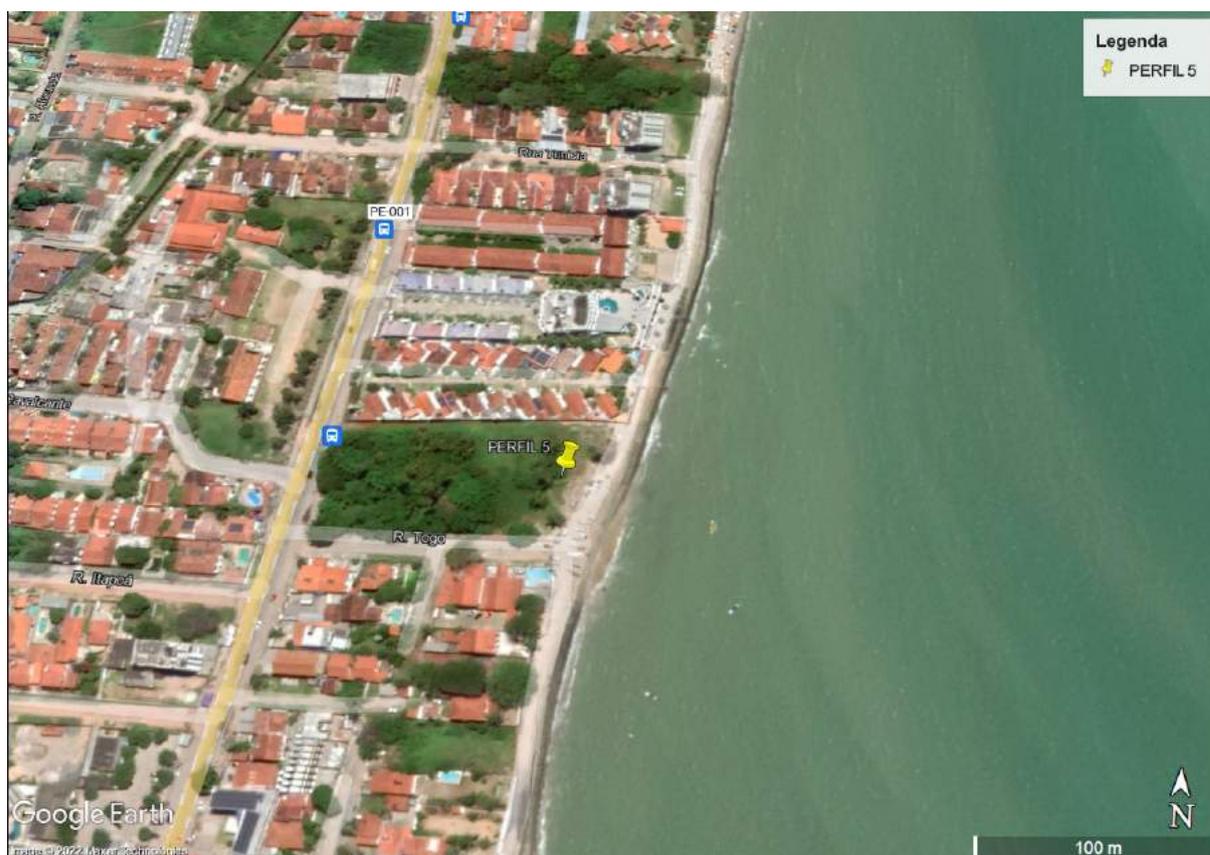
Fonte: O autor (2020).

No que se refere ao trabalho de Melo (2015), cuja comparação deste trabalho com perfis realizados pela autora em anos anteriores vinha ocorrendo desde o perfil 1, a mesma não executou nenhum estudo neste ponto, não havendo, portanto, nenhuma observação a se fazer.

5.1.5 Perfil de Praia 5

O quinto perfil estudado fica localizado 30 metros a norte da interseção da Rua Togo com a Avenida Beira Mar, no bairro de Nossa Senhora da Conceição. Possui coordenadas geográficas UTM (298842 E ; longitude 9126597 S), e dista aproximadamente 1500 metros do perfil 4 (figura 135). Sua referência de nível fica localizado em um coqueiro presente no campo de estudo (figura 136).

Figura 135 – Vista parcial da praia de Nossa Senhora da Conceição, onde se localiza o perfil 5



Fonte: Google Earth (2020).

Figura 136 – Localização do RN no perfil 5

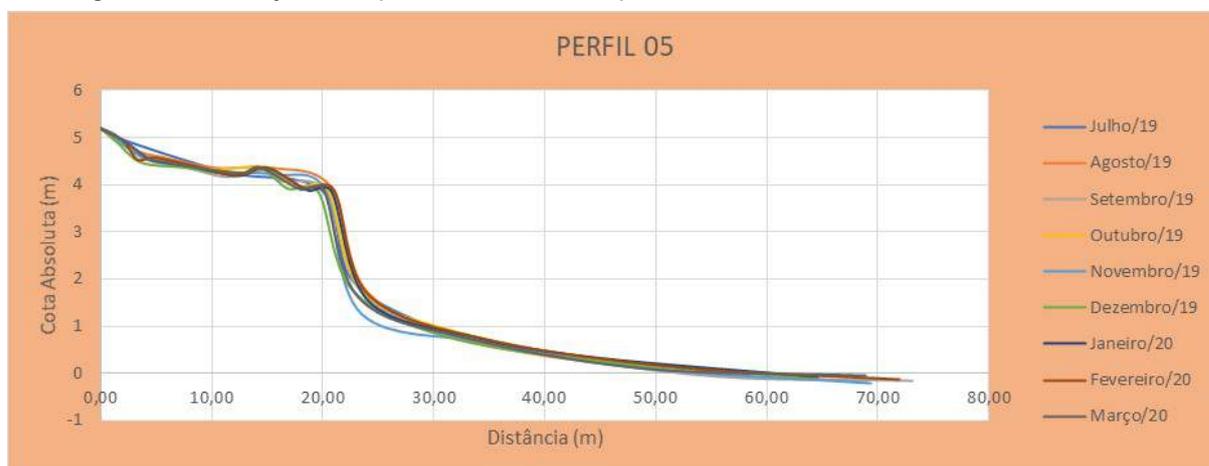


Fonte: O autor (2019).

Assim como no perfil 4, este perfil também apresenta a mesma estrutura de contenção costeira, o Bagwall, uma vez que o enrocamento anteriormente instalado não surtiu o efeito esperado. Diante disto, este perfil também não apresenta o setor de pós-praia.

Também como no perfil 4, os meses que se destacaram por possuir o menor e o maior comprimento total de perfil, respectivamente, foram os meses de julho/19, com 47,25m e setembro/19 com 73,05 (figura 137).

Figura 137 – Conjunto de perfis realizados no ponto 5, durante os meses de monitoramento



Fonte: O autor (2020).

Associando o menor e maior comprimento do perfil, citado anteriormente, apenas com a largura do estirâncio, podemos observar que julho/19 também apresentou a menor largura, com 14,8m, enquanto o mês de setembro/19 obteve a segunda maior largura com 29,8m. A média geral da largura do estirâncio foi de 24,4m. A inclinação média do estirâncio variou de 2,5° a 5,9° (tabela 13).

Tabela 36 – Variação de volume, de inclinação do estirâncio, e de largura do estirâncio no perfil 5, durante os meses estudados

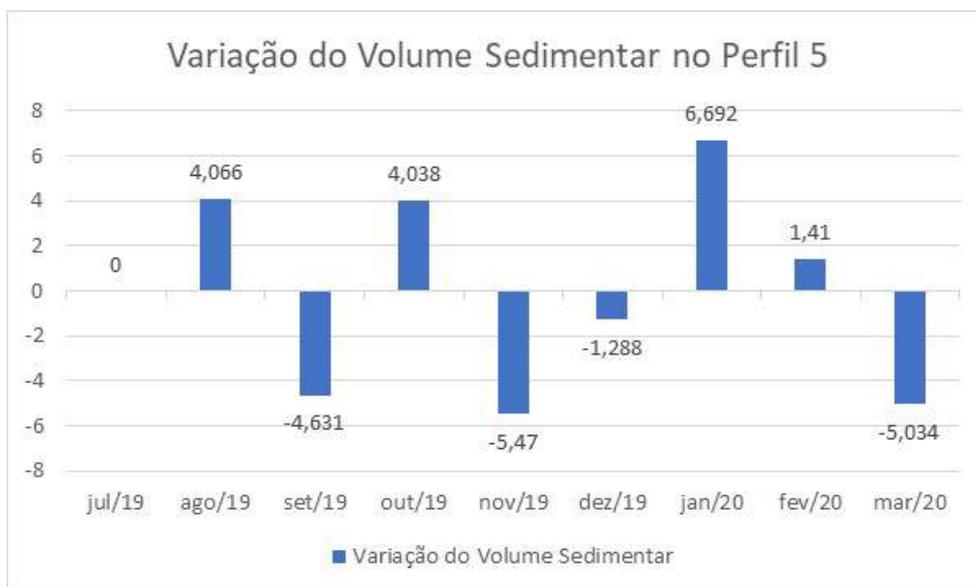
PERFIL 05					
Mês	Volume (m³/m)	$V_{n+1} - V_n$ (m³/m)	Inclinação (°)	Largura PP (m)	Largura Est. (m)
jul/19	115,306	0	5,9	-	14,8
ago/19	119,372	4,066	3,2	-	29,95
set/19	114,741	-4,631	3,5	-	29,8
out/19	118,779	4,038	3,8	-	23,8
nov/19	113,309	-5,47	2,5	-	25,9
dez/19	112,021	-1,288	4	-	21,51
jan/20	118,713	6,692	3,3	-	20,52
fev/20	120,123	1,41	3,1	-	27,79
mar/20	115,089	-5,034	3,3	-	25,71
BALANÇO FINAL/MÉDIA		-0,217	3,622222222	-	24,42

Fonte: O autor (2020).

Observa-se na figura 137 ilustrada anteriormente, que o perfil não teve grandes variações morfológicas, sobretudo no setor de estirâncio. Da mesma forma, a variação do volume sedimentar também se mostrou consideravelmente estável, com balanço final de apenas -0,2m³/m. A maior deposição sedimentar ocorreu no mês de janeiro/20 comparado ao mês anterior, com uma variação de +6,7m³/m, enquanto o maior déficit sedimentar ocorreu no mês novembro/19 com -5,5m³/m, caracterizando uma pequena erosão no local, comparando com o mês anterior (figura 138).

É possível observar na figura 139, de outubro/19, o setor onde se localizaria a pós-praia, mas que recebeu o aterro para construção do bagwall, a fim de tentar minimizar os impactos da erosão costeira. Já na figura 140, de março/20, é possível conferir a faixa de estirâncio do presente perfil praiial.

Figura 138 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 5



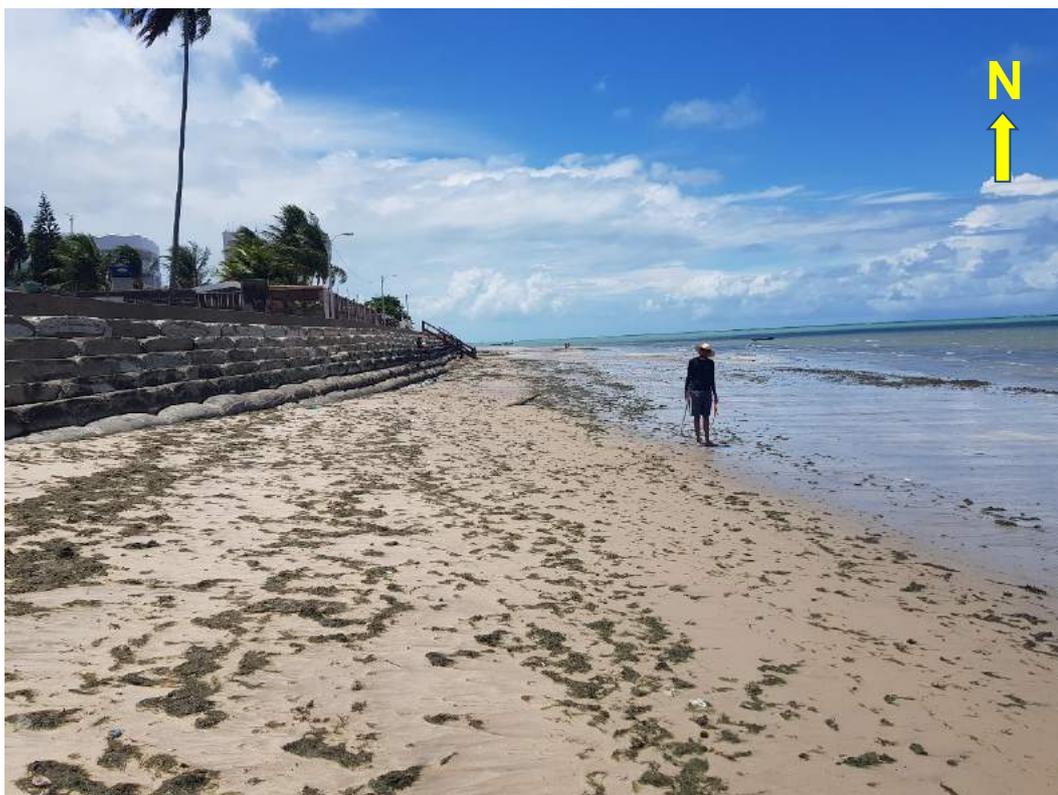
Fonte: O autor (2020).

Figura 139 – Faixa de aterro realizado no perfil 5 para construção do bagwall



Fonte: O autor (2019).

Figura 140 – Faixa de estirâncio do perfil 5

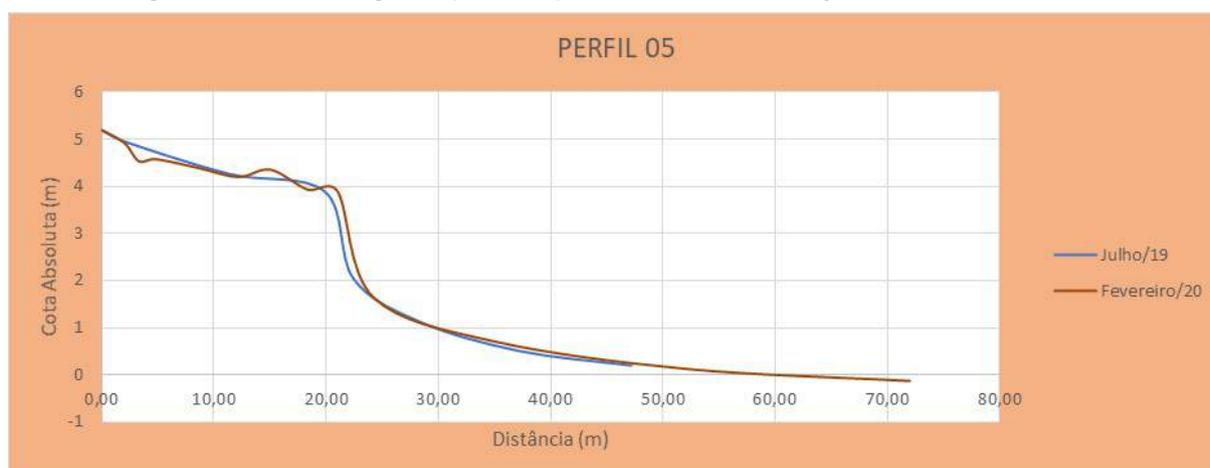


Fonte: O autor (2020).

Realizando uma comparação do mês de julho/19 com o mês de fevereiro/20, cuja diferença de volume representa a maior deposição dentre os meses estudados, com um acréscimo de $4,8\text{m}^3/\text{m}$, podemos afirmar que esta deposição ocorreu na faixa entre 12,0m e 16,0m. Podemos observar também uma pequena erosão no trecho compreendido entre 17,0m e 20,0m, aproximadamente (figura 141).

Em linhas gerais, conforme citado anteriormente, não houve grandes variações morfológicas nestes perfis. O que contribuiu para a diferença no volume, certamente foi o comprimento total do perfil. Em julho/19, o comprimento total foi de aproximadamente 47m, enquanto em fevereiro/20 foi perto de 72m, o que representa uma diferença de 25m.

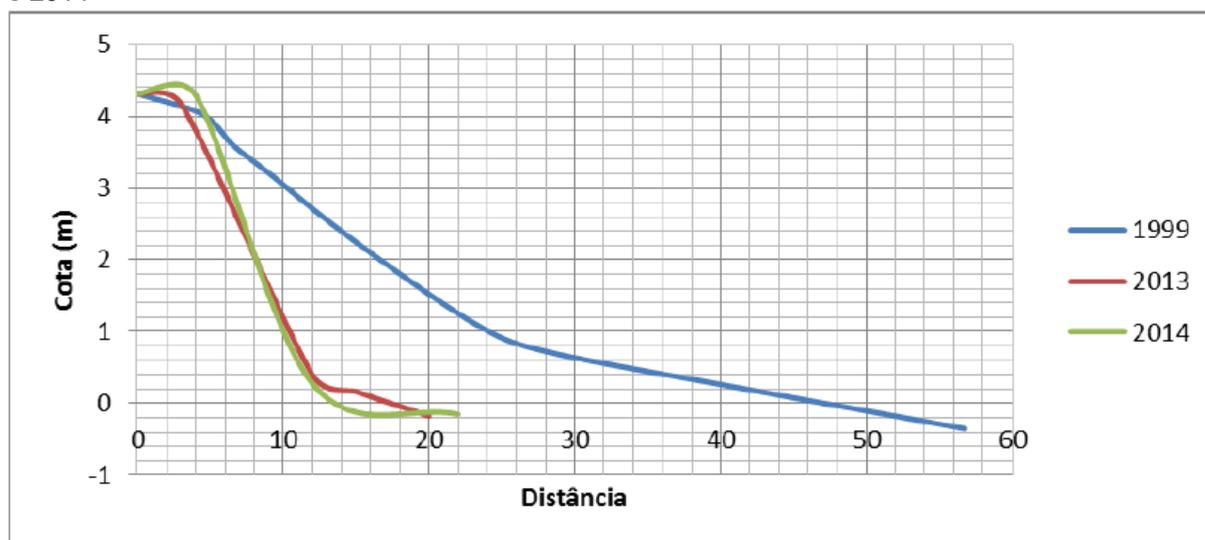
Figura 141 – Morfologia do perfil de praia 5, nos meses de julho/19 e fevereiro/20



Fonte: O autor (2020).

No que se refere a confrontação destes dados, com aqueles apresentados por Melo (2015) nos anos de 1999, 2013 e 2014, no mesmo local, é possível afirmar que atualmente a morfologia da praia se assemelha mais com a do ano de 1999, dada a leve similaridade na curva do perfil, bem como o seu referido comprimento (figura 142). Todavia, o volume sedimentar ainda é bastante diferente. Essa diferença se dá, sobretudo, pelo aterro realizado no local para a construção bagwall, o que elevou o RN em aproximadamente 1,0m (tabela 14).

Figura 142 – Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 5, em 2013 e 2014



Fonte: Melo (2015).

Tabela 39 – Variação do volume sedimentar no ponto 5 nos anos de 1999, 2013 e 2014

Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)
Ano 1999	76,23	0*
Ano 2013	37,48	-38,75
Ano 2014	59,24	21,76

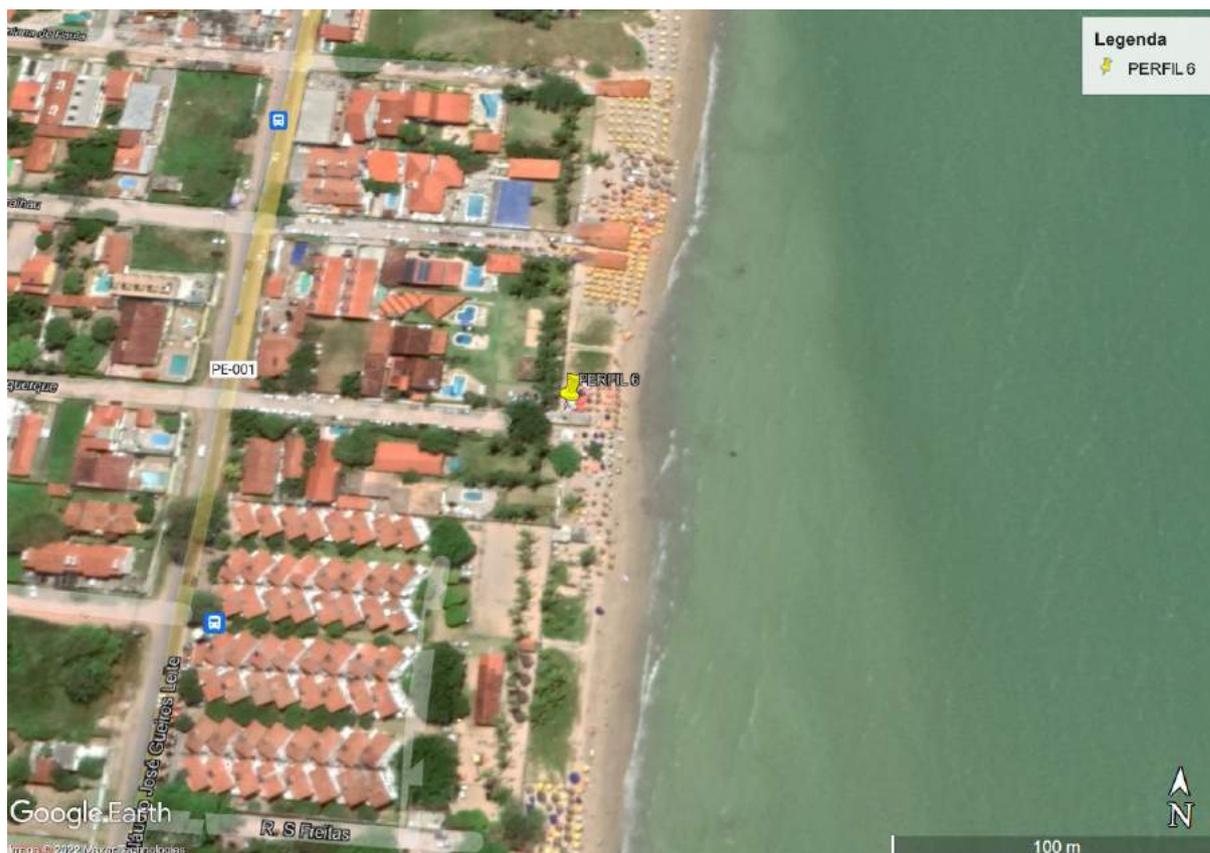
* mês de referência

Fonte: Melo (2015).

