

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

TESE DE DOUTORADO

INFLUÊNCIA DAS ONDAS E DAS CARACTERÍSTICAS
GEOMORFOLÓGICAS NO ZONEAMENTO TERRITORIAL COSTEIRO ENTRE
PORTO DE GALINHAS E RIO FORMOSO, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO-
BRASIL.

Tese apresentada por:
Carlos Fernando de Andrade Soares Junior
Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso
RECIFE, 2014

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

Carlos Fernando de Andrade Soares Junior

**INFLUÊNCIA DAS ONDAS E DAS CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS
NO ZONEAMENTO TERRITORIAL COSTEIRO ENTRE PORTO DE GALINHAS E
RIO FORMOSO, LITORAL SUL DE PERNAMBUCO-BRASIL.**

Tese de Doutorado

Tese de doutorado que apresenta a Pós-Graduação em Geociências do Centro de Tecnologia e Geociências da Universidade Federal de Pernambuco, orientado pelo Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso para obter o grau de Doutor em Geociências, área de concentração Geologia Sedimentar e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr Valdir Manso

RECIFE, 2014

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S676i Soares Junior, Carlos Fernando de Andrade.
Influência das ondas e das características geomorfológicas no zoneamento territorial costeiro entre Porto de Galinhas e Rio Formoso, litoral sul de Pernambuco-Brasil / Carlos Fernando de Andrade Soares Junior. - Recife: O Autor, 2014.
xx, 144 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2014.
Inclui Referências e Apêndice.

1. Geociências. 2. Profundidade de fechamento. 3. Zona não edificante. 4. Plataforma continental. I. Manso, Valdir do Amaral Vaz. (Orientador). II. Título.

UFPE

551 CDD (22. ed.)

BCTG/2014-153

**INFLUÊNCIA DAS ONDAS E DAS CARACTERÍSTICAS
GEOMORFOLÓGICAS DO ZONEAMENTO TERRITORIAL COSTEIRO
ENTRE PORTO DE GALINHAS E RIO FORMOSO – LITORAL SUL DE
PERNAMBUCO/BR**

Carlos Fernando de Andrade Soares Junior

APROVADO

Valdir do Amaral Vaz Manso

04 de Novembro de 2013

Lúcia Maria Mafra Valença

04 de Novembro de 2013

Virgínio Henrique de Miranda Lopes Neumann

04 de Novembro de 2013

George Satander Sá Freire

04 de Novembro de 2013

Fábio José Pedrosa

04 de Novembro de 2013

Dedico aos meus pais Carlos Fernando Soares e Maria Guerra

Soares este trabalho, pois sem eles nada teria sentido.

AGRADECIMENTOS

A toda minha família pelo incentivo à realização de mais um grande passo em minha vida.

Ao meu amigo e orientador Prof. Dr. Valdir do Amaral Vaz Manso, pela dedicação e apoio indispensáveis à realização deste trabalho.

Aos colegas e Profs. George Satander, Fábio Pedrosa, Lúcia Mafra, Virgínio Neumann, Eldemar Menor e José Madruga pela amizade e apoio durante boa parte em meus estudos.

A todos os professores do departamento de geologia - UFPE, pelos ensinamentos e apoio durante o andamento das disciplinas.

Aos amigos de Fortaleza Inácio Neto, Diolande Ferreira, Márcio, Denise e Narelle, pela amizade e apoio.

Ao amigo Miguel Arrais, pela amizade e ajuda na realização desse trabalho.

Aos amigos Ronaldo Gomes, Patrícia Reis e Flávio Porfírio pelo convívio e amizade, durante grande parte nos meus estudos.

A Natan Silva e Renê Macêdo, pela ajuda e convívio no decorrer deste trabalho.

Aos amigos e colegas do LGGM da Universidade Federal de Pernambuco; Carla, Carol, Cristina, Elida, Eduardo, Edilene, Maria José Lacerda, Maria José, Sharliane, Geraldo, Thiago, João Alberto e seu Luís pela amizade e convívio, que de uma maneira ou de outra contribuíram, apoiaram e incentivaram para realização deste trabalho.

A Profa. Dra. Tereza Cristina, pelos seus ensinamentos, e a quem devo parte do meu aprendizado.

Aos Profs. Drs. Paulo da Nóbrega Coutinho e Núbia Guerra, pelo apoio incentivo durante meus estudos.

Ao CNPQ pela bolsa concedida, que foi de fundamental importância para realização deste trabalho.

Aos meus adoráveis pais, por seus sábios conselhos e apoio incondicionais para minha formação profissional.

A Claudinha, pela ajuda incondicional neste trabalho, por me proporcionar um ambiente de incentivo, compreensão e amor, por estar sempre junto de mim e pela força e confiança em todos estes anos.

A todas as pessoas que contribuíram de uma forma ou de outra para realização deste trabalho, seja no âmbito pessoal, seja no âmbito técnico e que por acaso não tenham seus nomes citados por omissão involuntária do autor.

RESUMO

A presente pesquisa foi desenvolvida no sentido de levantar informações sobre o sistema costeiro, bem como quantificar o estado e as tendências da erosão entre os distritos de Porto de Galinhas e Rio Formoso, litoral Sul de Pernambuco – Brasil. A zona costeira estudada, de aproximadamente 27Km de extensão, é ambientalmente e economicamente estratégica, sendo foco de intensa expansão urbana, surgindo assim, problemas ambientais, em especial a erosão marinha, provocada principalmente pela crescente ocupação urbana da área. Na intenção de contribuir para a preservação ambiental da área, a pesquisa objetiva apresentar a caracterização dos processos hidrodinâmicos das ondas, definir uma linha de preamar máxima para estabelecer uma zona não edificante e pontuar suas implicações ambientais. Para alcançar esse objetivo, fez-se necessário determinar a influência da hidrodinâmica das ondas, como um atributo fundamental para o zoneamento da plataforma rasa e zona litorânea adjacente; delimitar a zona ativa (profundidade de fechamento) da plataforma continental rasa, determinando o limite litorâneo através da batimetria e determinar a linha de preamar máxima para definir a zona não edificante, na parte continental da área da pesquisa. Os dados hidrodinâmicos e de altitude da costa obtidos, direcionaram a pesquisa para uma subdivisão da área em seis setores. Para cada setor, em particular, foi estabelecida uma zona não edificante a partir da equação matemática ($R=SLG/H$) proposta por Bruun (1962). Na equação matemática foi utilizada a previsão do aumento do nível do mar para 2100 (IPCC), considerando duas probabilidades: o aumento de 22cm, e o aumento de 50cm. O resultado revela para o setor 1, uma área máxima não edificante de 26,30m; para o setor 2 de 44,6m, para o setor 3 de 55,80m, para o setor 4 de 44m, para o setor 5 de 58m e finalmente para o setor 6 de 88m. Assim, apenas o setor 1 tem sua proteção ambiental garantida, pois para as duas previsões (otimista e pessimista), a área está contida na faixa não edificante de 33m, estabelecida por lei. O setor 2 e 3 só estariam protegidos se considerado o aumento do nível do mar da ordem de 22cm, enquanto que os demais setores só estariam protegidos se a área não edificante fosse maior que a estabelecida por lei. Após observar as particularidades geológicas, morfológicas e de altitude da costa de cada setor, o que influencia no resultado da retrogradação, conclui-se a importância de um estudo regional e das

características de cada setor como parâmetro para estipular mecanismos de preservação dessas áreas ambientalmente frágeis e estratégicas.

PALAVRAS-CHAVE: PROFUNDIDADE DE FECHAMENTO, ZONA NÃO EDIFICANTE, PLATAFORMA CONTINENTAL.

ABSTRACT

The present study was performed to convey knowledge about the coastal systems and the tendency of marine erosion in the area between Porto de Galinhas and Rio Formoso municipalities from the South coast of Pernambuco state - Brazil. The coastal zone studied, about 27 km, represents an important setting in the local economy, which has gone through extensive urban expansion, thus, this growth of the urban area had busting the marine erosion problems. The main aim of this research is to contribute to a more effective preservation of the coastal zone and diminish the effects of marine erosion. In this sense, it is intended to characterise the local hydrodynamics processes, to set down the non edificant zone and to shed light on the environmental implications. To reach these goals, it was necessary to determine the influence of the wave actions, as a fundamental attribute to establish the shallow shelf and the adjacent coastal zone; define and map the non edifying area (hot spot) in the continental area of research; delimit the active zone (depth of closure) of the shallow continental shelf, determining the coastal limit; and quantifying the shoreline evolution. The hydrodynamic data and coastal altitude obtained, led the research for a subdivision of the area into six sectors. For each sector was established a not uplifthing zone from the mathematical equation ($R=SLG/H$) proposed by Bruun (1962). The IPCC estimations for sea level changes for 2100 were used in the equation, considering two probabilities: the rise of 22 cm and 50 cm. The result reveals for the sector 1, a maximum area of 26.30 m non edifying area, for sector 2, an area of 44.6 m, sector 3 an area of 55.80 m, 44 m for the sector 4, 58 m for the sector 5 and finally for the sector 6, 88 m of non edifying area. Thus, only the sector 1 has its environmental protection guaranteed because the two forecasts for the area is within the range of 33 m of non edifying area established by the law. The sector 2 and 3 only were considered protected if the sea level rise of about 22 cm, while other sectors would be protected only if the area was not edifying greater than that established by the law. In future data provided by this study, it will be defined the environmental consequences for each sector established in terms of urbanization and propose strategies and mitigations measures. After observing the geological, morphological and altitude from the coast of each sector, which influence the result of the downgrade, it is concluded the importance of a regional study and the characteristics of each sector as a parameter to stipulate mechanisms for preserving these fragile areas and strategic.

KEY WORDS: NON UPLIFTHING ZONE; CONTINENTAL SHELF; DEPTH CLOSURE.

RÉSUMÉ

La présente recherche a été développée dans le but de recueillir des informations sur le système côtier, et de quantifier l'état et les tendances de l'érosion entre les villes de Port de Galinhas et Rio Formoso, sur la côte sud de Pernambuco – Brésil. La zone côtière étudiée, environ 27 km de long, est écologiquement et économiquement stratégique, en étant foyer d'intense expansion urbaine, donc les problèmes environnementaux qui en découlent, notamment l'érosion marine, principalement causées par la zone d'habitation urbaine croissante. Afin de contribuer à la zone de préservation de l'environnement, la présente étude vise à caractériser les processus hydrodynamiques des vagues, définir une ligne au maximum de la marée haute à établir une zone non édifiance et ses répercussions sur l'environnement. Pour atteindre cet objectif, il était nécessaire de déterminer l'influence des ondes hydrodynamiques, comme un attribut fondamental pour le règlement de la zone de la plate-forme peu profonde et de la zone côtière adjacente; délimiter la zone active (profondeur de fermeture) du plateau continental peu profond, côtier déterminer la limite par la bathymétrie et de déterminer la ligne maximale de la marée haute pour définir la zone n'est pas édifiance dans la zone continentale de la recherche. Les données hydrodynamiques et l'altitude obtenues à partir de la côte, a dirigé les recherches pour une subdivision de la région en six secteurs. Pour chaque secteur, en particulier, a établi une zone non édifiance à partir de l'équation mathématique ($R = SLG/H$) proposé par Bruun (1962). Dans l'équation mathématique a été utilisé pour prévoir l'élévation du niveau de la mer de 2100 (GIEC), compte tenu de deux probabilités: la montée de 22 cm et 50 cm augmentation. Le résultat révèle pour le secteur 1, d'une superficie maximale n'est pas édifiance de 26,30 m, pour le secteur 2 de 44,6 m, pour le secteur 3 de 55,80 m, pour le secteur 4 de 44 m, pour le secteur 5 de 58 m et enfin pour le secteur 6 de 88 m. Ainsi, seulement le secteur 1 a la protection de l'environnement garantie pour les deux prédictions (optimiste et pessimiste), la zone est contenue dans la gamme n'est pas édifiance de 33 m établie par la loi. Les secteurs 2 et 3 seraient protégés s'ils considéraient que l'augmentation du niveau des mers d'environ 22 cm, tandis que les autres secteurs ne seraient protégés si la zone n'est pas édifiance était supérieur à celui établi par la loi. Après avoir observé les caractéristiques géologiques, morphologiques et l'altitude de la côte de chaque secteur, qui influent sur le résultat de la dégradation, il est conclu sur l'importance d'une étude régionale et les caractéristiques de chaque secteur en tant que paramètre de prévoir des mécanismes pour la préservation de ces zones fragiles et stratégiques.

MOTS-CLES: LA PROFONDEUR DEFERMETURE, ZONE PASEDIFIANTE, LE PLATEAU CONTINENTAL.

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	i
AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
RÉSUMÉ	viii
LISTA DE FIGURAS.....	xii
LISTA DE TABELAS.....	xvi
LISTA DE SIGLAS	xvii
 CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	 1
1.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	2
1.2 OBJETIVOS	4
1.3 HIPÓTESE.....	4
CAPÍTULO II - EMBASAMENTO TEÓRICO.....	5
2.1 VARIAÇÃO DO NÍVEL DO MAR.....	5
2.2 GESTÃO TERRITORIAL DA ZONA COSTEIRA	9
CAPÍTULO III - ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO	13
3.1 CLIMA	13
3.2 VEGETAÇÃO.....	15
3.3 HIDROGRAFIA.....	19
3.4 OCEANOGRAFIA.....	21
3.4.1 REGIME DE MARÉS	21
3.4.2 SALINIDADE E TEMPERATURA	23
3.4.3 SISTEMAS DE CORRENTES	23
3.4.4 REGIME DE ONDAS.....	24
3.4.5 MATERIAL EM SUSPENSÃO.....	25
CAPÍTULO IV - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL	27
4.1 GEOLOGIA DA BACIA PERNAMBUCO	27
4.2 GEOLOGIA DO QUATERNÁRIO COSTEIRO.....	34
4.2.1 TERRAÇOS MARINHOS PLEISTOCÊNICOS	36
4.2.2 DEPÓSITOS FLÚVIO-LAGUNARES.....	38
4.2.3 TERRAÇOS MARINHOS HOLOCÊNICOS	40
4.2.4 ROCHAS DE PRAIA	43
4.2.5 RECIFES DE CORAIS E ALGAS CORALINAS.....	51
4.2.6 AREIAS DE PRAIA.....	54
4.3 EVOLUÇÃO PALEOGEOGRÁFICA.....	54
CAPÍTULO V – MATERIAIS E MÉTODOS	59
5.1 ETAPAS DE OPERACIONALIZAÇÃO.....	66
CAPÍTULO VI - ZONA COSTEIRA	67
6.1 INTRODUÇÃO	67
6.2 CARACTERÍSTICAS GEOMORFOLÓGICAS	67

6.3 PROCESSO EROSIVO ATUAL	68
6.3.1 CAUSAS NATURAIS DA EROSÃO	69
6.3.2 CAUSAS ANTRÓPICAS DA EROSÃO	70
6.4 OBRAS COSTEIRAS	72
6.4.1 ESPIGÕES	73
6.4.2 MUROS DE PROTEÇÃO	73
6.4.3 QUEBRA- MARES	74
6.4.4 ALIMENTAÇÃO ARTIFICIAL DE PRAIAS	74
6.5 DESCRIÇÃO E AVALIAÇÃO DAS OBRAS COSTEIRAS	75
6.5.1 PONTO DE DESCRIÇÃO 1	75
6.5.2 PONTO DE DESCRIÇÃO 2	76
6.5.3 PONTO DE DESCRIÇÃO 3	79
6.5.4 PONTO DE DESCRIÇÃO 4	81
6.5.5 PONTO DE DESCRIÇÃO 5	82
CAPÍTULO VII - PLATAFORMA CONTINENTAL.....	85
7.1 INTRODUÇÃO	85
7.2 BATIMETRIA.....	88
7.2.1 LEVANTAMENTO BATIMÉTRICO	88
7.2.2 RESULTADOS	90
7.3 SEDIMENTOS SUPERFICIAIS.....	96
7.3.1 FÁCEIS TEXTURAIS.....	96
7.3.2 DISTRIBUIÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO	99
7.3.3 INTERPRETAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA	102
CAPÍTULO VIII - LINHA DE PREAMAR MÁXIMA	103
8.1 INTRODUÇÃO	103
8.2 RESULTADOS.....	106
CAPÍTULO IX - ÁREA NÃO EDIFICANTE	108
9.1 INTRODUÇÃO	108
9.2 HIDRODINÂMICA	111
9.3 PROFUNDIDADE DE FECHAMENTO.....	112
9.4 CÁLCULO DA RETROGRADAÇÃO	113
9.4.1 SÍNTESE DA RETROGRADAÇÃO	128
9.4.2 SITUAÇÃO DO LITORAL ATUAL	130
CAPÍTULO X – CONCLUSÕES	131
REFERÊNCIAS.....	133
APÊNDICE.....	142

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização.....	3
Figura 2 - Previsão para o aumento do Nível do Mar pelo IPCC (2013)	9
Figura 3 - Gráfico mostrando as temperaturas médias entre 2010 e 2012(Fonte: clima tempo)13	
Figura 4 - Vestígios de floresta subperenifólia, mostrando uma grande devastação provocada pelo homem, com extensa área cultivada com cana-de-açúcar. Serrambi-PE.....	16
Figura 5 - Vegetação típica de floresta perenifólia de restinga, mostrando pequenas árvores fixadas Pleistocênicos. Praia dos Carneiros - PE.....	16
Figura 6 - Vegetação de mangue da espécie <i>Rhizophora mangle</i> (mangue vermelho). Observa-se em 1º plano uma concentração de raízes escoras fixadora desta espécie. Serrambi-PE.	17
Figura 7 - Vegetação rasteira típica do litoral pernambucano, formada por gramínea e salsa de praia (Porto de Galinhas).	17
Figura 8 - Vegetação rasteira das espécies Gramínea e Cyperaceae típica de regiões flúvio-lagunares, na região de Porto de Galinhas	18
Figura 9 - Imagem do Rio Maracaípe. Fonte: http://maps.google.com/ (2012)	19
Figura 10 - Imagem do Rio Sirinhaém. Fonte: http://maps.google.com (2012).....	20
Figura 11 - Imagem do Rio Formoso. Fonte: http://maps.google.com/ (2012).....	21
Figura 12 - Gráfico de Tábua de Maré do dia 22 de abril de 2011.....	22
Figura 13 – Localização e ondógrafo da UFPE.	25
Figura 14 - Domínios estruturais da Província Borborema (Jardim de Sá, 1994).	27
Figura 15 - Mapa Geológico	29

Figura 16 - Coluna estratigráfica da sub-bacia Pernambuco (LIMA FILHO, 1998).....	30
Figura 17 - Rocha da Formação Cabo na Região de Suape.....	31
Figura 18 – Calcário da Formação Estiva aflorando no Engenho Gameleira.....	32
Figura 19 - Formação Algodoads localizada na estrada para Barra de Sirinhaém. Fonte: Manso, 2002.....	33
Figura 20 - Terraço Marinho Pleistocênico - Vista geral do afloramento localizado a oeste da praia de Serrambi - PE. Observa-se a ocorrência de ácido húmico de coloração marrom na base	36
Figura 21 - Feição morfológica característica de áreas de ocorrência de terraços Pleistocênicos. esse pacote horizontal encontra-se parcialmente devastado por ação antrópica.....	37
Figura 22 - Depósitos fluvio-lagunares localizado em Porto de Galinhas.....	39
Figura 23 - Contato Pleistoceno (A) / Holoceno (B) Região de Campos - PE	41
Figura 24 - Terraço marinho Holocênico. Observam-se linhas paralelas com zonas de cristais (A) e cava (B) bem individualizadas. Região da praia de Barra de serinhaém	42
Figura 25 - Vista aérea de uma erosão de praia provocada pela ação das ondas, em área onde se constata uma descontinuidade (quebra) no recife de arenito. Toco Grande - PE	47
Figura 26 - Recife de arenito atingindo obliquamente a praia e recoberto por areias praias e holocênicas da área. Região de Serrambi.	47
Figura 27 - Recife de arenito com estruturas erosivas do tipo " marmitas" (A) e fraturas longitudinais e transversais (B). Praia de toco grande - PE.....	48
Figura 28 - Recifes de arenito na desembocadura do rio Formoso. Fonte: CPRH, 2008.....	49
Figura 29 - Macro foto subaquática de corais Siderastrea stellata. Porto de Galinhas - PE. Fonte: Elga Maial, 2004.....	52

Figura 30 - Macro foto subaquática de corais <i>Agaricia agaricites</i> . Encontrada em todo litoral. Fonte: Elga Maial, 2004.....	52
Figura 31 - Macro foto subaquática de corais <i>Mussismilia hispida</i> . Presente em toda área de estudo. Fonte: elga maial, 2004	53
Figura 32 - Macro foto subaquática de corais <i>Montastraea cavernosa</i> . Presente em toda área de estudo. Fonte: Elga Maial, 2004	53
Figura 33 - Estágio I à IV: Pré-Plioceno à máxima da Penúltima Transgressão	57
Figura 34 - Estágio de V à VIII: Regressão subsequente a penúltima transgressão à Planície Costeira atual	58
Figura 35 - Mapa de pontos da linha de preamar atual	60
Figura 36 - Base de referência de Barreiros.....	61
Figura 37 - Receptor de campo atuando como Rover.....	61
Figura 38 - Ecobatímetro utilizado no trabalho	63
Figura 39 - Amostrador tipo Van Veen	64
Figura 40 - Distribuição dos pontos das amostras sedimentológicas	64
Figura 41 – A)Estufa para secagem; B)Peneiramento seco. Laboratório LGGM-CTG-UFPE.	65
Figura 42 - Principais trajetórias do sedimento para a Plataforma Continental. Fonte: Landim, 2007.....	70
Figura 43 - Porto de Recife. Fonte: http://maps.google.com	71
Figura 44 - Praia de Boa Viagem - Recife/PE. Fonte: http://maps.google.com	71
Figura 45 - Localização do Ponto de Descrição 1, Praia de Maracáipe - Ipojuca/PE. Fonte: http://maps.google.com	75

Figura 46- Construções destruídas em decorrência dos intensos processos erosivos na Praia de Maracaípe, Ipojuca- PE.....	76
Figura 47 - Localização do Ponto de Descrição 2, Praia de Serrambi/Enseadinha –Ipojuca/PE. Fonte: http://maps.google.com	78
Figura 48 - Localização da abertura dos recifes entre suas extremidades (S1) e (S2).Fonte: http://maps.google.com	77
Figura 49 - Espigões no extremo norte da Praia de Enseadinha.Fonte: http://maps.google.com	78
Figura 50 – Intensa erosão no extremo sul da Praia de Enseadinha	78
Figura 51 - Localização do Ponto de Descrição 2, Praia de Serrambi/Pontal, Ipojuca/PE. Fonte: http://maps.google.com	79
Figura 52- Pontal de Serrambi (CPRM, 2008)	79
Figura 53 - Ocorrência de corais no Pontal de Serrambi proporcionando sedimentação.	80
Figura 54- Célula C3, praia com maior ocupação formada na parte frontal da saliência.....	81
Figura 55 - Localização do Ponto de Descrição 4 , Praia de Toquinho–Ipojuca/PE. Fonte: http://maps.google.com	81
Figura 56 - Espigões e muros de contenção na Praia de Toquinho.	82
Figura 57- Sedimentos acumulados entre as rampas na Praia de Toquinho.....	82
Figura 58 - Localização do Ponto de Descrição 5, Praia de Guadalupe – Sirinhaém/PE. Fonte: http://maps.google.com	83
Tabela 59 - Obras de contenção na Praia de Guadalupe.....	84
Tabela 60 - Sul da Praia de Guadalupe mostrando o forte processo erosivo.....	84
Figura 61 - Área levantada pela batimetria.....	89

Figura 62 - Mapa de perfis batimétricos	91
Figura 63 - Perfis batimétricos do setor Norte da Plataforma Interna	93
Figura 64 - Perfis batimétricos do setor Sul da Plataforma Interna	95
Figura 65 - Mapa de distribuição das fácies texturais.....	98
Figura 66 - Mapa de Distribuição do diâmetro médio (MZ)	101
Figura 67 - Escarpa de berma na praia de Maracaípe	104
Figura 68 - Linha de vegetação na praia de Maracaípe	105
Figura 69 - Estruturas de muros e rampas construídas pelo homem sem controle ou fiscalização	105
Figura 70 - Relações entre as três superfícies usadas em geodésia	106
Figura 71 - Distribuição dos indicadores de preamar máxima da área.....	107
Figura 72 - Mostrando área de maior ocorrência de obras de proteção costeira	107
Figura 73 – Perfil esquemático adaptado de Short (1999) com posicionamento do limite litorâneo (d1).....	112
Figura 74- Mapa de setores de retrogradação	114
Figura 75 - Retrogradação do setor 1.....	116
Figura 76 - Erosão costeira em porto de Galinhas	117
Figura 77 - Processo erosivo no setor de praia e ocupação de área não edificante no Pontal de Maracaípe.....	117
Figura 78 - Mapa de Retrogradação setor 2.....	120
Figura 79 - Mapa de retrogradação setor 3	122

Figura 80 - Mapa de retrogradação do setor 4	124
Figura 81 - Mapa de retrogradação setor 5	127
Figura 82- Mapa de retrogradação do setor 6	129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características granulométricas das amostras do Pleistoceno	37
Tabela 2 - Características granulométricas das amostras do Holoceno	42
Tabela 3 - Características Físicas dos Recifes de Arenito	46
Tabela 4 - Características físicas dos recifes de arenito	49
Tabela 5 - Classificação granulométrica.....	99
Tabela 6 - Respostas de feições costeiras a elevação do nível do mar. Fonte: Muehe, 2004.	110
Tabela 7 - Dados de aumento do NMM.....	110
Tabela 8 - Parâmetros hidrodinâmicos pesquisados entre 2008e 2011	111
Tabela 9 - Profundidade de fechamento - Limite litorâneo / d1	113
Tabela 10 - Profundidade de fechamento - Limite litorâneo / d1	113

LISTA DE SIGLAS

Coordenação de Geodésia	CGED
Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos	CPTEC
Coastal Resource Center	CRC
Diretoria de Hidrografia e Navegação	DHN
Diretoria Nacional de Portos e Vias navais	DNPVN
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo	EPUSP
Gestão Integrada da Zona Costeira	GIZC
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística	IBGE
Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo	IOUSP
Intergovernmental Panel on climate Change	IPCC
Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha	LGGM
Sistema de Interpolação de Ondulação Geoidal	MAPGEO
Plano de ação federal	PAF
Plano estadual de Gerenciamento Costeiro	PEGC
Planos municipais de Gerenciamento Costeiro	PMGC
Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro	PNGC
Política Nacional do Meio Ambiente.	PNMA
Plano de Gestão Integrada da Orla Marítima	Projeto Orla
Sistema Estadual de informação de Gerenciamento Costeiro	SIGERCO

Sistema estadual de Monitoramento e avaliação ambiental da Zona Costeira	SMA-ZC
Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste	SUDENE
Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura	UNESCO
Universal Transversa de Mercator	UTM
World Geodetic System	WGS

CAPÍTULO I. INTRODUÇÃO

A zona costeira do Estado de Pernambuco é caracterizada por ser um espaço de grande valor ambiental, exercendo um importante papel econômico, turístico e social no contexto de desenvolvimento da região Nordeste do Brasil.