5.1.6 Perfil de Praia 6

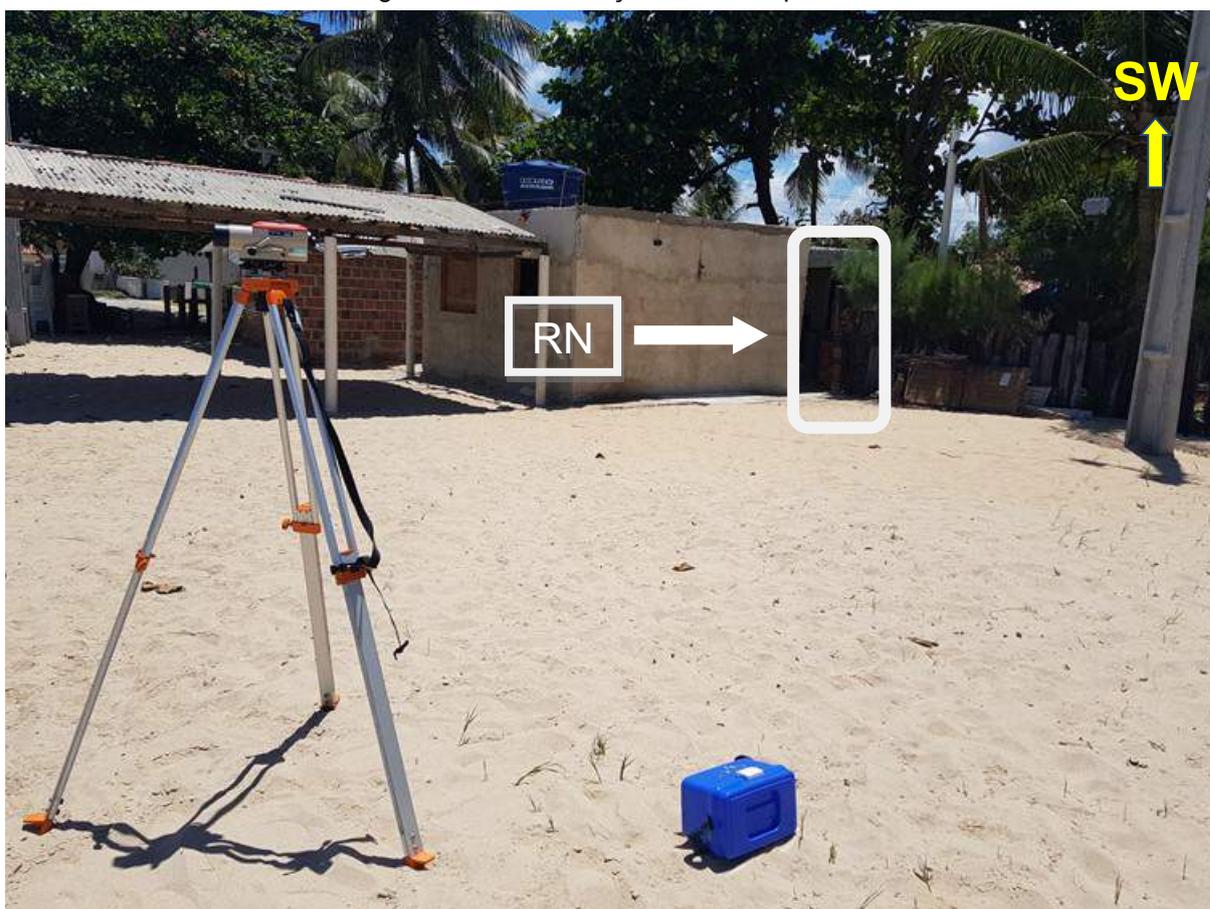
O perfil de praia 6 está localizado na Rua Josefa Joaquina de Albuquerque, no bairro de Maria Farinha, e dista aproximadamente 4400 metros do perfil 5 (figura 143). Situa-se nas coordenadas UTM (297716 E ; 9130650 S), e seu RN está localizado no final da rua, no muro do lado esquerdo (figura 144).

Figura 143 – Vista parcial da praia de Maria Farinha, onde se localiza o perfil 6



Fonte: Google Earth (2020).

Figura 144 – Localização do RN no perfil 6



Fonte: O autor (2019).

Este é o segundo dos perfis estudados em que há um setor bem definido de pós-praia, cuja largura variou de 10,9m a 21,4m, obtendo assim uma média 16,4m (figura 145). O estirâncio, por sua vez, apresentou uma inclinação média oscilando entre 2,7° e 4,7°, enquanto sua largura variou entre 29,0m e 57,4m, com média de 45,3m (tabela 15). A divisão entre o setor de pós-praia e o estirâncio, ficou bem definida no mês de janeiro/20, conforme ilustra a figura 146.

Com relação ao volume sedimentar, é possível visualizar na tabela 15 que o balanço final foi positivo, com variação de +9,2m³/m, tendo a menor variação no mês de agosto/19 e a maior em setembro/19, com respectivamente -26,4m³/m, caracterizando erosão, e +16,5m³/m, implicando em deposição (figura 147). Com exceção dos meses de agosto/19 e novembro/19, em que houve um déficit sedimentar no volume (erosão), todos os demais foram caracterizados por deposição de sedimentos, o que justifica o balanço positivo ao final do período de estudo.

Figura 145 – Faixa de pós-praia do perfil 6



Fonte: O autor (janeiro/20).

Tabela 42 – Variação de volume, de inclinação do estirâncio, de largura de pós-praia e de largura do estirâncio no perfil 6, durante os meses estudados

PERFIL 06					
Mês	Volume (m ³ /m)	V _{n+1} - V _n (m ³ /m)	Inclinação (º)	Largura PP (m)	Largura Est. (m)
jul/19	128,998	0	4,7	21,4	29,05
ago/19	102,558	-26,44	3,7	10,9	42,75
set/19	119,018	16,46	3,8	16,55	46,2
out/19	126,426	7,408	4,2	16,4	44,34
nov/19	122,307	-4,119	3,3	17,8	50,8
dez/19	125,379	3,072	3,9	13,12	43,76
jan/20	131,991	6,612	3,1	21,37	44,37
fev/20	134,236	2,245	3	12,91	57,36
mar/20	138,229	3,993	2,7	17,49	49,1
BALANÇO FINAL/MÉDIA		9,231	3,6	16,43777778	45,30333333

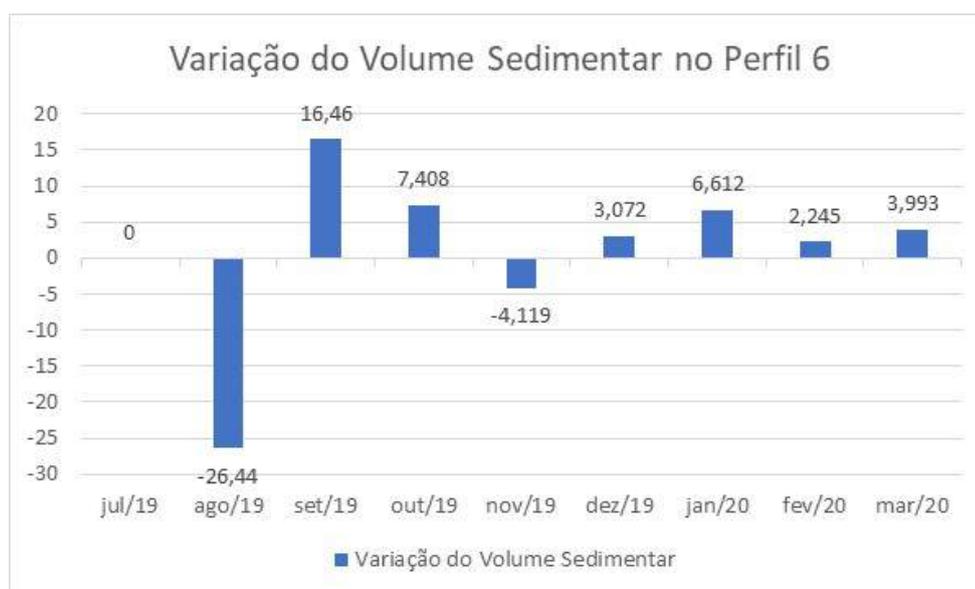
Fonte: O autor (2020).

Figura 146 – Setorização da faixa de pós-praia e do estirâncio, devidamente ilustrada pela linha amarela



Fonte: O autor (janeiro/20).

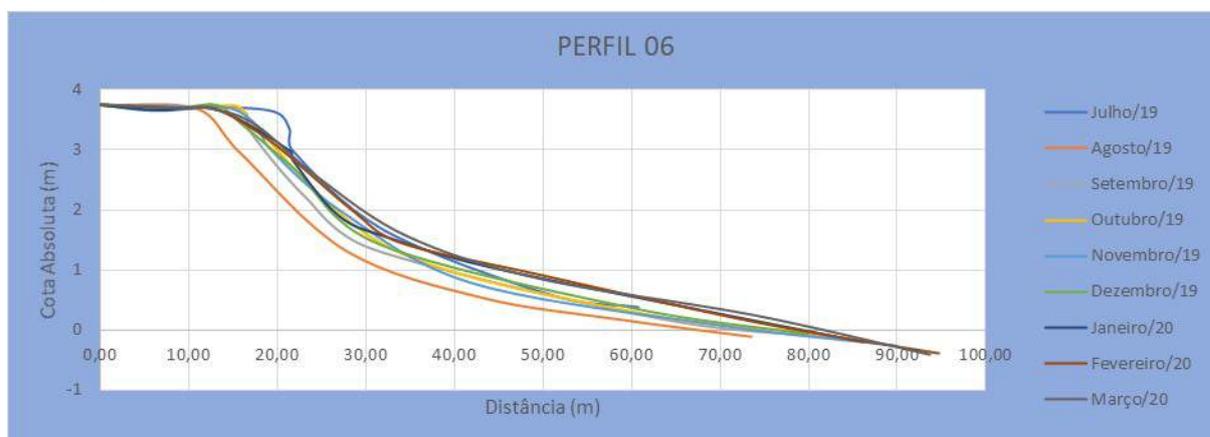
Figura 147 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 6



Fonte: O autor (2020).

Já o comprimento do perfil total variou de 60,75m, em julho/19 a 94,75m em fevereiro/19. Na figura 148 abaixo, podemos observar e comparar a morfologia deste perfil 6 nos meses estudados, de julho/19 a março/20.

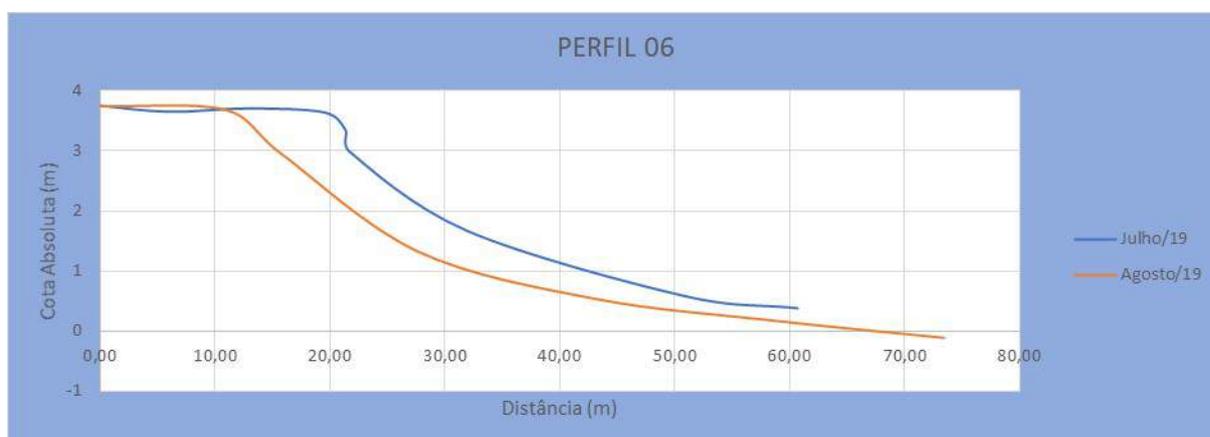
Figura 148 – Conjunto de perfis realizados no ponto 6, durante os meses de monitoramento



Fonte: O autor (2020).

Comparando-se os perfis do mês de julho/19 com o mês de agosto/19, em virtude da maior variação de sedimentos que ocorreu no local, pode-se afirmar que o déficit sedimentar de $-26,4\text{m}^3/\text{m}$ ocorreu em virtude do recuo da berma em aproximadamente 10,0m, atrelada a um rebaixamento na cota absoluta no trecho compreendido entre 22,0m e 61,0m. Esse rebaixamento na cota absoluta variou de 10cm a 80cm, e nem mesmo o fato de o mês de agosto/19 possuir um maior comprimento total de perfil (aproximadamente 12m a mais), comparado com julho/19, fez com que seu volume fosse equivalente, o que significa dizer que houve uma grande erosão em agosto/19 (figura 149).

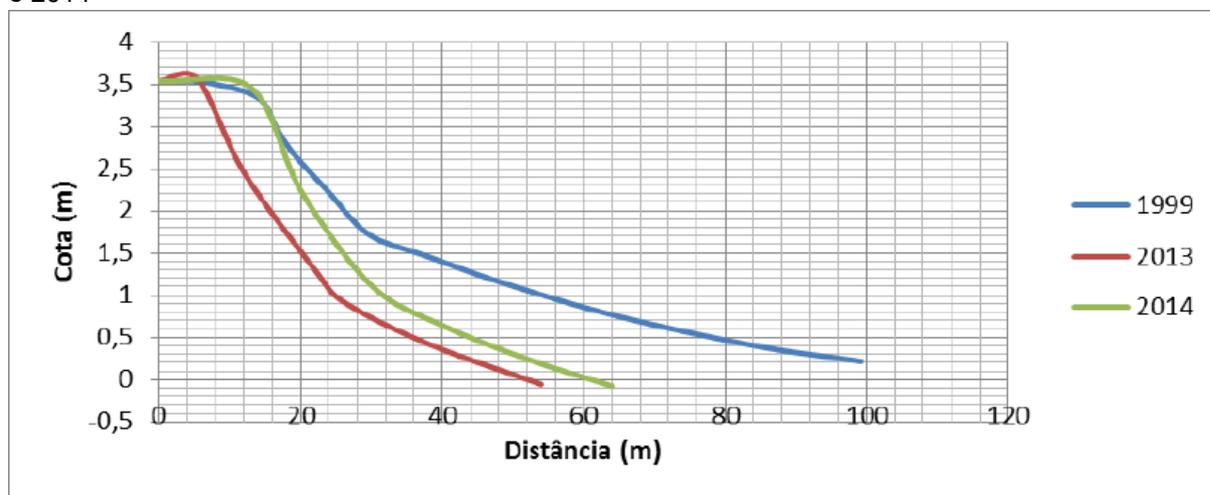
Figura 149 – Morfologia do perfil de praia 6, nos meses de julho/19 e agosto/19



Fonte: O autor (2020).

No tocante as diferenças e semelhanças do perfil de julho/19, com os perfis de Melo (2015), no mesmo ponto, podemos afirmar que houve uma deposição sedimentar que elevou a cota absoluta em aproximadamente 20cm (figura 150). Em 2014, a berma localizava-se a 13,0m de distância do RN, e o comprimento total do perfil era de 64,0m. Já em julho/19, a berma estava a 21,0m de distância – fato esse que corrobora com a deposição sedimentar no local –, enquanto que o comprimento total do perfil apresenta uma diferença de aproximadamente 4,0m. O volume sedimentar de 2014, no entanto, é idêntico ao volume calculado em julho/19. Ambos apresentaram 129m³/m (tabela 16).

Figura 150 – Comparação do perfil de 1999 com os perfis realizados pelo autor, no ponto 6, em 2013 e 2014



Fonte: Melo (2015).

Tabela 45 – Variação do volume sedimentar no ponto 6 nos anos de 1999, 2013 e 2014

Mês	Volume (m ³ /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m ³ /m)
Ano 1999	146,28	0*
Ano 2013	73,27	-73,01
Ano 2014	129,09	55,82

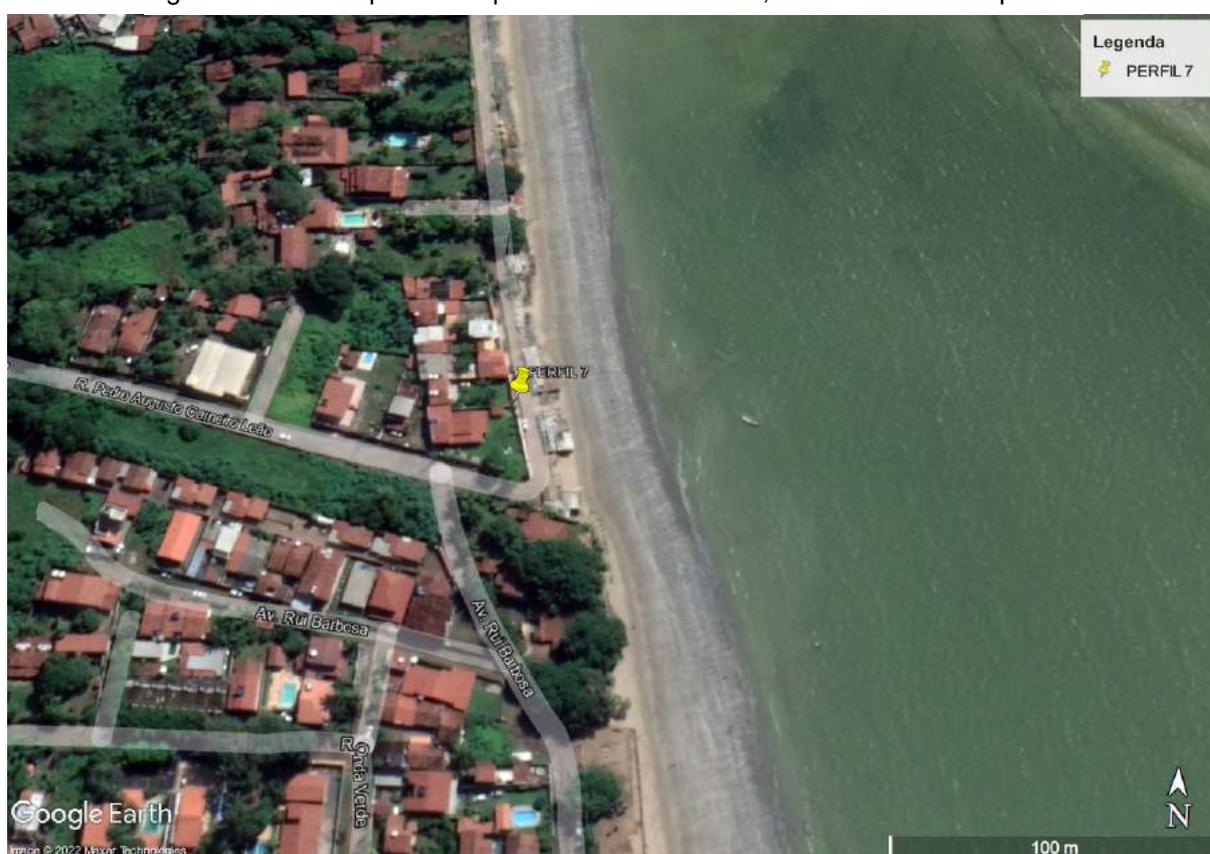
* mês de referência

Fonte: Melo (2015).

5.1.7 Perfil de Praia 7

O último perfil de praia estudado, o 7, está localizado na Rua Pedro Augusto Carneiro Leão, na praia de Maria Farinha, nas coordenadas UTM (297597 E ; 9131688 S), sendo este o perfil mais ao Norte do litoral de Paulista (figura 151). Dista aproximadamente 1050 metros do perfil 6, e 1500 metros do pontal de Marinha Farinha, onde ocorre a desembocadura do Rio Timbó. Seu RN está localizado em frente a um poste de energia elétrica na referida rua, que por sua vez foi aterrada com provável material argilo-arenoso (figura 152).

Figura 151 – Vista parcial da praia de Maria Farinha, onde se localiza o perfil 7



Fonte: Google Earth (2020).

Figura 152 – Localização do RN no perfil 7



Fonte: O autor (2019).

Neste local, a estrutura adotada para tentar conter a erosão costeira foi o enrocamento, os quais já se apresentam em condições precárias, devido à forte ação das ondas nas imediações, bem como o depósito de lixo e metralha no local. Observa-se que esse enrocamento foi instalado com blocos rochosos de tamanho desigual, bastante dispersos, e com uma altura muito pequena. Muito provavelmente a instalação desta estrutura ocorreu como forma de tentar proteger os bares que se encontram posicionados irregularmente no local (figura 153). Para agravar ainda mais a situação, foi instalado pelo dono do bar uma estrutura de madeira, estilo terraço, mas semelhante a uma palafita, acima dos blocos rochosos, sem qualquer segurança.

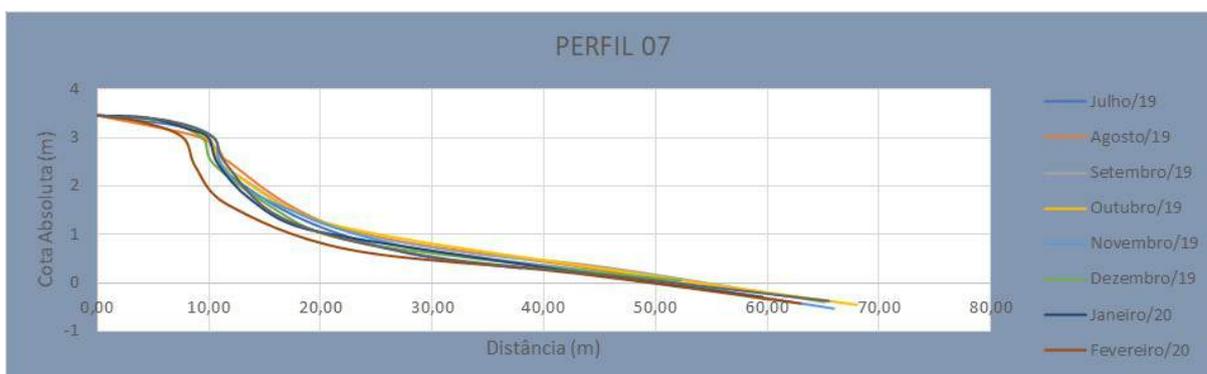
Figura 153 – Enrocamento instalado no local em condições precárias



Fonte: O autor (2020).

O comprimento total do perfil foi relativamente curto, variando de 38,00m a 68,05m (figura 154). Neste perfil, assim como a maioria dos estudados, não há pós-praia, apenas a faixa aterrada para construção da via de acesso, seguido do enrocamento, e logo abaixo deste, o setor de estirâncio (figura 155).

Figura 154 – Conjunto de perfis realizados no ponto 7, durante os meses de monitoramento



Fonte: O autor (2020).

Figura 155 – Imagem mostrando curta faixa de estirâncio e início da antepraia no local



Fonte: O autor (2019).

No que se refere ao estirâncio, a inclinação variou de $3,3^\circ$ a $5,8^\circ$, e sua largura obteve comprimento entre 16,3m no mês de julho/19 e 37,25 em outubro/19, com média geral de 30,6m (tabela 17).

Tabela 48 – Variação de volume, de inclinação do estirâncio, e de largura do estirâncio no perfil 7, durante os meses estudados

PERFIL 07					
Mês	Volume (m ³ /m)	$V_{n+1} - V_n$ (m ³ /m)	Inclinação (°)	Largura PP (m)	Largura Est. (m)
jul/19	62,308	0	5,8	-	16,3
ago/19	71,586	9,278	3,9	-	33,65
set/19	71,422	-0,164	3,3	-	34,05
out/19	72,974	1,552	3,3	-	37,25
nov/19	69,069	-3,905	3,7	-	34,9
dez/19	65,535	-3,534	5	-	21,95
jan/20	65,207	-0,328	4,2	-	28,78
fev/20	55,549	-9,658	3,7	-	34,2
mar/20	64,978	9,429	3,9	-	34
BALANÇO FINAL/MÉDIA		2,67	4,088888889	-	30,56444444

Fonte: O autor (2020).

Já com relação ao volume e de acordo com a tabela 17 acima, podemos afirmar que de julho/19 a outubro/19 houve uma deposição sedimentar na área, com um balanço de $10,7\text{m}^3/\text{m}$, enquanto de novembro/18 a março/20 ocorreu erosão, com déficit de $-8,0\text{m}^3/\text{m}$. O maior balanço mensal negativo aconteceu no mês de fevereiro/20 com $-9,7\text{m}^3/\text{m}$, comparado ao mês anterior, enquanto o maior balanço positivo ocorreu no mês de março/20, com $+9,4\text{m}^3/\text{m}$ (figura 156). O balanço final entre todos os meses estudados foi consideravelmente pequeno, com deposição de $+2,7\text{m}^3/\text{m}$.

Ainda na tabela 17, podemos observar que o maior volume total calculado ocorreu no mês de outubro/19, com $73,0\text{ m}^3/\text{m}$, enquanto o menor aconteceu no mês de fevereiro/20, com $55,5\text{m}^3/\text{m}$, justificando o maior déficit sedimentar que ocorreu neste mês.

Figura 156 – Gráfico mostrando a variação de volume no perfil 7



Fonte: O autor (2020).

Comparando agora os gráficos entre os meses de julho/19 (este por ser o mês de início dos trabalhos), e de fevereiro/20 (este por apresentar o maior déficit mensal e o menor volume dentre os meses estudados), podemos observar uma erosão no mês de fevereiro/20, no trecho aproximado entre 6,0m e 29,0, ilustrado através do rebaixamento da linha que forma o seu perfil (figura 157). Tal característica justifica a diferença de volume, ainda que o comprimento total do perfil seja 25,0m mais extenso.

Observa-se também a semelhança nos perfis, entre os trechos 0,0m e 5,0m, e 30,0 e 38,00m (final da linha do mês de julho/19), o que sugere que o volume caracterizado pelo rebaixamento da linha de fevereiro/20 citada anteriormente, tenha sido significativamente alto.

Figura 157 – Morfologia do perfil de praia 7, nos meses de julho/19 e fevereiro/20



Fonte: O autor (2020).

Assim como no perfil 4, Melo (2015) também não realizou um levantamento morfodinâmico neste ponto, impossibilitando a realização de quaisquer comparações ao longo dos anos.

6 LEVANTAMENTO HIDRODINÂMICO

Conforme já mencionado no capítulo referente aos materiais e métodos, durante este trabalho, buscou-se coletar dados a respeito da hidrodinâmica na área de estudo, junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esses dados são de suma importância, principalmente quando analisados em conjunto com as demais informações obtidas neste trabalho, tais quais a análise sedimentológica, e o levantamento morfodinâmico.

Toda essa análise conjunta pode nos fornecer informações que auxiliem na busca por respostas mais precisas no que se refere a definição da linha de preamar máxima, a ser abordada no capítulo sete deste trabalho, e na avaliação do grau de vulnerabilidade, a ser tratado no capítulo oito.

Os dados obtidos junto ao Instituto supracitado se tratam de gráficos contendo informações como a velocidade e direção dos ventos, altura e direção das ondas, e período e direção de pico, e estão inseridos na seção denominada “oceanograma”, no próprio site do Instituto.

Dentre os nove meses de estudo, foram registrados apenas oito oceanogramas. O site do INPE passou por uma instabilidade durante quase todo o mês de agosto/19, retornando ao normal apenas no final deste mês. Logo, temos apenas um oceanograma para o mês de agosto/19 e setembro/19, abrangendo os dias 30 e 31 de agosto, e 1, 2, 3 e 4 de setembro. Não foi possível obter os dados anteriores ao dia 30 de agosto, uma vez que o site não fornece dados retroativos.

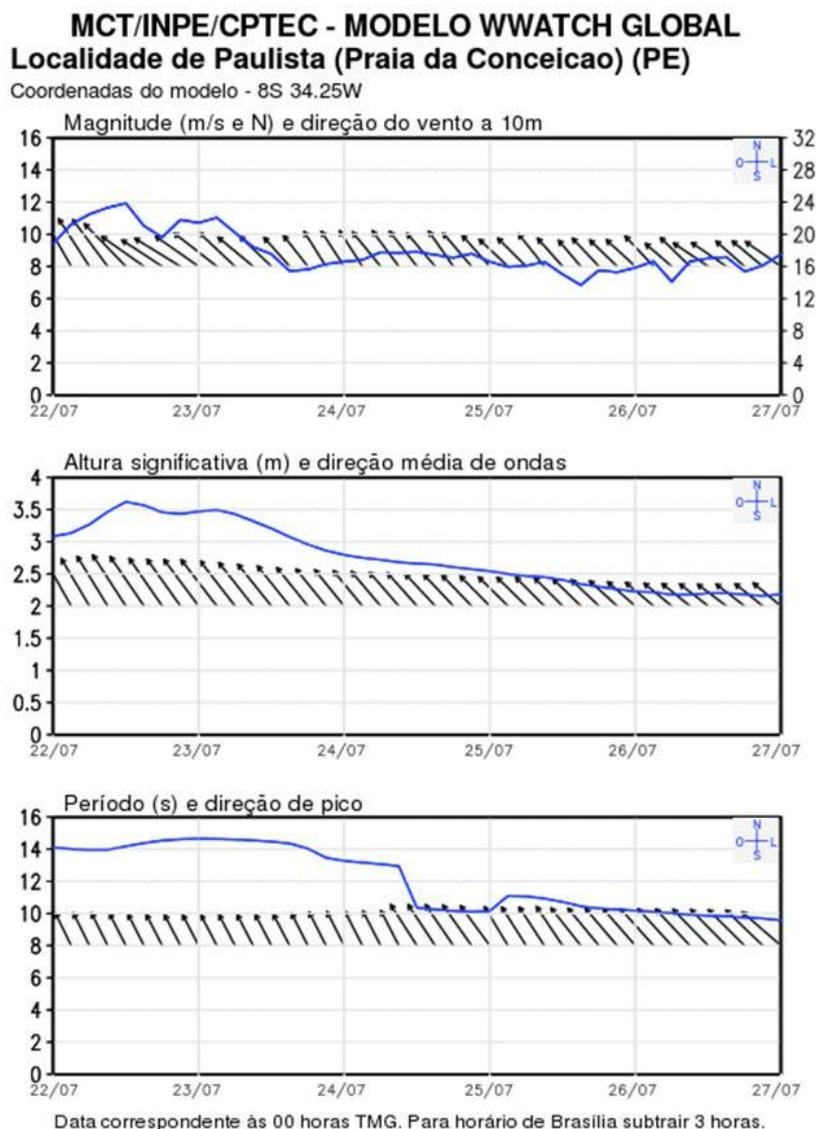
Abaixo, serão apresentados os dados obtidos mensalmente, de janeiro/19 a março/20.

6.1 Dados Hidrodinâmicos de julho/19

Observa-se no oceanograma do mês de julho/19 (figura 158), mais especificamente na semana compreendida entre os dias 22/07 e 27/07, que os ventos atingiram velocidades de até 12m/s, com direção SE (sudeste). As ondas acompanharam a direção dos ventos, atingindo alturas que variaram de 2,2m a 3,6m,

com período de pico variando de 10 a 14 segundos, também com direção SE.

Figura 158 – Oceanograma para julho/19



Fonte: INPE (2019).

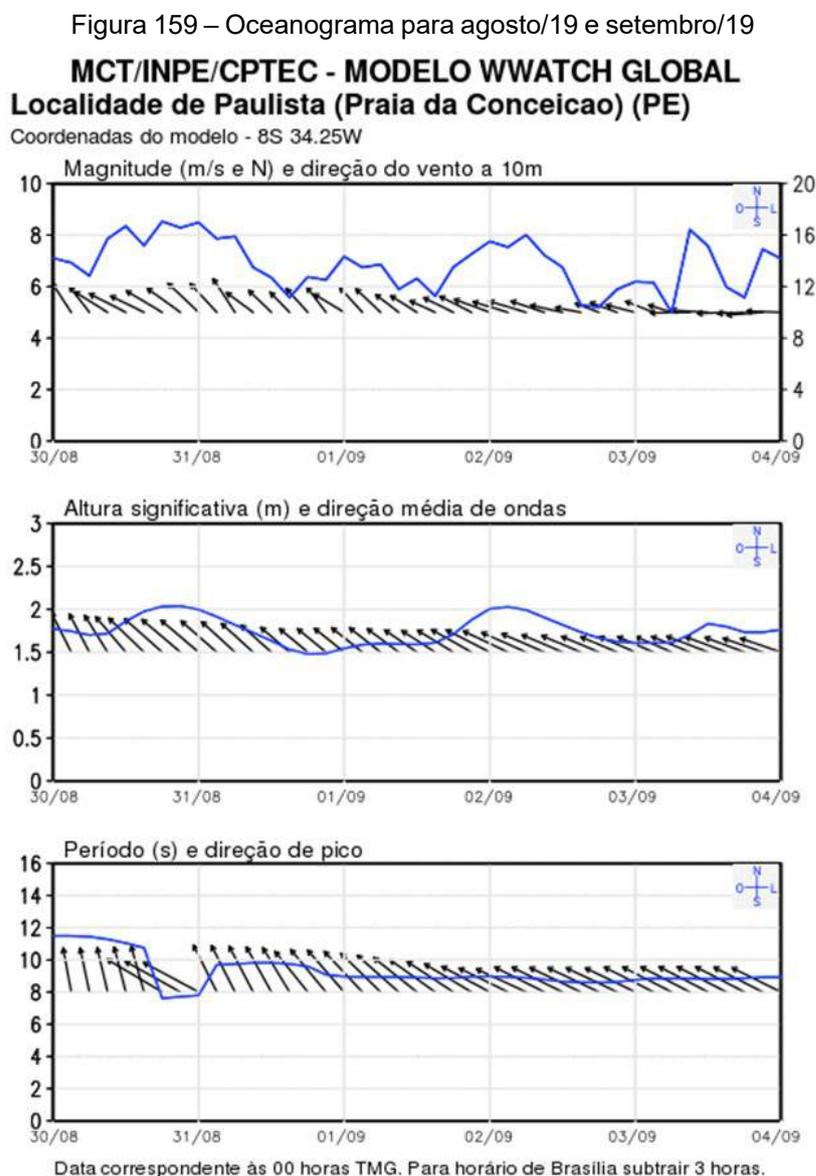
6.2 Dados Hidrodinâmicos de agosto/19 e setembro/19

O oceanograma de agosto/19, mais especificamente em seus dois últimos dias, mostra que, diferentemente do mês anterior, os ventos estavam com velocidades menores, atingindo o patamar máximo de 8,5m/s, com a mesma direção SE. As ondas novamente acompanharam a direção dos ventos, atingindo uma altura máxima de 2 metros. O período de pico variou entre 08 e 11,9 segundos, com direção SE.

Já com relação a setembro/19, em seus primeiros quatro dias, a velocidade máxima dos ventos também foi 8,5m/s, porém a direção foi E, SE, predominando a

direção leste. A altura das ondas variou entre 1,6 e 2,0m, com direção SE.

O período de pico oscilou entre 8 e 11,5 segundos, também com direção SE. A figura 159 abaixo mostra o oceanograma para os referidos meses.



Fonte: INPE (2019).

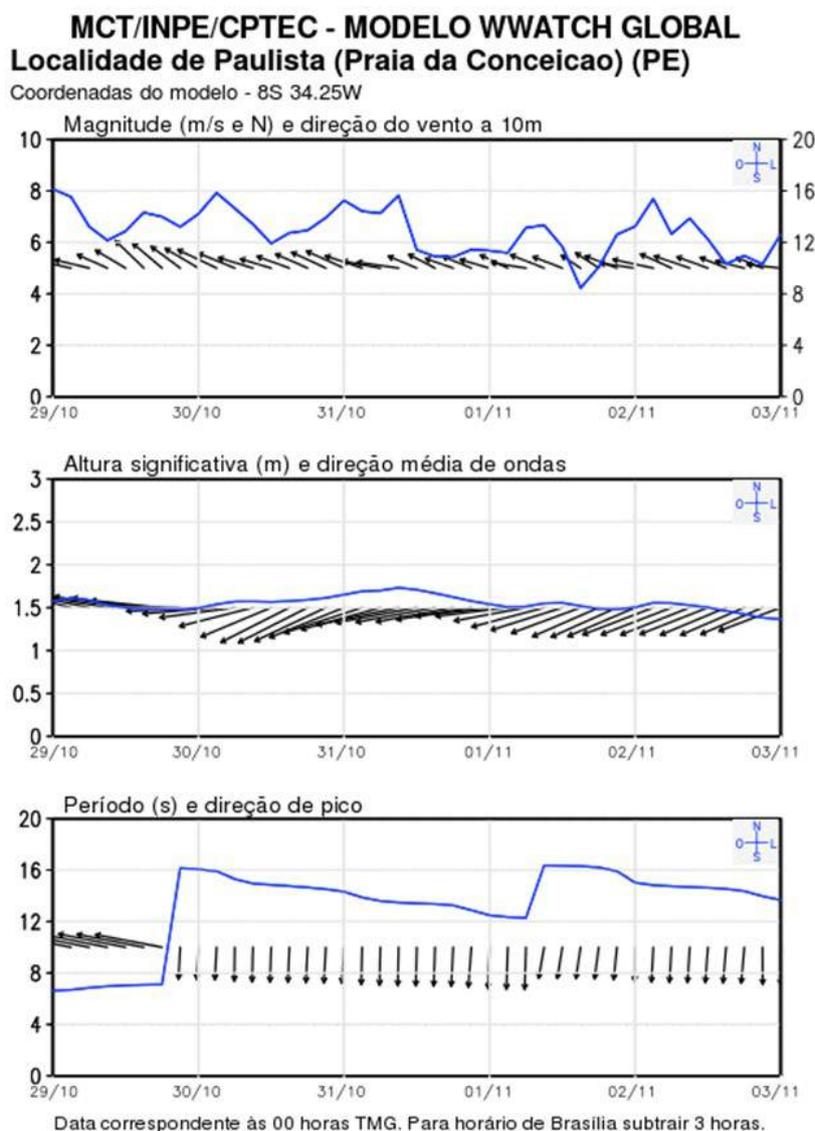
6.3 Dados Hidrodinâmicos de outubro/19

Para o oceanograma do mês de outubro/19 (figura 160), representado pelos dias 29, 30 e 31, temos que os ventos neste período atingiram uma velocidade máxima de 8m/s, com direção E, SE, predominando a direção sudeste. As ondas por sua vez atingiram uma altura máxima de 1,7m, com direção NE, E, prevalecendo a direção nordeste, seguindo um padrão diferente da maneira como ocorreu nos meses

anteriores.

O intervalo entre o período de pico das ondas variou de 7 a 16 segundos, com direção predominantemente leste até o dia 29, passando para norte a partir do dia 30.

Figura 160 – Oceanograma para outubro/19



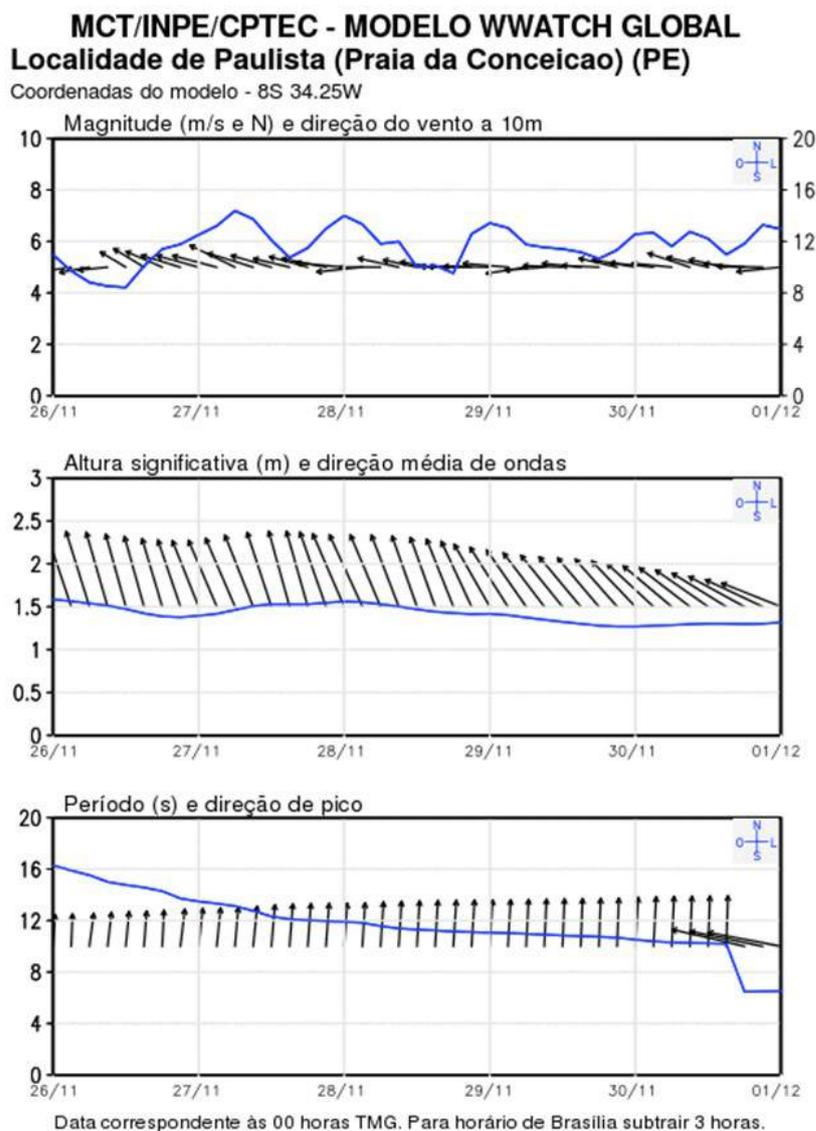
Fonte: INPE (2019).

6.4 Dados Hidrodinâmicos de novembro/19

No mês de novembro/19, durante o período compreendido entre 26/11 e 30/11 (figura 161), em que ocorreu os trabalhos de campo, temos que os ventos atingiram uma velocidade máxima aproximada de apenas 7m/s, a menor até então dentre os meses estudados, com direção E, SE, predominando dessa vez a direção leste. A altura significativa das ondas, por sua vez, variou entre 1,3m e 1,6m, com direção SE.

O intervalo entre o período de pico das ondas variou de 11 a 16 segundos, com direção sul.