De acordo com diversas recomendações internacionais e em função da sua extrema importância, a zona costeira deve ser objeto de uma gestão integral, embasada em políticas estáveis. Esta gestão deve integrar as distintas políticas setoriais e sua atuação, levar em consideração a sua realidade física, sem deter-se à divisão administrativa e política do território (MANSO *et al*, 1995).

As zonas costeiras representam 1,6% da superfície das terras emersas do globo terrestre, abrigando cerca de 60% da população mundial. Previsões desenvolvidas pela UNESCO, demonstram uma elevação considerável deste índice, que deverá atingir 75%, no ano 2.100(GUERRA *et al*, 2007). As intervenções antrópicas representam um grande risco às zonas costeiras mundiais, considerando sua complexidade ambiental, sua fragilidade e vulnerabilidade, resultante da interação entre a terra e o mar.

A zona costeira de Pernambuco apresenta graves problemas ambientais, em especial à erosão marinha provocada principalmente pela ocupação urbana desordenada desta área. Atualmente 60% das praias de Pernambuco sofrem processo erosivo (MANSO, 2003).

Com a expansão da atividade turística no Estado, a ocupação do litoral vêm crescendo em proporções assustadoras, preocupando sobretudo a comunidade técnico-científica e o próprio poder público estadual e municipal. Com uma área de 4.400km², a zona costeira de Pernambuco representa 4,4% da área total do Estado e abriga 43,8% da população estadual (MANSO, 2003).

Definir de forma unívoca a zona costeira, do ponto de vista da sua morfologia, constituição litológica e classificação, consiste numa tarefa bastante difícil. Alguns autores, entre eles destacamos, BATES& JACKSON (1987) e SUGUIO (1985), já o fizeram, porém ainda não existe consenso na formulação de uma definição clara e que atendam às suas características individuais.

O conceito sobre zona costeira que norteou o presente trabalho e que parece ser o mais adequado as condições morfológicas da área, foi o de BATES & JACKSON(1987), que define a zona costeira como sendo uma faixa de terra de largura variável que se estende da linha de maré baixa à primeira grande mudança nas feições da paisagem no interior do continente.

A erosão costeira é um processo natural que sempre existiu ao longo do tempo, e com isso, ajudou a modelar a costa. Compatibilizar o ordenamento territorial dessas áreas com a intensa pressão imobiliária e a dinâmica natural é um dos grandes desafios para a gestão costeira.

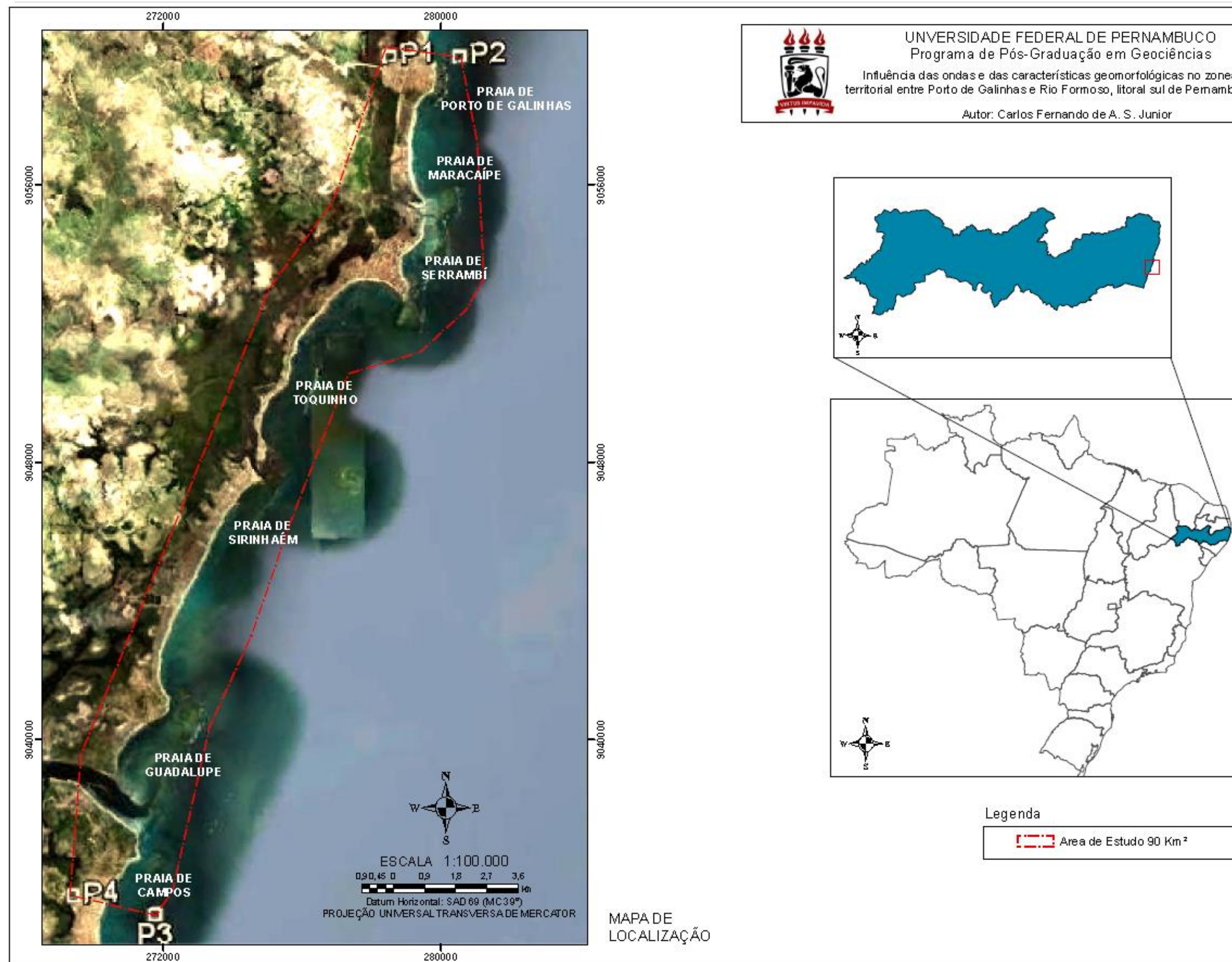
Este estudo foi desenvolvido no sentido de levantar informações sobre o sistema costeiro, bem como quantificar a erosão entre as praias de Porto de Galinhas e Rio Formoso, litoral Sul de Pernambuco.

Esta pesquisa ampliará o nível de conhecimento científico das áreas erodidas, principalmente quanto às causas da erosão. Espera-se que estas informações possam ser usadas pelos gestores públicos como base na tomada de decisões, visando preservar o meio ambiente para as futuras gerações.

1.1 - Localização da Área

A área de estudo localiza-se no litoral sul de Pernambuco e engloba partes dos municípios de Ipojuca, Sirinhaém e Rio Formoso, sendo limitada ao Norte pela praia de Porto de Galinhas e a Sul pela praia de Campos, perfazendo uma área total de aproximadamente 90km² e 27km de extensão, e está georeferenciado no mapa da Figura 1(1) entre as coordenadas UTM P1 278401mE, 9059973mN; P2 280573mE, 9059627mN; P3 271732mE, 9034985mN e P4 269325mE, 9035561mN.

O acesso à área é feito a partir da cidade do Recife, através da BR-101 Sul, até o município do Cabo, e daí, pela PE-60, principal via de acesso até a praia de Porto de Galinhas, norte da área de estudo.



1.2 - Objetivos

O objetivo geral desta tese é caracterizar a hidrodinâmica das ondas, estabelecer uma zona não edificante e inferir as características hidrodinâmicas na zona costeira entre Porto de Galinhas e Rio Formoso, litoral sul de Pernambuco, sendo os objetivos específicos:

- 1) Determinar a influência da hidrodinâmica das ondas, como um atributo fundamental para o zoneamento da plataforma rasa e zona litorânea adjacente;
- 2) Batimetria da plataforma interna adjacente.
- 3) Definir a linha de preamar máxima atual .
- 4) Delimitar a zona ativa (profundidade de fechamento) da plataforma continental rasa, determinando o limite litorâneo.
- 5) Cartografar a zona não edificante na parte continental da área da pesquisa.

1.3 - Hipótese

A preservação de uma área do ponto de vista de urbanização (área não edificante) contribui positivamente para proteção da zona costeira, diante da perspectiva da subida relativa do nível do mar, em consequência das mudanças climáticas globais.

CAPÍTULO II - EMBASAMENTO TEÓRICO

2.1 - Variação do Nível do Mar

As variações do nível relativo do mar são resultado das variações reais do nível marinho (eustasia) e das modificações dos níveis dos continentes (tectonismo e isostasia) e pelas oscilações climáticas do quaternário.

O termo eustasia foi introduzido, para designar as mudanças do nível do oceano em oposição às mudanças do nível da costa. FAIRBRIDGE (1962), definiu a eustasia como mudança do nível do mar, uma vez que se pensava que o nível do mar não poderia mudar senão em consequência das variações de volume de água do mar (glacio-eustasia) ou em decorrência das variações das bacias oceânicas (tectono-eustasia), e que também essas mudanças tinham uma repercussão mundial (apud MARTIN *et al.* 1982).

As mudanças no nível médio relativo do mar, podem afetar processos de evolução da linha de costa e alterar sua conformação. Muitas áreas costeiras estão em risco devido aos perigos naturais e/ou antrópicos.

MUEHE, (2001) afirma que o litoral brasileiro vem se caracterizando por profunda alteração e deterioração da paisagem, acarretando prejuízos ambientais e econômicos.

As variações do nível do mar, são controladas por flutuações no volume das bacias oceânicas em consequência da tectônica de placas (tectonoeustasia), flutuações nos volumes das águas contidas nos oceanos (glacioeustasia) e deformações da superfície oceânica por causas gravitacionais (geoidoeustasia) (MORNER, 1980, apud SUGUIO *et al.*, 1985).

As mudanças dos níveis continentais são controladas devido; a movimentos tectônicos que afetam a crosta terrestre e movimentos sísmicos; a movimentos isostáticos pela sobrecarga exercida na expansão ou retração das calotas glaciais sobre os continentes; a deposição e erosão em bacias sedimentares e transgressão e regressão sobre as plataformas continentais (hidroisostasia), além das deformações das superfícies continentais decorrente as causas gravitacionais.

Durante o quaternário, estudos realizados na costa brasileira inclusive na costa do nordeste, indicam que, a mesma esteve submetida a importantes variações do nível do mar, onde foram identificados três níveis marinhos mais elevados do que o atual. O primeiro, só evidenciado no litoral dos estados da Bahia e de Sergipe, conhecido por Transgressão Antiga (BITTENCOURT *et al.* 1979), mais antigo que 120.000 anos. O segundo, pleistocênico, está associado à Transgressão denominada por BITTENCOURT *et al.*, (1979) de penúltima Transgressão, cujo máximo, de 8 a 10m acima do nível médio atual do mar, foi alcançado a cerca de 120.000 anos A.P (MARTIN *et al.* 1982). O terceiro, holocênico, está relacionado à transgressão denominada por BITTENCOURT *et al.* (1979) de última transgressão, que alcançou um máximo em torno de 5 m acima do nível médio atual do mar pôr volta de 5.100 anos A.P.

Foi apresentado no litoral pernambucano, um esquema evolutivo que encontrou testemunhos de dois grandes episódios transgressivos quaternários. O primeiro, pleistocênico, com um máximo atingido há cerca de 120.000 anos A.P., é representado por terraços marinhos com alturas de 7 a 11m acima da preamar atual, o segundo, holocênico, com um máximo há 5000 anos A.P., apresenta um maior número de testemunhos na forma de: 1. terraços marinhos que alcançam alturas de até 5m acima da preamar atual; 2. depósitos lagunares; 3. recifes de corais e de algas coralinas; e 4. bancos de arenito (DOMINGUEZ, *et al.* 1990).

A gestão e o uso da zona costeira necessita do amplo conhecimento dos processos que atuam sobre ela dentro de uma escala de tempo. A evolução da costa, é feita a partir de duas escalas temporais, uma de curto prazo (escala de anos) e sua evolução atual é controlada por processos dinâmicos, e a outra a longo prazo (escala de milênios) onde os processos de conformação da costa está associado às variações climáticas e flutuações do nível do mar no quaternário (DOMINGUEZ, 2002).

Devido a uma série de evidências sedimentológicas e paleoecológicas, foi constatado a reconstrução das flutuações do nível do mar na costa brasileira. Gerações de terraços marinhos situados acima do nível atual de deposição de “beach rocks” (rochas de praia) são as principais evidências sedimentológicas. Enquanto que as evidências paleoecológicas consistem de incrustação de vermetídeos, conchas de ostras e ouriços encontrados em níveis mais elevados que seu habitat natural e que permitem uma boa reconstrução da antiga posição do nível do mar. Associada ao estudo detalhado da geomorfologia costeira e a partir destas evidências, foi determinada a evolução paleogeográfica da planície costeira e a reconstrução da curva de

flutuação do nível do mar (MARTIN *et al.* 1982; SUGUIO *et al.* 1985; DOMINGUEZ *et al.* 1992). Charles R. Darwin mencionou evidência de subida do nível do mar durante o holoceno representada por rochas praias soerguidas na costa Pernambucana, à aproximadamente 160 anos passado. Cerca de 100 anos passados BRANNER (1904), executou estudos mais completos e exaustivos sobre rochas praias.

Além de evidências de níveis do mar acima do atual, no litoral nordestino, as rochas praias também formam paleolinhas de costas submersas (FLEXOR & MARTIN, 1979; BEZERRA *et al.*, 1997). No Brasil, não se conhecem, até o presente, outros tipos de indicadores de níveis do mar abaixo do atual.

Foram reconhecidos nas planícies costeiras brasileiras, evidências de níveis do mar acima do atual durante eventos holocênicos; e mais raramente no Pleistocênio com indicadores geológicos, biológicos e Pré-histórico. Estão entre os indicadores geológicos, os terraços de construção marinha, os terraços de abrasão marinha e as rochas praias.

Os terraços de construção marinha, como os depósitos sedimentares marinhos que formam as Planícies Costeiras e que são situados acima do atual nível do mar, são evidências de paleoníveis do mar acima do atual.

Encontrada em grande parte do litoral pernambucano, as rochas praias são compostas de arenitos e conglomerados (carbonato de cálcio, conchas de moluscos e outros biodetrítos). São rochas tipicamente de climas quentes, o detalhamento da granulometria e das estruturas sedimentares dessas rochas, fornecem indicações sobre os subambientes praias e definem com mais precisão a posição do nível do mar, devido a sua formação (DELÍBRIAS & LABOREL, 1971).

Os restos biogênicos (partes de animais e vegetais marinhos e fósseis traços) que se encontram próximo do nível do mar atual, representam os indicadores biogênicos. Os sambaquis, (montanhas erguidas em baías, praias ou na foz de grandes rios, formados principalmente por cascas de moluscos) são os únicos indicadores pré-históricos úteis nos estudos de paleoníveis do mar e paleolinhas de costa, que se situam sobre substratos de composições e idades diversas.

As variações do nível do mar ocorrem desde o surgimento dos oceanos na terra, principalmente por causa do congelamento e armazenamento da água nos continentes. O nível do mar era muito inferior ao atual, mas devido ao aquecimento global este nível está mais elevado, devido ao aumento do volume de água resultante da dilatação térmica, ou seja, diminuição da densidade da água.

A constante abertura e fechamento dos continentes e a variação da quantidade de água nos oceanos também podem afetar na variação do nível do mar, que por sua vez pode vir a afetar na dinâmica litorânea, interferindo direta ou indiretamente nos processos costeiros, como: recuo da linha de costa (erosão) e progradação da linha de costa (DOMINGUEZ, 2002).

O Nível médio do mar global (GMSL) subiu 0,19 [0,17-0,21] m ao longo do período entre os anos 1901 e 2010, calculado com base na taxa média sobre esses 110 anos, com base nos registros dos dados existentes desde 1993 e adicionalmente em dados de satélite. Certamente a taxa média foi de 1,7 [1,5-1,9] mm/ano entre 1901 e 2010 e aumentou para 3,2 [2,8-3,6] mm/ano entre 1993 e 2010. Esta avaliação baseia-se elevada concordância entre vários estudos que utilizaram métodos diferentes, sendo os registros de maré corrigidos para movimento verticais de terras e também foram utilizados sistemas de observação independentes (marégrafos e altimetria) desde 1993. O GMSL aumentou entre 1920 e 1950, a uma taxa comparável à observada, entre 1993 e 2010, devido ao registro dos dados por marégrafos individuais em todo o mundo e programas de reconstruções de GMSL que calcularam aumentos das taxas de subida do nível do mar durante este período (IPCC, 2013).

O IPCC (2013), apresenta previsão para a variação do nível do mar até 2100, através de relatório sobre mudanças climáticas, onde considera diferentes cenários elaborados a partir de variáveis diferenciadas como: estruturas econômicas modificadas, ações que promovem o desenvolvimento sustentável, fontes de energia e aumento da população. O cenário adotado para definir o parâmetro de variação do nível do mar trabalhado nesta pesquisa pode ser observado na Figura 2(2).

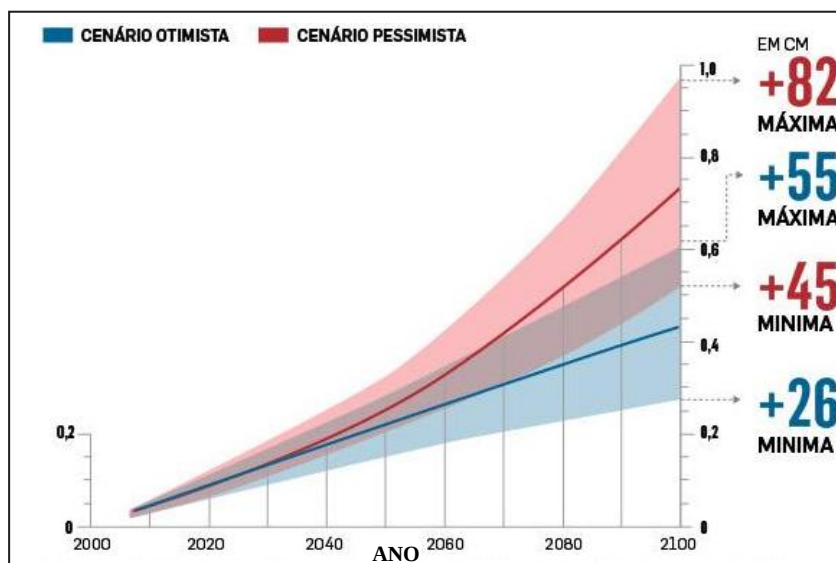


Figura 1(2) - Previsão para o aumento do Nível do Mar pelo IPCC (2013).

2.2 - Gestão Territorial da Zona Costeira

A utilização dos recursos costeiros por diferentes agentes gera conflitos e adverte para a complexa atividade de gestão da zona costeira, apontando Programas como o de Gestão Integrada (GIZC). O Programa de Gestão Integrada adota a metodologia utilizada pelo *Coastal Resource Center* (CRC) da Universidade de *Rhode Island* (Estados Unidos) POLETTE *et al*, (1997). Entretanto há uma discussão relativa a essa metodologia, por ela ser utilizada em diferentes países, com realidades divergentes, e não considerar os aspectos regionais, as particularidades da área de estudo. Porém, entende-se que estudos entre países de realidades semelhantes colaborem com o aprimoramento científico concernente à zona costeira.

No Brasil, a preocupação com a gestão costeira surge a partir da intensificação da ocupação do litoral e fixação da população nesta parcela territorial (MORAES, 1999).

Apenas em 1987 é que foi estabelecido o primeiro Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (GERCO), que colaborou delineando a metodologia de zoneamento. Em 1988, foi instituído o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), através da Lei 7.661/88. O PNGC é parte integrante da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), e que vislumbra racionalizar a utilização dos recursos costeiros, elevando a qualidade de vida da população e protegendo o patrimônio natural, étnico e cultural (BRASIL, 2006).

A gestão integrada da zona costeira objetiva coordenar as ações referentes a zona costeira buscando sustentabilidade ambiental a longo prazo.

Com o passar do tempo e com a constatação do aumento da ocupação na zona costeira, o PNGC passa a objetivar o planejamento e acompanhamento da ocupação nessa área. Sendo assim, busca definir e disciplinar e desenvolvimento na zona costeira.

Somente em 2004, a Lei nº 7.661 de 1988 é regulamentada, através do decreto-lei 5300, de 2004 sendo instituído o Plano de Nacional de Gerenciamento Costeiro. O referido Plano transmite regras para o uso e ocupação da zona costeira, embasando a formulação de políticas nas esferas federal, estadual e municipal, através da implementação de regras de gestão, instrumentos, órgãos e setores.

A Lei nº 7.661 define a zona costeira como patrimônio nacional e estabelece os limites marítimos e terrestres. Constitui princípios fundamentais dentre os quais tem-se: a utilização sustentável dos recursos costeiros, a integração da gestão dos ambientes terrestres e marinhos da zona costeira, a consideração dentro dos limites marítimo, da área onde ocorre processos de transporte sedimentar e alteração da topografia do fundo marinho e de área onde o efeito dos aportes terrestres sobre os ecossistemas marinhos é mais significativo, dentre outros (BRASIL, 2006).

A Lei nº 14.258, de 2010, institui a Política Estadual de Gerenciamento Costeiro para Pernambuco tendo como objetivo nortear a gestão da zona costeira a partir das diretrizes apresentadas pela Lei nº 7.661, acima citada. Assim sendo, apresenta como instrumento de gestão:

- o Plano Estadual Gerenciamento Costeiro – PEGC;
- os Planos Municipais de Gerenciamento Costeiro – PMGC;
- o Plano de Gestão Integrada da Orla Marítima - Projeto Orla;
- o Sistema Estadual de Informações do Gerenciamento Costeiro – SIGERCO;
- o Sistema Estadual de Monitoramento e Avaliação Ambiental da Zona Costeira - SMA-ZC
- o Zoneamento Ecológico-Econômico Costeiro – ZEEC.

Esta lei define diretrizes gerais, que direcionam o processo de ocupação da zona costeira, tais como: assegura o livre acesso à praia, salvo algumas exceções a toda a população, proíbe intervenções na faixa marítima que possam interferir na dinâmica marinha, veta a construção de edificações em feições deposicionais sedimentares, permite a construção na faixa de 33m (para áreas urbanizadas), considerada como “não edificante”, ou valor maior desde que seja justificado através de estudo técnico, aferidos perpendicularmente em direção ao continente, a partir da linha de preamar máxima da sizígia atual, exceto quando a legislação municipal indicar valor expresso (maior ou menor que 33m), estabelece recuo mínimo de 100m, nas áreas não urbanizadas a partir da linha de preamar máxima de sizígia atual, entre outras.

O Plano Estadual Gerenciamento Costeiro - PEGC, afirma seu interesse em apoiar algumas atividades relacionadas à zona costeira, dentre as quais se destacam:

- os estudos e pesquisas de tecnologias que auxiliem e incentivem o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;
- a divulgação de dados e informações ambientais que justifiquem a necessidade de preservação, conservação e recuperação do meio ambiente;
- as ações de pesquisa que objetivem a mitigação e adaptação aos eventos extremos e as mudanças climáticas na gestão costeira, dentre outras.

O processo de gestão/gerenciamento de territórios costeiros deve realizar planos e estratégias integradas que alimentem o desenvolvimento sócio-econômico e ambiental nas áreas litorâneas, e assegurem a preservação do ambiente marinho. Para garantir gestão integrada o governo Federal, através do Ministério do Meio Ambiente lançou o Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima (BRASIL, 2006).

O Projeto de Gestão Integrada da Orla Marítima – Projeto Orla, surge para auxiliar na gerencia da zona costeira tendo como objetivo implementar uma política nacional que integre, harmonize e articule as práticas Ambientais e patrimoniais visando a sustentabilidade. Este é um projeto do Ministério do Meio Ambiente.

Segundo o Projeto Orla (BRASIL, 2006), a zona costeira brasileira, apresenta uma extensão de aproximadamente 8.500km, dos quais fazem parte cerca de 300 municípios litorâneos e uma população de cerca de 32 milhões de habitantes.

A zona costeira é uma parcela territorial que se caracteriza por ser uma área cuja condição ambiental é favorável ao assentamento humano e pela vulnerabilidade ambiental diante desses assentamentos, especialmente por abrigar uma diversidade de ecossistemas marinho. Portanto, a gerência dessa parcela territorial atua diante de situações complexas que abordam questões, ambientais, sócio-econômicas e legais.

O Projeto Orla atua em diferentes escalas, nacional, regional e local, objetivando um gerenciamento integrado do uso do solo litorâneo (BRASIL, 2006). A escala nacional vislumbra a orla enquanto patrimônio coletivo, e objetiva garantir o acesso público as áreas litorâneas, garantindo a manutenção da função social desses espaços. A escala regional vislumbra o uso adequado da orla e a continuidade do desenvolvimento turístico, da implementação de infraestrutura e o crescimento econômico. A escala municipal/local, busca proteger o patrimônio físico e ambiental, valorizar a paisagem e o convívio social e estimular o crescimento econômico local.

Considera como documento norteador do processo de gestão o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (lei nº 7.661/88), que define princípios, objetivos e instrumentos para o gerenciamento costeiro, nas diferentes escalas; a lei 9.636/98, que trata dos terrenos da marinha, que ocupa parcela significativa da orla marítima brasileira; e o Plano de Ação federal (PAF), que trabalha as políticas públicas atuantes na zona costeira.

O Projeto Orla apresenta dois documentos que visam nortear o processo de gestão, são eles: Fundamentos para Gestão Integrada e Manual de Gestão. O documento denominado Fundamentos para Gestão Integrada, constrói uma base conceitual que deve orientar o processo de gestão da zona costeira em escala municipal, trazendo como exemplos de problemas litorâneos desencadeados a partir de processos de ocupação não planejados a ampliação do risco de degradação do ambiente, pressão de ocupação desordenada e falta de infraestrutura e falha no saneamento. O Manual de Gestão norteia o processo de diagnóstico da orla marítima e ambos objetivam o planejamento da orla marítima.

A construção dessa metodologia para se trabalhar com áreas costeiras de forma integrada surge à medida que problemas relacionados a ocupação e utilização desordenada do espaço litorâneo afetam significativamente a dinâmica do espaço. Problemas paisagísticos, econômicos, sociais e ambientais expressam a dificuldade na gerência desses espaços.

CAPÍTULO III - ASPECTOS GERAIS DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 – Clima

O clima e níveis de precipitação na área de estudo, assim como em toda a região nordeste, sofrem influência de fatores como: altitude, latitude, condições de relevo, vegetação e continentalidade.

Um dos principais sistemas atmosféricos que interfere na região é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), sendo esta correspondente à região de confluência dos ventos alísios do Hemisfério Norte (alísios de nordeste) com os do Hemisfério Sul (alísios de sudeste). Assim, geram-se correntes de ar ascendentes, com alto teor de vapor d'água que ao atingirem camadas mais altas e frias da atmosfera, condensam, formando as nuvens que originam altas taxas de precipitação. Em geral essas chuvas ocorrem sobre o Atlântico, zona costeira ou ainda, podem atingir regiões do interior do estado (MANSO, 2003).

A costa do estado de Pernambuco apresenta clima Tropical Atlântico com a média anual das temperaturas do ar variando entre 27,4°C (mínimas) e 27,9°C (máximas), durante os anos 2010 a 2012 como apresentado na Figura 3(3).

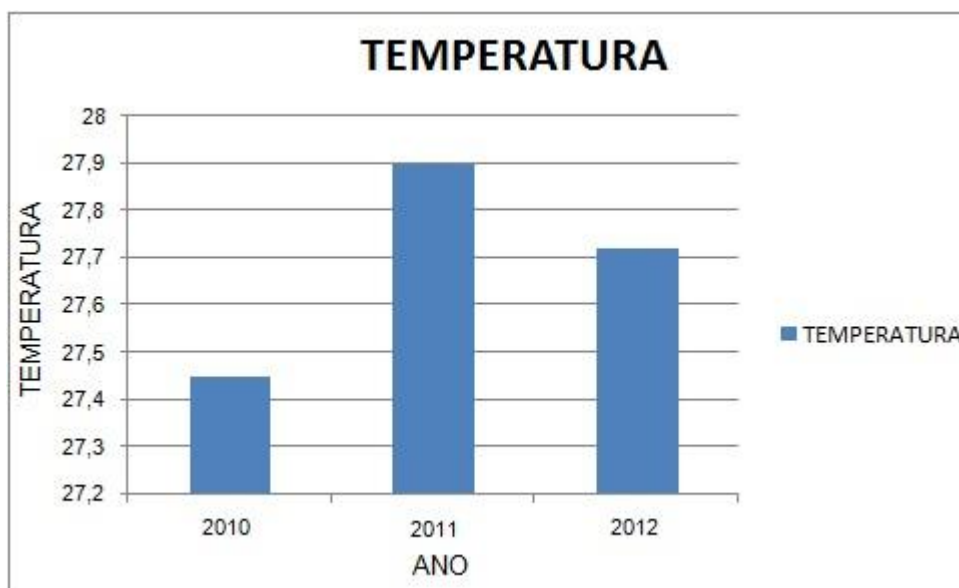


Figura 2(3) - Gráfico mostrando as temperaturas médias entre 2010 e 2012 (Fonte: Clima tempo).

Essas temperaturas em geral não apresentam variações expressivas, de maneira que a sua amplitude térmica anual se aproxima a 5^oC. As temperaturas mais elevadas são observadas durante os meses de primavera (outubro, novembro e dezembro) e verão. No inverno (junho, julho e agosto) a redução da temperatura não é significativa.

Considerando elementos como temperatura, pluviometria e regime das frentes de ar, Koppen (1948), classificou o clima da área do tipo Ams', caracterizado por apresentar chuvas de monções durante quase todo o ano, com uma estação seca bem definida e relativamente curta que ocorre no outono. Portanto é considerado um clima bastante úmido.

A área estudada, segundo KOPPEN (1948), compreende a zona de maior pluviosidade do litoral do Nordeste, com precipitação média anual de 2.050mm, nos anos considerados normais.

O acumulado médio da precipitação entre janeiro e dezembro na Zona da Mata e na RMR foi de 1661,8 mm, o que representa uma redução de apenas 3,2% da climatologia anual. No Agreste, a média da precipitação acumulada foi de 596,5 mm, implicando numa redução média de 19,5% no ano. Já no Sertão, a precipitação média foi de 381,5 mm, onde a redução média foi de 38,3% no ano com base no Boletim de informações climáticas da APAC (2013).

Na Zona da Mata e Região Metropolitana do Recife, o acumulado médio foi 1661,8 mm, caracterizando um desvio relativo de -3,2% da climatologia. Os maiores acumulados entre janeiro e dezembro ocorreram nas localidades de Recife (2446 mm), Jaboatão dos Guararapes (2420 mm), Camaragibe (2402 mm) e Cabo de Santo Agostinho (2330 mm), enquanto que os menores acumulados foram nas localidades de Lagoa de Itaenga (631 mm), Belém de Maria (843 mm) e Quipapá (942 mm) (APAC, 2013).

O regime de ventos em destaque na costa Nordestina é governado pelo padrão geral de distribuição da pressão atmosférica no Oceano Atlântico Sul, estando presente o centro de alta pressão subtropical (ASAS), cuja posição e intensidade modificam ao longo do ano.

Nos primeiros meses do ano o anticiclone apresenta menor intensidade, a costa nordestina sofre ventos fracos de sudeste. Isso ocorre porque o anticiclone está situado próximo da costa Africana (aprox. a 28° S; 010° W). Mas, no segundo semestre, devido o desenvolvimento da Zona de Baixa Pressão Antártica o anticiclone é deslocado do Atlântico Sul para o noroeste, dessa forma os ventos são intensificados.

No regime de inverno, a incidência maior de direção permanece a de SE, com velocidades médias que se elevam entre a faixa de 5,0 a 6,1 m/s. No verão, a predominância é caracterizada pelos ventos alísios, ventos do quadrante E. As velocidades nestes quadrantes ficam em torno de 5,2 m/s.

O regime de ventos em toda região costeira caracteriza-se por ser bastante regular, sazonal, soprando em 90% do tempo do setor E-SE, com velocidades médias de 3 à 5 m/s (MANSO, 2003).

3.2 - Vegetação

Considerando que a área estudada é caracterizada como ambiente transicional, englobando várias unidades ambientais como praias, mangues, planícies de inundação, várzea, entre outras, diversos tipos de vegetação com solos característicos estão presentes.

Foi constatado que em toda costa do Estado de Pernambuco ocorre dois tipos básicos de formações florestais: a floresta subperenifólia e as formações litorâneas (COUTINHO, 1980).

A floresta subperenifólia (Floresta Tropical Atlântica) é uma formação densa, alta (20-30m), rica em espécies e que cada vez mais cede lugar a cultura da cana-de-açúcar na zona úmida costeira. Na área estudada este tipo de floresta pode ser encontrada nas regiões de tabuleiro com solos areno-argilosos, já profundamente devastada pelo homem como pode ser observado na Figura 3(3).



Figura 3(3) - Vestígios de floresta subperenifólia, mostrando uma grande devastação provocada pelo homem, com extensa área cultivada com cana-de-açúcar na região de Serrambi-PE.

As formações litorâneas englobam um número significativo de tipos florestais, entre os quais destacam-se: a floresta perenifólia de restinga, os manguezais, as formações de praia e os campos de várzea (flúvio-lagunar).

A floresta perenifólia de restinga é uma formação pouco densa, com árvores de troncos finos, que ocorrem normalmente associados aos terraços arenosos da zona costeira. Na área, esta vegetação está associada predominantemente aos terraços pleistocênicos como registrado na Figura 4(3).



Figura 4(3) - Vegetação típica de floresta perenifólia de restinga, mostrando pequenas árvores fixadas em terraços Pleistocênicos. Praia dos Carneiros – PE.

Nas áreas que estão sob influência direta das marés, são desenvolvidas vegetações típicas de solos orgânicos classificados como “mangues”. Nesta área predominam as *Rhizophora mangle*, o mangue vermelho, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus* e *Avicennia SSP* (MANSO, 2003). Estas árvores são grandes estabilizadoras do substrato e o seu sistema de raízes proporciona abrigo para uma fauna muito rica, altamente adaptada às condições do estuário com espécies de grande valor comercial, podendo ser exemplificadas pela Figura 5(3).



Figura 5(3) - Vegetação de mangue da espécie *Rhizophora mangle* (mangue vermelho) na região de Serrambi-PE. Observa-se em 1º plano uma concentração de raízes escoras fixadora desta espécie.

No litoral arenoso, a vegetação caracteriza-se por ser pouco densa e herbácea. Sua ocorrência tem início geralmente depois das cristas de berma, mais precisamente na pós-praia e são representados por gramíneas, salsas de praia, capim da areia e psamófica herbácea alastrante como apresentado na Figura 6(3).



Figura 6(3) - Vegetação rasteira típica do litoral pernambucano, formada por gramínea e salsa de praia (Porto de Galinhas).

Os campos de várzeas úmidas e alagadas, ocorrem ao longo dos cursos d'água, brejos e áreas de acumulação de água doce. Na área em estudo, estas formações são densas e predominam espécies de *Gramineae* e *Cyperaceae* observadas na Figura 8(3).



Figura 7(3) - Vegetação rasteira das espécies *Gramínea* e *Cyperaceae*, típica de regiões flúvio-lagunares, na região de Porto de Galinhas.

3.3 – Hidrografia

As bacias hidrográficas que drenam a área onde foram realizados os estudos estão todas originadas na vertente oriental do Planalto da Borborema e os principais rios que cortam a região são o Rio Maracaípe, Sirinhaém e Rio Formoso, juntamente com seus afluentes (CPRH, 2003).

O rio Maracaípe apresentado na Figura 9(3), também localizado no município de Ipojuca, cuja nascente esta localizada próximo à PE-060, na localidade do Engenho Todos os Santos, seguindo para sudeste até a Planície Costeira que percorre no sentido norte-sul, ladeado por manguezais e restingas, até a desembocadura no Pontal de Maracaípe.



Figura 8(3) - Imagem do Rio Maracaípe. Fonte: <http://maps.google.com/> (2012).

O Rio Sirinhaém apresentado na Figura 9(3), o principal da área, nasce nas encostas da Serra dos Ventos no município de Bonito, a uma altitude aproximada de 700m, percorre uma distância de 100km em todo o seu curso com direção noroeste-sudeste. Seus principais afluentes são o riacho Oricunha, com 6km de extensão na sua margem direita e os riachos Camaragibe e Tapiruçu, com 24 e 12km respectivamente e o rio Amaragí, o seu principal tributário, com 42km de extensão, na sua margem esquerda (CPRH, 2003).



Figura 9(3) - Imagem do Rio Sirinhaém. Fonte: <http://maps.google.com> (2012).

Nestas bacias, a drenagem se faz segundo uma orientação geral, aproximadamente W-E, e deságuam diretamente no Oceano Atlântico. A rede dendrítica principal tem seu alto e médio curso estabelecido sobre terrenos cristalinos, apresentando um regime intermitente. Os baixos cursos d'água se fazem sobre terrenos sedimentares que constituem a região costeira, apresentando uma certa regularidade de fluxo, sendo suprido por duas fontes hídricas: pluviométrica e subterrânea. A drenagem, pode ainda ser condicionada pelas falhas e fraturas que ocorrem em toda a Bacia Sul. Os vales, em geral, são na forma de “V” e estreitos (BORBA,1975).

O rio Formoso apresentado na Figura 10(3) nasce na porção noroeste do município de mesmo nome, na localidade do Engenho Vermelho onde estão presentes as cabeceiras de seus dois formadores - os riachos Vermelho e Serra d'Água - cuja confluência se dá a montante da sede do Engenho Changuazinho. A partir desse ponto, já com o nome de rio Formoso, dirige-se para sudeste, passando pela cidade homônima. Três quilômetros a jusante desta, o referido rio alcança a Planície Costeira dominada por seu amplo estuário que se dilata a nordeste e norte através dos vários braços constituídos pelos rios Goiana dos Passos, Porto das Pedras e Lemenho.

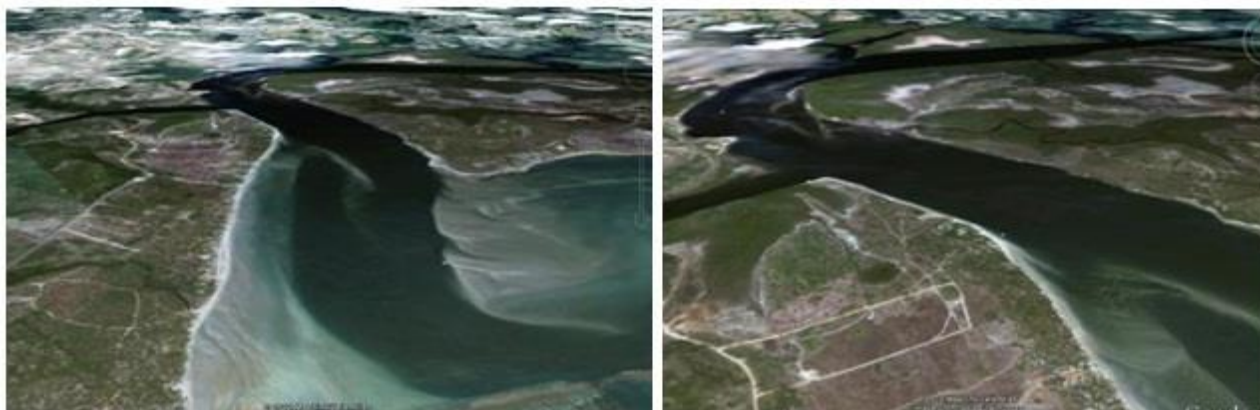


Figura 10(3) - Imagem do Rio Formoso. Fonte:<http://maps.google.com/> (2012).

Com seus largos canais, esses rios engendram uma trama compacta de mangues e salgados que, a oeste, nordeste e norte, se estendem até o sopé dos morros e colinas que bordejam a Planície Costeira e, a leste confinam com os terraços marinhos atuais. Próximo à desembocadura, localizada entre a Ponta de Guadalupe e a Praia dos Carneiros, o rio Formoso recebe o Ariquindá e seu afluente União - dois importantes componentes de sua bacia.

Na bacia do rio Formoso esta localizada a barragem do Coçocó, responsável pelo abastecimento hídrico da sede municipal, juntamente com o reservatório do rio dos Gatos (CPRH, 2011).

3.4 - Oceanografia

Neste item são apresentadas informações gerais, que traduzem o atual estágio de conhecimento, com respeito a dados oceanográficos da plataforma continental interna adjacente.

3.4.1 - Regime de Marés

No litoral de Pernambuco, existem apenas dois pontos que monitoram as marés, estando localizados no Porto do Recife e no Porto de Suape no litoral sul. Outros dados de previsão de maré são disponibilizados pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), ligado ao ministério da marinha. De acordo com o DHN a referência de nível de uma maré se dá a partir do Nível de Redução (NR), definido como um plano de referência tão baixo que a maré, em

condições normais, não fique abaixo dele. Logo, tem-se confeccionado nas tábuas, a partir deste referencial, o nível do mar e a variação da maré em relação ao NR.

Na costa pernambucana as marés que predominam pertencem às classes fracas mesomaré e forte mesomaré. Estas são classificadas como semidiurnas com período de aproximadamente 750 minutos, apresentando duas preamares e duas baixa mares por dia lunar (MANSO, 2003). A curva da maré calculada no dia 22/04/11 está apresentada na Figura 12(3) e condiz com o tipo sinusoidal.

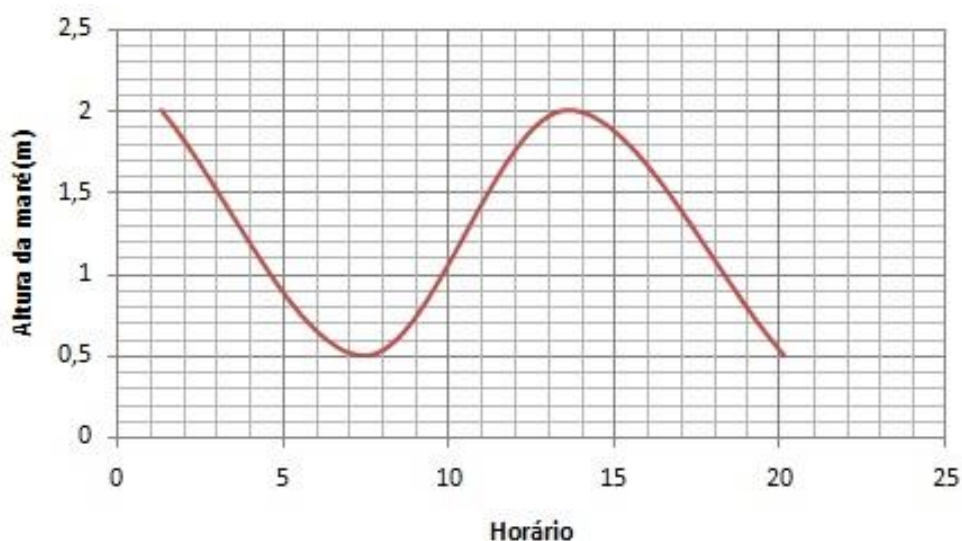


Figura 11(3) - Gráfico de Tábua de Maré do dia 22 de abril de 2011.

A DHN ressalta que marés sinusoidais possibilitam a execução de cálculos de previsão da altura em qualquer hora do dia e do ano. As marés atuantes na costa de Pernambuco se enquadram no tipo forte mesomaré, variando de -0,2 a 2,6m.

A amplitude média de sizígia medida entre janeiro e dezembro de 2010, para o Porto de Suape ficou em aproximadamente 1,8 m e de quadratura com 0,7m.

Levantamentos utilizando marégrafo em 4 estações de ancoragem, realizados pelo Projeto MAI/UFPE, 2010, ao longo da costa Pernambucana, visando avaliar a validade das previsões disponibilizadas pela DHN para o Porto do Recife, foi constatado que as previsões das alturas das marés para o Porto do Recife aproximaram, razoavelmente bem, as marés medidas ao longo do litoral.

3.4.2 - Salinidade e Temperatura

A salinidade e a temperatura das águas da plataforma continental adjacente à zona costeira da área estudada, demonstram de uma maneira geral um ciclo sazonal bastante definido.

As águas que cobrem a plataforma continental, apresentam temperatura superficial de 27,0 a 28,7°C. Da superfície até a profundidade de 50m, a temperatura é praticamente constante, iniciando-se um decréscimo a partir de 60-70m, que coincide com a borda da plataforma e início da termoclina (COSTA, 1991).

A salinidade também apresenta um ciclo sazonal semelhante a temperatura. Valores mais elevados foram observados em períodos secos, máximo de 37,16 e valores mais baixos no período chuvoso com mínimo de 28,88. Esses valores, do mesmo modo que a temperatura, apresentam flutuações próximo à costa, devido a influência do aporte dos rios costeiros.

3.4.3 - Sistemas de Correntes

Na área em estudo, os sistemas de correntes que afetam a sedimentação e consequentemente a morfologia costeira são: correntes de marés; correntes fluviais e correntes litorâneas. Tratando-se de uma região submetida a um regime de mesomaré, as correntes de maré exercem uma substancial influência no modelamento costeiro, principalmente quando estão associadas ao período dos mais intensos ventos que sopram de SE, e as marés de sizígia. Esta associação produz intenso processo erosivo em toda zona litorânea (MANSO, 1995).

Não existem dados, por longo período de observação, sobre velocidades de correntes próximas à costa. Um dos poucos trabalhos existentes, foi o levantamento efetuado na região do Porto de Suape, em agosto de 1992, ao norte da área de trabalho, onde foi observado velocidade máxima de corrente de 0,50m/s na área externa das rochas de praia. Na área interna das rochas de praia por ocasião de maré extremamente elevada, foram obtidas velocidades máximas de correntes em torno de 0,8m/s na superfície perto da entrada da baía, decrescendo para 0,1m/s nas proximidades da praia (MANSO, 1995).

Considerando que a área acima referida está relativamente próxima, (máximo de 10km) e que as condições hidrodinâmicas se mantêm constante, pode-se considerar que na área estudada, os padrões de velocidade de corrente tanto na zona externa dos recifes de arenitos, como nas áreas entre os recifes e a praia, sejam da ordem de 0.4 à 0.6m/s e 0.1 à 0.2m/s respectivamente

3.4.4 - Regime de Ondas

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, têm grande influência no transporte de sedimentos de praia. As ondas de direção E-SE, associadas a ventos de mesma direção, têm altura média de 1 a 1,5m e períodos de 5 a 7s, dominantes durante todo ano (U.S.NAVY, 1978; in DOMINGUEZ *et al*, 1992).

Através de contrato do Governo do Estado de Pernambuco com o instituto de Pesquisa Hidroviária – INPH, foram efetuadas análises históricas dos períodos de monitoramento de onda, nos meses de agosto de 1976 a julho de 1977. Foram também efetuadas medidas de ondas pela PORTOBRÁS, no Porto de Suape, norte da área pesquisada, nos períodos de março de 1977 à fevereiro de 1978 e janeiro de 1979 à janeiro de 1984, usando ondógrafos instalados aproximadamente a 17m de profundidade.

Foi constatado que na primavera (setembro a novembro), no verão (dezembro a fevereiro) e no outono (março a maio), existe uma predominância de ondas se propagando perpendicularmente à praia, sendo que, no outono e na primavera, ocorre uma leve tendência no sentido S-N e no verão, assumem a direção N-S. Para as condições de inverno a direção predomina S-N (ASSIS, 2007).

Com relação as alturas das ondas, observou-se que no verão, há uma predominância de valores em torno de 1,05m e no inverno alcançam os maiores valores anuais em torno de 1,28 m. Os períodos das ondas mencionadas ficam em torno de 7,0 s, para as condições de inverno e 6,5 s, no verão.

Dados obtidos pelo ondógrafo **Waverider MKIII** do Projeto Bóia UFPE, cuja localização pode ser observada na Figura 13(3), em uma profundidade de 17m, ao largo do Porto de Suape, indicando para o período de 02 a 08 de dezembro de 2011, os seguintes dados:

- Altura máxima dia 02/12 = 1.77m e mínima dia 07/12 = 1.16m
- Período máximo dia 06/12 = 10s e mínimo dia 08/12 = 9.04m



A

B

Figura 12(3)–A) Localização do ondógrafo; B) Ondógrafo da UFPE.

Ao analisar os dados acima citados, concluiu-se que seria necessário adquirir dados mais recentes e completos, com melhor representatividade, para determinação do limite litorâneo (profundidade de fechamento). Foram obtidos dados de medidas de onda pelo Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, através do site www.ceptec.inpe.br, durante o período 2008 à 2011. Foi verificado uma predominância média dos valores de altura de onda em torno de 1,59m, e um período médio de 6,72s.

3.4.5 - Material em Suspensão

As concentrações de material em suspensão nas águas da plataforma do Nordeste, são em geral muito baixas (inferiores a 0.5mg/L), mesmo próximo a costa.

Constituem-se exceções as áreas em frente à foz dos grandes rios, como por exemplo, a do Rio São Francisco, onde teores variam de 10 a 270mg/L, com valor médio de 64mg/L. A desagregação bioquímica e física dos depósitos de algas calcárias, representa uma fonte secundária de sedimentos (COUTINHO, 1976).

Somente pequenas quantidades de grãos minerais alcançam o mar e mais da metade dos suspensóides próximos a costa, são geralmente de origem orgânica. Há um decréscimo das

concentrações, tanto de origem orgânica como inorgânica, no sentido externo da costa (SUMMERHAYES *et al*, 1975).

As baixas concentrações de material em suspensão nas águas da plataforma, podem resultar da pouca produtividade do Atlântico Equatorial, da pouca produção de sedimentos em regiões semi-áridas ou ainda, devido à retenção dos sedimentos finos pela vegetação costeira dos manguezais, fato comum na costa pernambucana.

O maior suprimento de material fino para a plataforma interna ocorre no período de inverno. Algumas determinações realizadas na plataforma interna adjacente á cidade do Recife apresentaram valores de até 4,5mg/L (COUTINHO *et al*, 1994).

CAPÍTULO IV - CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

4.1. Geologia da Bacia Pernambuco

Aplicando-se à faixa costeira do Estado de Pernambuco o conceito de “Províncias Estruturais Brasileiras” estabelecido por JARDIM DE SÁ, (1994), Figura 13(4), observa-se que a mesma se encontra geotectonicamente inserida na Província Borborema, borda leste da Faixa Sergipana.