Figura 161 – Oceanograma para novembro/19



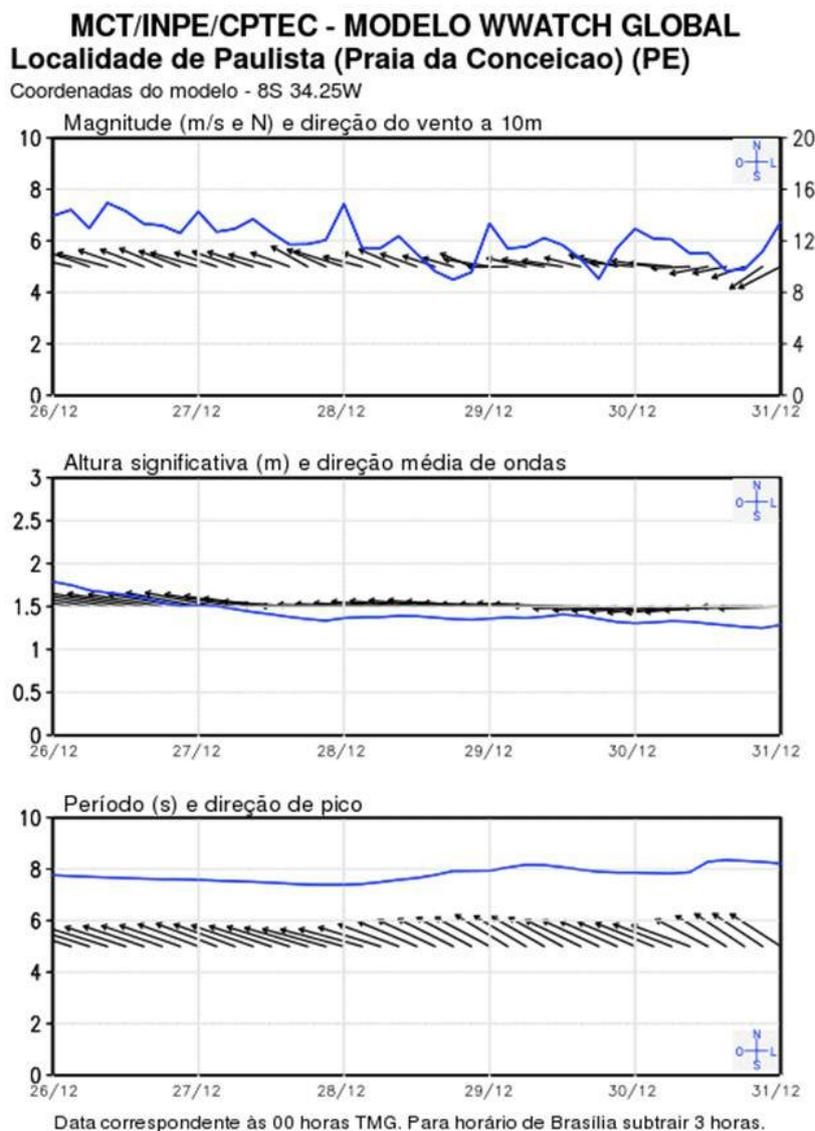
Fonte: INPE (2019).

6.5 Dados Hidrodinâmicos de dezembro/19

Em dezembro/19 (figura 162), a velocidade do vento variou de 4,5 a 7,5 m/s, com direção sudeste entre os dias 26/12 e 28/12, passando para uma direção leste do dia 29/12 ao dia 30/12, e finalizando o mês com direção nordeste. A altura significativa das ondas, variou entre 1,3m e 1,8m, com direção predominantemente leste. O intervalo entre o período de pico das ondas ocorreu em média a cada 8

segundos, com direção sudeste.

Figura 162 – Oceanograma para dezembro/19



Fonte: INPE (2019).

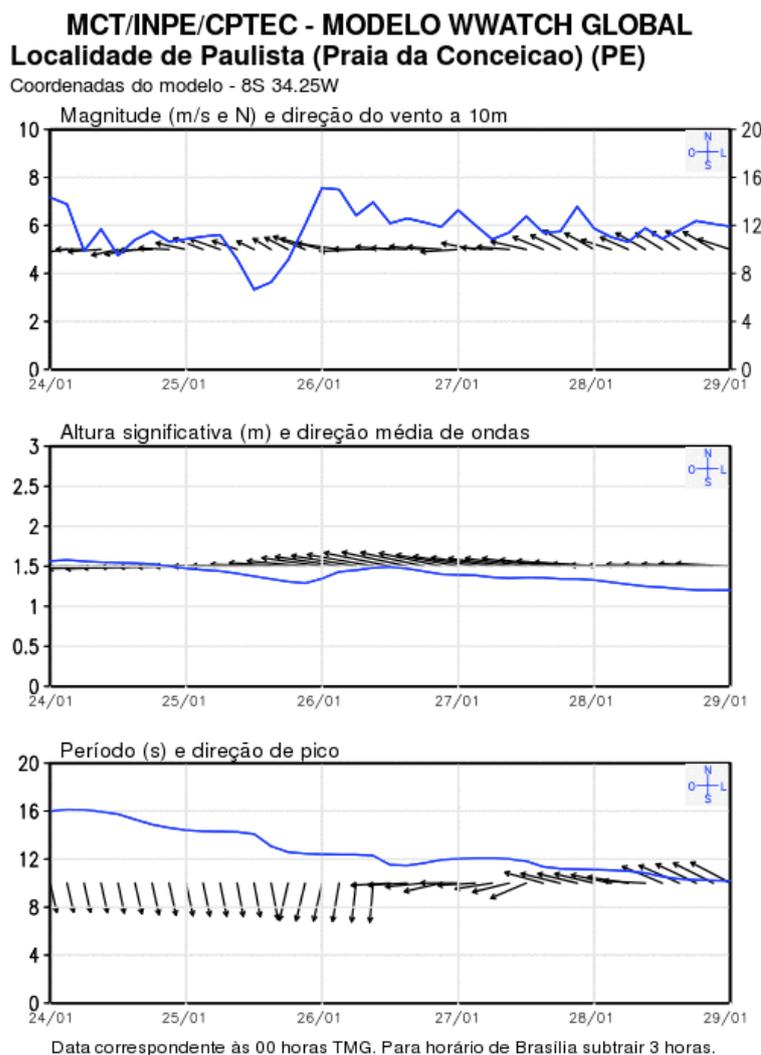
6.6 Dados Hidrodinâmicos de janeiro/20

No primeiro mês do ano de 2020 (figura 163), para o período compreendido entre os dias 24/01 e 29/01, a velocidade do vento variou de 3,5m/s a 7,5m/s. Sua direção foi predominantemente leste entre os dias 24 e 27/01 (pela manhã), e passaram para a direção sudeste durante a tarde do dia 27, até o dia 29.

No que se referem as ondas, a altura significativa variou de 1,2m a 1,6m, com direção leste. Já o intervalo entre o período de pico das ondas variou de 10 a 16

segundos. A direção do pico oscilou bastante. Entre os dias 24 e 25/01, a direção tinha uma leve tendência noroeste. Do dia 25 até o dia 26, a direção passou para N, NE. Do dia 26, até o dia 27, a direção mudou para NE, E. Por fim, do dia 27, até o dia 29, a direção do pico das ondas passou para E, SE.

Figura 163 – Oceanograma para janeiro/20

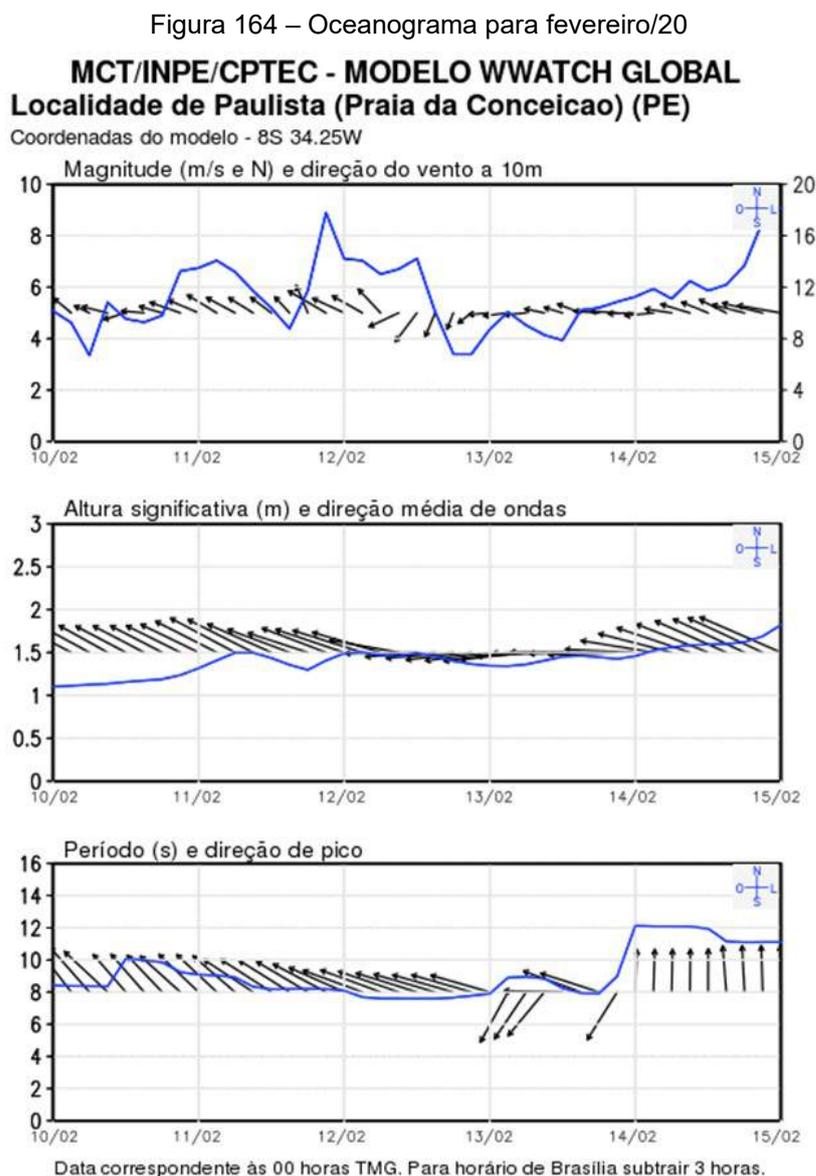


Fonte: INPE (2020).

6.7 Dados Hidrodinâmicos de fevereiro/20

Já em fevereiro/20 (figura 164), penúltimo mês do estudo, os gráficos mostram que a velocidade do vento variou bastante, com intervalo de 3,5m/s, atingindo um patamar de 9m/s. Assim como a velocidade, a direção dos ventos também teve uma grande variação entre NE, E, e SE, predominando, entretanto, as direções E e SE.

A altura significativa das ondas, variou entre 1,1m e 1,8m, com direção predominantemente sudeste. O intervalo entre o período de pico das ondas ocorreu em média a cada 10 segundos, com direção variando bastante, entre NE, SE e S, sobressaindo a direção SE.



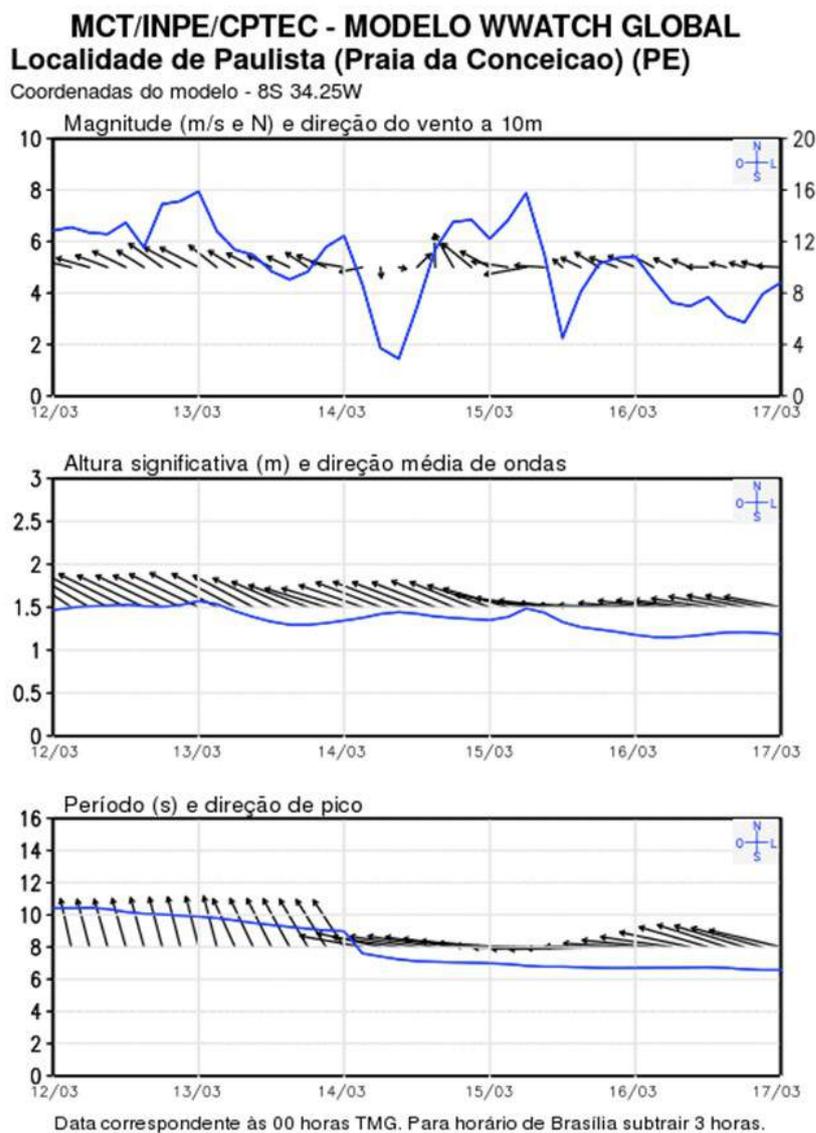
Fonte: INPE (2020).

6.8 Dados Hidrodinâmicos de março/20

Por fim, o oceanograma de março/20, entre os dias 12/03 e 17/03 (figura 165), mostra que os ventos obtiveram uma velocidade média de 6m/s, porém com variação de 1,8m/s a 8m/s. A direção desses ventos também foi bastante confusa, porém prevaleceu a direção SE. A altura significativa das ondas se manteve estável, com

uma pequena variação entre 1,2m, e 1,5m, e direção SE. O intervalo entre o período de pico das ondas variou entre 6,5 e 10,5 segundos, com direção predominantemente SE.

Figura 165 – Oceanograma para março/20



Fonte: INPE (2020).

7 LINHA DE PREAMAR MÁXIMA

A legislação sobre os terrenos de marinha foi criada pela Ordem Régia de 18 de novembro de 1818, estabelecendo uma faixa territorial nas margens marítimas da costa brasileira de 15 braças craveiras (unidade antiga de medida em que cada braça craveira é equivalente a 2,20 m), contadas para o lado de terra a partir da “borda do mar nas marés de águas vivas” (Oliveira, 1966).

Entretanto, foi a partir de 1832 que os problemas sobre as demarcações destas parcelas imobiliárias surgiram, pela mudança do referencial que passou a ser a “linha da preamar média do ano de 1831”, em conformidade com o artigo 4º das Instruções do Ministério da Fazenda, datada de 14 de novembro de 1832.

Desde os tempos mais remotos até os anos atuais os terrenos de marinha vêm sendo demarcados pela Secretaria do Patrimônio da União – SPU, órgão do Ministério do Orçamento, Gestão e Planejamento, a partir de uma “linha presumida de preamar média de 1831”, uma vez que aquele órgão do Governo Federal não tinha meios de calcular a LPM/1831 com precisão e exatidão métrica.

É importante frisar que, ainda nos dias atuais, a linha levada em consideração para definição do terreno de marinha, é aquela de 1831, e não uma linha mais atual.

Contudo é impossível negar o avanço do mar ao longo dos anos em direção ao continente, ocupando as áreas de terrenos de marinha. Isso ocorre, sobretudo, pelo aquecimento global, que, por sua vez, produz o degelo das camadas glaciais, fazendo com que, em muitos lugares da costa brasileira, já não existam terrenos de marinha, porque os foram encobertos pelo mar.

Se o mar avança sobre os terrenos de marinha, o prejuízo é da União, que acaba por perder a área.

Dentro deste contexto, a justificativa para este trabalho se deve ao fato de que a última linha de preamar máxima estadual foi estabelecida em 2014 pela SECTMA (Secretaria de Ciências, Tecnologia, e Meio Ambiente), atualmente denominada SEMAS (Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade). De acordo com a Lei Estadual nº 14.258, que Institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro, e dá outras providências, em seu artigo 16, inciso III, informa que será necessário “determinar a linha de preamar máxima de sizígia atual e o seu monitoramento, no prazo de até 03 (três) anos, para fins de definir a área “non aedificandi”.

Foi verificado que até o presente momento essa linha não foi atualizada. Logo,

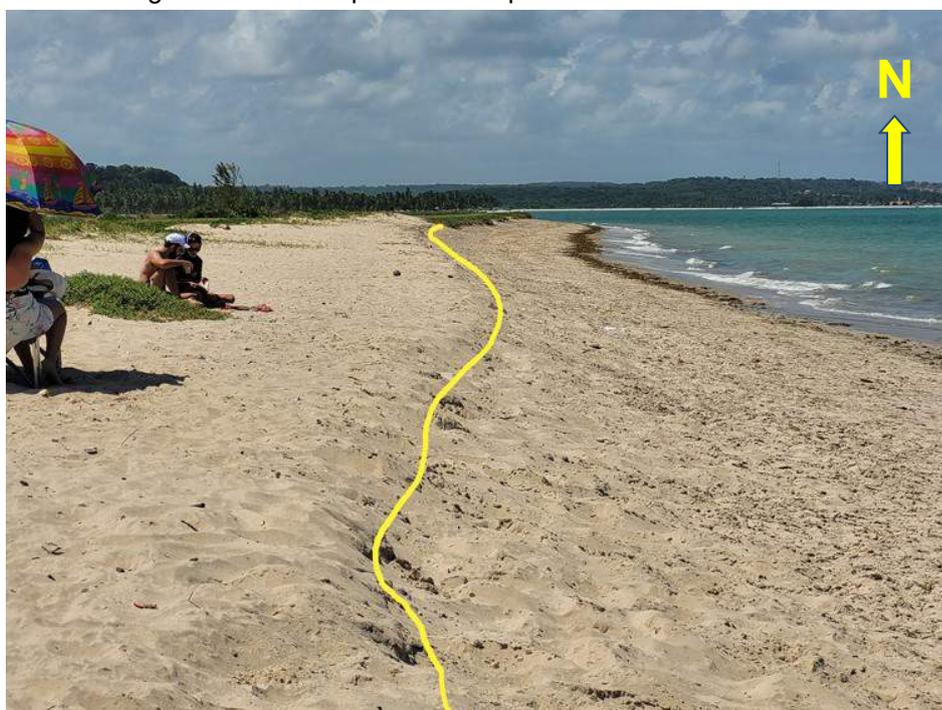
é de fundamental relevância este estudo na cidade do Paulista, a fim de atualizar os dados já existentes, contribuindo assim para uma ocupação ordenada da costa municipal.

A movimentação da linha de praia, materializada pela linha de preamar máxima atual, foi registrada pela identificação e monitoramento de feições morfológicas da praia, como as escarpas de berma, linhas de vegetação, base de estruturas artificiais de proteção a erosão do litoral, entre outra, as quais são importantes indicadores primários desse movimento.

7.1 Levantamento da Linha de Preamar Máxima atual

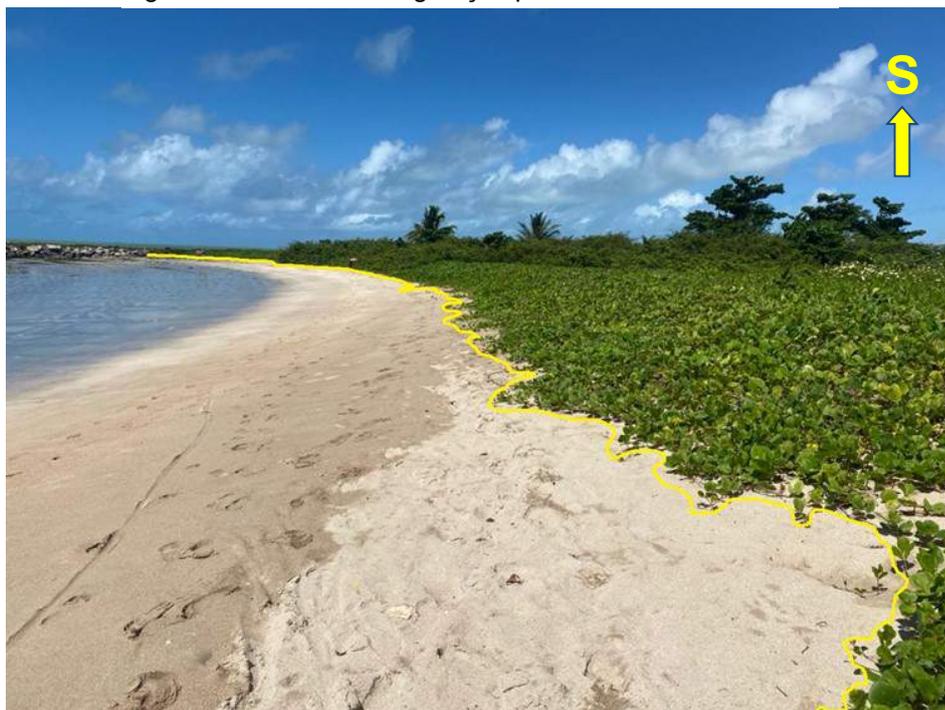
Foram percorridos 14 km ao longo da linha de costa do município do Paulista, desde praia de Enseadinha, no bairro do Janga, até o pontal de Maria Farinha. As principais feições morfológicas típicas identificadas na área estudada foram as escarpas de berma (figura 166), a linha de vegetação (figura 167), a linha de deixa (figura 168) e estruturas de contenção tais quais o enrocamento (figura 169), o bagwall (figura 170), e os muros de arrimo (figura 171), construídos com o objetivo de proteger obras antrópicas como as residências, os bares, as calçadas, entre outras.

Figura 166 – Escarpa de berma presente na área de estudo



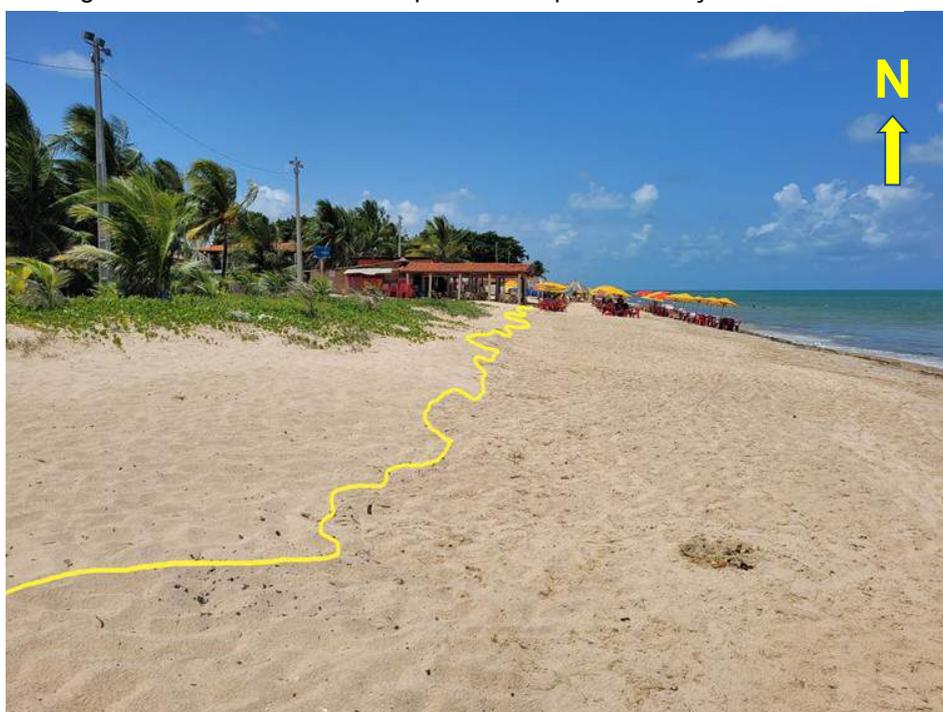
Fonte: O autor (2021).

Figura 167 – Linha de vegetação presente na área de estudo



Fonte: O autor (2021).

Figura 168 – Linha de deixa representada pela diferença de cor da areia



Fonte: O autor (2021).

Figura 169 – Enrocamento representado como indicador na definição da linha de preamar máxima



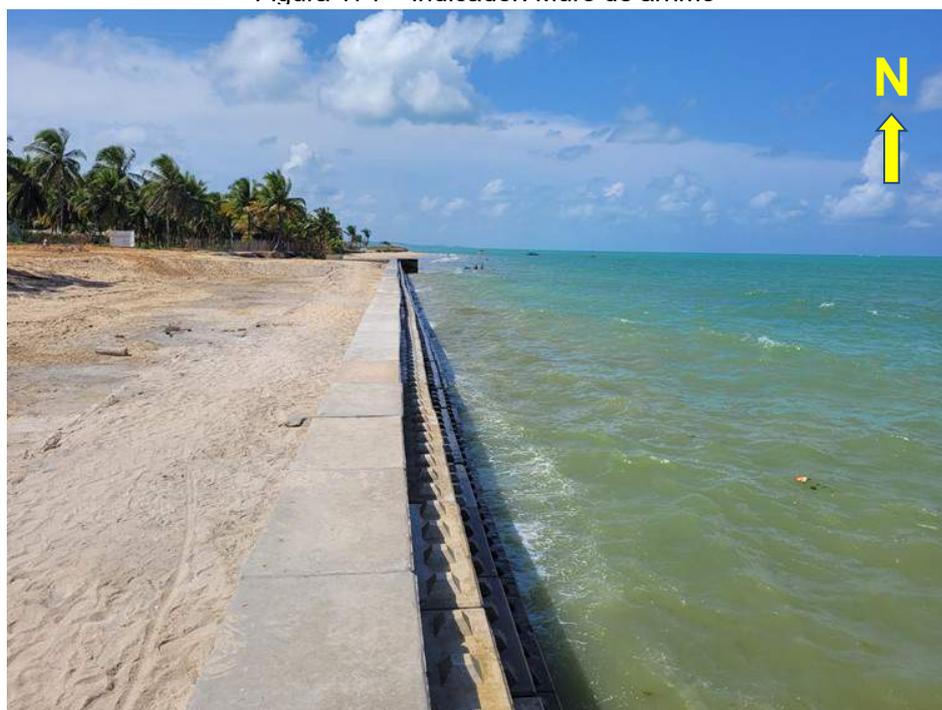
Fonte: O autor (2021).

Figura 170 – Bagwall presente na área estudada



Fonte: O autor (2021).

Figura 171 – Indicador: Muro de arrimo



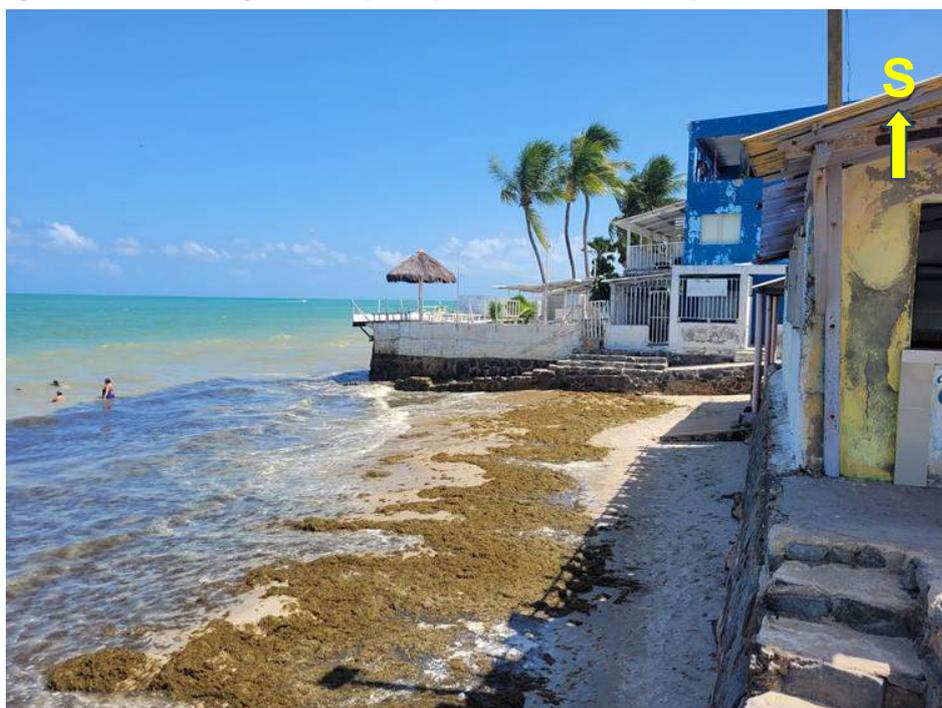
Fonte: O autor (2021).

Para estabelecer a linha de preamar máxima atual, além dos indicadores morfológicos citados acima, também se levou em consideração as construções antrópicas, uma vez que em muitos pontos, o mar bate em cima dos muros que delimitam áreas residenciais (figura 172), ou do comércio local.

Uma vez definida a linha de preamar máxima atual, estabelecida em função dos parâmetros citados, foi revelado um litoral em intenso processo erosivo, uma vez que 48% de todo o litoral é representado por obras de contenção costeira, sendo aproximadamente 2.260 metros de enrocamento, 3.757 metros de bagwall, e 721 metros de muro de arrimo. Além desses números, constatou-se ainda que 11% da faixa de praia de toda área estudada está tomada por construções habitacionais.

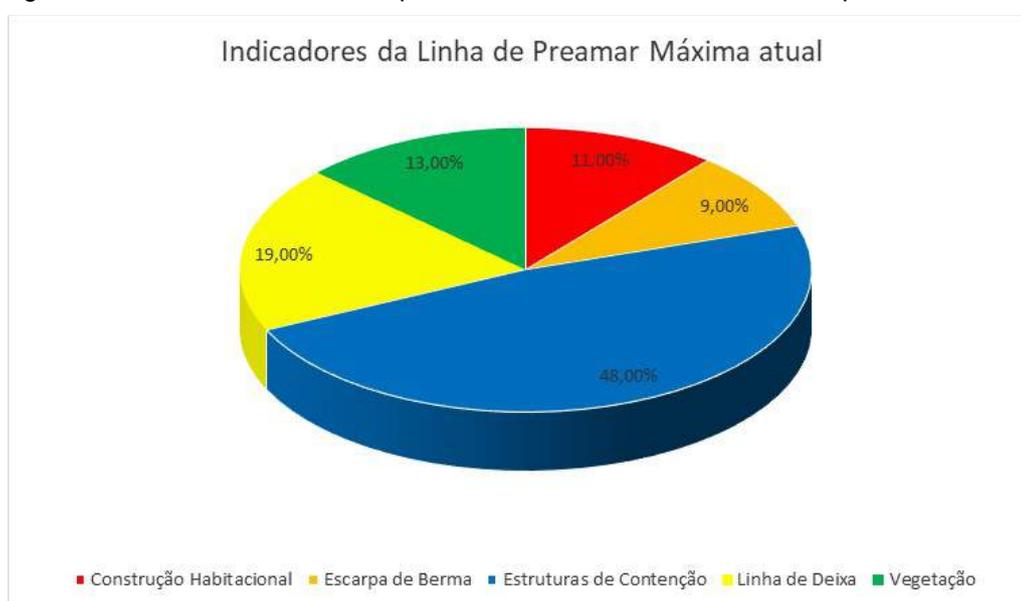
No que se refere aos indicadores naturais, ou seja, aqueles que indicam um processo de preservação, temos que eles estão presentes em 41% de toda a área, sendo 19% representado por linha de deixa, 13% por vegetação e 9% por escarpas de berma (figura 173).

Figura 172 – Construções antrópicas presentes da faixa de praia da área de estudo



Fonte: O autor (2021).

Figura 173 – Gráfico mostrando o percentual de indicadores da linha de preamar máxima



Fonte: O autor (2021).

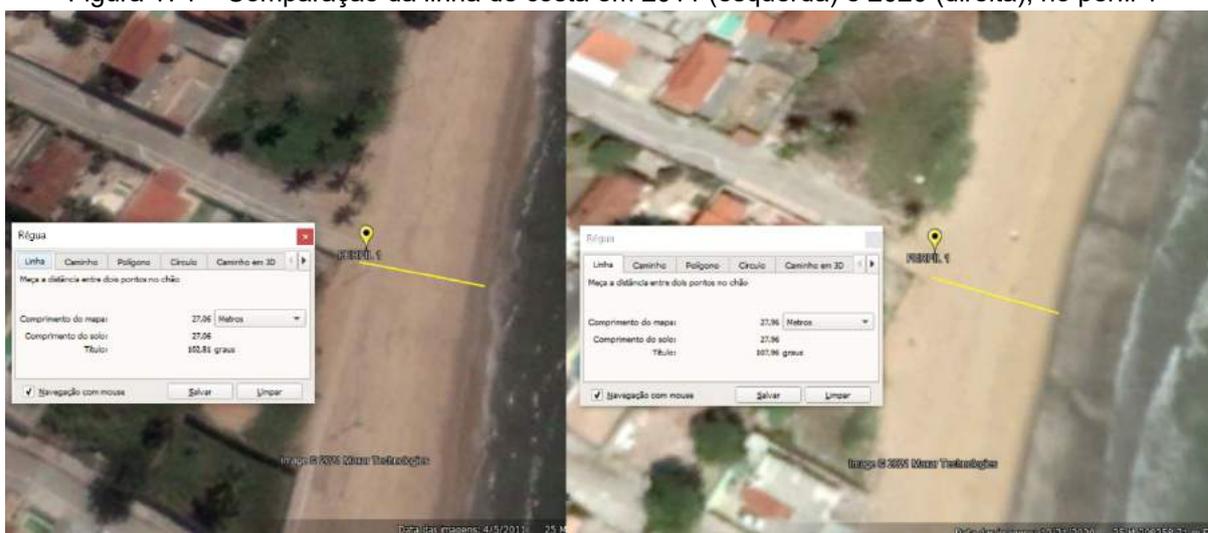
As áreas com maior percentual de obras de contenção, estão concentradas, sobretudo, entre a praia do Janga e a praia de Nossa Senhora da Conceição. Isso se deve ao fato de que é neste trecho em que há uma maior urbanização, com uma elevada quantidade de bares e condomínios presentes na faixa de pós-praia.

Em contrapartida, o trecho em que há o maior percentual de indicadores naturais se encontra após a praia de Nossa Senhora da Conceição, até o pontal de Maria Farinha. Observa-se neste ponto, a presença de residências com características de veraneio. Isso se dá, entre outros fatores, a longa distância desta praia para os principais centros urbanos, inviabilizando assim uma maior ocupação desordenada.

A urbanização está cada vez mais próxima da linha de costa, o que vem impedindo o processo natural de retirada e reposição de sedimentos na praia, intensificando assim o processo de erosão, e tornando-as mais vulneráveis aos processos erosivos (Lélis, 2003; Esteves, 2004).

Realizando uma comparação da linha de costa, através de imagens do Google Earth, com anos anteriores, pode-se observar que em meados de 2011, no trecho que compreende o Perfil 1, na praia de Enseadinha, não houve uma variação da referida linha. A faixa de praia se manteve estável com aproximadamente 27 metros de largura (figura 174).

Figura 174 – Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 1

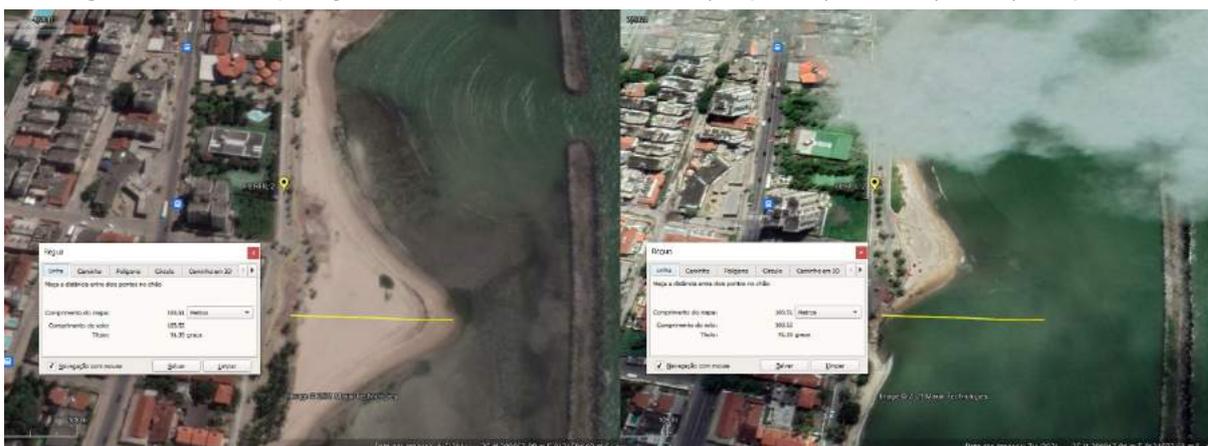


Fonte: Google Earth (2021).

Já na região onde compreende o perfil 2, na Praia do Janga, observou-se uma

retrogradação na linha de costa, em função do deslocamento e principalmente redução da saliência anteriormente presente, com aproximadamente 100 metros de largura (figura 175). Muito provavelmente essa variação ocorreu em virtude da proximidade dos quebra-mares instalados no litoral, que impedem uma deposição sedimentar uniforme no local, atrelada a direção das correntes, que vão de sul para norte.

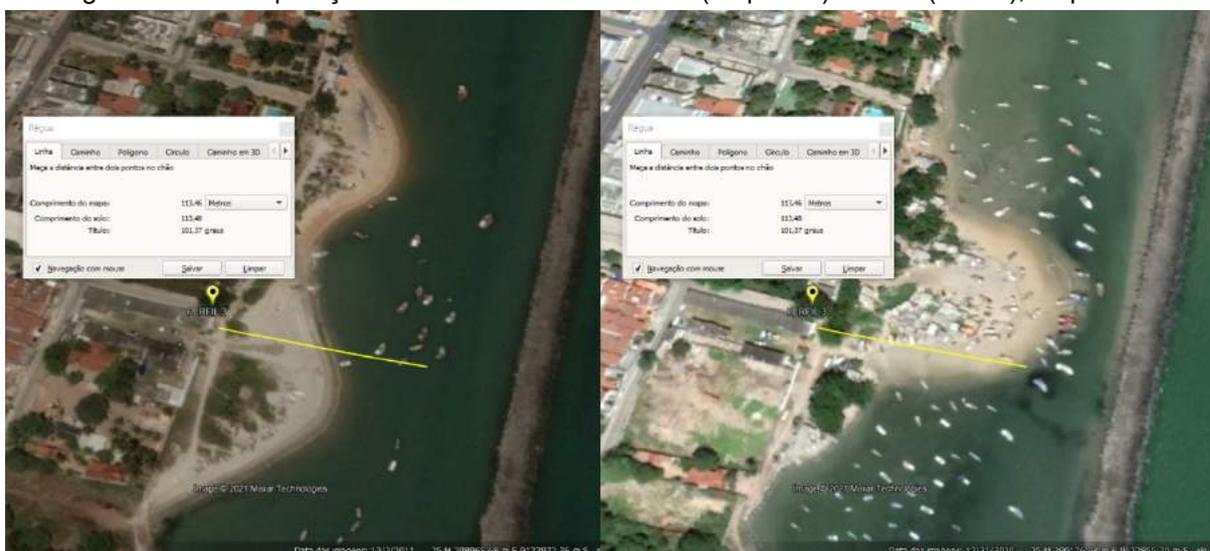
Figura 175 – Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2021 (direita), no perfil 2



Fonte: Google Earth (2021).

Situação semelhante ocorreu na região que compreende o perfil 3, também na praia do Janga (figura 176). Observa-se nas imagens abaixo que houve uma retrogradação na linha de costa, nos trechos mais a sul e mais a norte do perfil 3, e uma progradação no trecho mais central, também em virtude da presença do quebra-mar neste setor.

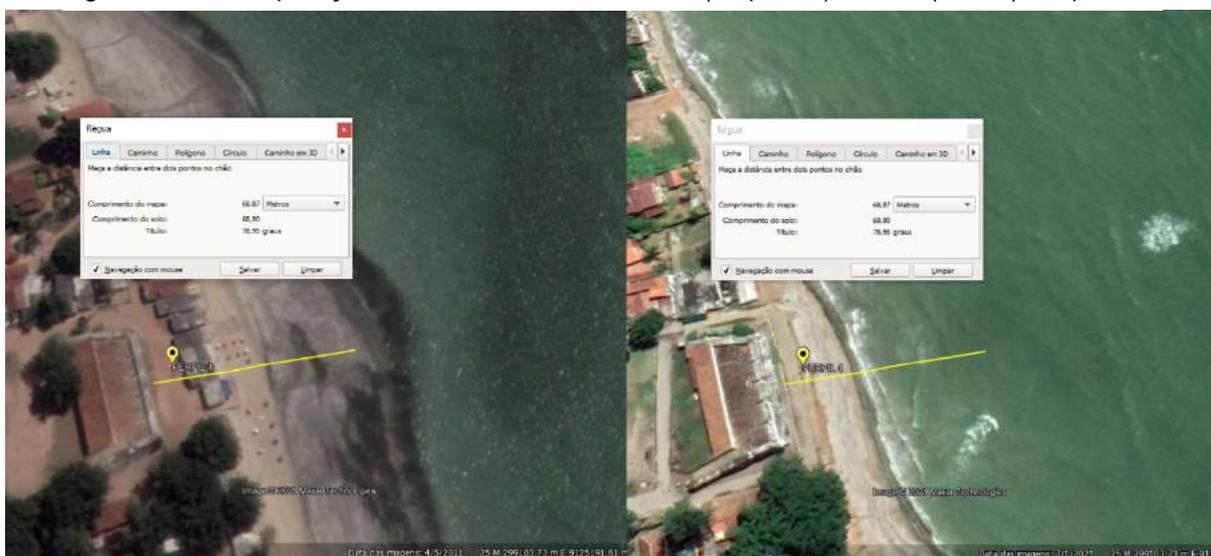
Figura 176 – Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 3



Fonte: Google Earth (2021).

Na praia de Pau Amarelo, agora em região de mar aberto, observa-se na área onde houve a realização do perfil morfodinâmico 4 (figura 177), que também ocorreu uma retrogradação da linha de costa, motivo pelo qual foi necessária a adoção de obras de contenção, como a instalação do bagwall no local.

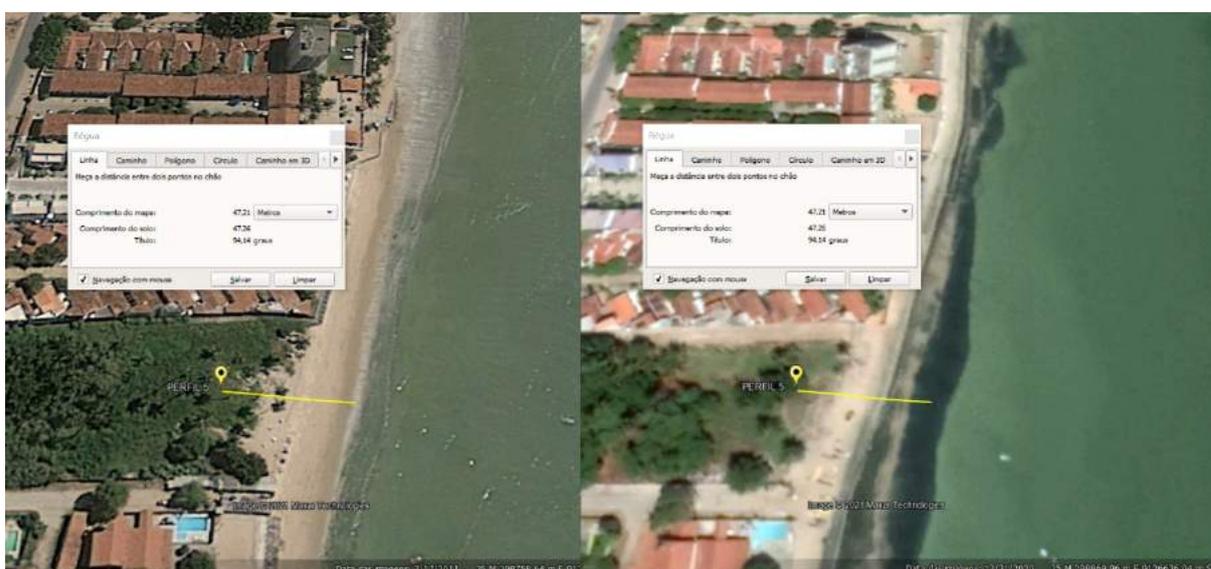
Figura 177 – Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2021 (direita), no perfil 4



Fonte: Google Earth (2021).