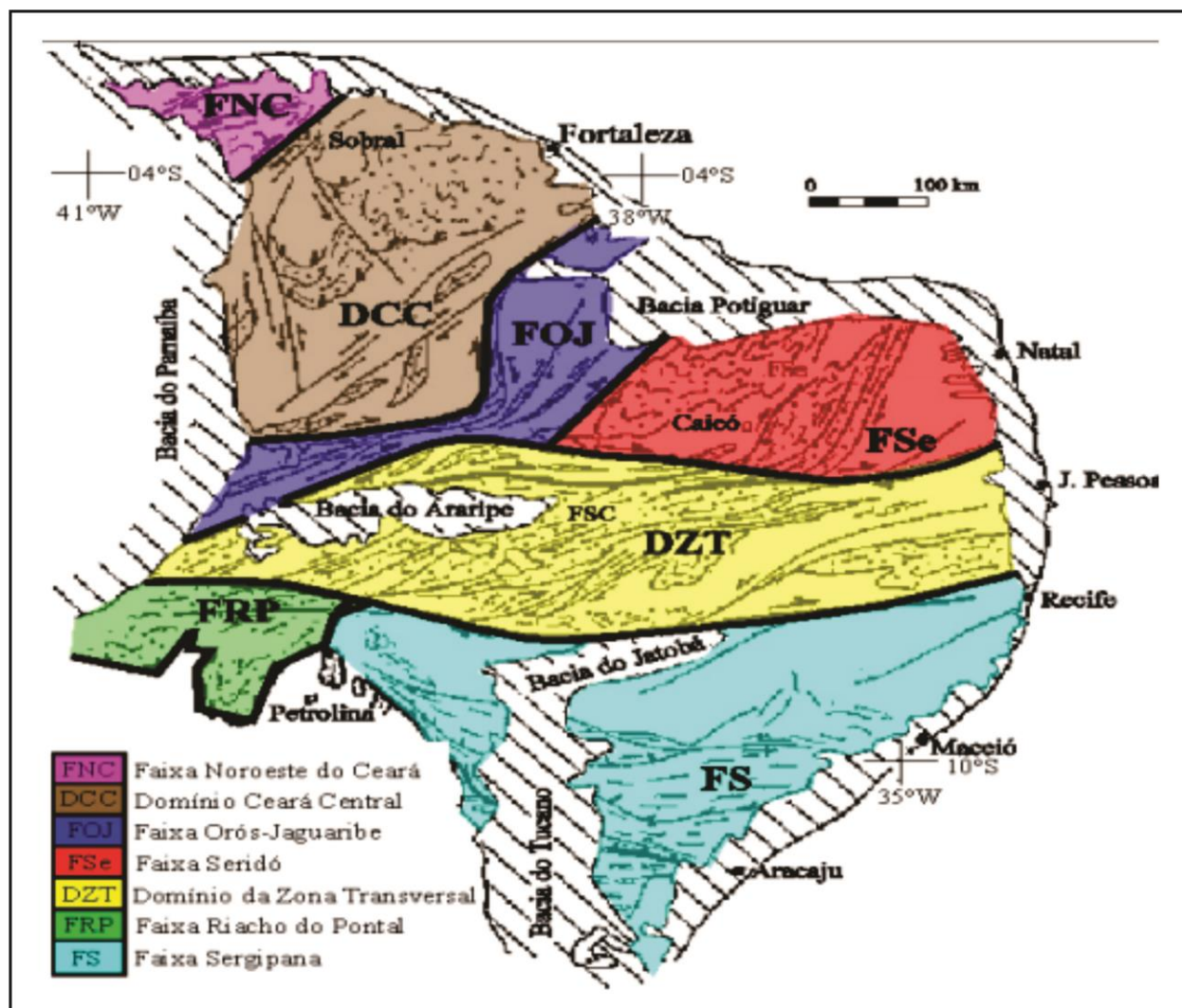


Figura 13(4) – Domínios estruturais da Província Borborema (Jardim de Sá, 1994).

Constituída por uma sequência vulcano-sedimentar cretáceo-paleocênica a faixa costeira de Pernambuco caracteriza-se por apresentar, ao norte e ao sul do Lineamento Pernambuco, comportamentos crono-litoestratigráficos de tal modo distintos que permitem a sua subdivisão em dois compartimentos.

O termo Bacia Pernambuco foi utilizado por LIMA FILHO(1998), para designar a bacia sedimentar marginal atlântica localizada entre o Lineamento Pernambuco e o Alto de Maragogi-Barreiros. Ao norte do Lineamento Pernambuco a faixa costeira foi denominada Bacia Paraíba.

A Bacia Pernambuco ocupa, portanto, toda a faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, onde se insere a área de estudo do presente trabalho apresentada na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(4). Possui forma alongada na direção N40E, numa extensão de 80km e largura de 12km na porção emersa. Limita-se ao, norte, pelo Lineamento Pernambuco, nas proximidades da cidade do Recife; ao sul, pelo Alto de Maragogi-Barreiros, na divisa entre os estados de Pernambuco e Alagoas e a oeste com o Maciço Pernambuco/Alagoas, por meio de falhas normais do embasamento cristalino (LIMA FILHO, 1998).

ROCHA (1990) definiu no maciço um complexo gnaíssico-migmatítico, onde predominam ortognáisses de composição granítica a tonalítica com porções granodioríticas e mais raramente, graníticas migmatizadas, com neossoma granítico róseo, de granulação média a grossa. Petrograficamente, caracterizam-se por agregados xenomórficos (quartzo, microclina) e hipidiomórfico (plagioclásio, biotita e hornblenda. O plagioclásio é o feldspato mais abundante, ocorrendo zonado e geminado.

Com relação as rochas plutônicas ROCHA (1990) dividiu-as em pré-orogênicas, granitóides sindeformação tangencial, granitóides sindeformação transcorrente e granitóides tardi e pós-deformação transcorrente. Os granitóides tardi a pós-deformação transcorrente constituem grandes corpos ovolados (batolíticos) que variam composicionalmente de quartzo-dioríticos a sienitos alcalinos. Essas são as rochas plutônicas que afloram ao sul do Lineamento Pernambuco.

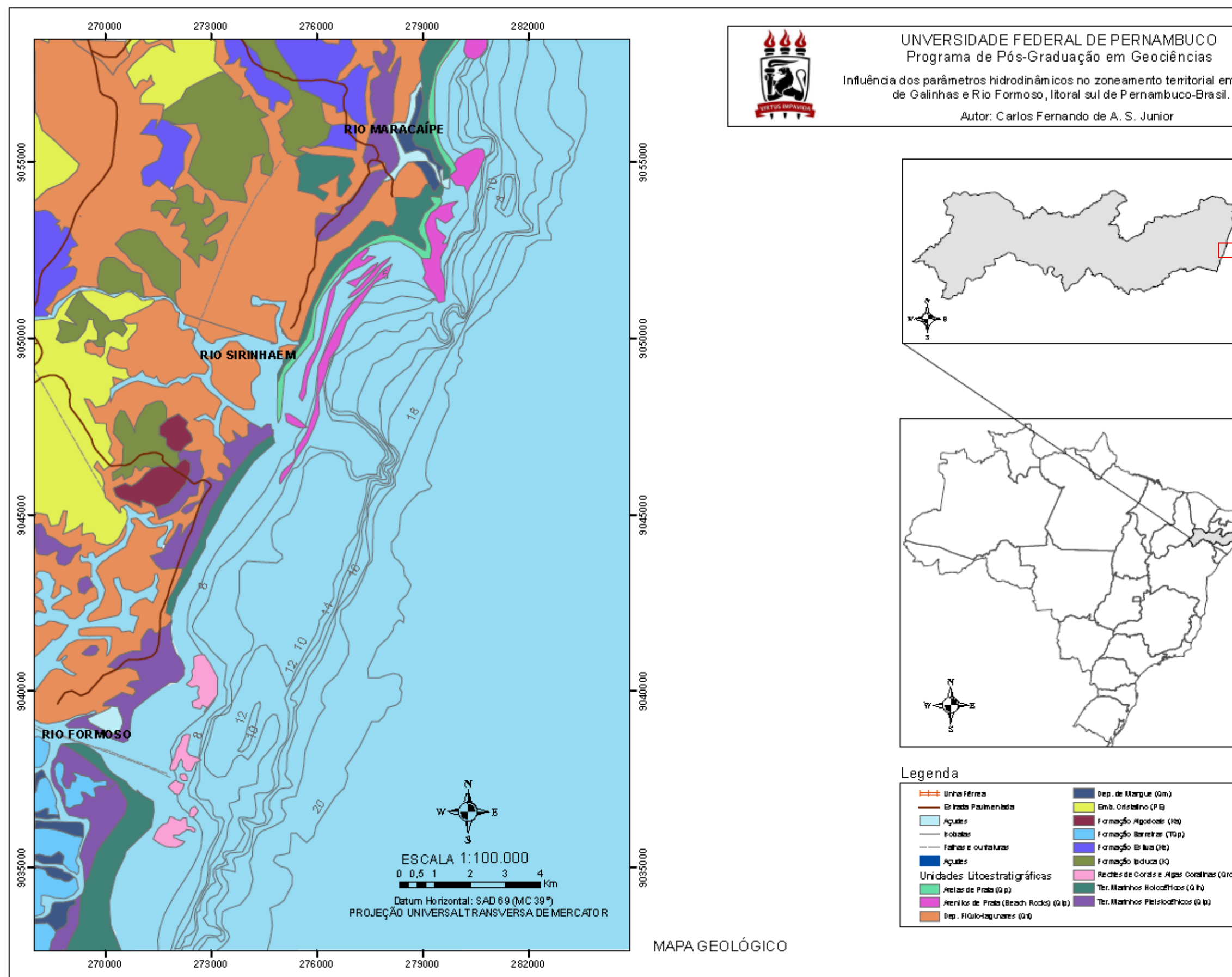


Figura 15 (4) - Mapa Geológico

A Formação Cabo ocorre tipicamente na cidade do Cabo de Santo Agostinho, embora estenda-se numa faixa continua ao longo de toda a borda oeste da bacia. É dividida em três fácies: proximal, mediana e distal. A fácies proximal é constituída exclusivamente por conglomerados polimiticos e polimodais de caráter sintectônico. A fácies mediana ocorre de forma descontinua e grosseiramente paralela aos conglomerados da fácies proximal, constituída por arcoseos conglomeráticos e arenito arcoseano distribuídos na porção norte e extremo sul, e ausente na porção central da bacia, sendo caracterizada como um leque aluvial mediano decorrente da redução da força hidráulica dos leques aluviais proximais. A fácies distal ocorre apenas no extremo sul da bacia, por vezes tectonizada e em contato com as unidades estratigráficas mais recentes por meio de falhamentos, sendo representada por um arenito arcoseano fino intercalado com camadas argilosas depositadas ciclicamente, além de folhelhos pretos anóxicos. A Figura 17(4) exemplifica um dos afloramentos desta formação.

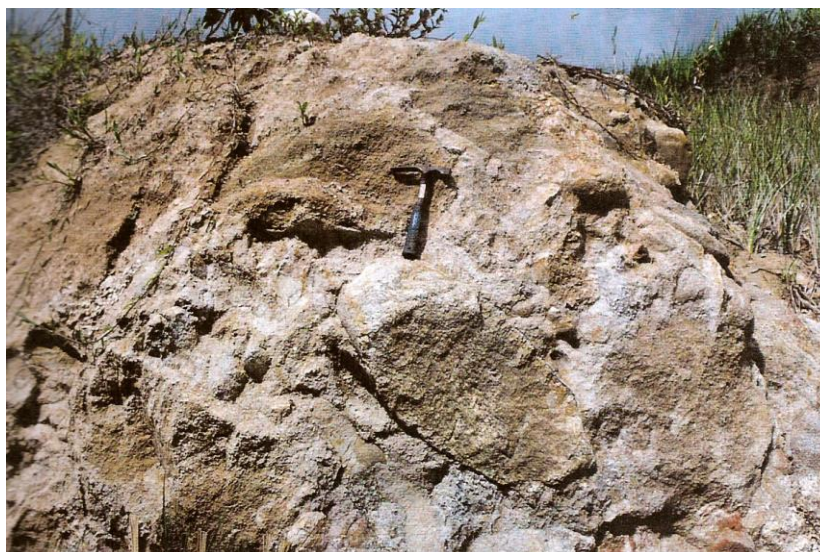


Figura 15(4) - Rocha da Formação Cabo na Região de Suape.

A Formação Estiva ilustrada na Figura 16(4) ocorre de modo descontínuo em diversos locais da faixa costeira sul (Engenho Estivas ou Mamucabinhas, Engenho Gameleira, Praia de Cocaia, etc) e compreende de, modo geral, calcários maciços de coloração creme com porções alaranjadas, cinza-claros e esverdeados, via de regra dolomíticos e com intercalações argilosas, onde são encontrados raros fósseis retrabalhados de *Lopharamicola*, *Ostreasp* e *Venericardia*.



Figura 16(4)–Calcários da Formação Estiva aflorando no Engenho Gameleira.

A Suíte Vulcânica de Ipojuca é representada por riolitos, traquitos, basaltos e o Granito de Santo Agostinho, além de ignimbritos e fluxos piroclásticos.

Os riolitos ocorrem em vários locais, sob a forma de diques e plugs. Os plugs são colunares de secção sextavada, geralmente em altitudes acima de 30m e intensamente fraturados. Apresentam-se bastante compactos, com granulação fina e textura afanítica a porfirítica.

Os traquitos ocorrem principalmente na praia da Ponta das Pedras Pretas, sob a forma de um extenso derrame que se estende até o mar formando um promontório. São traquitos porfiríticos com pórfiros de sanidina bem desenvolvidos e prismáticos.

Os basaltos cortam toda a sequência sedimentar Albiana-Aptiana e Cenomaniana-Turoniana, formando um extenso derrame por toda a bacia e apresentam-se, na grande maioria, bastante intemperizados. Em geral apresentam textura afanítica e são compostos por plagioclásio, anfibólio, biotita e óxido de ferro.

O Granito de Santo Agostinho apresenta-se, em geral, como um stock isotrópico, limitado por falhas. Encontra-se bastante intemperizado, mostrando feições de esfoliação esferoidal. É cortado por falhas e fraturas na direção NE-SW. Localmente na Praia de Suape, mostra deformação dúctil, representada por milonitização, com foliação tectônica na direção 165Az.

Apresenta tendência alcalina, coloração mesocrática, granulação grossa com cristais anedrais, sendo constituído por quartzo, K-feldspato e anfibólio.

Os ignimbritos que ocorrem na Bacia Pernambuco são constituídos por clastos de minerais (quartzo, plagioclásio e microclima) e clastos de rochas (quartzitos, rochas efusivas, hipabissais, plutônicas e metamórficas), com matriz fanerítica fina de material argilo-ferruginoso. Ocorrem nas proximidades do Engenho Saco, com melhor exposição na pedreira do Grupo João Santos.

Os fluxos piroclásticos estão localizados em afloramentos nos Engenhos Tiriri e Bom Jesus. No primeiro o fluxo tem características subaquáticas, e é formado essencialmente por blocos de rochas basálticas. Enquanto que no segundo predomina um vulcanismo explosivo ácido.

A Formação Algodoads compreende duas sub-unidades: uma basal denominada, informalmente, Água Fria e outra superior denominada, informalmente, Tiriri. A primeira constituída por um conglomerado com seixos de tufos e rochas vulcânicas, dispersos numa matriz arcoseana grossa, constituída por feldspato e quartzo, de coloração, geralmente, avermelhada a amarelada, passando gradativamente para um arenito maciço grosso, com seixos de quartzo angulosos e feldspatos argilizados, apresentado comumente estratificação cruzada acanalada. A segunda representada por um arenito conglomerático de cor branca a creme, granulometria média a grossa, essencialmente quartzoso, com grãos subarredondados, que quando intemperizado, desagregam se totalmente formando um solo arenoso de cor branca. Esta Formação esta exemplificada na Figura 17(4).

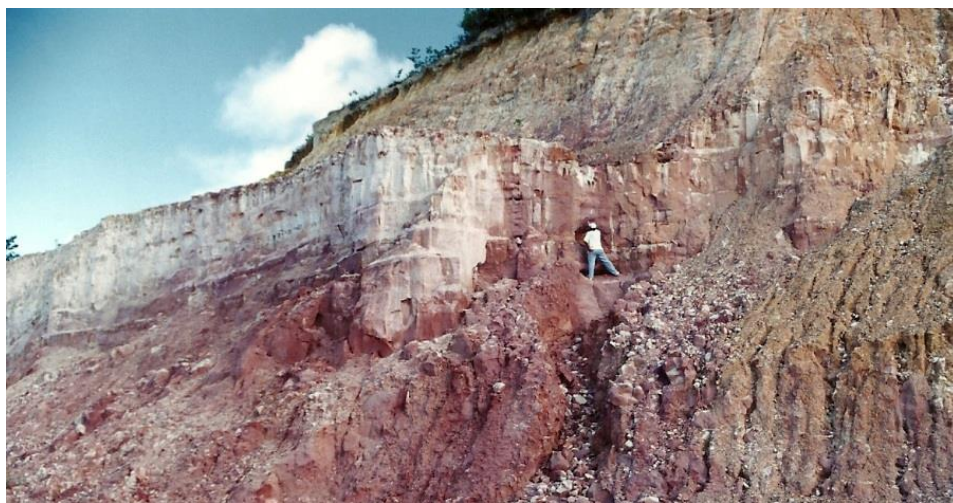


Figura 17(4) - Formação Algodoads localizada na estrada para Barra de Sirinhaém. Fonte: MANSO, (2002).

A Formação Barreiras aflora na bacia de forma descontínua, principalmente entre os promontórios do Cabo de Santo Agostinho e Ponta das Pedras Pretas, em geral, tectonizada, o que se pode constatar através da geomorfologia (morros basculados). Na porção nordeste da bacia ocorre o atual nível de base e na porção sudeste ocupa as cotas mais altas, sotoposta à sedimentação cretácea. Aflora ainda no extremo sul da bacia, após a cidade de Barreiros. É constituída por arenitos de granulometria grossa a conglomerática, de cor branca, bastante argilosa, com níveis de óxido de ferro e estratificações plano-paralelas e cruzadas acanaladas, contendo por vezes um nível de argila mosqueada; outro nível é constituído por arenitos grossos e conglomeráticos de cor roxa, com bolas de argila e seixos de quartzo arredondados, com estratificação tabular.

4.2. Geologia do Quaternário Costeiro

Até o final da década de 80 do século passado os estudos relativos à geologia do Quaternário Costeiro de Pernambuco eram dispersos e superficiais.

O trabalho pioneiro de CARVALHO & COUTINHO (1979), determinando pela primeira vez os níveis de terraços marinhos ao longo da planície da Lagoa Olho D'água, ao sul de Recife, contribuiu para uma nova fase de estudos do quaternário costeiro em Pernambuco. Seguiram-se os trabalhos de COUTINHO & FARIAS (1979), MABESSONE (1987), AMARAL *et al.* (1990), LIMA FILHO & ALHEIROS (1990).

DOMINGUEZ *et al.* (1990) realizaram o mapeamento geológico do litoral do Estado de Pernambuco, tentando caracterizar sua evolução quaternária.

A partir daí, com os estudos desenvolvidos pela Universidade Federal de Pernambuco/ Laboratório de Geologia e Geofísica Marinha, em convênio com o CNPq, por meio de relatórios de graduação do Curso de Geologia e trabalhos de pós-graduação em Geociências, o Quaternário Costeiro de Pernambuco foi estudado de forma integrada, inclusive com mapeamentos geológicos na escala de 1:25.000, destacando-se os trabalhos de CHAVES (1991), MARTINS (1991), MEDEIROS (1991), LIMA FILHO *et al.* (1991), NEUMANN (1991), DUARTE (1991) e COUTINHO *et al.* (1993).

Segundo DOMINGUEZ *et al.* (1990), os modelos evolutivos da sedimentação quaternária definidos para as regiões costeiras de São Paulo e Rio de Janeiro (SUGUIO & MARTIN, 1978),

Bahia (MARTIN *et al.* 1980), Sergipe (BITTENCOURT *et al.* 1983^a) e Alagoas (BARBOSA *et al.* 1986a e b), pode ser aplicado à costa do Estado de Pernambuco, tendo sido identificados testemunhos de dois níveis marinhos elevados. O primeiro, pleistocênico, está relacionado à transgressão marinha denominada de Penúltima Transgressão, cujo máximo de 8 a 10m acima do nível médio do mar atual foi alcançado a cerca de 120.000 anos A.P. O segundo, holocênico, está relacionado à transgressão marinha denominada Última Transgressão, que alcançou um máximo de 5m acima do nível médio atual do mar, há cerca de 5.100 anos A. P. (MARTIN *et al.* 1982; BITTENCOURT *et al.* 1979). Datações radiométricas realizadas por DOMINGUEZ *et al.* (1990), pelo método do carbono 14, em 25 amostras de diferentes testemunhos de níveis marinhos elevados, tais como vermetídeos, corais, algas coralinas e conchas coletadas em bancos de arenitos e sedimentos lagunares, apesar das limitações intrínsecas de alguns indicadores quanto ao seu posicionamento espacial, sugerem ter havido na costa do Estado de Pernambuco, de uma maneira geral, uma gradativa descida do nível do mar, de 5.000 A. P. até o presente, em torno de 5m.

A faixa costeira sul do Estado de Pernambuco, onde se insere a área de estudo deste trabalho, apresenta características geomorfológicas e geológicas que a situa no setor sul definido por COUTINHO (1993). Apresenta um caráter transgressivo jovem, com predominância de estuários, devido ao aporte de sedimentos fluviais. A presença de ambientes de mangues nos estuários é marcante, evidenciando uma influencia do regime de marés. Por outro lado, é quase total a ausência de dunas, refletindo a falta de condições favoráveis à acumulação desses depósitos.

A planície costeira ocupa uma área de aproximadamente 135km², com largura variando de cerca de 6 km na região da Ponta da Gamela a cerca de 1,5km na região de Barra de Sirinhaém.

Nesta planície encontramos os estuários dos rios Maracaípe, Sirinhaém e Formoso. Este último, de porte médio, é o mais importante, localizando-se a partir da confluência dos rios dos Passos, Lamenho, Porto das Pedras e Ariquindá, até a sua desembocadura entre as praias de Guadalupe e Carneiros. Os outros dois, de menor porte, porém de grande significado para o desenvolvimento da planície costeira da área. Na área estudada foram identificadas as seguintes unidades litológicas, constituídas exclusivamente por depósitos quaternários costeiros:

4.2.1. Terraços Marinhos Pleistocênicos

Os depósitos Pleistocênicos, ocorrem geralmente nas porções mais internas da planície costeira, ora no sopé das formações mais antigas, ora isolados na própria planície. De uma forma geral, apresentam-se descontínuos, de forma variável, geralmente paralelo a linha de costa, de largura variando de 0.5 à 1.0km e com altitude máxima de 8m. Uma característica desses terraços é a ausência de cordões litorâneos que não se preservaram.

São constituídos por areias de granulometria média, com moderada seleção e que em superfície apresentam coloração branca ou acastanhada. Em profundidade tais depósitos podem exibir coloração preta e uma certa coesão, aspectos atribuídos à presença de óxido de ferro resultantes de processos pedogenéticos atuantes.

A existência desse nível de ácido húmico e óxido de ferro de coloração mais escura foi constatado em toda área costeira ao Sul de Recife. A sua presença é um fator de grande importância para a identificação dos terraços pleistocênicos, já que os de idade holocênica não possuem tal característica.

Esta unidade é observada na porção mais interna da planície costeira da área de estudo. É limitada a Oeste pelas unidades Pré-Quaternárias e a Leste pelos depósitos lagunares, algumas vezes pelos cordões holocênicos e raramente pelos depósitos de mangues como é o caso da região de Serrambi registrada na Figura 18(4).



Figura 18(4) - Terraço Marinho Pleistocênico - Vista geral do afloramento localizado a oeste da praia de Serrambi - PE. Observa-se a ocorrência de ácido húmico de coloração marrom na base.

Esta faixa não contínua, de direção geral NE-SW estende-se da Praia de Porto de Galinhas a Norte, até a Praia de Campos no extremo Sul da área. Na região de Guadalupe ocorre como manchas isoladas e circundadas por depósitos lagunares.

Apresenta uma cota altimétrica variando de 6 a 8m, uma de suas características de reconhecimento, correspondendo a uma superfície plana que representa antigas cristas de praia que foram parcialmente retrabalhadas por ação eólica e flúvio-marinha.

A ausência dos topos destes cordões litorâneos, principal feição morfológica associada a esta superfície, é atribuída a esse retrabalhamento ou a erosão causada pelos eventos flúvio-marinhos apresentados na Figura 19(4) posteriores a sua deposição. A caracterização sedimentológica dos sedimentos que compõe esta feição esta apresentada na Tabela 1.



Figura 19(4) - Feição morfológica característica de áreas de ocorrência de terraços Pleistocênicos. Esse pacote horizontal encontra-se parcialmente devastado por ação antrópica

Tabela 1 - Características granulométricas das amostras do Pleistoceno

Amostra	Latitude	Longitude	M_d	M_z	DP	K_G	SK_I	Classificação
P2	9.040.057	270.541	0,169	0,443	0,454	0,343	0,743	Areia Grossa
P3	9.041.868	271.349	2,093	1,809	0,707	0,870	-0,566	Areia Média
P4-2	9.044.731	271.950	1,015	1,051	1,135	0,587	0,041	Areia Média
P4-3	9.047.584	273.760	1,056	1,066	1,018	0,402	-0,121	Areia Média
P5-1	9.054.254	276.925	2,055	1,783	0,453	0,334	-0,725	Areia Média
P5-3	9.055.578	277.266	1,024	0,779	0,624	0,457	-0,280	Areia Grossa
P5-6	9.057.719	277.536	1,019	0,775	0,624	0,460	-0,275	Areia Grossa

LEGENDA - Mediana (M_d) - Média (M_z) - Desvio Padrão (DP) - Assimetria (SK_I) - Curtose (k_G)

Os resultados obtidos pela análise das características granulométricas das amostras pleistocênicas da Tabela 1, mostram que esses terraços são formados por areias de granulometria média à grossa, com predominância de média, moderadamente selecionada, com exceção das amostras localizadas na parte central da área (P4-2 e P4-3), platicúrtica, menos a amostra P4-3 e assimetria predominantemente negativa. Trata-se de um sedimento depositado em ambiente de alta energia com valores de “sigma” menores de 1 phi e pouca variação granulométrica com relação a área fonte. Esses terraços são formados normalmente por areias brancas friáveis, e com grãos essencialmente subangulosos.

Na base desse pacote encontra-se um arenito de coloração escura, mais precisamente marrom que representa incipiente cimentação atribuída a uma lixiviação de ácidos húmicos e óxido de ferro da porção superior.