Na região do perfil 5 (figura 178), na praia de Nossa Senhora da Conceição, novamente em região de mar aberto, também ocorreu retrogradação da linha de costa. Por esse motivo, também foi instalada a estrutura de contenção bagwall no local.

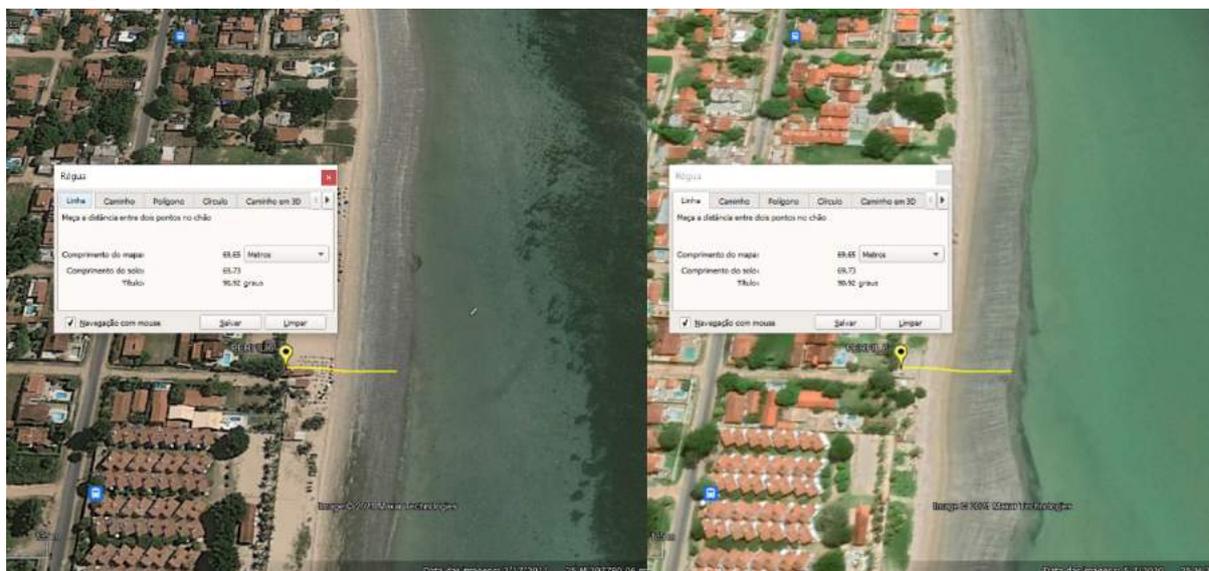
Figura 178 – Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 5



Fonte: Google Earth (2021).

Em Maria Farinha, na região que compreende o perfil 6, não houve variação da linha de costa (figura 179). A área se mostrou estável com o passar dos anos, motivo pelo qual não há qualquer intervenção costeira no local, e os bares continuam funcionando normalmente na beira da praia.

Figura 179 – Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 6



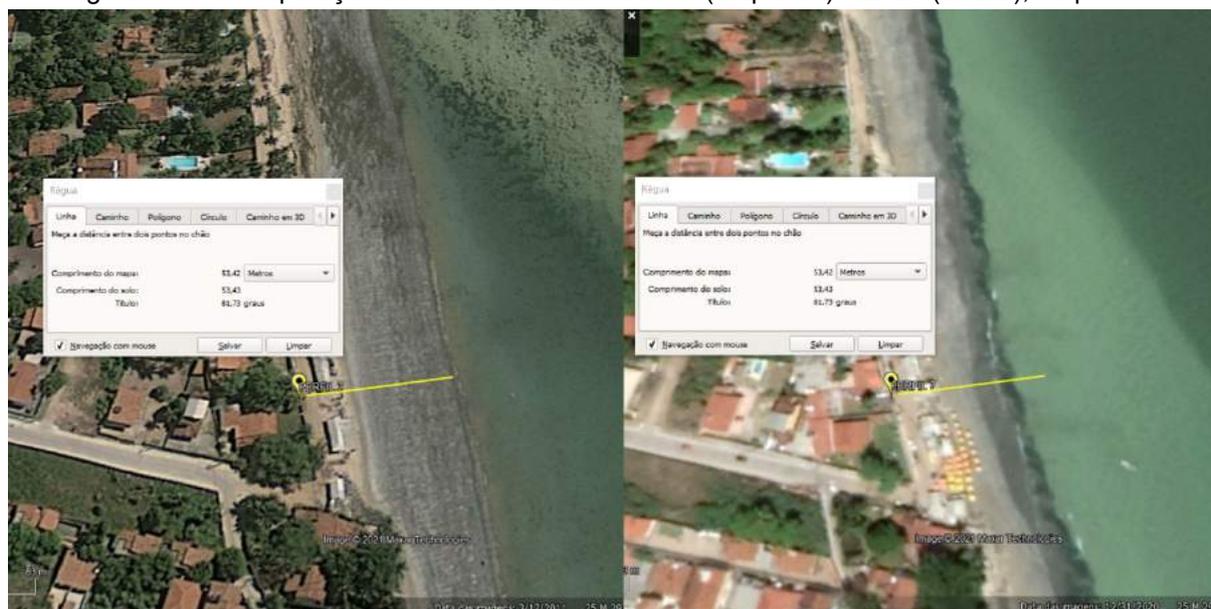
Fonte: Google Earth (2021).

Ainda em Maria Farinha, nas proximidades do perfil 7 (figura 180), houve uma retrogradação da linha de costa. A erosão no local se apresenta de forma intensa, sendo necessária uma intervenção com enrocamento no local para proteger os bares ali presentes.

Além das comparações nos pontos onde foram realizados os levantamentos morfodinâmicos, confrontou-se também imagens no pontal da praia de Maria Farinha, a fim de estudar o seu comportamento ao longo dos últimos dez anos (figura 181). Constatou-se então que em 2011, o trecho em que hoje é denominado “pontal de Maria Farinha” não existia. Observa-se nas fotos a ocorrência de deposição de sedimentos provenientes tanto do rio Timbó, quanto do oceano, dada a direção das correntes de deriva, de Sul para Norte. Essa deposição tem se intensificado com o passar dos anos, e contribuindo para o aumento do volume sedimentar naquele local.

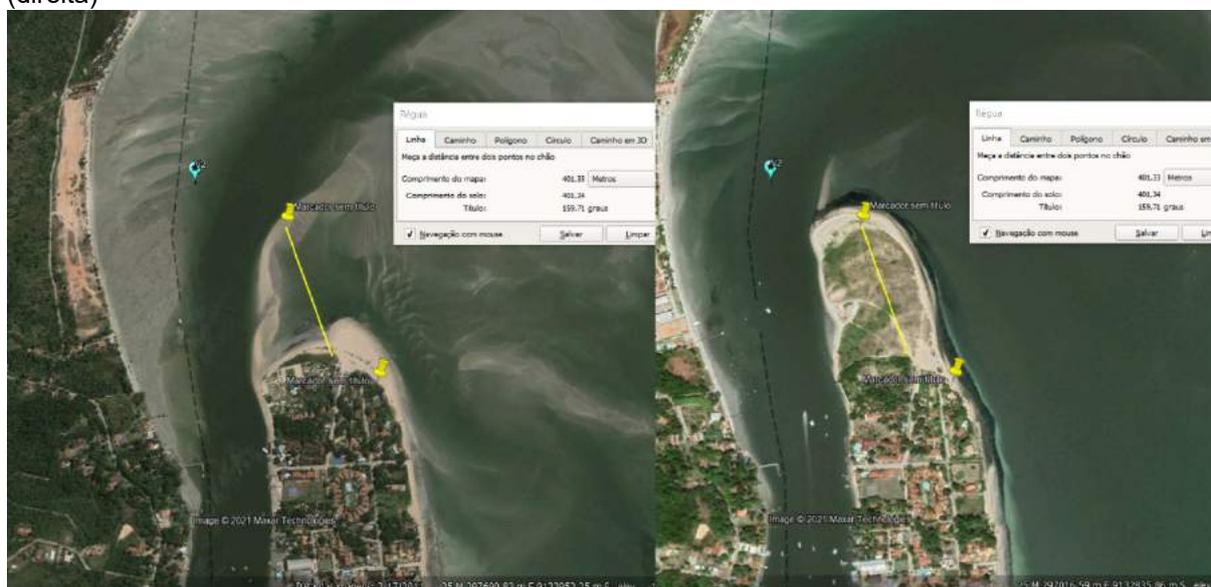
Após a realização de todo este trabalho, gerou-se o mapa com a linha de preamar máxima atual para a região do município do Paulista (figura 182).

Figura 180 – Comparação da linha de costa em 2011 (esquerda) e 2020 (direita), no perfil 7



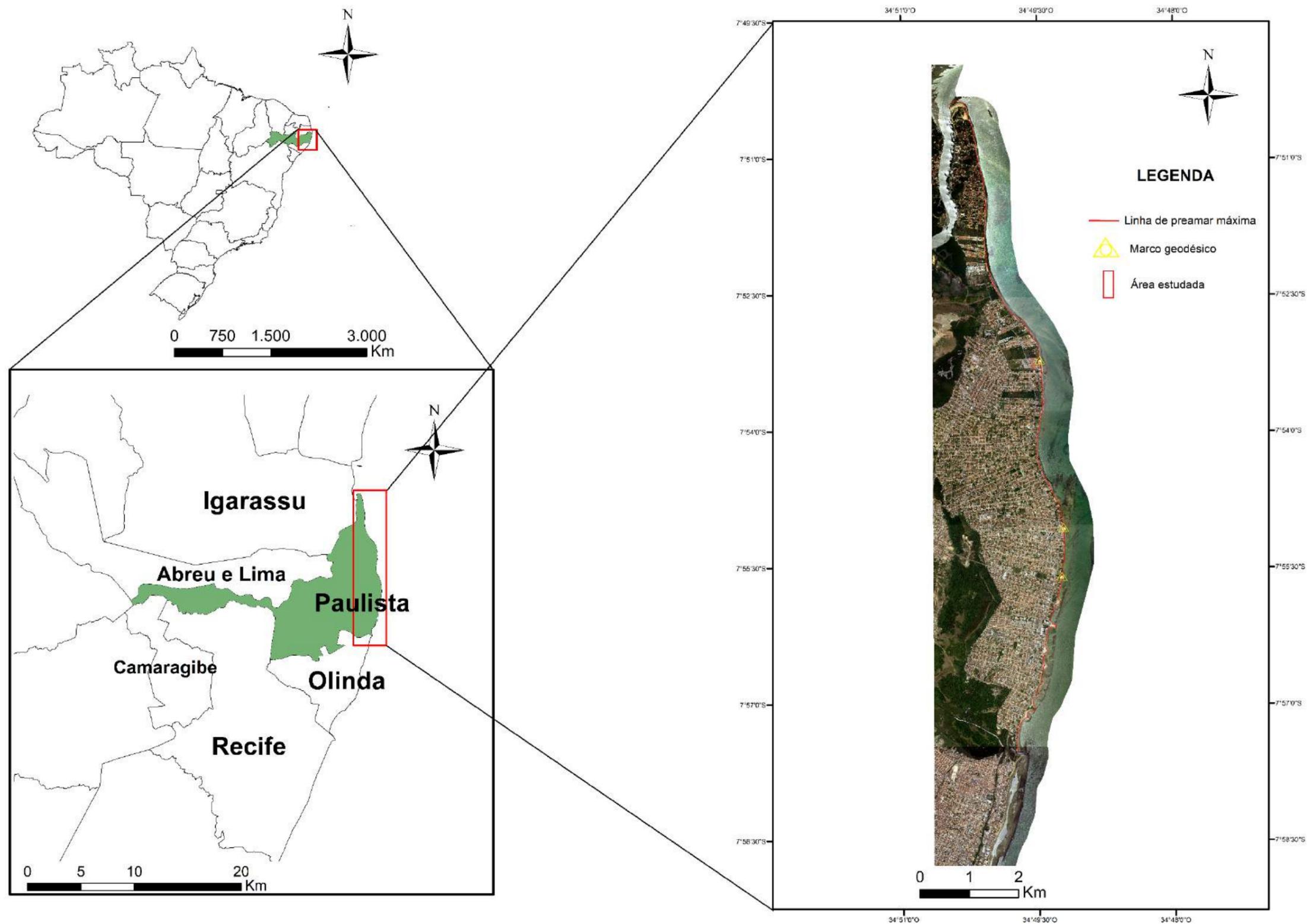
Fonte: Google Earth (2021).

Figura 181 – Comparação do pontal da praia de Maria Farinha nos anos de 2011 (esquerda) e 2021 (direita)



Fonte: Google Earth (2021).

Figura 182 – Mapa contendo a Linha de Preamar Máxima atual para o município do Paulista



Fonte: O autor (2021).

8 AVALIAÇÃO DO GRAU DE VULNERABILIDADE

Em 1985, Bird & Schwartz já afirmavam que 70% das praias arenosas do mundo encontram-se em processo de erosão. Veremos mais a frente que no litoral do município do Paulista não é diferente.

Manso et al. (2001) afirma que as praias estão em constantes ajustes às adaptações dos níveis de energia locais, e representam sistemas transicionais, sensíveis e dinâmicos. Por se tratar de um ambiente dinâmico, elas estão sujeitas a um complexo sistema de processos e forças, dos quais são produtos.

Segundo Hoefel (1998), a principal função das praias é proteger a costa da ação direta da energia do oceano. Para que isso ocorra, é necessário que a mesma esteja em pleno equilíbrio, estável, e sobretudo livre das ações antrópicas. A estabilidade de uma praia ocorre quando a atuação desses processos e forças igualam os ganhos e as perdas de sedimentos. Porém, esse equilíbrio nem sempre é possível, visto que, ao longo do tempo geológico, a ideia de que uma praia natural deve ser estável não é sustentada (Bird & Schwartz, 1985).

Existem alguns fatores que podem ser apontados como causadores de processos de erosão na linha de costa e normalmente estão relacionados ao fornecimento de sedimentos, à posição relativa do nível do mar (eustasia, movimento crustal e subsidência), à energia das ondas e marés, e às obras de engenharia costeiras (Toldo Jr., 2006).

Conforme informado nos materiais e métodos deste trabalho, para a avaliação do grau de vulnerabilidade do litoral do município do Paulista, adotou-se a metodologia de Bush et al. (1999), que basicamente consiste na análise setorial levando-se em consideração indicadores com variáveis costeiras e variáveis continentais.

Esse método foi adotado em toda a área de estudo, e, durante a análise, foram identificados cada tipo de indicador. Em seguida, em tabelas separadas por setor, foi realizada a classificação de acordo com a vulnerabilidade baixa, moderada ou alta. Houve, em todos os setores, os três tipos de classificação, a depender da presença de cada indicador no setor em específico, prevalecendo então aquele em que apareceu mais vezes, conforme a equação do índice, demonstrada no capítulo 2.5 deste trabalho.

Após a classificação de todos os setores, foi gerado um mapa identificando em todo o litoral o grau de vulnerabilidade e erosão. Abaixo, serão apresentados os

resultados seguidos do referido mapa.

8.1 RESULTADOS

Para o setor 1, avaliou-se para o indicador “morfologia da praia” um bom suprimento sedimentar, ou seja, vulnerabilidade baixa, que implica um valor número zero. O indicador “posição da linha de costa”, foi classificado como estável, ou seja, vulnerabilidade moderada, e número cinco. O terceiro indicador da variável costeira “campos de duna” foi classificado em sem dunas, e por isso, vulnerabilidade alta e representação numérica dez. A “exposição das ondas” é o quarto indicador costeiro, e foi classificada como ondas sem obstáculos naturais, e vulnerabilidade alta, com número dez. Fechando os indicadores costeiros, “distância da foz de rios” foi classificada como menor que 50 metros, visto este setor encontra-se ao lado da desembocadura do rio Paratibe. Logo a vulnerabilidade é alta, e a representação numérica é dez.

Fazendo os cálculos para a variável costeira temos que $(0+5+10+10+10)/5$ que é igual a 7.

Em seguida realizamos este mesmo padrão para as variáveis continentais. Neste setor 1 em específico temos no indicador “elevação do terreno” uma vulnerabilidade moderada com altura entre 3-6 metros, e representação numérica cinco. O indicador “vegetação” foi classificado com gramíneas e arbustos, também vulnerabilidade moderada e número cinco. Em seguida o indicador “estruturas costeiras” foi classificado como ausente, baixa vulnerabilidade, e número zero. Para a avaliação do quarto indicador continental, “percentual de ocupação do solo”, levou-se em consideração a análise do cenário encontrado em imagens de satélite (Google Earth), visto que os dados disponíveis junto ao IBGE estavam desatualizados. Logo, classificou-se como vulnerabilidade moderada, com ocupação entre 30 e 70%, número cinco. Por fim, o último indicador continental “impermeabilidade do solo” também foi classificado como vulnerabilidade moderada, com baixo quantitativo de ocupações, e número cinco.

Fazendo os cálculos para a variável continental, temos que $(5+5+0+5+5)/5$ que é igual a 4. Logo, finalizando o grau de vulnerabilidade para o setor 1, temos que $(7+4)/2$ que é igual a 5,5, estando, de acordo com a metodologia de Bush et al. (1999), dentro do intervalo de 3 a 6,9, e, portanto, classificando este setor como moderadamente vulnerável.

Seguindo este mesmo padrão para os demais setores, chegou-se na tabela 18 abaixo, na qual é exibida a representação numérica para todos os indicadores, separados por setor, bem como o total e a sua respectiva classificação quanto ao grau de vulnerabilidade em cada setor.

Tabela 50 – Resultados da avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira por setores na praia do município do Paulista

Indicadores	Setor 1	Setor 2	Setor 3	Setor 4	Setor 5	Setor 6	Setor 7	Setor 8
Morfologia da praia	0	5	10	10	10	0	10	0
Posição da linha de costa	5	10	10	10	10	5	10	0
Campos de dunas	10	10	10	10	10	10	10	5
Exposição as ondas	10	10	10	10	10	10	10	5
Distância da foz de rios	10	0	0	0	0	0	0	10
Elevação do terreno	5	5	0	5	5	5	10	5
Vegetação	5	5	10	10	10	0	10	0
Estruturas costeiras	0	10	10	10	10	0	5	0
Percentual de ocupação	5	10	5	5	5	0	5	0
Impermeabilidade do solo	5	10	5	10	5	5	5	0
TOTAL	5,5	7,5	7,0	8,0	7,5	3,5	7,5	2,5
CLASSIFICAÇÃO	Moderada	V. Alta	V. Alta	V. Alta	V. Alta	Moderada	V. Alta	V. Baixa

Fonte: O autor (2021).

Pode-se observar, nas figuras abaixo, alguns dos indicadores presentes em cada setor. A figura 183 mostra uma parte do setor 1, com um bom suprimento sedimentar, linha de costa estável, sem dunas, com elevação do terreno entre 3 e 6 metros, e presença de vegetação. Já a figura 184, no setor 2, observa-se uma faixa de praia estreita, com presença de erosão, sem dunas, com elevação do terreno entre 3 e 6 metros, presença de gramíneas, e enrocamento. A figura 185, mostra o setor 3, sem a presença de uma faixa de praia, em processo de erosão, sem dunas, com elevação maior do que 6 metros, sem a presença de vegetação (a vegetação mostrada na foto faz parte da via localizada acima do que seria a faixa de praia), e também com a presença de enrocamento. O setor 4 diverge do setor 3 apenas pela ausência de quebra-mar. A figura 186 é muito parecida com a 185, e também mostra a ausência de praia, erosão, ausência de dunas, ausência de vegetação e a presença do enrocamento.

Figura 183 – Caracterização do setor 1 quanto aos indicadores costeiros e continentais



Fonte: O autor (2021).

Figura 184 – Caracterização do setor 2 quanto aos indicadores costeiros e continentais



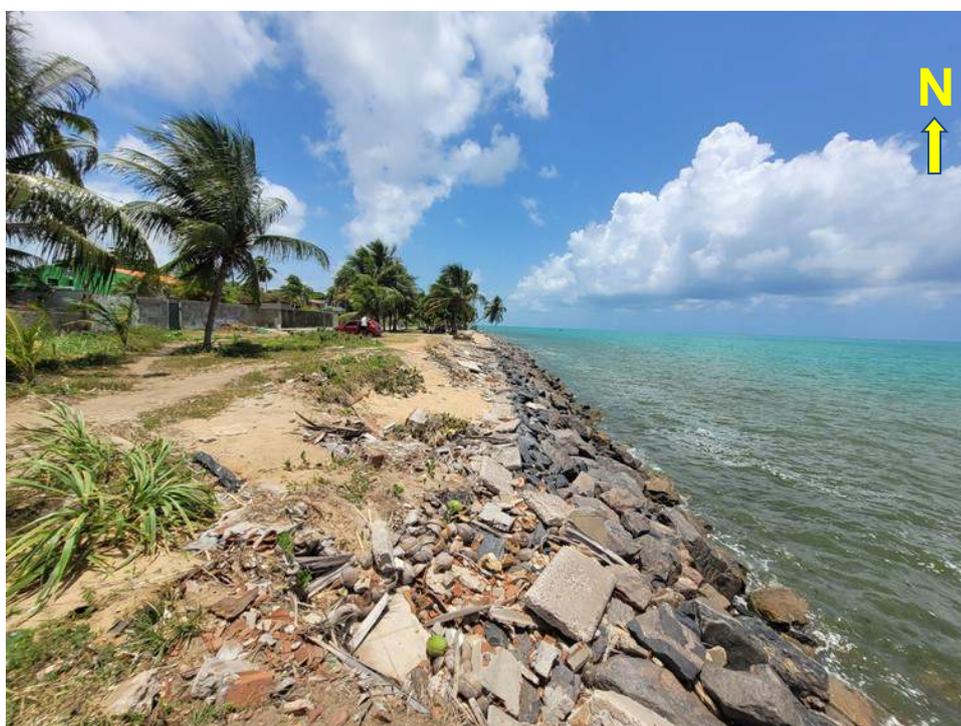
Fonte: O autor (2021).