4.2.2 - Depósitos Flúvio-Lagunares

Os Depósitos Flúvio-Lagunares, são constituídos por sedimentos argilo-arenosos contendo matéria orgânica e com diferentes graus de compactação, ocupam as partes baixas da drenagem que se desenvolveu sobre os Terraços Pleistocênicos e zonas baixas situadas entre os terraços marinhos. Estes sedimentos foram depositados em antigas lagunas que ao serem isoladas do mar, evoluíram para pântanos. A idade Holocênica para essas lagunas foi confirmada através de datação com C^{14} (BITTENCOURT *et al.* 1982). Os depósitos flúvio-lagunares mapeados, englobam os sub-ambientes representados pelas lagoas, mangues e pântanos, bem como os sedimentos de aluviões da Figura 20(4).

Compreende geralmente uma área de cota altimétrica baixa, constituída por sedimentos siltico-argilosos com alto teor de matéria orgânica e areias muito finas. São regiões que se encontram submetidas a alagamentos esporádicos quando ocorre variação das marés.

A pequena lagoa que existe na região de Feiteira, região denominada de Lagoa Maré, recebe água doce através dos canais dos rios Trapiche e Atira e está ligada ao estuário do Rio Sirinhaém por um dos seus pequenos afluentes. Encontra-se atualmente constituindo uma depressão rasa entre os Terraços Marinhos Pleistocênicos e Holocênicos, sendo alimentada basicamente pela precipitação pluviométrica e pelo Rio Maracaípe.



Figura 20(4) - Depósitos flúvio-lagunares localizado em Porto de Galinhas.

Na porção SW da região de Feiteira, existe uma área alagada denominada Lago Maré, que provavelmente corresponde a substituição de um ambiente lagunar por um pantanoso. Esse fato deve ter ocorrido durante o rebaixamento do nível do mar durante o Holoceno, separando a Lagoa Maré em duas partes, possibilitando desta maneira que se desenvolvessem diferentes condições ambientais e evoluíssem de acordo com suas próprias características.

Do ponto de vista morfológico as áreas de ocorrência de manguezais, estão limitada ao meio estuarino. São constituídos de depósitos recentes, argilosos, de coloração cinza-escura a preto. Não se caracterizam apenas por serem áreas de inundação permanente, sujeitos as variações das marés, mas também por exibirem a típica “vegetação de mangue”, composta predominantemente por vegetais que tem como características as raízes aéreas. Na área estudada há uma predominância de três espécies vegetais: *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia recemosa*.

Segundo COUTINHO (1980), estudando os sedimentos dos mangues da planície costeira do Recife, constatou a existência de proporções constantes de silte e argila, enquanto que a porcentagem de areia e seu diâmetro médio aumentam em direção ao apicum. Na superfície, a areia se apresenta mais grossa, e na profundidade de 1m, atinge valores de 92 a 96% da composição. A fração arenosa é composta predominantemente de quartzo, com pouca mica e alguns minerais pesados.

Os manguezais do litoral de Pernambuco e especialmente da área estudada, classificam-se segundo LUGO & SNEDAKER (1974 apud COUTINHO & MORAIS, 1986), os quais consideram a topografia de suas bacias e sua localização relativa ao intercâmbio de água doce e salgada, do tipo 1, isto é, “mangues de margens de rios”, que estão submetidos ao fluxo lateral de água de baixa salinidade e são extremamente sensíveis as alterações no regime hidrológico.

Na área estudada os manguezais ocupam uma superfície de aproximadamente 6.707ha, e estão distribuídos da seguinte maneira:

- a) Região norte, área estuarina dos Rios Maracaípe e Sirinhaém, no município de Sirinhaém, com aproximadamente 3.375 ha;
- b) Região central, área estuarina dos Rios Formoso, dos Passos, do Porto e Lamenho, no município de Rio Formoso, com 2.930 ha;
- c) Região sul, área estuarina dos rio Ariquindá e Porto Alegre, no município de Rio Formoso, com aproximadamente 402 ha.

Os pântanos são constituídos por argilas muito ricas em matéria orgânica. Ocorre entre o Terraço Marinho Pleistocênico e Holocênico a oeste da Praia de Porto de Galinhas e a SW da região de Feiteira. Essas áreas pantanosas correspondem a antigas lagunas que com abaixamento do nível do mar receberiam aporte de água doce tornando-as salobra, favorecendo a formação de um ambiente pantanoso.

4.2.3 - Terraços Marinhos Holocênicos

Recebe esta designação os depósitos arenosos marinhos, formados durante a regressão subsequente a um dos grandes eventos transgressivos denominados por BITTENCOURT *et al.* (1979 apud BITTENCOURT *et al.* 1983) de Última Transgressão, que alcançou um máximo de 5m acima do nível médio atual do mar em torno de 5.100 anos A.P.

Estes depósitos são geralmente cobertos por alinhamentos de cordões litorâneos muito bem conservados, contínuos, próximos e paralelos entre si. Dispõem-se quase que continuamente ao longo da costa, formando faixas alongadas de larguras variáveis. Podem conter conchas de moluscos em bom estado de conservação e apresentam ocasionalmente retrabalhamentos pela ação eólica (BITTENCOURT *et al.* 1983; MARTIN, 1990; DOMINGUEZ *et al.* 1990).

Na área estudada, constituem a porção mais externa da planície costeira. Corresponde a uma faixa arenosa estreita, na sua maioria com aproximadamente 250m de largura, podendo atingir em determinadas localidades 1.5km, como é o caso observado no extremo sul da área, mais precisamente nas praias dos Carneiros e Campos.

Estes sedimentos estão separados dos Terraços Marinheiros Pleistocênicos pelos depósitos lagunares, acompanhando praticamente toda a linha de costa. Em alguns pontos estão em contato direto com o Pleistoceno como observado na Figura 21(4), principalmente a partir da foz do Rio Sirinhaém até o extremo sul da área, onde a diferença de altitude é um fator marcante de individualização das duas feições.

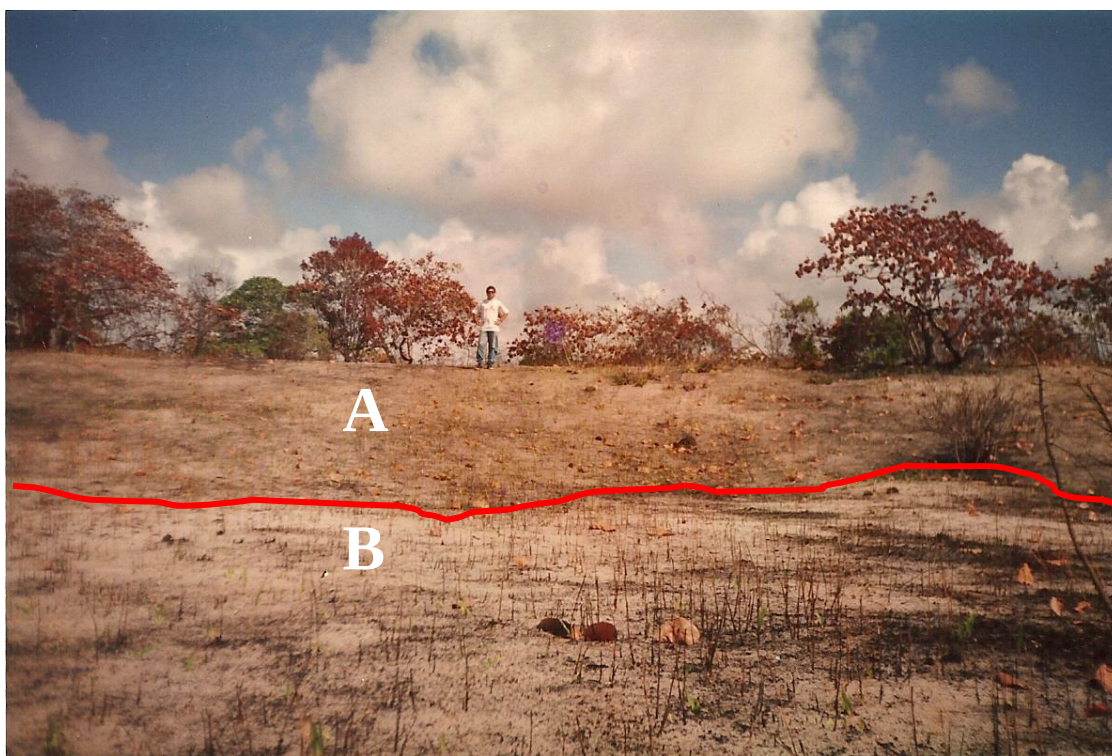


Figura 21(4) - Contato Pleistoceno (A) / Holoceno (B) na Região de Campos – PE.

Encontra-se representado nessa feição o topo de cordões litorâneos remanescentes de antigas cristas de praia. Observa-se que esses cordões ocorrem praticamente em todo terraço, apresentam um paralelismo bem significativo com zonas de cristas e cavas bem individualizados, como é o caso da praia de Barra de Serinhaém, bastante evidente na Figura 22(4).

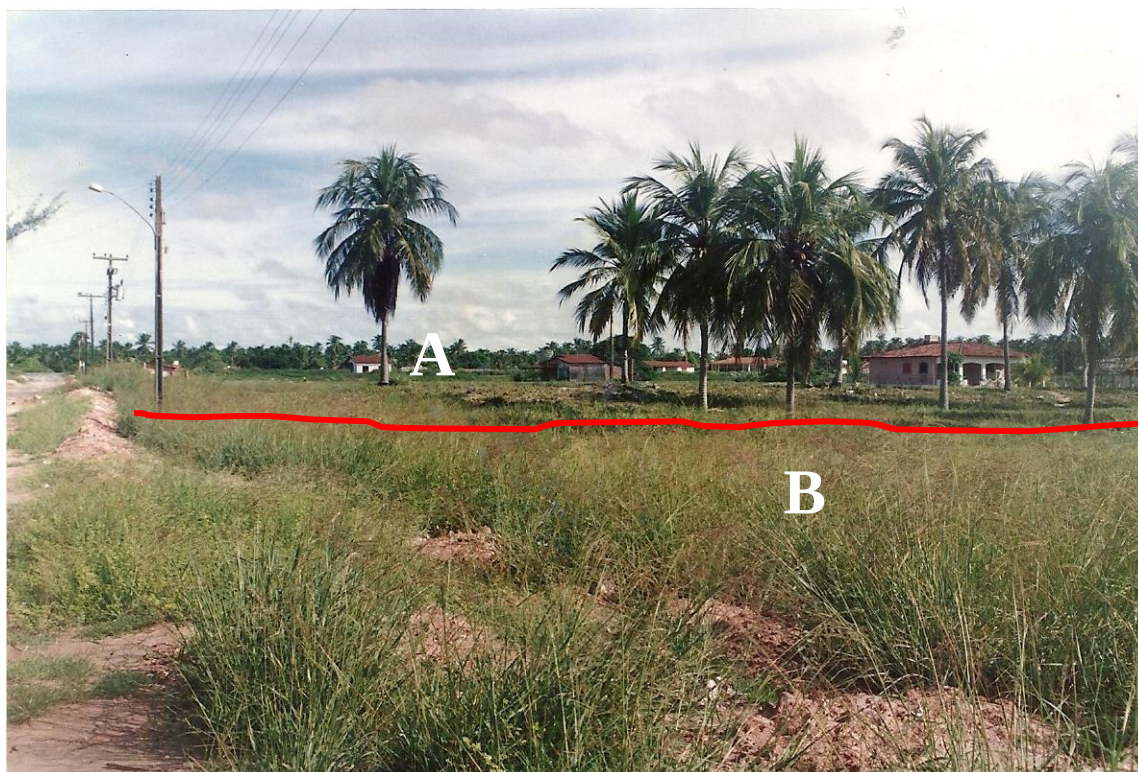


Figura 22(4) - Terraço marinho Holocênico. Observam-se linhas paralelas com zonas de cristais (A) e cava (B) bem individualizadas. Região da praia de Barra de Serinhaém.

Apresentam altitudes que raramente excede a 4 m, entretanto, em algumas localidades ficam poucos centímetros da preamar atual. Os dados das análises granulométricas superficiais efetuadas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características granulométricas das amostras do Holoceno

Amostra	Latitude	Longitude	M_d	M_z	DP	K_G	SK_I	Classificação
H 1	9.040.939	272.110	2,045	1,768	0,585	0,452	-0,779	Areia Média
H 2	9.045.168	273.095	1,061	0,789	0,460	0,336	-0,717	Areia Grossa
H 3	9.047.502	274.810	0,183	0,456	0,455	0,338	0,736	Areia Grossa
H 4	9.050.385	275.583	0,181	0,455	0,591	0,459	0,385	Areia Grossa
H 5	9.056.150	279.183	2,050	1,777	0,461	0,334	-0,714	Areia Média
H 6	9.058.013	279.235	1,159	1,426	0,599	0,469	0,358	Areia Média
H 7	9.059.025	279.811	1,159	1,160	0,829	0,456	-0,003	Areia Média

LEGENDA - Mediana (M_d) - M.Aritimética (M_z) - Desvio Padrão (DP) - Assimétria (SK_I) - Curtose (K_G)

Os sedimentos que constituem esta feição são classificados como areias média a grossa, moderadamente a bem selecionadas, assimetria variando de muito negativa a muito positiva, platicúrticas.

A granulometria dessas areias, assim como sua seleção, sugere que o agente transportador sofreu variação na sua energia. A assimetria vem reforçar a possibilidade de oscilação da energia do ambiente, no entanto, os valores muito negativos ou positivos que algumas amostras apresentaram, demonstram que ocorreram períodos onde a energia cinética média do ambiente atingiu, respectivamente, valores acima ou abaixo do normal. A distribuição platicúrtica pode indicar mistura entre populações diferentes.

4.2.4 - Rochas de Praia

Um dos traços morfológicos mais característicos do litoral pernambucano é a presença de linhas de arenitos paralelas à costa, servindo de substrato para o desenvolvimento de corais e de algas calcárias.

Estes corpos rochosos, segundo SWIFT (1974), são geralmente cimentados por carbonato de cálcio que ocorrem apenas em regiões tropicais e subtropicais entre as latitudes de 35°N e 35°S.

O seu ambiente de formação vem sendo discutido por vários autores e os primeiras pesquisas, que serviram de base para futuros trabalhos, devem-se a DARWIN (1841) onde pela primeira vez é diferenciado dos “*recife coralíneos*” ao estudar ocorrências no litoral de Pernambuco, classificando-os como arenitos calcários.

BRANNER (1904), estudando ocorrências existentes desde o litoral do Ceará até Porto Seguro, no Estado da Bahia, referiu-se ao ambiente de formação destas rochas como sendo sedimentos de praia consolidados por carbonato de cálcio.

Mais recentemente, OLIVEIRA (1942), ANDRADE (1955), TRICART (1959) e OTTMANN (1960) adotaram a grafia “arrecifes”, reservando a denominação de “recife” para formações coralíneas. RUSSEL (1962) que divulgou a terminologia inglesa “*beach rocks*”, VAN ANDEL & LABOREL (1964), MABESOONE (1964), LABOREL (1965), FERREIRA (1969),

MORAIS (1970), BIGARELLA (1975), CAMPOS (1976), OLIVEIRA (1978), ASSIS (1990), DOMINGUES *et al.* (1990), CHAVES (1996), dedicaram estudos mais modernos sobre os recifes do Nordeste.

Outros trabalhos surgiram, dando ênfase a aspectos distintos dos anteriormente mencionados.

COUTINHO & FARIAS (1979), analisaram a natureza do cimento. Estudos realizados em recifes de arenitos do litoral de Pernambuco, os autores, observaram que os arenitos próximos ao continente(em via de formação) são mais ricos em Mg^{++} e com um grau de diagênese inferior. Os recifes das linhas mais distantes apresentam um percentual inferior de $Mg^{++}CO_3$, aproximadamente 3 mol% e tem um grau de diagênese mais forte. Com base na percentagem de $MgCO_3$ da rocha, é descartado que o agente cimentante seja o freático doce, mas sim a água do mar.

GINSBURG (1953) defende uma origem decorrente da água do mar e precipitação por evaporação capilar desta água nos interstícios da rocha. RUSSEL (1962) considera como principal agente cimentante a água doce subterrânea. EMERY & COX (1956) apud CAMPOS (1976) sugere uma solução resultante da mistura entre água do mar e água doce pobre em carbonato de cálcio. CLOUD (1952) apud CAMPOS (op.cit) defende a cimentação pela atividade bioquímica das algas verdes-azuis.

Os recifes ocorrem sob a forma de corpos lineares, descontínuos, dispostos em linhas aproximadamente paralelas entre si e a atual linha de costa. O número de linhas variam, mas geralmente são visíveis a baixa mar, duas ou três exposições, sendo a primeira quase sempre emersa e próximo à praia e as demais praticamente submersas ou parcialmente emersas.

Os recifes mais próximos à praia são geralmente mais friáveis, sendo que alguns desses bancos, aparentemente, estão se formando atualmente. Na plataforma interna existem evidências de linhas de recifes soterradas, ressaltados pelos registros sísmicos, bem como na planície costeira são encontrados recifes recobertos por depósitos arenosos identificados por sondagens.

O trabalho de LABOREL (1965), associa a presença dos dois tipos de recifes, os *beach rocks* e orgânicos à existência de feições morfológicas na costa. A linha de costa apresenta uma certa sinuosidade, com várias baías e/ou enseadas associadas a presença de recifes. Segundo modelo proposto por este autor, na parte norte da baía observa-se um recuo da costa para trás da

linha de recifes de arenito desprovidas de corais e ao contrário, na porção sul da enseada verifica-se uma progradação da linha de praia em direção as formações coralinas, enquanto os recifes de arenito ficam soterrados pelas areias de praias ou pelos corais.

Observações mostram que os recifes de arenito não apresentam a mesma composição mineralógica, refletindo normalmente a composição dos sedimentos das praias onde ocorrem.

A maior parte consiste de areia quartzosa cimentada com fragmentos orgânicos. Macroscopicamente, a rocha de praia é um arenito quartzoso com cimento calcário e, algumas vezes, um calcoarenito com quartzo. Estruturas sedimentares são identificadas, principalmente a laminação plano-paralela. A ocorrência de estratificação cruzada de baixo ângulo (12°) com mergulho em direção ao mar é constatada. Essas feições são sugestivas de um ambiente de formação típico de antepraia. Fraturas associadas a fenômeno de neotectônismo são encontradas e sua orientação predominante é NW-SE e/ou NE-SW.

Em geral os recifes apresentam uma granulometria de média a grossa, às vezes com elementos mais grossos no topo e alternância de níveis mais escuros com níveis mais ricos em Halimeda e fragmentos de conchas. Os grãos siliciclásticos são subangulosos a subarredondados, constituindo cerca de 70 a 80% da rocha, cimentados pelo carbonato de cálcio.

Embora exista uma consistente literatura sobre a ocorrência de arenitos de praia em diferentes regiões, ainda não se conhece perfeitamente o processo de cimentação. Do ponto de vista geológico, é um processo rápido e a litificação pode estar completa em menos de 10 a 15 anos, a julgar pelos objetos recentes encontrados nos recifes.

DELIBRIAS & LABOREL (1971), determinaram idade de 5900 ± 300 anos A.P. para os recifes da praia de Piedade, enquanto DOMINGUES *et al.* (1990) atribuem idades de 4830 ± 210 e 6200 ± 2500 anos A.P. para os arenitos das praias de Piedade e Boa Viagem, respectivamente, conferindo uma idade holocênica para os recifes de arenitos do litoral de Pernambuco.

A origem dos arenitos de praia está relacionada às flutuações do nível do mar, mais precisamente, à última transgressão e regressão subsequente. Geralmente, esses arenitos estão associados à planície costeira com baía, presença de uma laguna formada por restingas ou linhas de recifes e a foz de um rio funcionando como espigão hidráulico, influenciando a deposição.

Os arenitos de praia que ocorrem na área, concentram-se entre as Praias de Barra de Sirinhaém e das Cacimbas, pequenos trechos na praia de Porto das Galinhas, e ao sul junto a desembocadura do Rio Formoso e parte na Praia de Campos.

Ocorrem geralmente em forma de linhas paralelas à costa, no caso da ocorrência nas praias de Cacimbas e Toquinho formam quatro linhas paralelas entre si, chegando inclusive a atingir a praia. Apresentam algumas vezes forma descontínua, como é o caso observado na praia de Pau Alto, favorecendo o processo de erosão costeira como observado na Figura 20(4).

Estes arenitos apresentam-se normalmente submersos, aflorando apenas na baixa-mar, entretanto, alguns corpos exibem seus topos poucos centímetros acima do nível médio do mar, permanecendo expostos com muita frequência.

Baseado nas observações de campo e de dados obtidos através da carta topográfica da SUDENE, folha SC.25-V-A-V-2-NE, são fornecidos abaixo (Tabela 3), em forma de quadro, algumas características físicas dos recifes de arenitos.

Tabela 3 - Características Físicas dos Recifes de Arenito

Unidade	Comprimento (m)	Distancia da Costa (m)	Direção Geral	Local da Costa
01	3.000	0-500	N10E	Toquinho - Pau Alto
02	1.000	125-275	N40E	Toco Grande
03	1.375	550	N30E	Toco Grande
04	7.000	750	N28E	Sirinhaém - Cacimbas

Os recifes de arenitos da unidade 1, apresentam três alinhamentos, N15⁰E, N30⁰E e NS com inflexões nas proximidades da Praia de Toquinho e Pau Alto respectivamente, sendo que este último atinge a linha de costa, entre as praias de Pau Alto e Toco Grande, continuando em subsuperfície recoberto pelas areias Holocênicas da área que pode ser verificada na Figura 23(4). Esta ocorrência é confirmada por dados de pequenas sondagens a trado efetuadas com a finalidade de captação de água subterrânea.



Figura 23(4) - Vista aérea de uma erosão de praia provocada pela ação das ondas, em área onde se constata uma descontinuidade (quebra) no recife de arenito. Toco Grande – PE.



Figura 24(4) - Recife de arenito atingindo obliquamente a praia e recoberto por areias praiais e holocênicas da área. Região de Serrambi.

A unidade 4, a maior em comprimento da área mapeada, apresenta dois alinhamentos predominantes $N15^{\circ}E$ e $N40^{\circ}E$, cujo ponto de inflexão situa-se nas proximidades da Praia de Pau Alto.

Nestas Rochas de praia, observam-se estratificações cruzadas planares e acanaladas de baixo ângulo, aproximadamente 11° , com mergulho para o mar. Na sua porção superior é comum a presença de estruturas erosivas causadas pela abrasão gerando feições como marmitas (Figura 24(4)).

Além dessas estruturas são visíveis também fraturas longitudinais e transversais, que cortam todo o corpo e estão registradas na Figura 27(4), além de níveis estreitos contendo minerais pesados



Figura 25(4) - Recife de arenito com estruturas erosivas do tipo "marmitas" (A) e fraturas longitudinais e transversais (B). Praia de Toco grande – PE.

As unidades do setor 2 formam corpos lineares, descontínuos e ocorrem na desembocadura do Rio Formoso e paralelamente a praia de Campos, Sul da área mapeada.

Algumas características físicas destes recifes de arenitos são mostradas na Tabela 4, baseadas em observações tiradas do mapa topográfico da SUDENE, citado anteriormente.

Tabela 4 - Características físicas dos recifes de arenito

Unidade	Comprimento (m)	Distância da Costa (m)	Direção Geral	Largura (m)	Local da Costa
01	2.125		N23 ⁰ E	30-40	Foz Rio Formoso
02	650	75	N23 ⁰ E	5-10	Praia de Campos

A unidade 01 está em contato direto com a zona de praia e na extremidade sul da desembocadura do Rio Formoso. Apresenta-se retilíneo com algumas interrupções. Dois tipos de estratificações são observadas, a plano paralela e a cruzada, do tipo planar e acanalada, com mergulhos que variam de 15⁰ a 20⁰, no sentido do mar. São marcados por extensas zonas de fraturas verticais, dispostas ao longo de duas direções principais preferenciais, NE-SW e SE-NW observadas na Figura 26(4). No topo destes arenitos são identificadas feições erosivas resultantes da ação marinha ou da atividade de organismos, tais como os ouriços.



Figura 26(4) - Recifes de arenito na desembocadura do Rio Formoso. Fonte: CPRH, (2008).

A unidade 02, localizada nas proximidades da Praia de Campos, extremo sul da área mapeada, é de pequeno porte e apresenta as mesmas características com relação a estratificação, direções preferenciais de fraturamento e a presença de feições erosivas resultante da erosão marinha e da atividade de organismos.

De uma maneira geral, os setores aqui descritos, apresentam uma granulação que varia de média a grossa, sendo possível observar níveis mais grossos no topo, grãos arredondados a sub-arredondados.

O arcaboço da rocha é formado por siliciclásticos e bioclásticos que perfazem 90% do volume total, ficando os 10% restante por conta do cimento carbonático.

Entre os siliciclásticos o quartzo representa o mineral mais abundante, os feldspatos, principalmente a microclina, somam 3% aproximadamente. Entre os acessórios são identificados muscovita, anfibólio e minerais opacos, não se desprezando a ocorrência de fragmentos de rocha.

Os bioclásticos são representados por fragmentos de algas, artículos de Halimeda, fragmentos de Gastrópodes, Foraminíferos, Corais e espinhos de equinóides.

Com relação à espessura destas Rochas de praia, não temos na região maiores informações, apenas como referência podemos citar uma espessura de aproximadamente 4m, obtida em um furo de sondagem realizado no Porto de Suape a Norte da área de estudo.

Segundo CHAVES (1996), estes recifes de arenitos tem as seguintes características: a) - São compostos por areias quartzosas cimentadas por calcita microesparítica ; b) - A direção predominante de estratificação cruzada indica que a corrente costeira, no período de formação, era noroeste para sudeste ; c) - De acordo com a textura do cimento dois tipos de ambientes diagenéticos foram identificados: freático marinho e marinho com mistura de água doce ; d) - Dados isotópicos sugerem a existência de dois tipos de ambientes para a formação do cimento: diagênese mais alta, assinatura isotópica característica de ambiente marinho e diagênese fraca ou friáveis, assinatura isotópica típica de ambiente de água doce subterrânea atuando como água intersticial. Considerou-se, neste caso, que o nível do lençol freático teria, provavelmente, interceptado o nível do mar próximo à superfície, favorecendo, desta forma, a precipitação do CaCO_3 como cimento. A presença da água subterrânea pode ser fator de eliminação do efeito de inibição que impede a cristalização da calcita em água do mar pura provocado pela presença de Mg^{++} .

4.2.5 - Recifes de corais e algas coralinas

O mais completo trabalho sobre corais da costa de Pernambuco deve-se a LABOREL (1967). Os Recifes de Corais e de Algas Coralinas da costa pernambucana formam corpos calcários, de idade holocênica, geralmente alongados, descontínuos (a exemplo do que ocorre com os recifes de arenito) e com eixo maior paralelo à atual linha de costa.

MORAIS (1928) observou na costa sul de Pernambuco, a ocorrência desses corpos soto e sobrepostos aos recifes de arenito ("*beach rocks*"), que julgou serem contemporâneos aos de corais.

LABOREL (1965) comprovou ser pequeno o número total de espécies coralinas encontradas no Brasil (foram identificadas e descritas 18 espécies). Deste total, 9 espécies foram encontradas na costa pernambucana nas partes mais altas destes recifes quando expostos subaereamente durante a regressão que sucedeu a Última Transgressão (LEÃO *et al.* 1985).

A localização e a morfologia geral desses corpos recifais sugerem uma estreita relação com os bancos de arenito que lhes estão associados (DOMINGUEZ *et al.* 1990).

Estes corpos apresentam-se como uma linha recifal composta, orientada por linhas sucessivas, de corpos alongados, com embasamento de arenito, interrompidas nas vizinhanças das desembocaduras dos rios, ou barras, tendo seu eixo principal deslocado nestas áreas.

Datações efetuadas nos corais da costa de Pernambuco por DELIBRIAS & LABOREL (1971) apresentam idades de 1830 +/- 110 e 3100 +/- 120 anos A.P., enquanto DOMINGUES *et al.* (1990) datou uma amostra de coral do litoral pernambucano com idade de 5170 +/- 230 anos A.P.

Na área mapeada ocorrem principalmente na Ponta de Serrambí, praias de Porto das Galinhas, Enseadinha, Maracaípe, Carneiros e Ponta da Gamela. De uma maneira geral formam corpos de morfologia irregular, geralmente alongados, estando seu eixo maior paralelo as linhas de recifes de arenitos, com direção geral NE-SW, os quais estão intimamente relacionados. A grande maioria destes corpos estão submersos e raras vezes em época de marés de quadratura, são expostos parcialmente. Esta fauna é representada principalmente por *Siderastrea stellata* (Figura 27(4)), *Agaricia agaricites* (Figura 28(4)), *Mussismilia hispida* (Figura 31(4)) e *Montastrea cavernosa* (Figura 32(4)).

A maior expressão de recife algálico (*Lithothamnium*) na área, apresenta eixo maior com aproximadamente 4.5km, ocorrendo no trecho da plataforma interna entre as praias de Serrambí e Maracaípe. Nesta área, análise de raio X revelaram uma composição de calcita com alto teor de Mg, característica desse tipo de organismo.



Figura 27(4) - Macro foto subaquática de corais *Siderastrea stellata*. Porto de Galinhas - PE. Fonte: ELGA MAIAL, (2004).



Figura 28(4)- Macro foto subaquática de corais *Agaricia agaricites*. Encontrada em todo litoral. Fonte: ELGA MAIAL, (2004).



Figura 29(4) - Macro foto subaquática de corais *Mussismilia hispida*. Presente em toda área de estudo. Fonte: ELGA MAIAL, (2004).



Figura 30(4)- Macro foto subaquática de corais *Montastraea cavernosa*. Presente em toda área de estudo. Fonte: ELGA MAIAL, (2004).

4.2.6 - Sedimentos de Praia

Formam a estreita faixa da atual zona de praia, que por sua vez representa a porção mais distal da planície costeira. Estes sedimentos encontram-se depositados entre a linha de baixa-mar e os terraços holocênicos ou pleistocênicos, e são constituídos em sua maioria por areias quartzosas de granulação que variam de granulação muito fina a cascalho.

Representam uma área permanentemente submetida a ação combinada das ondas, correntes de deriva litorânea, marés e ventos.

4.3. Evolução Paleogeográfica

Segundo DOMINGUEZ *et al.* (1990), a história evolutiva da sedimentação quaternária na costa do Estado de Pernambuco segue o mesmo modelo evolutivo de sedimentação quaternária proposto, inicialmente, para a costa de São Paulo e Rio de Janeiro por SUGUIO & MARTIN (1978), e posteriormente para a costa da Bahia (MARTIN *et al.* 1980), de Sergipe (BITTENCOURT *et al.* 1983^a) e Alagoas (BARBOSA *et al.* 1986a e b).

Com base neste modelo e por meio do mapeamento litoestratigráfico do Quaternário costeiro do Estado de Pernambuco, inclusive com a realização de 18 datações pelo método do carbono-14 em amostras de diferentes testemunhos de níveis marinhos elevados durante o Quaternário, tais como vermetídeos, corais, algas calcárias e conchas coletadas em bancos de arenitos e sedimentos lagunares, DOMINGUEZ *et al.* (1990) identificaram na costa de Pernambuco testemunhos de dois níveis marinhos elevados: o primeiro pleistocênico, associado à transgressão denominada por BITTENCOURT *et al.* (1979) de Penúltima Transgressão, cujo máximo, de 8 a 10m acima do nível médio do mar, foi alcançado a cerca de 120.000 anos A.P. O segundo, holocênico, relacionado com a transgressão denominada por BITTENCOURT *et al.* (1979) de Última Transgressão, que alcançou um máximo em torno de 5m acima do nível médio do mar por volta de 5.100 anos A.P.

A partir dos trabalhos de DOMINGUEZ *et al* (1990) e de MARTIN *et al.* (1993), alguns autores utilizaram este modelo de evolução das planícies litorâneas brasileiras e adaptaram a setores da faixa costeira do Estado de Pernambuco, levando-se em conta as peculiaridades dos diversos segmentos. Dessa maneira, NEUMANN(1991) elaborou a denominada Evolução Paleogeográfica Quaternária da Área de Suape, compreendendo oito estágios evolutivos. Posteriormente, MANSO (1997) adaptou o modelo à planície costeira sul, no trechocompreendido entre Porto de Galinhas e Rio Formoso, que corresponde à área de estudo do presente trabalho, onde foram definidos os seguintes estágios evolutivos, representando os eventos mais significativos para evolução paleográfica da área, na Figura 33(4) envolvendo os estágios que variam de I a IV e Figura 32(4) que envolve os estágios V a VIII.

ESTÁGIO I: Pré-Plioceno/Plioceno – Morfologia pré-terciária formada litologicamente por rochas do embasamento cristalino e por sedimentos cretácicos das Formações Cabo e Estivas, além das intrusões vulcânicas da Formação Ipojuca; deposição da Formação Barreiras, especialmente na porção ao sul do sistema de falhamento do Rio Formoso, sob o regime de um clima semi-árido sujeito a chuvas esporádicas e violentas.

ESTÁGIO II: Máximo da Antepenúltima Transgressão – Modificação do clima que torna-se úmido, ocasionando a interrupção da deposição dos sedimentos das colinas das Formações Cretácicas e Barreiras. A transgressão mais antiga atinge o máximo, erodindo intensamente a porção externa dessas colinas, resultando numa linha de falésias, hoje mortas.

ESTÁGIO III: Regressão Subsequente à Antepenúltima Transgressão - Ocorre uma regressão marinha, com o clima passando para semi-árido na planície costeira, propiciando a sedimentação de depósitos continentais sob a forma de leques aluviais.

ESTÁGIO IV: 120.000 anos A.P. / Máximo da Penúltima Transgressão – O mar erodiu parcial ou totalmente os leques aluviais depositados no estágio anterior. Ocorre o afogamento do baixo cursos dos vales fluviais, contribuindo para a formação de estuários e lagunas.

ESTÁGIO V: Regressão Subsequente à Penúltima Transgressão – A regressão marinha ocasionou a construção dos Terraços Marinhos Pleistocênicos, resultando na progradação da planície costeira pelo sucessivo crescimento de cristas praias que formaram planícies semelhantes às atuais.

ESTÁGIO VI: 5.100 anos A.P. / Máximo da Última Transgressão – A subida do nível do mar levou ao afogamento da planície costeira pleistocênica, com a formação de ilhas-barreiras, transformando a foz dos rios em estuários. A rede de drenagem instalada sobre os terraços pleistocênicos erodiu total ou parcialmente esses depósitos.

ESTÁGIO VII: Regressão Subsequente à Última Transgressão – A regressão marinha levou à construção dos Terraços Marinhos Holocênicos, encontrados ao longo de toda a planície, acompanhando paralelamente a linha de costa atual, além de propiciar a transformação de lagoas em lagoas e estas em pântanos.

ESTÁGIO VIII: Planície Costeira Atual – As areias da plataforma continental interna são transferidas ao sistema de deriva litorânea, sendo posteriormente acumuladas em alguns locais ao longo da costa, tais como: desembocaduras de rios, recifes ou reentrâncias na linha de costa. Atualmente são verificadas algumas alterações decorrentes de processos naturais, como a instalação de vegetação de mangues sobre ilhas arenosas, na desembocadura de rios, formação de pequenas dunas sobre os terraços holocênicos, erosão praial, além de alterações decorrentes da interferência antrópica.

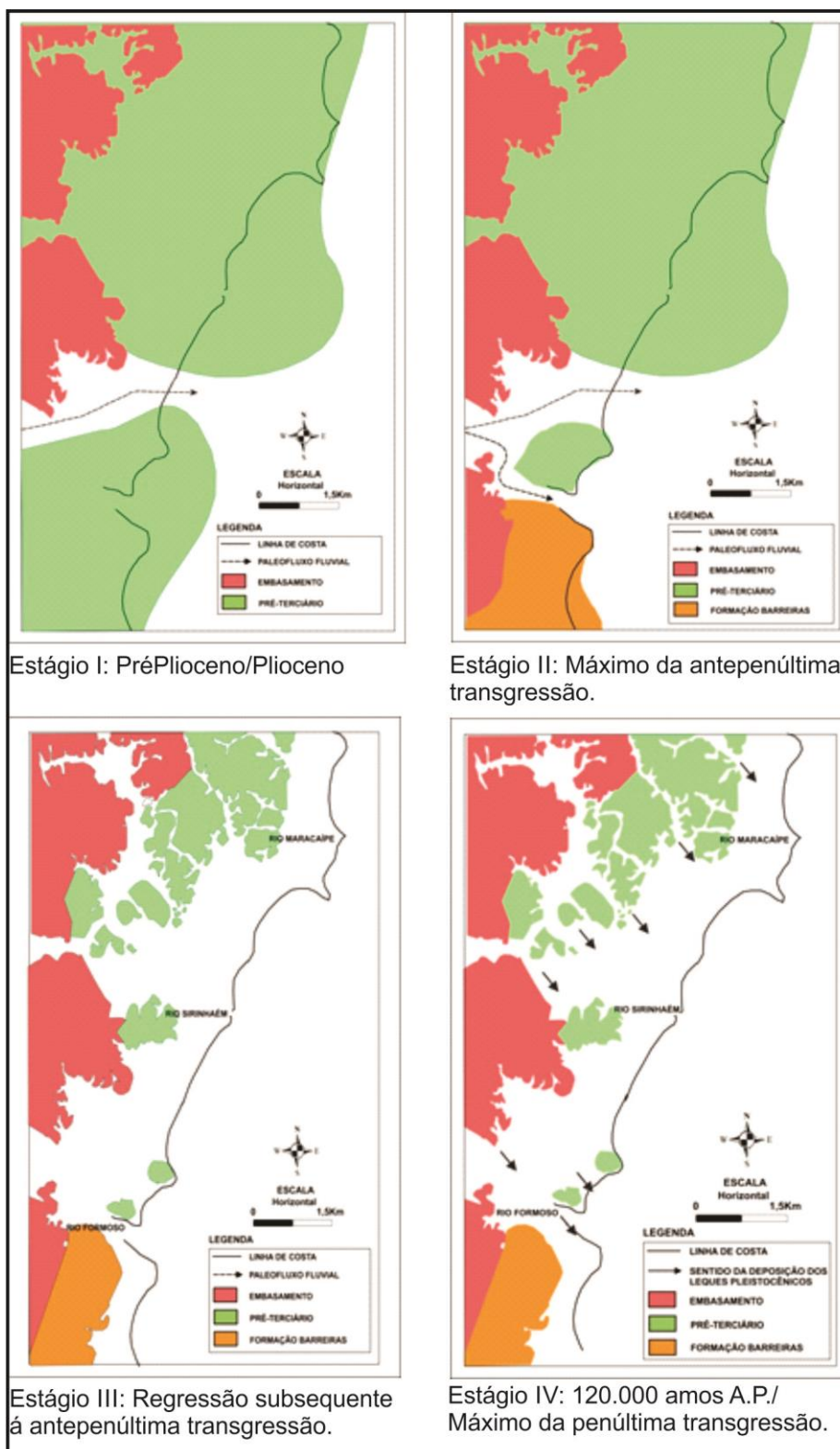


Figura 31(4) - Estágio I à IV: Pré-Plioceno à máxima da Penúltima Transgressão.

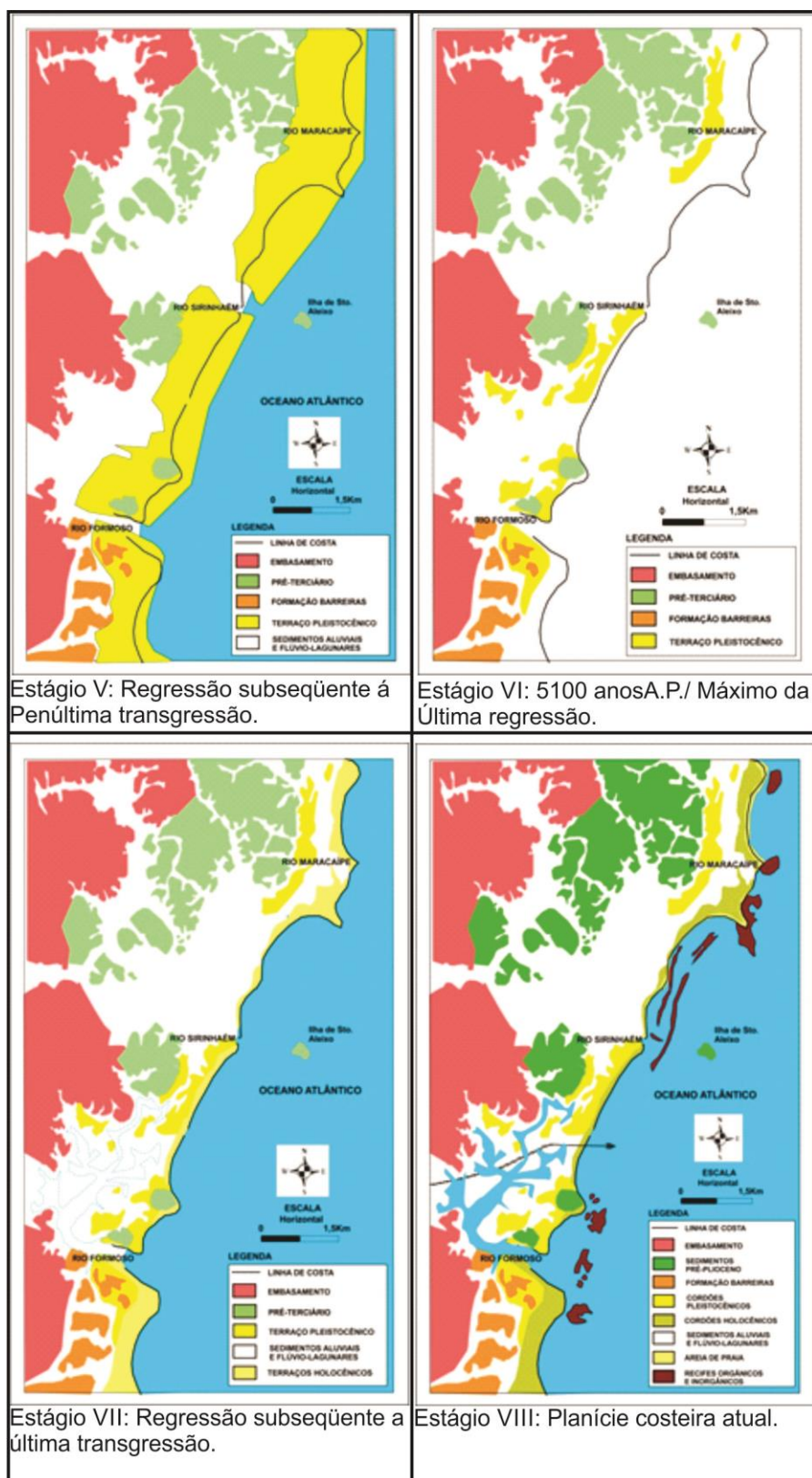


Figura 32(4) - Estágio de V à VIII: Regressão subsequente a penúltima transgressão à Planície Costeira atual.

CAPÍTULO V – MATERIAIS E MÉTODOS

O método científico é um instrumento norteador através do qual se estabelecem procedimentos (técnicas) e direções para a pesquisa. Neste trabalho aplicaram-se métodos que auxiliaram na caracterização dos processos hidrodinâmicos e no estabelecimento de uma zona não edificante para a área de estudo.

As atividades realizadas durante o desenvolvimento desta tese foram estruturadas em etapas, e ocorreram muitas vezes de forma simultânea, com adoção de metodologias multidisciplinares. Essas metodologias, bem como as atividades estão descritas neste capítulo.

Para determinar a influência da hidrodinâmica das ondas foi realizado um estudo comparativo entre os dados do ondógrafo (Waverider MKIII) do Projeto Bóia da UFPE, e os dados de medidas de onda obtidos pelo Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, durante o período de 2008 a 2011, com o intuito de obter um conjunto de dados que embasem o cálculo da área não edificante.

Outro procedimento utilizado na pesquisa diz respeito à determinação da linha de preamar máxima atual, onde foi considerado o deslocamento e monitoramento de feições morfológicas da praia (berma, linha de vegetação, muros e rampas) através do seguinte procedimento:

- Rastreio da linha de preamar através de receptores GPS
- Processamento de dados
- Emissão de relatório dos pontos ajustados
- Confecção de mapa

Para o posicionamento da linha de preamar máxima foi empregado o método relativo estático rápido, que utiliza o mesmo princípio que o do posicionamento relativo. No posicionamento relativo o usuário deve dispor de dois ou mais receptores, no caso onde as coordenadas são determinadas com relação a um referencial materializado por um ou mais vértices com coordenadas conhecidas. A diferença fundamental diz respeito ao período de ocupação da estação de interesse. Nesse caso, as ocupações não excedem 20 minutos, ao passo que no posicionamento relativo estático as ocupações podem durar várias horas.

Para este trabalho foram utilizados três receptores GPS L1/L2 HIPER da TOPCON, sendo um receptor na Base em Barreiros como se pode verificar na Figura 34(5), georreferenciada ao SGB, e os demais (2 receptores) no campo como Rover apresentado na Figura 35(5). Utilizou-se o posicionamento relativo estático rápido, onde se permaneceu cerca de 5 minutos, para a coleta de dados.



Figura 34(5)- Base de referência de Barreiros.



Figura 35(5) - Receptor de campo atuando como Rover.

O processamento e o ajustamento dos dados foram executados através do software GNSS Solution. Todas as coordenadas determinadas tiveram como referencial planimétrico o Elipsóide de Referência de 1967, e foram representadas no sistema de projeção UTM – Universal Transversa de Mercator.

Após a determinação das Coordenadas em UTM e ajustadas a Base de referência e Altitude Geométrica (h), utilizaram-se os programas TCGeo e MAPGEO2004, ambos baixados gratuitamente através do site do IBGE. O TCGEO foi utilizado para a determinação das Latitudes e Longitudes (Grau, minuto e Segundo e em Grau Decimal), além da transformação entre os Sistemas SAD69 e WGS84.

A determinação da profundidade de fechamento foi realizada a partir da equação empírica de Hellermeier (1981): $d_1 = 2H_s + 11\sigma$, onde:

d_1 = Profundidade de fechamento do perfil (limite litorâneo da área), aproximadamente a metade da profundidade distal da antepraia. Calculada a partir de 1 ano de observações de altura de onda (é a profundidade limite do movimento dos sedimentos no fundo marinho, por ação das ondas).

H_s = Altura média anual das ondas significativas

σ = Desvio padrão anual médio das ondas significativas

Essa equação foi utilizada por ser adequada para praias de fundo arenoso.

O estabelecimento de zona não edificante, para praias arenosas, foi realizado utilizando a equação matemática $R = \frac{SLG}{H}$, Lei de Bruun(1962), onde :

R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m) ;

S = elevação do nível do mar (m)

L = largura do perfil ativo (L (m)) final, obtida medindo-se a distância entre a elevação máxima do perfil ativo (altitude da linha de costa) e a profundidade de fechamento (d_l) anual de Birkemeier (1985) – *Medida no mapa batimétrico (item 4.6)*.

H = altura do perfil ativo (m) - somatório da feição emersa ativa na área (duna frontal) com a profundidade de fechamento calculada. ($h + d_1$)

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo.

Outro procedimento realizado foi a batimetria da área. Nesse caso, foi utilizado para a sondagem um chartplotter modelo GPSMAP 520s da GARMIN, com receptor diferencial de 12 canais paralelos e taxa de atualização contínua de 1/segundo. Equipamento composto por uma sonda com transdutor de dupla frequência (50/200 kHz), amplitude de feixe entre 10 e 40 graus e profundidade máxima de operação de 457 metros, além de um sensor de temperatura da água. Foi utilizado também um GPS 72H da GARMIN que pode ser visualizado na Figura 36(5) para auxílio na execução dos perfis.

O chartplotter foi calibrado no local do levantamento, e configurado para os dados de posição no Sistema Universal Transverso de Mercator - UTM com datum World Geodetic System de 1984 – WGS 84.



Figura 36(5) - Ecobatímetro utilizado no trabalho.

Para a coleta de sedimentos foi utilizado um amostrador pontual tipo “Van Veen” ilustrado na Figura 37(5), foram coletadas aproximadamente 290 amostras sedimentológicas ao longo da área (Figura 40(5)), com equidistância de 0,5km entre uma amostra e outra, até a isóbota de -20 metros ao longo das 26 linhas batimétricas transversais à costa.



Figura 37(5) - Amostrador tipo Van Veen.

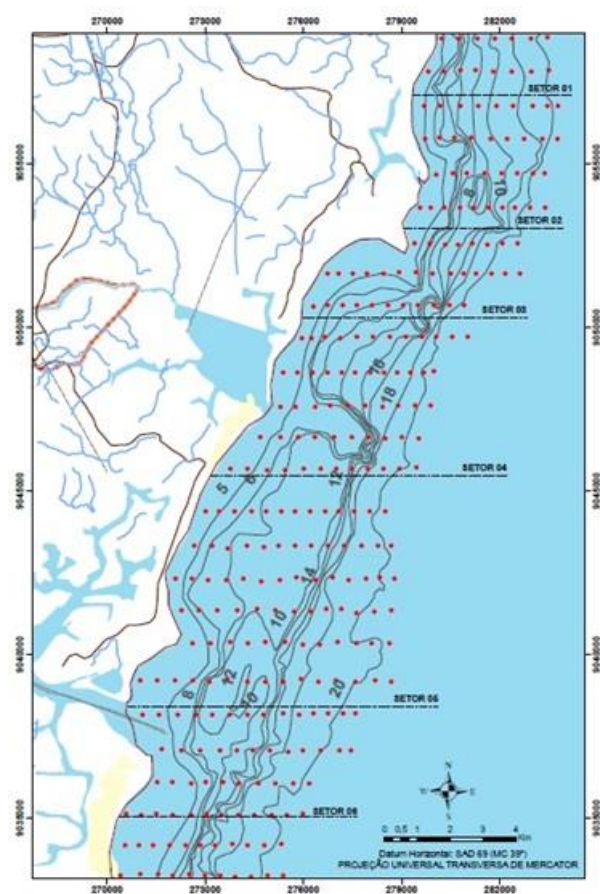


Figura 38(5) - Distribuição dos pontos das amostras sedimentológicas.

Após a coleta as amostras foram submetidas a etapas laboratoriais, citadas abaixo, para a realização da análise granulométrica:

- a) Secagem da amostra a temperatura de 60 °C em estufa.
- b) Quarteamento da amostra para a extração de 100 gramas do total da amostra.
- c) Com as 100g é realizado o peneiramento úmido que consiste na separação das frações maiores que 2,000mm (cascalho), frações entre <2,000mm e >0,062mm (areia) e frações menores de 0,062mm (silte e argila).
- d) Após a separação pelo peneiramento úmido essas frações são secas em estufa a 60 °C.
- e) Após a secagem na Estufa, a fração areia é submetida ao peneiramento seco com a finalidade de separar as seguintes frações: 1,000 mm, 0,500 mm, 0,250 mm, 0,125 mm e 0,062 mm nas máquinas apresentadas na Figura 39(5).



A B

Figura 39(5)- A. Estufa para secagem; B. Peneiramento seco. Laboratório LGGM-CTG-UFPE.

f) Em seguida todas as frações, isto é, >2,000 mm, 1,000 mm, 0,500 mm, 0,250 mm, 0,125 mm e 0,062 mm são pesadas.

g) Com os resultados da pesagem das frações e utilizando software ANASED, os dados foram sistematizados para posteriormente confeccionar os mapas temáticos (Fácies Texturais e Diâmetro Médio).

5.1 Etapas de Operacionalização

As atividades iniciais dizem respeito ao levantamento do acervo bibliográfico que contemplou o tema, as metodologias já empregadas e a área em estudo, e teve o objetivo de sustentar teoricamente o desenvolvimento da pesquisa, bem como subsidiar as atividades práticas. Esse levantamento se estendeu durante todo o período da pesquisa.

Os trabalhos de campo foram realizados ao longo da pesquisa e tiveram como principal objetivo a obtenção de dados que auxiliassem no trabalho de caracterização dos processos hidrodinâmicos e no estabelecimento da área não edificante.