Figura 185 – Caracterização do setor 3 quanto aos indicadores costeiros e continentais



Fonte: O autor (2021).

Figura 186 – Caracterização do setor 4 quanto aos indicadores costeiros e continentais



Fonte: O autor (2021).

Na figura 187 identifica-se os seguintes indicadores do setor 5: ausência de praia, processo erosivo, ausência de dunas, elevação entre 3 e 6 metros, ausência de vegetação, entre outros. Já na figura 188, ilustrando o setor 6, tem-se uma vulnerabilidade moderada, representado pelo bom suprimento sedimentar, com linha de costa estável, sem dunas, com vegetação densa, e ausência de estruturas costeiras. No setor 7 (figura 189), a vulnerabilidade novamente aparece como alta, com os mesmos indicadores: ausência de praia, processo erosivo, ausência de dunas, baixa elevação do terreno (menor que 3 metros), e ausência de dunas. Por fim, no setor 8 (figura 190), é possível observar algumas características que contribuíram para o baixo grau de vulnerabilidade, tais quais o bom suprimento sedimentar, acresção da linha de costa, dunas de baixas altitudes, vegetação densa e principalmente ausência de ocupações.

Após a conclusão de todo do trabalho executado na área para avaliação do grau de vulnerabilidade, foi elaborado o mapa contendo a classificação dividida por cada setor (figura 191).

Figura 187 – Caracterização do setor 5 quanto aos indicadores costeiros e continentais



Fonte: O autor (2021).

Figura 188 – Caracterização do setor 6 quanto aos indicadores costeiros e continentais



Fonte: O autor (2021).

Figura 189 – Caracterização do setor 7 quanto aos indicadores costeiros e continentais



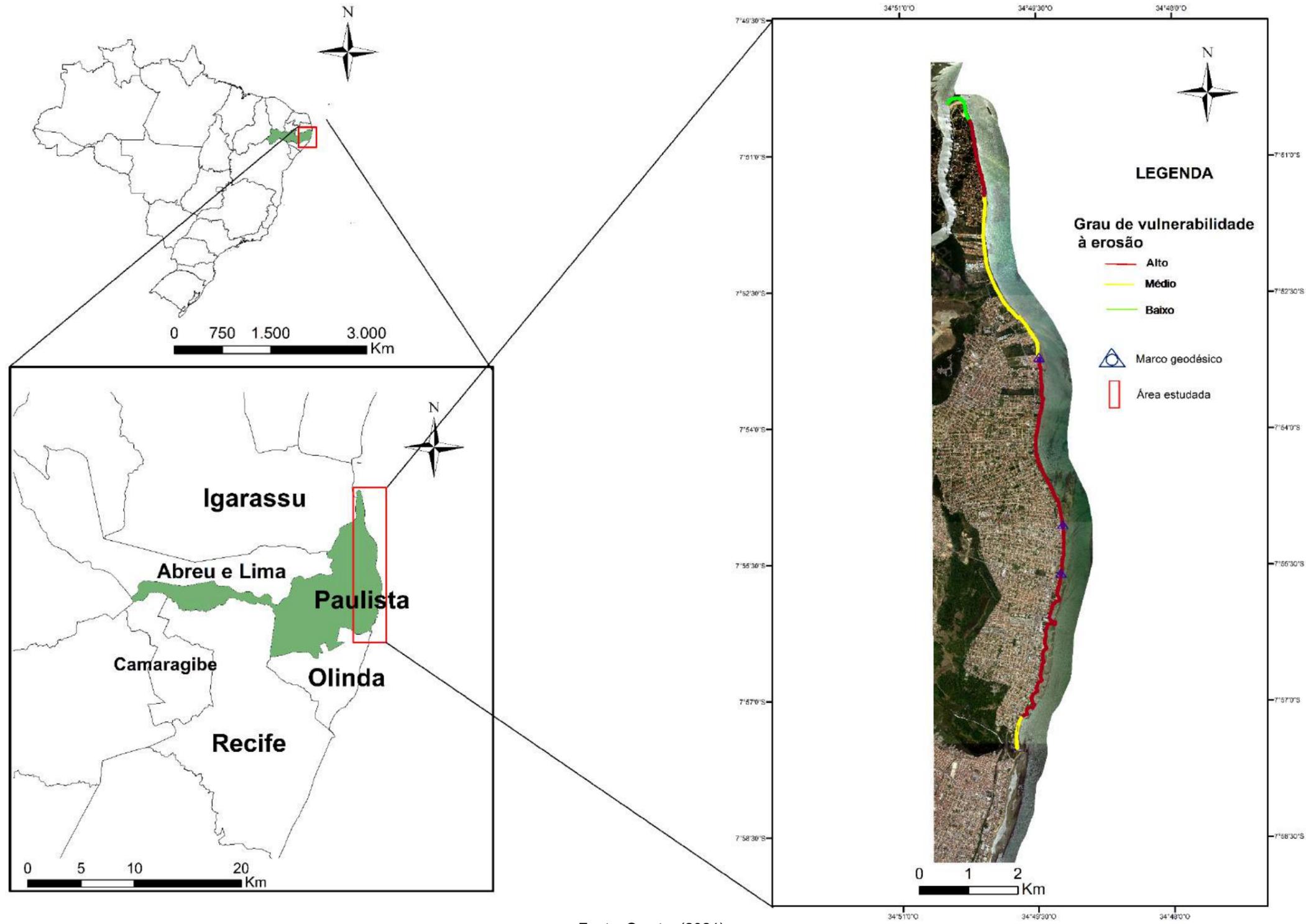
Fonte: O autor (2021).

Figura 190 – Caracterização do setor 8 quanto aos indicadores costeiros e continentais



Fonte: O autor (2021).

Figura 191 – Mapa ilustrando o grau de vulnerabilidade a erosão para o município do Paulista



Fonte: O autor (2021).

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

Escolhida como objeto de estudo para este trabalho, a zona costeira apresenta uma série de problemas extremamente sensíveis e essenciais. Dentre esses problemas, podemos citar, sobretudo, o dever de equilibrar diferentes aspectos alusivos à utilização dos recursos provenientes do litoral, como por exemplo a pesca, com a possibilidade de ocorrer riscos costeiros tais como: erosão, inundação, entre outros.

Este trabalho foi de suma importância para mostrar os resultados das causas antrópicas nas zonas costeiras, em especial na área de estudo. Através dele, pôde-se chegar as conclusões citadas a seguir.

O diagrama de Shepard revelou que 82,3% de todas as amostras sedimentares coletadas na área de estudo foram predominantemente classificadas como areia, permitindo afirmar que as praias do litoral do Paulista são, de fato, praias arenosas. Outras 11,4% das amostras foram classificadas como areia siltica, divergindo das anteriores por ser uma areia mais fina e apenas 6,3% como silte arenoso.

No que se refere ao diâmetro médio, as areias presentes nas praias localizadas no Paulista foram classificadas como areia fina (40,5%), areia média (27,8%), areia muito fina (22,8%), areia grossa (3,8%), e apenas 5,1% das amostras apareceram no campo silte grosso.

Analisando o diâmetro médio individualmente por perfil, conclui-se que dentre os perfis estudados os perfis 2, 6 e 7 predominaram a fração areia fina. Nos perfis 1 e 3 prevaleceram a fração areia média, enquanto que no perfil praia 4 predominou areia muito fina. Apenas no perfil 5 houve um equilíbrio entre areia muito fina e areia média.

Com relação ao desvio padrão, os sedimentos foram classificados como moderadamente selecionados (54,4%), pobremente selecionados (36,7%), bem selecionados (7,6%), e muito pobremente selecionados (1,3%). Baseando-se nesses resultados, podemos inferir que a presença de sedimentos pobremente selecionados e muito pobremente selecionados podem estar relacionadas com a deposição do material sedimentar proveniente da desembocadura do Rio Paratibe. É improvável que a desembocadura do Rio Timbó afete estes resultados, visto que o mesmo se encontra no extremo norte da área de estudo, e que as correntes marítimas nesta região são de Sul para Norte.

A assimetria, por sua vez, apresentou a seguinte classificação: 54,4% das

amostras apresentaram assimetria negativa ou muito negativa, 19% aproximadamente simétrica, e 26,6% assimetria positiva ou muito positiva.

Como valores negativos de assimetria indicam áreas que estão em processo de erosão, temos que mais da metade da área de estudo pode estar sofrendo um processo erosivo.

Na correlação dos perfis topográficos associados à sedimentologia das amostras, os resultados indicaram que o balanço sedimentar foi positivo (deposicional) em quatro pontos, sendo eles os perfis praias 1, 4, 6 e 7, sendo o 4, na praia de Pau Amarelo, onde houve a maior variação com $+17,6\text{m}^3/\text{m}$. Em contrapartida, o que apresentou o menor balanço positivo foi o perfil 7, com apenas $+2,7\text{ m}^3/\text{m}$.

Nos outros três perfis (2, 3 e 5), o balanço final foi negativo, sendo o perfil 2 o que obteve a maior variação negativa com $-26,4\text{m}^3/\text{m}$. Em compensação, o que apresentou o menor balanço negativo foi o perfil 5, com apenas $-0,28\text{ m}^3/\text{m}$, podendo afirmar, em função deste pequeno valor numérico, que na verdade este perfil se comportou de maneira estável.

Os parâmetros hidrodinâmicos revelaram que no mês de julho, a intensidade hidrodinâmica na área de estudo foi consideravelmente maior do que os outros meses. A altura da onda atingiu um patamar de 3,6 metros de altura, e os ventos chegaram a 12m/s com direção sudeste. De agosto em diante, tanto a altura da onda, quanto a velocidade do vento diminuíram consideravelmente, oscilando entre 1,5 e 2 metros de altura e entre 7 e $8,5\text{ m/s}$.

No que se refere a linha de preamar máxima atual, além de definir uma linha mais atual, com o objetivo de contribuir para uma ocupação mais ordenada na praia, através do disciplinamento do uso do solo, e definição de faixas de recuo adequadas, evitando assim a remediação das praias do município em virtude da erosão, com obras de contenção costeira, também foi possível constatar algumas situações:

- O indicador que obteve o maior percentual para a definição da linha de preamar máxima atual foram as estruturas de contenção, com 48%. Só com essa informação, já é possível afirmar que um grande trecho das praias do Paulista está passando por um intenso processo erosivo;
- Grande parte das obras de contenção presentes na área estão danificadas, sem manutenção adequada, e conseqüentemente não exercendo o seu objetivo que é proteger essas áreas, com a contenção

do avanço do mar;

- Os resultados mostram que a área que mais está sofrendo com a erosão costeira localiza-se entre a praia do Janga e a praia de Nossa Senhora da Conceição, justamente no trecho mais urbanizado da área de estudo;
- Uma análise da linha de costa nos pontos onde foram executados os perfis 1 a 7 (P1 a P7), permite afirmar que em apenas dois pontos (P1 e P6) a praia tem se comportado de maneira estável. No P2, P4, P5 e P7 observou-se uma retrogradação da linha de costa. Apenas no P3 pôde-se constatar uma retrogradação nos trechos mais a norte e mais a sul, e uma progradação no trecho mais central;
- Em praticamente todo o trecho onde ocorre a presença de quebra-mares, observou-se a existência de tómbolos e saliências. Essas aparições podem estar relacionadas a proximidade destas estruturas com a linha de costa, fazendo com que as ondas se difratem, e depositem o material sedimentar. Outro fator que provavelmente contribui para essas aparições envolve a corrente de deriva, que é responsável pelo transporte de sedimentos trazidos do rio Paratibe, paralelamente a linha de costa. Para um correto funcionamento desta estrutura, o seu posicionamento deveria ser a aproximadamente 800 metros da costa, próximo à linha de beachrocks, em uma altura que permitisse sua emergência nas marés baixas, enquanto que nas marés altas ficassem semi-submersos.

Todos os resultados apresentados até aqui que indicam um processo erosivo da área, foram ratificados quando da análise do grau de vulnerabilidade a erosão. Essa análise mostrou um litoral altamente vulnerável, com 65% da área (5 dos 8 setores previamente definidos) apresentando elevado grau, 31% (2 dos 8 setores) grau moderado, e apenas 4% (um único setor localizado no extremo norte da área, no pontal da praia de Maria Farinha) vulnerabilidade baixa.

É importante frisar que o percentual acima citado foi definido de acordo com a extensão de toda a área estudada, que possui 14 km.

O alto grau de vulnerabilidade ocorreu por vários fatores, dentre eles a ausência de praia em muitos setores devido ao grande número de construções que existem tanto na pós-praia quanto no estirâncio, contribuindo para o aumento do déficit de sedimentos e, conseqüentemente, causando a erosão das praias; ausência de dunas

em 7 dos 8 setores, pouca ou nenhuma vegetação, presença de estruturas de contenção, e também por fatores relacionados a sedimentologia, como alto percentual de amostras com assimetria negativa.

Conforme informado anteriormente, apenas um setor (setor 8 – pontal de Maria Farinha) foi classificado como pouco ou não vulnerável. Isto ocorreu pelo bom suprimento sedimentar no local, pela acresção da linha de costa, presença de dunas, alta elevação do terreno, vegetação densa, e principalmente a ausência de estruturas costeiras e de ocupações, visto que este setor ainda é tido como área de veraneio para a população, dada a distância para os centros urbanos e pela beleza desta praia. Dentre esses fatores que contribuíram para a baixa vulnerabilidade, é importante falar a respeito da acresção sedimentar no local. Constatou-se, mediante comparação de imagens de satélite, através do Google Earth, que em 2011 esse banco de areia que hoje é denominado “pontal de Maria Farinha” não existia. É possível observar nas imagens a deposição de sedimentos provenientes tanto do rio Timbó, quanto do oceano, dada a direção das correntes de deriva, de Sul para Norte. Essa deposição tem se intensificado com o passar dos anos, e contribuindo para o aumento do volume sedimentar naquele local, que ainda tende a se expandir cada vez mais.

O resultado da avaliação do grau de vulnerabilidade permitiu afirmar que na área de estudo, a urbanização está diretamente ligada à erosão costeira, fato que não deveria ocorrer se a população tivesse consciência do quão importante é a preservação das praias, e de que é possível conviver próximo a esta beleza natural, sem agredi-la, sem ocupar seu espaço.

Se não houver nada que impeça esta situação, a tendência é que, com o passar dos anos, os litorais de veraneio recebam cada vez mais obras de infraestrutura visando atrair turistas e moradores, e conseqüentemente o dinheiro, sem se preocupar com a degradação costeira.

As intervenções antrópicas são muito claras, e alcançam dimensões inimagináveis. Dito isto, é importante ter consciência de que os ambientes naturais precisam ser melhores compreendidos, para que assim possam administrados e resguardados de maneira racional.

Diante do exposto, recomenda-se por parte do poder público, um contínuo estudo de gerenciamento costeiro, a fim de monitorar a questão da erosão costeira, e sua respectiva vulnerabilidade, visto que o trabalho em questão mostrou um litoral altamente vulnerável, com obras de contenção costeiras deterioradas e sem eficácia.

Deve-se observar também a questão da poluição ambiental, uma vez que foram constatados vários pontos em que há despejo de esgotamento sanitário na praia.

É importante utilizar a linha de preamar máxima atual, definida neste estudo, para delimitação da área não edificante, evitando assim obras de construções habitacionais na faixa de praia, respeitando assim a área de amplitude do mar

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADGER, W. N. et al., 2005. Social - ecological resilience to coastal disasters. *Science* (New York, N.Y.), v. 309, n. June, p. 1036–1039.
- ALHEIROS, M.M & FERREIRA, M.G.V.X. & LIMA FILHO, M.F. 1995. Mapa geológico do Recife: sinopse geológica. Convênio Carta Geotécnica da Cidade do Recife. FINEP/UFPE, Recife, 12p.
- ALHEIROS, M.M. & FERREIRA, M.G.V.X. 1991. História sedimentar do município de Recife, PE. Simpósio de Geologia do Nordeste, 14, Recife. Atas, SBG: 18-21
- ALHEIROS, M.M. 1998. Riscos de escorregamentos na região metropolitana do Recife. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 129p.
- ALMEIDA, F. F. M; HASUI, Y; NEVES, B.B.B.; FUCK, R.A., 1977. Províncias estruturais brasileiras. In SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 8 Campina Grande (PB). Atlas... Campina Grande (PB): SBG, 363 – 391p
- ALMEIDA, J.A.C. 1989 - Geologia e aspectos paleontológicos da folha de Jacumã, sub-bacia de Alhandra, bacia Pernambuco-Paraíba. Relatório de Graduação UFPE-CTG – Recife 57p.
- AMARAL, A.J. R., MENOR. E.A. & SANTOS, S.A. 1977. Evolução Paleogeográfica da sequência clástica basal da Bacia Sedimentar Costeira PE-PB. Atas do VIII Simpósio de Geologia do Nordeste. Campina Grande, 37 - 63p.
- ANDRADE, G.O., 1955. Itamaracá. Contribuição para o estudo geomorfológico da costa de Pernambuco. Imprensa Oficial, Recife, 84p.
- ASSIS, H.M.B., 1990. Estudo dos beach rocks do litoral sul de Pernambuco com base em evidências petrográficas e isotópicas. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. Dissertação de Mestrado. 91p.
- BARBOSA, J. A. 2004. - Evolução da Bacia Paraíba durante o Maastrichtiano-Paleoceno – Formação Gramame e Maria Farinha, NE do Brasil. Dissertação Mestrado, Pós-Grad. Geociências - UFPE, 217p.

BARBOSA, J.A. (2007). A deposição carbonática na faixa costeira Recife-Natal: aspectos estratigráficos, geoquímicos e paleontológicos. Tese de Doutorado, Recife: Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco; 256p.

BARBOSA, M. J. O. 2006. Estudos Sedimentológicos do Estuário do Rio Timbó-PE. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

BARRETO, A. M. F.; LIMA FILHO, M. F.; ALHEIROS, M..M., 1998. Uso da datação por termoluminescência na Diferenciação de Sedimentos Litorâneos Pleistocênicos e holocênicos no Estado de Pernambuco. Congresso Brasileiro de Geologia, 40 Anais...., B. H., SBG – MG. 236p.

BARRETO, H.T. & SUMMERHAYES, C.P. 1975. Oceanography and suspended matter of northeastern Brazil. *Journal of Sedimentary Petrology*, Amsterdam, 45(4): 149-158.

BEURLEN, K. 1967a - Estratigrafia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Bol. Soc. Bras. Geol.*; 16(1):43-53

BEURLEN, K. 1967b. Paleontologia da faixa sedimentar costeira Recife-João Pessoa. *Bol. Geol. São Paulo*. 16(1): 73-79.

BIGARELLA, J.J., 1975. Reef sandstone from northeastern Brazil (A survey of sedimentary structures). *Anais da Academia Brasileira de Ciência*. 47 (supl.):395-409.

BIRD, E. C. F.; SCHWARTZ, M. C., 1985. *The world's coastline*. New York: Van Nostrand einhold. 1071 p.

BITTENCOURT, A.C.S.P. 1992. A questão da predominância ou não de valores negativos de assimetria das distribuições granulométricas para os depósitos da face da praia: uma polêmica revisitada. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, 22(1): 107-111.

BRANNER, J.C., 1904. *The stone reefs of Brazil their geological and geographical relations with a chapter on the coralreefs*. Vambridge: Museum of Geology. 285p.

BRASIL. Ministério da Agricultura. 1973^a. Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado de Pernambuco. Recife: Sudene, v. 1 (Boletim Técnico, 26). 354p.

CAMPOS, H.S., 1976. Estudo das variações isotópicas C13/C12 e O18/O16 em ambientes de formação de rochas de praia na Ilha de Itaparica - Bahia. Tese de Mestrado - Instituto de Geociências - Universidade Federal da Bahia; 55p

CAVALCANTI, L.B. & KEMPF, M. 1970. Estudo da plataforma continental na área do Recife (Brasil) 1.II - Metodologia e Hidrologia. Trabalhos Oceanográficos [UFPE], Recife, 9(11): 149-158.

CHAVES, N.S. 1996. Beachrocks do litoral pernambucano: estudo sedimentológico e análise de isótopos estáveis. Recife, PE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 80p.

CHAVES, N.S., 2000. Mecanismo de cimentação em sedimentos marinhos recentes, exemplo beachrocks do Litoral Pernambucano. Rio Claro. ENESP. 236p (Tese de Doutorado).

CHRISTOFOLETTI, A. 1980. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, 183p.

COASTAL PLANNING E ENGINEERING DO BRASIL. (2011). Alternativas de obras de Proteção Costeira, para recuperação da orla marítima e recomposição de praias arenosas dos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco, além de medidas corretivas necessárias as obras já implantadas na orla, Volume 9, 52 p.

CONDEPE. 1980. Perfil fisiográficos das bacias hidrográficas de Pernambuco. V. I. Recife, 275 p.

COSTA, J.A., 2002. Sedimentologia, Hidrodinâmica e Vulnerabilidade das praias no trecho entre a foz do Rio Mamucaba (Tamandaré-PE) e a foz do rio Persinunga (São José da Coroa Grande –PE).- Dissertação de Mestrado –Programa de Pós Graduação em Geociências, Recife. UFPE. 79 p.

COUTINHO, P.N. 1976. Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe. Tese Livre Docência. Univ. Fed. Pernambuco, 119p.

COUTINHO, P.N. Pedrosa, F.J.A; Medeiros, A.B; MARTINS, M. H. A; Lira, A.R.AA.; Menezes, M.O.B.; Chaves, N.S.; Kater, K.; Oliveira, L.A.; Manso, V.A.; Lima, A.T.O.e

Lima Filho, M.F. 1993. Compartimentação geológico-geomorfológica da faixa costeira norte de Pernambuco (Folha Itamaracá) XV Simp. De Geol. Do Nordeste.

CPRH 2001. Diagnóstico Sócio-ambiental do Litoral Norte. Recife, Companhia Pernambucana de Controle da Poluição Ambiental e de Administração dos Recursos Hídricos, 254p.

CPRH 2003. Diagnóstico socio-ambiental do litoral norte de Pernambuco. Recife, Companhia Pernambucana de Recursos Hídricos, 214p.