A batimetria objetivou apontar com precisão, a configuração superficial, do fundo marinho da plataforma continental interna. O levantamento batimétrico foi realizado em toda área de estudo, assim foram efetuados 26 linhas batimétricas perpendiculares à linha de costa, podendo ser visualizadas na Figura (7).

A imagem de satélite utilizada para determinação da zona não edificante foi adquirida por meio do programa Google *plus*, no sistema UTM (*Universal Transversal Mercator*) e Datum SAD-69 (*South American Datum - SAD-69*), que embasou a confecção da base cartográfica e em seguida georeferenciada. O levantamento fotográfico foi realizado durante todo o período da pesquisa.

Os estudos realizados em laboratório permitiram a análise das amostras coletadas, resultando em um banco de dados que posteriormente foi utilizado em gabinete gerando mapas temáticos.

O trabalho em gabinete tratou os dados colhidos pela batimetria e os dados adquiridos em campo, que foram descarregados em computador, corrigidos (altura de maré) e referenciados ao zero hidrográfico do Porto de Suape, gerando planilhas, coordenadas e profundidades, a qual foi plotada em meio digital e posteriormente gerado as isolinhas. Ainda em gabinete dados obtidos em campo e em laboratório foram tabulados, onde os principais produtos gerados foram; mapas temáticos, gráficos, tabelas, entre outros.

CAPÍTULO VI - ZONA COSTEIRA

6.1. Introdução

A zona costeira é um ambiente dinâmico, complexo e caracterizado pela interação do ar, do mar e da terra, compreende os recursos renováveis e não renováveis e envolve uma faixa marítima e outra terrestre. Esta região está sujeita a diversos tipos de processos erosionais que podem ocorrer naturalmente ou culminados devido a atividade antrópica desordenada.

6.2. Características Geomorfológicas

As praias de uma maneira geral, apresentam um perfil transversal com uma feição mais ou menos côncava. Sua inclinação basicamente, varia em função da granulometria dos sedimentos que as constituem, assim como, das características do clima de onda incidente. Destaca-se o ângulo de incidência da onda, o qual atua de maneira significativa no modelamento da zona costeira, uma vez que as suas variações determinam o sentido da corrente de deriva litorânea e conseqüentemente o transporte sedimentar longitudinal. Estas variações do ângulo de incidência são controladas pelas direções ou alinhamentos que as áreas costeiras assumem, em função das suas características geológicas-geomorfológicas e são muito significativas ao longo da costa.

As praias oceânicas atuais da área em estudo, formam uma faixa contínua de aproximadamente 27km de extensão, que só é interrompida pelas desembocaduras dos rios; Maracaípe, Sirinhaém e Formoso. Pequenos cursos d'água com características intermitentes, denominadas nessa região de “Maceió”, dão escoamento as águas pluviais coletadas nos pequenos vales instalados na planície costeira adjacente.

As feições geomorfológicas mais expressivas na área, são representadas pelos pontais de Porto de Galinhas, Maracaípe, Gamela, Serrambí e Manguinhos. Todos esses pontais, são na realidade, saliências resultantes da acumulação de sedimentos, em trânsito na deriva litorânea, em função de presença de Recife de Corais e Algas Coralinas na plataforma interna da área.

Outra feição morfológica constatada é a flecha litorânea da região de Manguinhos, aqui denominada de “Flecha de Manguinhos”. Esta estrutura geomorfológica caracteriza um litoral com trânsito sedimentar litorâneo, em tempos pretéritos com acumulação de sedimentos.

A zona costeira, com uma morfologia bastante movimentada, apresenta em toda sua extensão uma série de pequenas baías, limitadas geralmente pelos pontais acima referidos, com características morfológicas, sedimentológicas e hidrodinâmicas próprias, os quais foram subdivididos em setores.

6.3. Processo erosivo atual

A costa de Pernambuco caracteriza-se por um caráter transgressivo, com grande desenvolvimento de estuários e manguezais e plataforma continental estreita, coberta por sedimentos carbonáticos e com expressivo desenvolvimento de recifes. Tal configuração, aliada à ausência de dunas e ao fraco fornecimento de sedimentos pelos rios, confere a esta costa uma grande vulnerabilidade. Estas considerações, ora agravadas por intervenções antrópicas, são responsáveis pelos graves problemas relacionados com a erosão marinha que atingem grande parte das praias do Estado (PEDROSA, 2007). É importante ressaltar que o litoral pernambucano tem apenas 187 km.

Os primeiros registros sobre o problema de erosão no litoral de Pernambuco, estão relacionados com a construção e ampliação do Porto do Recife, que modificaram as correntes litorâneas que atingem o município de Olinda (MANSO, 1995).

Posteriormente, os aterros de mangues, verificados na foz do rio Beberibe (divisa dos municípios de Recife e Olinda), contribuíram para acelerar o processo erosivo já instalado na Praia dos Milagres. Em 1953, foram encomendados estudos ao Laboratoire Dauphinois d’Hydraulique Neyrpic (Grenoble, França), que recomendaram a construção de 2 quebra-mares semi-submersos e 3 espigões curtos, que foram construídos nas praias dos Milagres, Carmo e Farol.

Atualmente, o litoral pernambucano sofre, em graus diferenciados, o processo erosivo. Entre as causas que contribuem para o crescente aumento de erosão, a interferência antrópica é a mais atuante, na medida que acelera o referido processo não dando chance para que as variáveis naturais encontrem o seu equilíbrio, porém não é a única.

6.3.1 - Causas Naturais da Erosão

Os estudos mareográficos, em escala global, têm mostrado que o nível relativo do mar atualmente apresenta uma tendência à elevação lenta, da ordem de 0.2 a 0.3mm/ano. Uma visão pessimista aponta uma tendência de aumento de 0,8mm/ano (IPCC, 2013).

Foi constatado que uma elevação do nível do mar pode interferir no estado de equilíbrio das praias, através da perda de sedimento e recuo das mesmas.

O perfil da praia migra em direção à terra, devido à erosão do estirâncio superior ou da pós-praia e o material vai se acumular na face litorânea.

Uma nítida diminuição da quantidade de sedimento (areia) sobre a costa e uma lenta elevação do nível do mar, são causas que ao ocorrerem isoladamente, não têm capacidade suficiente para explicar a erosão generalizada sofrida atualmente pelas praias.

Mas agindo conjuntamente, elas podem criar condições desfavoráveis que ameaçam a estabilidade, permitindo um recuo das praias, muitas vezes acelerado pelos efeitos das intervenções humanas.

Do ponto de vista geológico, o Nordeste do Brasil teve um pequeno aporte de sedimento continental.

Observando o mapa da Figura 42(6) vemos o grande aporte de material proveniente das bacias intracratônicas do Amazonas e do Paraná, alimentando o extremo norte e sul do país. Na área do NE pequenas bacias cenozoica como a Bacia Potiguar no RN e a Bacia do Recôncavo e Cumarú – BA/SE, contribuem com pequenas quantidades de sedimento para o litoral.

Esta situação geológica caracteriza a área do nordeste como sendo “pobre” em sedimentos para serem distribuídos pela deriva litorânea (DOMINGUEZ, 2007).

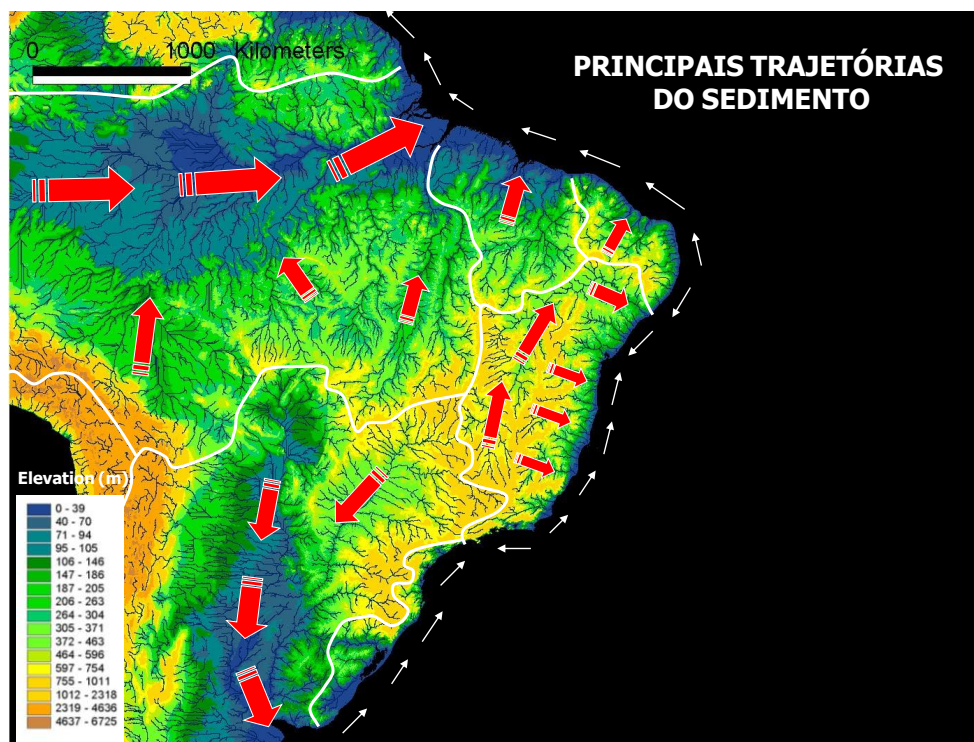


Figura 42(6) - Principais trajetórias do sedimento para a Plataforma Continental (DOMINGUEZ, 2007).

6.3.2 - Causas Antrópicas da Erosão

Os trabalhos realizados nos rios geralmente reduzem consideravelmente seu papel de principal fornecedor de material sólido à costa. Neste sentido as barragens, através do efeito de represamento (“dam effect”) representam armadilhas eficazes na retenção de sedimentos.

A exploração indiscriminada de areia das dunas, pós-praia e antepraia, para construção civil e aterros, agrava seriamente o déficit de sedimentos nas praias e acelera o seu processo erosivo.

Trabalhos portuários no litoral, como aqueles decorrentes da construção ou ampliação do Porto de Recife, afeta a corrente de deriva litorânea e o transporte do material, modificando a evolução da linha de praia estando evidente na Figura 43(6).



Figura 43(6) - Porto de Recife. Fonte: <http://maps.google.com>.

Processos de assoreamento ocorrem contra o molhe que freia a corrente costeira, enquanto que nos setores situados a sua jusante ocorre erosão e recuo de linha de costa, como está ocorrendo na área de influência do Porto de Suape.

Grande concentração de obras civis no domínio litorâneo, tais como edifícios, passeios, estradas, diques, entre outros, sobre as dunas frontais e a pós-praia, além de agredir a paisagem, contribuem para aumentar o déficit de sedimentos e, conseqüentemente, causar a erosão das praias. Na Figura 44(6) é possível observar a localização dos recifes, obras de contenção e a construção bastante agressiva resultante da atividade antrópica



Figura 44(6) - Praia de Boa Viagem - Recife/PE. Fonte: <http://maps.google.com>.

Por outro lado, ao reduzir a largura do estirâncio o poder dissipador das ondas diminui, causando erosão mais intensa das praias. Deste modo, torna-se necessário proteger do ataque do mar, as construções imprudentemente implantadas muito próximas da linha de praia.

6.4. Obras Costeiras

Obras para defesa do litoral são amplamente utilizadas em todo o mundo. Na França, por exemplo, para um litoral de 4.471 Km, existem cerca de 97m de comprimento de obras por quilômetro. No Japão, para 31.000 Km de costa, encontram-se mais de 8.000km de muros de proteção, cerca de 1.500 quebra-mares e mais de 10.000 espigões, além das estruturas de proteção associadas aos mais de 4.000 portos do país (PASKOFF, 1985).

O processo erosivo intenso observado no litoral brasileiro, prioritariamente ocorre em áreas com níveis elevados de urbanização e está associado diretamente, com as atividades antropogênicas desenvolvidas nestas áreas.

A interferência humana, de várias formas, no caso particular do litoral do município de Paulista, é o principal fator responsável pelo desequilíbrio da dinâmica sedimentar e consequentemente do incremento da erosão costeira.

A defesa das praias é uma atividade onerosa e complexa, exige interferências amplas, mas com medidas de proteção parciais e inadequadas, na maioria das vezes, o processo erosivo é acelerado.

Um planejamento eficiente, estético e principalmente econômico, objetivando solucionar ou minimizar os efeitos decorrentes da erosão, deve considerar todas as variáveis naturais e antrópicas que intervêm no processo e ser implantado fundamentalmente em todo segmento costeiro em recuo, para que os objetivos estabelecidos sejam amplamente atingidos (TOLDO, 1997). A seguir serão descritos, resumidamente, os tipos de obras mais comumente usadas, suas características, vantagens e desvantagens (TOLDO, 2004).

6.4.1 - Espigões

São obras dispostas perpendicularmente à linha de costa, normalmente ultrapassando a zona de arrebatção, com o objetivo de reter o sedimento transportado pela corrente da deriva litorânea.

Esse tipo de intervenção é recomendado para praias que apresentam grande volume de transporte litorâneo. Nesses casos eles podem estabilizar trechos de praia que passam a apresentar um aspecto segmentado.

A grande desvantagem deste tipo de intervenção é provocar um agravamento da situação à jusante do setor protegido e de deslocar o problema, muitas vezes ampliado, para outro local que passa a apresentar um recuo da linha de praia devido à erosão. É um tipo de obra muito comum, tendo sido usado, por exemplo, para proteção do litoral de Olinda.

6.4.2 - Muros de Proteção

São obras de defesa geralmente dispostas paralelamente à linha de praia, muitas vezes associadas a enrocamentos. São construídas com o objetivo de proteger do ataque frontal das ondas. Tais construções são geralmente instaladas, de forma imprudente muito próximas ao mar, sejam sobre duna frontal ou pós-praia.

Se os muros forem bem construídos e com boa manutenção, podem assegurar a proteção das praias ameaçadas. Entretanto, eles apresentam o grande inconveniente de impedir todas as trocas de areia entre a duna e o estirâncio, as quais são necessárias ao bom equilíbrio do sistema. Com a redução da largura da praia (estirâncio), ocorre uma concentração de energia de arrebatção das ondas que vai provocar um aumento da turbulência da água e conseqüente aceleração da erosão da praia.

Esta situação é muito comum em todo litoral pernambucano, onde as construções avançando sobre a praia, sofrem ação das ondas e para sua proteção são feitas intervenções que vão tornar as praias impróprias ao lazer.

6.4.3 - Quebra-mares

São obras longitudinais em relação à linha de praia, que diferem dos muros de proteção por serem implantadas a uma certa distância da praia.

Os quebra-mares têm perfil trapezoidal, construídos com material de grande tamanho (blocos de rocha, concreto, tetrápodes) e têm como objetivo principal amortecer o ataque das ondas antes que elas atinjam a praia.

Para se proteger uma praia, pode-se dispor de várias estruturas de quebra-mares, cujos espaçamentos e distâncias da linha de praia devem ser calculados de modo a permitir que as ondas ao penetrarem através de seus espaços sejam igualmente amortecidas quando atingirem a praia. Esse tipo de intervenção foi empregado na praia da Casa Caiada (Olinda -PE).

Esse tipo de obra é mais indicado para costas de baixa amplitude de marés e têm a vantagem de criar entre os quebra-mares e a linha de praia, uma zona de sombra onde se produz um assoreamento, mas apresentam o inconveniente de provocar o processo de erosão no setor adjacente à jusante da corrente.

Os quebra-mares podem ser projetados para permanecerem submersos, amortecendo o ataque das grandes ondas permitindo a passagem das pequenas ondas, evitando uma interrupção total do transporte litorâneo, impedindo que ocorram sedimentos lamosos tão prejudiciais à balneabilidade das praias.

6.4.4 - Alimentação artificial das praias

Diferente das obras anteriores, essa intervenção tem por finalidade corrigir o déficit sedimentar da praia, injetando areia para restabelecer o perfil de equilíbrio, sem perturbar os processos naturais atuantes no litoral. É um método muito utilizado em várias praias de todo o mundo e menos agressivo do que as intervenções anteriormente descritas.

O material a ser utilizado deve estar o mais próximo possível da obra e ser muito semelhante ao que constitui a praia que se quer reconstruir. Geralmente é dragado da plataforma continental interna adjacente, mas em alguns casos pode ser retirado do campo de dunas mais afastado. Em ambos os casos, antes de proceder a retirada do material, deve-se efetuar um estudo integrado para identificar os possíveis impactos ambientais decorrentes da extração de areia.

6.5. Descrição e Avaliação das Obras Costeiras na área de estudo

As descrições das obras serão apresentadas a partir do extremo norte, praia de Porto de Galinhas, em direção ao sul até a praia de Campos no município de Rio Formoso. Foram identificadas cinco áreas com obras costeiras de proteção a erosão, distribuídas em toda a área do trabalho, com notável diversificação e arranjo na sua concepção construtiva.

6.5.1 – Ponto de Descrição 1

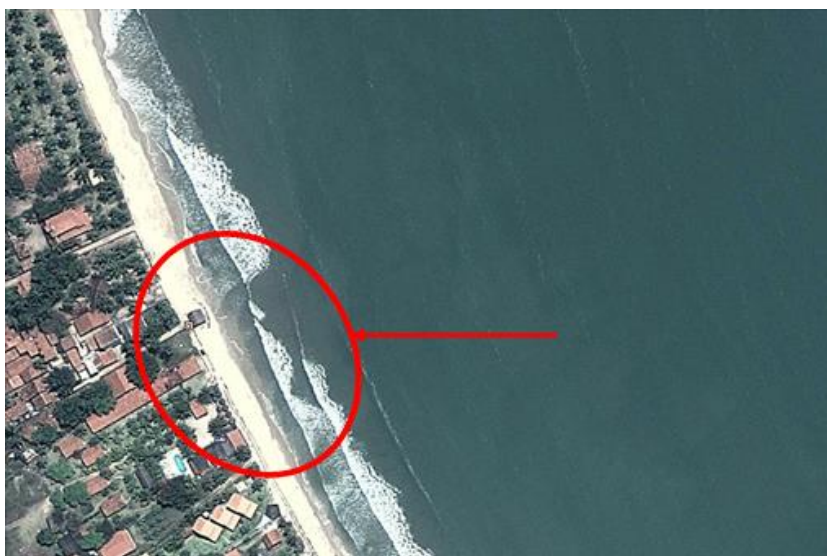


Figura 45(6): Localização do Ponto de Descrição 1, Praia de Maracaípe- Ipojuca/PE. Fonte: <http://maps.google.com>.

A praia de Maracaípe, situada no litoral sul de Recife, apresenta do ponto de vista hidrodinâmico uma grande variação na sua planta. Influenciado pela desembocadura do Rio Maracaípe, principalmente no seu flanco norte. A sua localização pode ser observada na Figura 45(6).

Segundo MACÊDO, (2011) neste ponto da referida praia, através de uma análise comparativa dos volumes obtidos pelos perfis morfodinâmicos ali implantados, se observa um forte processo erosivo para este trecho da orla de acordo com a Figura 46(6). Dos doze meses monitorados, com exceção do mês de referência (dezembro/2009), sete meses apresentaram tendência a acresção somando um total de ganhos em $29.65\text{m}^3/\text{m}$ de sedimentos. Mesmo com a maior parte do tempo progradante, este trecho apresentou, em apenas quatro meses de erosão (fevereiro, março, abril e junho de 2010), uma perda total de $48.82\text{ m}^3/\text{m}$ em seu volume totalizando um déficit de $-19.17\text{ m}^3/\text{m}$ no balanço geral.



Figura 46(6) –Construções destruídas em decorrência dos intensos processos erosivos na Praia de Maracaípe, Ipojuca- PE.

6.5.2 - Ponto de Descrição 2



Figura 47(6) - Localização do Ponto de Descrição 2, Praia de Serrambi/Enseadinha –Ipojuca/PE. Fonte: <http://maps.google.com>.

A área do litoral correspondente a praia de Enseadinha (Serrambí), geomorfologicamente representa uma baía com aproximadamente 1480m, que sem proteção dos recifes de corais na sua parte central, permite a plena incidência de ondas que ao atingirem a praia, remobilizam sedimentos configurando um processo erosivo. Observa-se claramente que nas extremidades norte(S1) e sul(S2) na Figura 48(6) da referida baía, em consequência da existência de corais, aproximadamente a uma distância de 380m, as ondas são contidas e suas energias diminuídas caracterizando uma área de sedimentação.



Figura 48(6) – Localização da abertura dos recifes entre suas extremidades (S1) e (S2).Fonte: <http://maps.google.com>.

A norte de sua extremidade, com aproximadamente 360m de extensão, constata-se a existência de 4 pequenos espigões com 50 m aproximadamente , construídos de rocha granítica e dispostos perpendicularmente a praia aqui denominados de sul para norte de E1,E2,E3 e E4 sinalizados na Figura 49(6).

Estes espigões apresentam-se paralelos entre si, com distâncias variáveis, entre E1 e E2 com 84m, E2 e E3, 118m e entre E3 e E4 com 164m.

A redução da deriva litorânea e a consequente deposição de areia e considerando 1m de profundidade, as células entre os espigões E1 e E2 acumulam aproximadamente 3.480m³ de areia, entre E2 e E3 2.124 m³ e entre E3 e E4 um volume de 2.000m³ totalizando um volume de 7.604m³ de areia.



Figura 49(6) - Espigões no extremo norte da Praia de Enseadinha. Fonte: <http://maps.google.com>.

A sul da praia de Enseadinha, apresenta-se sob intenso processo erosivo, decorrência direta das ondas difratadas incidentes que chegam frontalmente promovendo um transporte sedimentar *on shore – off shore*. O resultado deste processo é o rebaixamento da face de praia e diminuição de área para a dissipação da energia das ondas incidentes. Como consequência deste processo contínuo, as estruturas de proteção locais desmoronam e a praia perde sua qualidade do ponto de vista da sua paisagem natural. Muros de arrimo fora de especificação para áreas costeiras, rampas e colocação de troncos de madeiras são construídos para minimizar o ataque das ondas, são utilizados e de pouco resultado prático como pode ser observado Figura 50(6).



Figura 50(6) - Intensa Erosão no extremo sul da Praia de Enseadinha.

6.5.3 - Ponto de Descrição 3



Figura 51(6): Localização do Ponto de Descrição 2, Praia de Serrambi/Pontal, Ipojuca/PE. Fonte: <http://maps.google.com>.

O Pontal de Serrambi, localizado no litoral sul de Pernambuco, do ponto de vista geomorfológico é classificado como sendo uma saliência, estando exemplificado na Figura 52(6).



Figura 52(6) - Pontal de Serrambi (CPRH, 2008).

Atualmente apresenta um comprimento total de 965m, largura máxima de 662m e largura mínima de 283m, que corresponde a sua parte frontal.

Este ancorado na grande concentração de corais na plataforma interna, que atuando como dissipador de energia das ondas proporciona a sua sedimentação como na Figura 53(6).



Figura 53(6) - Ocorrência de corais no Pontal de Serrambi proporcionando sedimentação.

Sua ocupação atual é turística com a presença de um grande complexo hoteleiro, e consequentemente a preservação da praia frontal é indispensável. Em função da sua posição, o referido pontal sofre pressões da dinâmica da área, remobilizando os sedimentos e modificando constantemente sua morfologia. Com este objetivo de fixar a praia e mantê-la com um perfil praial estável, foram construídos 3 espigões de formato irregular para servir de anteparo ao material sedimentar em deriva litorânea. A configuração adotada conseguiu reter razoável quantidade de areia, proporcionando desta maneira três células com condições de balneabilidade e aqui denominada de C1, C2 e C3. Esta última a de maior comprimento frontal é a mais ocupada e esta apresentada na Figura 54(6).



Figura 54(6)–Célula C3, praia com maior ocupação formada na parte frontal da saliência.

6.5.4 - Ponto de Descrição 4



Figura 55(6) - Localização do Ponto de Descrição 4 , Praia de Toquinho–Ipojuca/PE. Fonte:
<http://maps.google.com>.

O Ponto 4, na Figura 55(6) localizado no extremo norte da praia de Toquinho, apresenta uma extensão aproximada de 442m, equivalendo a 5% do comprimento total da praia, apresenta um litoral densamente impactado e desfigurado com obras de proteção dos mais diversos tipos, predominando muros de contenção, espigões de pequeno porte e rampas de acesso para o mar como observados na Figura 56(6).

Foi observado em campo que as referidas estruturas, em maré cheia, comportam-se como anteparos reflectivos, ocasionando por reformatação das ondas incidente constantes e severos impactos, ultrapassando na maioria das vezes as referidas estruturas. Na maré baixa verifica-se material sedimentar acumulado entre as rampas de acordo com a Figura 57(6).



Figura 56(6) - Espigões e muros de contenção na Praia de Toquinho.



Figura 57(6) - Sedimentos acumulados entre as rampas na Praia de Toquinho.

6.5.5 - Ponto de Descrição 5

A Praia de Guadalupe situada no município de Sirinhaém ao norte da Foz do Rio Formoso, Figura 58(6) apresenta uma pós-praia alta caracterizando falésias da Formação Cabo abaixo do terraço Pleistocênico, composto de areias siliciclásticas de coloração branca, com altitude de 6 a 8m.

Do ponto de vista do grau de ocupação urbana é classificada como de baixo grau e por este motivo o trabalho de disciplinamento de uso do solo, é fundamental para evitar problemas futuros devidos aos processos erosivos que atuam fortemente nesta praia.



Figura 58(6) - Localização do Ponto de Descrição 5, Praia de Guadalupe –Sirinhaém/PE. Fonte: <http://maps.google.com>.

O processo erosivo esta instalado nos flancos Norte e Sul da referida praia. A norte observa-se uma erosão bastante acentuada, solapando a base da falésia, provocando contínuos desmoronamentos e por consequência recuo da linha de costa. Em face deste processo contínuo, função exclusiva da dinâmica dos sistemas de onda e correntes ali atuando, as poucas edificações existentes estão em situação de risco e procuram se defender da erosão com obras de contenção, que na maioria das vezes é ineficaz, conforme mostra a Figura 59(6).