CRONAN, D.S, 1992. Marine Minerals in exclusive economic zones. Chapman & Hall, London, 209 pp

CUNHA, S.B. & GUERRA, A.J.T. 1998. Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 388p.

DAL CIN, R. & SIMEONI U. 1994. A model for determining the Classification, Vulnerability and Risk in the Southern Coastal Zone of the Marche (Italy). Journal of Coastal Research, 10(1):p.19-29

DARWIN, C.H., 1842. On a remarkable bar of sandstone of Pernambuco on the coast of Brasil. J. S.ci. London, london , 19:257 – 261.

DAVIES, J.L. 1980. Geographical variation in coastal development. London, Longman, 212p.

DAVIS, R.A., 1978. Beach and nearshore zone. In: Davis, R.A. Editor. Coastal sedimentary environments. New York: Springer-Verlag. 420p. 237-286p.

DIAS, G.T.M. 2001. Granulados Bioclásticos – Algas Calcárias. Brazilian Journal of Geophysics. 18(3)307-318.

DIAS, J. M. A., 2004. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos (Uma Introdução à Oceanografia Geológica). Universidade do Algarve Faro. 84p.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. S. P.; LEÃO, Z. M. A. N. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Pernambuco. Revista Brasileira de geociências, 1990. 20: 208-215.

DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOUT, A.C.S.P. & MARTIN, L. 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: Roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, Amsterdam, 80: 213-232.

DUANE, D. B. 1964. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina. *Journal of Sedimentary Petrology*, 34: 864-874.

DUARTE, X. R., 2002 Caracterização Morfo-Sedimentológica e Evolução de Curto e Médio Prazo das Praias do Pina, Boa Viagem e Piedade, Recife/Jaboatão dos Guararapes – PE. Recife. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Geociências/UFPE. 141 p.

ECLAC., 2012. Vulnerabilidad y Exposición - Efectos del cambio climático en la costa de América Latina y el Caribe. Santiago, CL: Naciones Unidas, CEPAL.

EMERY, K.O, 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*, 6, 90–93. FERREIRA, M.A., 2001. Intertidal Soft Bottom.

EMERY, K.O.& Noakes, L.C., 1968. Economic placer deposits of the continental shelf. *Technical Bull. Economic Commission for Asia and Far East, U.N.*, 1: 95-110. Press, 27

EMERY, K.O., 1978. Grain size in laminae of beach sand. *Journal of Sedimentary Petrology*, 48:1203-1212.

ESTEVEZ, L. S.; FINKL, C. W., 1998. The problem of Critically Eroded Areas (CEA): an evaluation of Florida beaches. *Journal of Coastal Research*, Royal Palm Beach, Florida, SI 26, p. 11- 18.

FEITOSA E.C., FEITOSA, F.A.C., LIRA, H.M.P. 2002. Relações estratigráficas e estruturais entre a Bacia Potiguar e a bacia costeira PE/PB: uma hipótese de trabalho. *Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, 12, Florianópolis, Anais: 4p

FEITOSA, E.C. & FEITOSA, F.A.C. 1986. Considerações sobre a Bacia Potiguar - Bacia costeira Pernambuco-Paraíba. *Estudos Geológicos*, Recife, 8: 71-78p.

FERREIRA, R. V., 2008 – Mapeamento Geomorfológico e de Processos Erosivos da Bacia Hidrográfica do Rio Botafogo-PE, Utilizando Técnicas de Geoprocessamento. Tese Doutorado, Pós-Grad. Geociências – UFPE, 113p.

FERREIRA, Y. A. 1969. Recifes de arenito de Salvador, Bahia. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 41: 542 - 548.

FIDEM 1977. Estuário do rio Timbó: proposições urbanísticas. Recife, Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife, 364p.

FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, 27: 3-27.

FOLK, R.L., 1974. Petrology of sedimentary rocks. Hemphills Publishing. Austin. USA. 185p.

FREIRE, O. D. DA S.; ZAMBONI, A.; MIGUENS, A. P., 2004. Projeto Orla: Subsídios para um projeto de gestão. Brasília, BR: Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão (MPO). v. 1

FRIEDMAN, G. M., 1961. Distinction between dune, beach and river sands from their textural characteristics. Journal of Sedimentary Petrology, 31: 15-25.

FRIEDMAN, G.M., 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. J.Sed. Petrol., 37:327-354.

GARCIA, G. J. & PIEDADE, G. C. R. 1987. Topografia aplicada a Ciências Agrárias. 5º ed. Nobel. São Paulo.

GORNITZ, V., 1991. Global coastal hazards from future sea level rise Global and Planetary Change. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 89, n. 4, p. 379-398, 1991.

GREGO, C.K.S. 2004. Distribuição espacial e sazonal da composição e biomassa fitoplanctônica correlacionada com a hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista, Pernambuco, Brasil). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 116p.

GREGÓRIO. M. N. Sedimentologia e morfologia das praias do Pina e Boa Viagem, Recife-PE. 2004. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) – Universidade de Federal de Pernambuco.

HARTT, C.F., 1870. *Geology and Physical Geography of Brazil*. Boston, Fields, Osgood and Co. 620 p.

HAYES, M.O. 1979. Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime. Leatherman, S.P. ed. , *Barrier island from the Gulf of Mexico*. Academic Press, N.Y.

HEEZEN, B.C. & MENARD, H.W., 1966. Topography of the deep sea floor. In: M.N. Hill (Ed), *The Sea*, Intersec. Publ., (3): 233-280.

HOEFEL, F. G. Morfodinâmica de praias arenosas oceânicas: uma revisão bibliográfica. Itajaí- (sc): univali, 1998. 93 p.

IBGE., 2010. *Atlas nacional do Brasil Milton Santos*. Rio de Janeiro BR: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 307 p.

INMAN, D.L. 1949. Sorting of sediments in the light of fluid mechanics. *Journal of Sedimentary Petrology*, Amsterdam, 19(2): 51-70.

INPH – Instituto de Pesquisas Hidroviárias – 43/2000, intitulado “Estudos para o Engordamento da Praia de Janga/Enseadinha –PE” de setembro de 2000.

JARDIM DE SÁ, E. F., 1987. Proterozoic granitoids in a polycyclic setting: the Seridó region, NE Brazil. In: SYMP. ON GRANITES AND ASSOC. MINERAL. [s.l. s.n.], p. 103-110.

KEGEL, W.,1957. Contribuição ao estudo da Bacia Costeira do Rio Grande do Norte. Rio de Janeiro. DNPM – Boletim nº 170. 52p.

KEMPF, R. 1979. A plataforma continental da costa leste brasileira, entre o Rio São Francisco e a Ilha de São Sebastião: notas sobre os principais tipos de fundo. *Anais do XXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Geologia*, Belém. P.A, 2: 211-234.

KENNET, J., 1982. *Marine geology*. New Jersey: Prentice-Hall. Inc. 812p.

LABOREL, J.L – 1965. Note preliminaire sur lês recifes de gres et recifs de coraux dans lê nord- est bresillien. *Bulletin* 37, n.53, 341-344p.

LANDIM, P. M. B. Análise estatística de dados geológicos multivariados. Lab. Geomatemática. DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro. Texto Didático 03, p. 128, 2000.

LARSSONEUR, C.; BOUYASSE, P. & AUFRET, J. P. The surficial sediments of the English Channel and its western approaches. *Sedimentology*, v. 29, n. 6, p. 851-864, 1982.

LELIS, R. J. F., 2003. Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul. Rio Grande. Monografia de graduação, Fundação Universidade Federal de Rio Grande. 79 p.

LGGM, 1992. Macrozoneamento Costeiro do Litoral de Pernambuco – Folha Itamaracá (SB.25-Y-C-VII). Relatório técnico. 45 p.

LIMA FILHO, M. F., Monteiro, A. B., Souza, E. M. 1998. Carbonate sections of the Paraíba and Pernambuco Basins, Northeastern Brazil: Implications for the late stages of opening of Southern Atlantic Ocean. In: IAS 15th, Intern. Cong. Sediment. Abstracts, 504–505.

MABESOONE, J.M. 1964. Origin and age of sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil). *Journal of Sedimentary Petrology*, Amsterdam, 34: 715-726.

MABESOONE, J.M., 1989. Geomorfologia da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, e do seu embasamento. (UFPE), Recife, UFPE/FINEP/PADACT. Relatório interno 154p

MABESOONE, J.M.; & ALHEIROS, M.M. 1988. Origem da bacia sedimentar costeira PE-PB. *Revista brasileira de Geociências*, São Paulo, 18 (4): 476 – 482p.

MADRUGA FILHO, J.D., 2004. Aspectos geoambientais entre as praias do Paiva e Gaibu, Município do Cabo de Santo Agostinho, litoral sul de Pernambuco. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, Brasil, 234 p.

MAI- Monitoramento Ambiental Integrado. 2008. Avaliação do processo de Erosão Costeira nos municípios de Paulista, Olinda, Recife e Jaboatão dos Guararapes, em Pernambuco.

MANSO, V. A. V; TOLDO JR., E.; MEDEIROS, C.; ALMEIDA, L. E. S. B., 2001. Perfil praias de equilíbrio da praia de Serinhaém, Pernambuco. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Uberlândia, v. 2, n. 1, p. 45- 49.

MANSO, V. do A. V., 2003. Definição dos Pontos de Contorno da Linha de Preamar Máxima Atual do Litoral do Município de Ipojuca – PE. Relatório Final. Recife, TERMO DE REFERÊNCIA MMA/PNMA II - SECTMA Nº 249

MANSO, V. DO A. V. et al. Pernambuco. In: MUEHE, D. (Ed.), 2006. Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro. Brasília, BR: Ministério do Meio Ambiente p. 179–196.

MANSO, V.A.V.; CORRÊA, I.C.S. ; BARROS, C.E. & BAITELLI, R., 1997 Sedimentologia da Plataforma Continental entre Aracaju (SE) e Maceió (AL). In: Anais da Academia Brasileira de Ciências. 69 (4).

MANSO. V.A.V. 1992 Macrozoneamento costeiro do litoral de Pernambuco- Folha Itamaracá (SB-25-Y-C-7)Convênio EMLURB/ FADE/ LGGM/ UFPE. Relatório Técnico. 45 p.

MANSO. V.A.V. 1995 Estudo da erosão marinha na praia de boa viagem. Convênio EMLURB/ FADE/ LGGM/ UFPE. Relatório final. Recife.

MARANHÃO, L. R. J. Introdução à pesquisa mineral. Imprensa Universitária. Fortaleza. 4ª.Edição. 1989

MARTIN, L., SUGUIO, K. & FLEXOR, J.M. 1979. As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de ‘deltas’ brasileiros. Publicação Especial do IG-USP, São Paulo, 15: 1-186.

MARTIN. M. H, A. Caracterização morfológica do litoral da ilha de Itamaracá – PE, 1997. Dissertação, p. 111 (mestrado em Geociências) Centro de Tecnologia e Geociencias Universidade Federal de Pernambuco, 1997.

MARTINS, L.R. Recent Sediments and Grain size analysis: Revista Gravel, Porto Alegre, 2003. (1): 90-105.

MASSELINK, G. & HUGHES, M. G. 2003. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. Edward Arnold, London, 354 pp.

MATOS, L.C. 1966. Geologia e Aspectos Hidrogeológicos da área do Município de Goiana (PE). UFPE, Escola de Geologia. Relatório de Graduação. 65p.

MAZZER, A. M.; DILLENBURG, S. R.; SOUZA, C. R. D. G., 2008. Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n. 2, p. 278–294.

MEDINA, R.; LOSADA, M. A.; LOSADA, I. J. & VIDAL, C. 1994. Temporal and Spatial relationship between sediment grain size and beach profile. *Marine Geology*, 118: 195-206.

MELO, M. C. S. S. 2015. Reconhecimento Sedimentológico para Mapeamento de Áreas com Potencial de Granulados Marinhos Siliciclásticos. Estudo De Caso: Recuperação Das Praias De Paulista (PE). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MENDES, J. C. 1962. Problemas Estratigráficos da Faixa Sedimentar Costeira de Pernambuco. *Série Paleontologia, Recife*. (1): 5-9.

MENOR, E. A. & AMARAL, A. J. R. 1979. O comportamento mineralógico da sedimentação fosfática na Bacia Sedimentar Costeira PernambucoParaíba. IX Simpósio de Geologia do Nordeste, Natal, Boletim (7): 271-282.

MESQUITA, A. R. de., 2000. Sea Level Variations Along the Brazilian Coast: A Short Review. In: *Praias Arenosas, 2000, Itajaí SC. Abstracts*. Itajaí: Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar. v. 1. p. 1-1.

MESQUITA, A. R. de., 2000. Sea level variations along the brazilian coast: a short review. In *Anais: Symposium on Sandy Beaches*. Itajaí, SC, Brasil, 03-06/sep/2000. Itajaí, Ed. UNIVALE.

MESQUITA, A.R.2000. Sea level variations along the Brazilian coast: a short review.In: Klein, A.H.F.. et.al (Orgs.). *Simpósio Brasileiro sobre Praias Arenosas*.

MORAIS, J.O. 1970. Contribuição ao estudo dos “beach rocks” do nordeste do Brasil. *Trabalhos Oceanográficos, Universidade Federal de Pernambuco*, v.9/11, 79-93p.

MORTON, A.C. 1984. Stability of detrital heavy minerals in Tertiary sandstones from de North Sea Basin. *Clay Minerals*, 19: 287-308

MUEHE, D., 1994. Geomorfologia costeira. In: GUERRA, A.J.T. e CUNHA, S.B. da

(org.) Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. cap. 6. p. 253-308.

MUEHE, D., 2006. Erosão e progradação no litoral brasileiro. Brasília, BR: Ministério do Meio Ambiente – MMA,

NASCIMENTO, L.R.S.L, COELHO, M.P.C.A. & YBERT, J.P. 2005. Contribuição à palinologia do sedimento superficial da Lagoa da Dominga, Lance dos Cações, Itamaracá, PE. Congresso da ABEQUA, 10, Guarapari, Anais, ABEQUA: 4p. in CD-rom.

NEVES, C. F.; MUEHE, D. Potential Impacts of Sea-Level Rise on the Metropolitan Region of Recife, Brazil. *Journal of Coastal Research*, v. SI 14, p. 116–131, 1995.

OLIVEIRA, E. P. 1940. História e pesquisa do petróleo no Brasil. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, Ser. Publi. Agrícola, 205p.

OLIVEIRA, J. E., 1966. Aforamento e cessão dos terrenos de marinha. Ed. Imprensa Universitária do Ceará, Fortaleza.

OLIVEIRA, L. E. E; BARCELLOS; R. L.; SANTOS, L. D. & MONTES, M. J. F. Características da composição sedimentar em três ambientes de plataforma distintos: adjacente ao Porto do Recife, à Ilha de Itamaracá e Fernando de Noronha – Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OCEANOGRAFIA (CBO), 5; 2014a, Santa Catarina.

OLIVEIRA, M.I.M. 1978. Os recifes de Natal. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 30. Anais, Recife, SBG. V.2. 838-847p.

OLIVEIRA, P. F. P. 2017. Simulação de Dados Hidrodinâmicos no Litoral de Goiana-PE: Aplicação do Sistema de Modelagem Costeira (SMC- Brasil) para Definição da Dinâmica Costeira. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Pernambuco.

OLIVEIRA, V. 1942. Geologia da Planície do Recife. Contribuição ao seu estudo. Oficinas Gráficas do Jornal do Comércio, Tese de Concurso. Recife-PE, 97p.

OTTMANN, F., 1960. Une hypothese sur l'origine dês arrecifes du Nordest brésilien. *Comptes Rendus Somaires dês Seânces de lá Societé geologique*. France. 175-176p.

PASKOFF, R. (1985) - Les - littoraux - impact des aménagements sur leur évolution. Col. Géographie, Masson, Paris. 185 p.

PCR - PREFEITURA DA CIDADE DO RECIFE, 2000. Atlas Ambiental da Cidade do Recife. Recife: 2000.

PÉRÈS, J.M. & PICARD, J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume, Bull., 31(47); 5-137.

PONTE, F.C.& ASMUS, H.E. 1976. The Brazilian marginal Basins: current state of knowledge. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, v.48, p.215-239.

PONZI, V.R.A. 1995. Métodos de análises sedimentológicas de amostras marinhas. Representação de resultados através de gráficos e mapas. Notas de Aula, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 52p.

PORTO NETO, F.F. 1998. Variação nictemeral e sazonal do zooplâncton no canal de Santa Cruz- Itamaracá, PE. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 146p.

PORTO, R. 1981. Panorama e perspectiva da exploração de petróleo no Brasil. Boletim Técnico Petrobrás, p.56-58

READING, H. G. & COLLISON, J.D., 1996. Clastic coasts. In: Reading, H.G. (Editor).

REINECK, H. E. & SINGH, J. B., 1975. Depositional sedimentary environments. Berlin: Springe-Verlag. 439 p.

REIS, C.M. M. 2008. Vulnerabilidade do Litoral de João Pessoa (PB) à Erosão Costeira. Estudos Geológicos (UFPE), Recife, v.18, nº 2, p 25 – 36p.

RUSSEL,R.J.- 1962. Origin of beach rocks. In: Zeit. Geomorphology., v.6, 1-16p. Sedimentary and stratigraphy. 3ª edição. Oxford: Blackwell Science, 154-231p.

SÁ, L.T.L. 1998. Levantamento geológico-geomorfológico da Bacia Pernambuco-Paraíba no trecho compreendido entre Recife - PE e João Pessoa - PB. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 127p.

SAHU, B. K. 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastics sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, n. 34, p. 73-83.

SAMPAIO F. J. - Vol. II. Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. 1914

SANTOS JUNIOR, N. A. (Eds.). . Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Acumulado. São Paulo, BR: Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, p. 48–69.

SANTOS, E. J. O Complexo Granítico Lagoa das Pedras: acreção e colisão na região de Floresta, Província Borborema. 1995. 219 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SHARPLES, C. et al., 2009. The Australian Coastal Smartline Geomorphic and Stability Map Version 1: Project Report. Tasmania, Australia: 69p.

SHARPLES, C. Indicative Mapping of Tasmanian Coastal Vulnerability to Climate Change and Sea-Level Rise : Explanatory Report. Tasmania, AU: 116p, 2006.

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

SILVA, C.G. 2001. Placeres marinhos. *Brazilian Journal of Geophysics*, Vol. 18(3), 2000.

SILVA, G. C.; JÚNIOR, F. & BREHME I. Granulados litoclásticos. *Revista Brasileira de Geofísica*. vol.18 no.3 São Paulo 2000.

SOUZA, C. R. DE G., 2009b. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, consequências, Indicadores de Monitoramento e Risco. In: BONONI, V. L. R.;

SOUZA, C.J. 2005. Dinâmica costeira na foz do rio Timbó, PE: considerações sobre o atual assoreamento. Monografia de Especialização em Ambientes Aquáticos, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 61p.

SOUZA, E.M., 1999 - Levantamento radiométrico das unidades estratigráficas da Bacia da Paraíba. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Geociências, UFPE,

168p.

SOUZA, E.M., 2006 - Estratigrafia da Sequência Clástica Inferior (Andares Coniaciano-Maastrichtiano Inferior da Bacia da Paraíba e suas implicações paleogeográficas. Tese de Doutorado, Pós-Graduação em Geociências, UFPE, 358p.

SUGUIO K., 1992. Dicionário de Geologia Marinha. Queiroz T.A. Ed. São Paulo.

SUGUIO, K. 1973. Introdução à Sedimentologia. São Paulo, Edgar Blücher, 317p.

SUGUIO, K. 1998. Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins. Bertrand Brasil, Rio de Janeiro, 122p.

SUGUIO, K. 2003. Geologia sedimentar. São Paulo, Edgar Blücher, 400p.

SUGUIO, K., BARRETO, A. M. F., BEZERRA, F. H. R., OLIVEIRA, P. E., 2004. Variação do nível relativo do mar no Holoceno em Pernambuco e Paraíba. in Congresso Brasileiro de Geologia XLII Araxá, BH.

SUHAYDA, J.N., HSU, S.A. ROBERTS, H.H. & SHORT, A.D. 1977. Documentation and analysis of coastal processes, northeast coast of Brazil. Technical Report from Louisiana State University, Louisiana, 238: 1-98.

SWIFT, D.J.P., STANLEY, D.J. & CURRAY, J.R. 1971. Relict sediments on continental shelves: a reconsideration. J. Geol. Chicago, 79: 322 - 346.

TABAJARA, L. L. & MARTINS, L. R. 2006. Classificação textural de sedimentos praias e a relação com os processos morfogenéticos eólicos e marinhos. Gravel, 4: 99-107.

TINOCO, I. M. 1971. Foraminíferos e a Passagem entre o Cretáceo e o Terciário em Pernambuco. Tese de Doutorado. Pós-graduação em Geociências – USP. 147 pp.

TOLDO JR., E., 2006. Obras de Proteção e Estabilização da Praia/ Processos Costeiros. Porto Alegre. 11 p. (Não publicado).

TRICART, J., 1959. Problèmes geomorphologiques du litoral oriental du Brésil. Cahiers Océanogr., 11:276-308.

VAN ANDEL, T.J.H & LABOREL, J.L., 1964. Recent high sea level stand near Recife,

Brasil. Science, 145:580-581.

VOUSDOUKAS M.I., VELEGRAKIS A.F., PLOMARITIS T.A., 2007. Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. Earth-Science Reviews, 85:23-46.

WADELL, H. A. 1932. Volume, shape and roundness of rock particles. Journal of Geology, 40: 443-451.

WELTJE, G.J. E VON EYNATTEN, H. 2004. Quantitative provenance analysis of sediments: review and outlook. Sedimentary Geology, 171: 1-11.

WENTWORTH, C. K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. Journal of Geology, 30: 377-392.

WRIGHT, L. D. & SHORT, A. D., 1983. Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia. In: Komar P. D. Ed. Handbook of coastal processes and erosion. Boca Raton, CRC Press. P. 35-64.

XAVIER, M. W. 2007. Caracterização geomorfológica, sedimentológica e aspectos ambientais do litoral de Goiana, Pernambuco. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. 76 p.