A sul a praia de Guadalupe possui dois tipos de Praia, uma praia oceânica, onde predominam fortes processos erosivos expondo um material arenoso de coloração preta observado na Figura 60(6) , e uma praia fluvial do rio Formoso onde predomina a estabilidade da linha de costa.

Estas áreas apresentadas abaixo, são consideradas as mais atacadas pela erosão marinha, apresentam vários modelos de estruturas de defesa costeira e na sua maioria são implantadas sem um acompanhamento técnico.



Figura 59(6)- Obras de contenção na Praia de Guadalupe.



Figura 60(6) - Sul da Praia de Guadalupe mostrando o forte processo erosivo.

Grande parte desses procedimentos estão acelerando o processo erosivo e a cada dia as características originais das praias são mascaradas, tornando as mesmas impróprias para o banho e o turismo.

CAPÍTULO VII - PLATAFORMA CONTINENTAL

7.1 – Introdução

A plataforma continental, como província fisiográfica, pertencente a morfologia da margem continental, segundo a classificação estabelecida por HEEZEN & MENARD (1966), sendo definida como a continuação da extensão submarina do bloco continental. Apresenta-se mais ou menos plana, mergulhando desde a praia até uma acentuada mudança de gradiente, conhecida geralmente como borda ou ruptura da plataforma.

O caráter amplo e plano das plataformas continentais, resultaram das atividades erosivas e deposicionais, intimamente ligadas a uma série de regressões e transgressões marinhas, associadas a épocas de glaciação e deglaciação global (DOMINGUEZ, 2002).

Os fenômenos erosivos e de sedimentação marinha, concentram-se na faixa de antepraia. Desta maneira a morfologia, bem como a cobertura sedimentar da maioria das plataformas continentais, são relíquias dos ambientes sedimentares instalados em períodos de nível de mar baixo com um passado geológico recente.

A primeira tentativa de divisão da plataforma do Nordeste é puramente de caráter biológico e deve-se a KEMPF (1970), o qual estabelece a profundidade de 35 - 40m como sendo o limite entre as zonas infralitoral e circalitoral, no sentido de PÉRÉS & PICARD (1964). Segundo o referido autor este limite é caracterizado pelo desaparecimento do fanerógama *Halophila decipiens*, acompanhado de mudanças na flora algológica.

COUTINHO (1976), considerando os vários aspectos da morfologia e da distribuição dos diversos tipos de sedimentos, na plataforma continental do nordeste, sugeriu dividi-la em três segmentos ou trechos perfeitamente identificáveis, denominando-os de plataforma interna, média e externa.

a) **Plataforma interna** - corresponde a área entre a linha de praia e a isóbata de 20m. Apresenta na sua maioria relevo suave e apenas algumas irregularidades, devido a presença de canais e dos recifes, que servem de substratos ao desenvolvimento de algas e corais. É observado uma predominância de areias terrígenas quartzosas de granulometria média à grossa, com certa

quantidade de material biodetrítico que aumenta com a profundidade, muito pouco cascalho e algumas “manchas” de lama entre a praia e os recifes, geralmente ocupando depressões do substrato;

O material fino transportado pelos rios é composto basicamente por argila e silte terrígeno, com uma certa quantidade de areia biodetrítica. Estes apresentam coloração escura e teores elevados de matéria orgânica. O teor de carbonato de cálcio nos sedimentos é geralmente inferior a 25%. Dominam as associações carbonáticas, representadas pela algas coralinas ramificadas e incrustantes, *Halimeda* e moluscos com ou sem foraminíferos bentônicos. Os componentes bióticos são muito retrabalhados, devido à alta energia do ambiente;

b) **Plataforma média** - entre as isóbatas de -20 e -40m, apresentando relevo bem mais irregular, com presença de canais representativos e paleovales, formados a partir da dissecação da plataforma quando exposta em épocas pretéritas. Dominam os sedimentos carbonáticos representados por areias e cascalhos formados por algas coralinas ramificadas, maciças, concreções e/ou artículos de *Halimeda*, moluscos, briozoários e foraminíferos. As associações carbonáticas não mostram sinal de retrabalhamento;

c) **Plataforma externa** - a partir de -40m até a isóbata de -60m, cobertas com areias biodetríticas, cascalho de algas e lama cinza azulado. A *Halimeda* tende a ser mais abundante e o teor de carbonato de cálcio é superior a 75%. As associações carbonáticas são muito retrabalhadas, evidenciando o caráter relíquia dos sedimentos. Esta porção da plataforma caracteriza-se pela presença de vales e cristas dispostos perpendicularmente à costa, representando feições de um sistema de erosão em plataformas carbonáticas, exposta subaereamente, quando a sedimentação subsequente não foi suficiente para recobri-las. A plataforma externa apresenta uma ruptura múltipla em degraus, correspondendo a terraços de bordo de plataforma.

A plataforma continental do Estado de Pernambuco, apresenta na sua quase totalidade uma reduzida largura, média de 35km, pouca profundidade, declive suave, quebra da plataforma em torno de -50 a -60m, águas relativamente quentes, elevada salinidade e uma cobertura sedimentar quase que inteiramente composta por sedimentos carbonáticos biogênicos, (COUTINHO *et al.* 1994).

Segundo COUTINHO *et al.*(1994), o baixo índice de erosão e a pequena taxa de sedimentação marinha na plataforma, podem ser responsáveis pela reduzida largura, enquanto a pouca profundidade é atribuída à ineficiência de processos marinhos durante o Pleistoceno, atuando sobre uma margem continental estreita e abrupta com evidência de levantamentos recentes. É possível, ainda, que a Corrente do Brasil possa, em parte, explicar o modesto desenvolvimento da plataforma continental da área, similarmente ao que ocorreu com a plataforma sudeste de Angola .

Um dos traços morfológicos mais característicos do nosso litoral, é sem dúvida a presença constante, na plataforma interna adjacente, de linhas de rochas de praia(*beach rocks*), geralmente paralelos à costa, servindo de substrato para o desenvolvimento de algas e corais, além de constituir uma efetiva proteção ao litoral, na medida em que absorve em torno de 70% da energia das ondas incidentes, mesmo estando completamente submerso.

A plataforma continental de Pernambuco é caracterizada por uma importante e ativa produção carbonática orgânica, que se traduz pelo grande desenvolvimento de fundos de algas calcárias(COUTINHO *et al.*1994).

As algas, que formam o principal componente dos sedimentos de fundo da plataforma, pertencem à família Corallinaceae, subfamília Melobesiae, com uma ou mais espécies do gênero *Lithothamnium*. São constituídas de 75 a 95% de carbonato de cálcio, 4 a 10% de carbonato de magnésio e oligoelementos. Geralmente o limite superior de ocorrência destas algas calcárias está ligado diretamente ao fim da influência terrígena, normalmente em torno de -20 m, enquanto seu limite inferior está situado entre -80 e -90m, raramente atingindo -100m, (LABOREL, 1965).

Ao lado das algas coralinas, merecem destaque as algas verdes calcificadas, representadas pelo gênero *Halimeda*, *Udotea* e *Penicillius*, que são igualmente importantes formadores de sedimentos.

Outra característica da plataforma pernambucana é a pequena quantidade de corais, comparada ao grande desenvolvimento de algas (MABESOONE & COUTINHO, 1970). O crescimento desses corais ficou restrito aos substratos litificados, representados estruturas de recifes algálicos. O crescimento atual dos corais é restrito ao lado externo dos recifes de arenitos ou sobre as construções de algas calcárias incrustantes.

Segundo COUTINHO (1976), a predominância de sedimentos carbonáticos orgânicos na plataforma continental de Pernambuco, deve resultar da interação dos seguintes fatores:

- a) - Plataforma estreita, rasa, águas quentes, elevada salinidade e ação das correntes;
- b) - Predominância de clima semi-árido no interior do continente, resultando no pequeno aporte de sedimento à plataforma e, conseqüentemente, presença de substrato duro, desprovido de sedimento fino, ideal para fixação de epifauna e epiflora;
- c) - Fraco desenvolvimento de corais hematípicos;
- d) - Fenômeno de competição, algas calcárias x corais.

A plataforma continental da área de estudo, é relativamente estreita, variando de 29km ao largo da Praia de Porto das Galinhas até 37km no extremo sul, com uma largura média de 33km. Sua profundidade de quebra varia de 45 à 50m de profundidade (GRANMAR, 2005).

O objetivo principal do estudo da plataforma interna adjacente da área em apreço, é o de apresentar a distribuição superficial dos sedimentos que atacam esta plataforma, sua relação com a morfologia de fundo, bem como a dinâmica atuante no meio, contribuindo desta maneira para o melhor conhecimento dos ambientes litorâneos modernos.

7.2. Batimetria

O levantamento batimétrico tem como finalidade mostrar, com precisão, a configuração superficial do fundo marinho da área.

7.2.1. – Levantamento Batimétrico

Para a execução da batimetria na área de estudo, foram realizados 26 linhas batimétricas com direção Este/Oeste até a isóbata de 20 metros em vermelho na Figura 61(7).

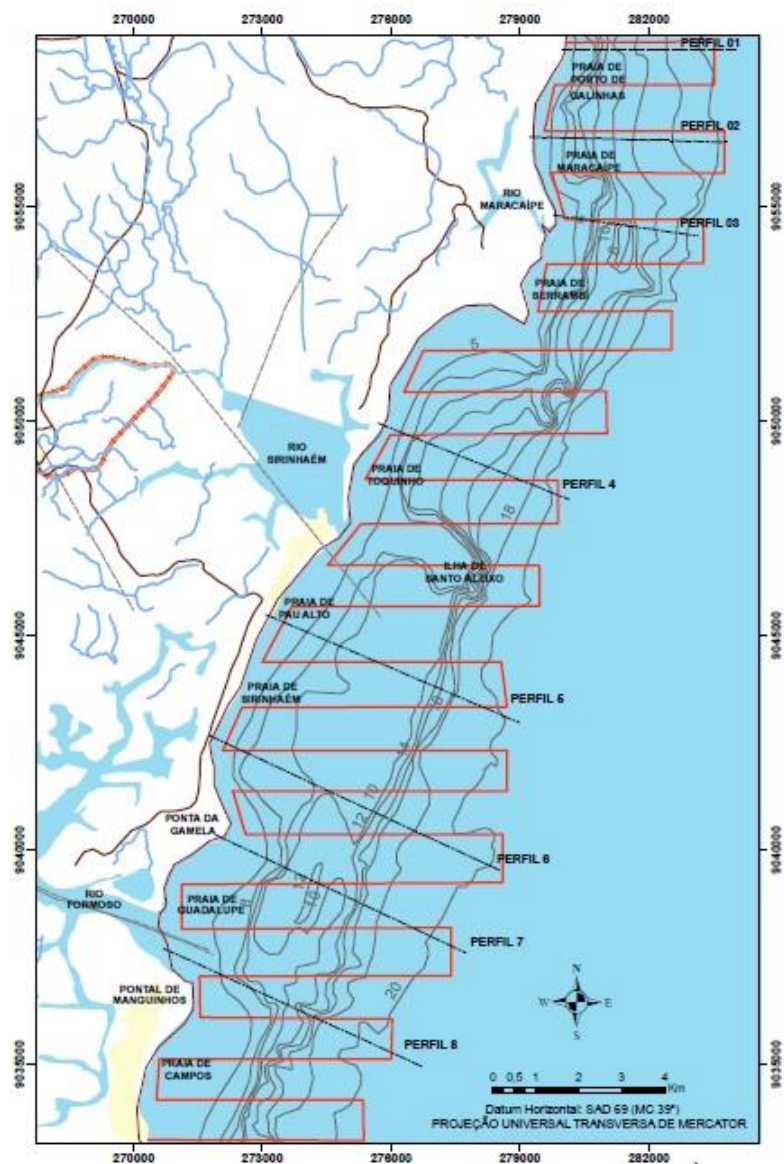


Figura 61(7)- Área levantada pela batimetria.

Os dados levantados foram transferidos para um computador, onde foi realizada a correção de altura de maré e gerada uma planilha para posterior processamento.

O levantamento foi executado e calculado com cobertura de 100% da área de estudo, além da definição das margens e contornos das irregularidades do fundo marinho.

7.2.2. – Resultados

O mapa dos perfis batimétricos da plataforma interna adjacente gerando a Figura 62(7), com uma área de aproximadamente 180km², apresenta de uma maneira geral uma morfologia de fundo homogênea, sem maiores irregularidades topográficas, declividade suave, em função de algumas características morfo-estruturais, como o Alto Estrutural de Santo Aleixo, formado por rochas vulcânicas ácidas (riolitos) cuja ilha do mesmo nome é seu ponto mais elevado, além de condicionamentos estruturais (falhamentos) que imprimem uma significativa diferenciação nos padrões das curvas batimétricas, foi possível dividir esta plataforma em dois setores, Norte (perfis de 1 a 4) e Sul (perfis de 5 a 8).

O setor Norte, compreende a plataforma interna desde a região de Porto de Galinhas até o Alto de Santo Aleixo, apresenta uma largura média de 3km e a sua configuração batimétrica é caracterizada pela existência de formas morfológicas do tipo bacias. Constata-se a existência de um pequeno banco, em uma área frontal a desembocadura do Rio Maracaípe de forma linear, disposto quase que paralelamente a costa, na profundidade de 8m, com 1km de extensão e 150 m aproximadamente de largura. Quatro (4) perfis batimétricos mostram a morfologia da plataforma desse setor, destacando sua homogeneidade de acordo com a Figura 63(7).

O perfil 1, localizado na altura da vila de Porto de Galinhas, extremo norte da área, com direção geral W-E, mostra uma configuração de fundo bastante homogênea ao longo de todo perfil. Apresenta uma declividade acentuada até a profundidade de 12m, a partir da qual torna-se suave até atingir a isóbata de 20m. Até a profundidade de 17m os sedimentos de fundo são formados por areias médias de composição terrígena e bioclástica e a partir deste ponto até a profundidade de 20m são formados por lamas.

O perfil 2 localizado na altura da Praia de Maracaípe, com direção geral W-E, mostra um fundo homogêneo ao longo de todo o perfil, tendo uma declividade mais acentuada entre as profundidades 18 e 20m. Os sedimentos, até a profundidade de 17m, são formados por areias médias de composição terrígena e bioclástica, tendo na profundidade de 4m a presença de areia muito fina. Os sedimentos entre 17 e 20m são formados por lamas.

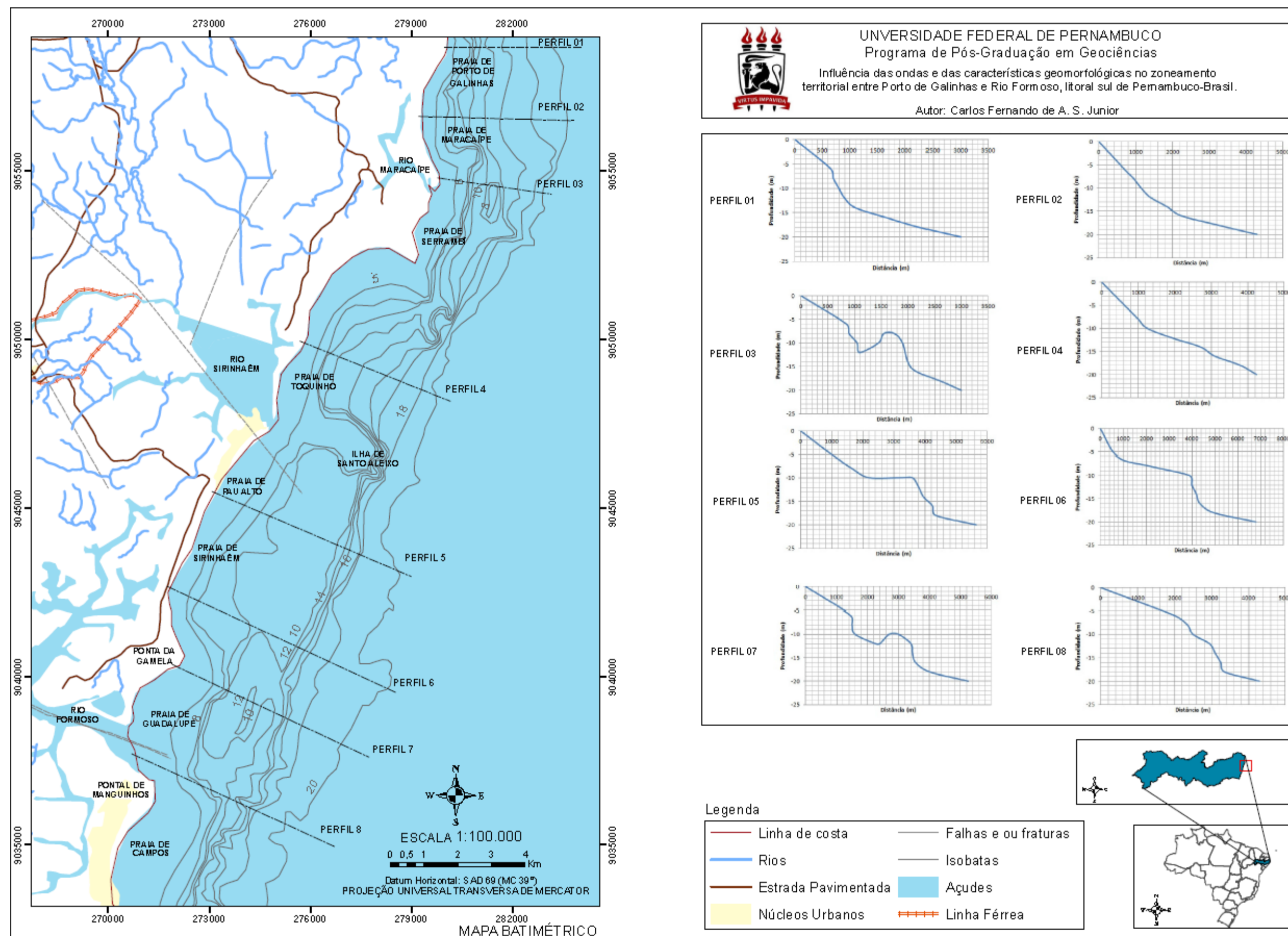


Figura 62 (7) - Mapa de perfis batimétricos.

O perfil 3, localizado na altura da desembocadura do Rio Maracaípe, com direção geral NW-SE, apresenta uma topografia de fundo bastante movimentada, tendo inclusive a presença de um pequeno terraço e banco arenoso entre as profundidades de 13 e 14 m. Uma declividade mais acentuada é constatada até a profundidade de 12 m. Os sedimentos de fundo até 13 m são constituídos por areias médias de composição terrígena e bioclástica e a partir desta profundidade até o fim do perfil é constatada a presença de lamas.

O perfil 4, localizado na altura da Praia das Cacimbas, com direção geral NW-SE, apresenta uma configuração de fundo plana e declividade mais suave que nos perfis anteriores. Os sedimentos de fundo, até a profundidade de 10m, são formados por areias médias de composição terrígena e bioclástica e a partir desta profundidade, são formados por areias grossas de composição bioclástica.

O setor Sul, compreende a plataforma entre o Alto de Santo Aleixo até o extremo sul da área estudada, mais precisamente na Praia de Campos (Rio Formoso) onde foram realizados mais 4 perfis batimétricos para melhor visualização. A plataforma apresenta uma largura superior ao setor norte, com uma média de 7km. A configuração das curvas batimétricas mostra uma plataforma sem muita irregularidade topográfica, apresenta pequenas depressões, todas na profundidade de 12m, posicionadas quase que paralelamente a zona costeira da área (Figura 64(7)).

Neste setor, o padrão das curvas batimétricas mostram claramente, do ponto de vista estrutural, uma sequência de falhas transcorrentes escalonadas com direção NW-SE e rejeito dextral. Estas linhas de falhas são visivelmente observadas na isóbata de -6 m, principalmente na plataforma interna da Praia do Guaiamum e na plataforma adjacente a foz do Rio Formoso, continuidade da falha do Rio Formoso.

Perfil 5, localizado na altura da Praia de Pau Alto, com direção geral NW-SE, apresenta uma topografia de fundo plana, com pequenas ondulações, principalmente entre as profundidades de 6 e 12 m. Apresenta uma declividade suave até a profundidade de 12 m ponto onde acentua-se até atingir 18 m de profundidade onde novamente suaviza-se até atingir 20m de profundidade. Os sedimentos de fundo até a profundidade de aproximadamente 10 m são formados por areias médias de composição terrígena e bioclástica e a partir deste ponto até a profundidade de 20 m, por areia grossa com biodetrítos.

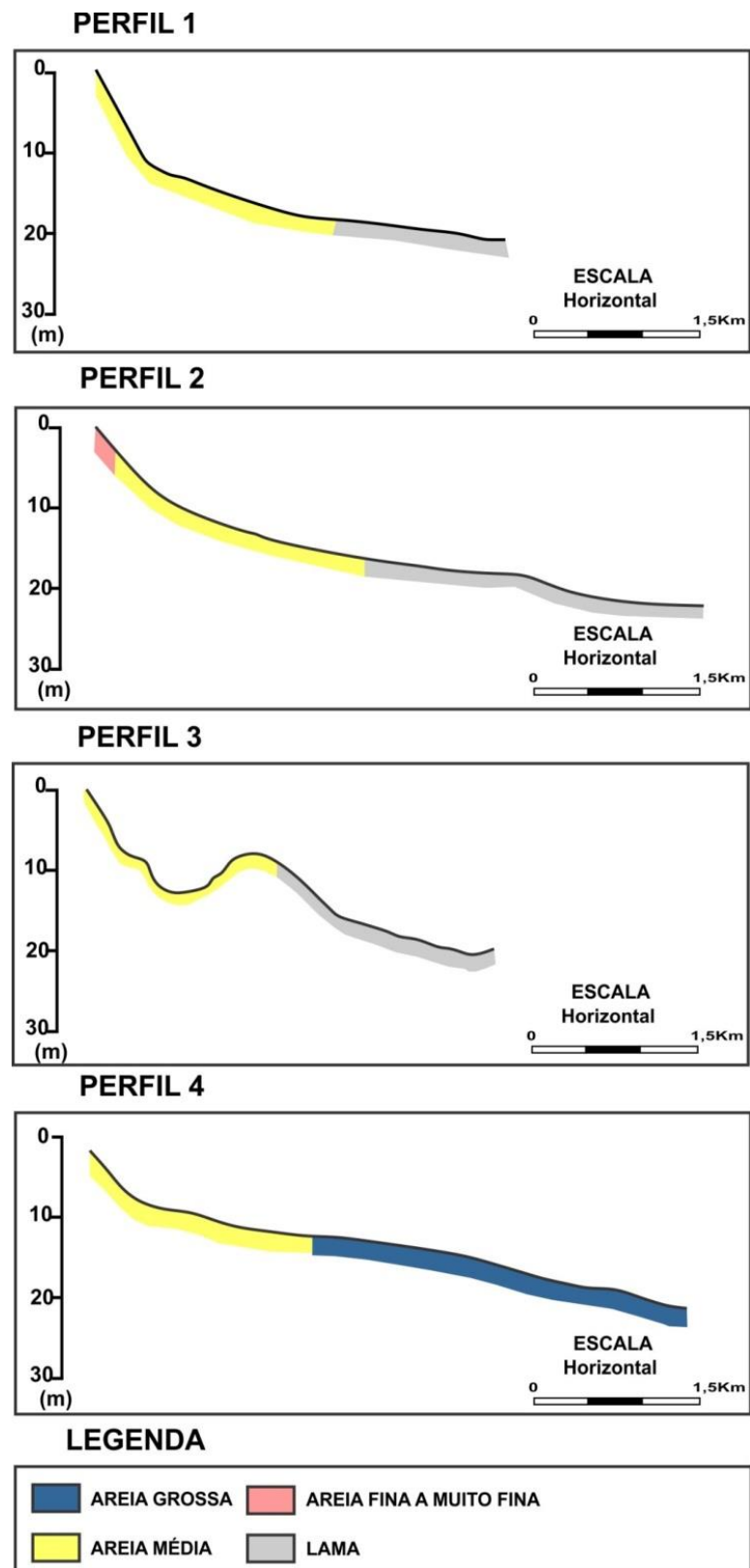


Figura 63(7) - Perfis batimétricos do setor Norte da Plataforma Interna.

O perfil 6, em frente a Praia de Sirinhaém é o mais longo com direção geral NW-SE, apresenta dois terraços bem distintos, separadas por uma escarpa a 10m. A topografia de fundo bem mais plana que os demais perfis do setor sul. A partir da isóbata de 16m até o limite exterior do perfil, 20m, a declividade fica menos acentuada. Os sedimentos que cobrem o fundo são, até a profundidade de 8m, constituídos por areias médias de composição terrígena e bioclástica e a partir deste ponto até 20m são formadas por areia grossa com biodetrítos.

O perfil 7, localizado em frente a Praia de Ponta da Gamela, com direção geral NW-SE, apresenta uma morfologia de fundo homogênea ao longo de todo perfil, com a presença de um banco na sua parte central, na profundidade de 13 m. Até a profundidade de 10m os sedimentos de fundo são formados por areia média de composição terrígena e bioclástica, seguidos por depósitos de areia grossa com biodetrítos.

O perfil 8, localizado na altura da desembocadura do Rio Formoso, com direção geral NW-SE, apresenta uma morfologia de fundo e declividade bem movimentada. É bem nítida a presença de inflexões no relevo nas profundidades de 8 , 10 e 18m. A distribuição dos sedimentos de fundo também é mais diversificada com relação aos demais perfis do setor. Apresenta areia fina a muito fina (quartzosa) até uma profundidade de 6m, areias médias terrígena a biodetríticas no intervalo de 6 à 8m, areia grossa com biodetrítos entre as profundidades de 8 à 18m aproximadamente, com uma pequena faixa de areia muito grossa em torno de 10m e a partir da profundidade de 18 até atingir 20m ocorre areia muito grossa a cascalhosa biodetríticas.

Outro aspecto morfológico importante ao se analisar o mapa batimétrico da área estudada, é sem dúvida a presença de quebras do relevo, situadas principalmente entre as isóbatas de 10 e 15m em toda plataforma interna da área (Figura). Essas quebras são melhor visualizadas na plataforma interna do setor sul. Estas feições correspondem a antigos relevos residuais, alterados pelos processos erosivos litorâneos da última regressão/transgressão (CORRÊA, 1996).

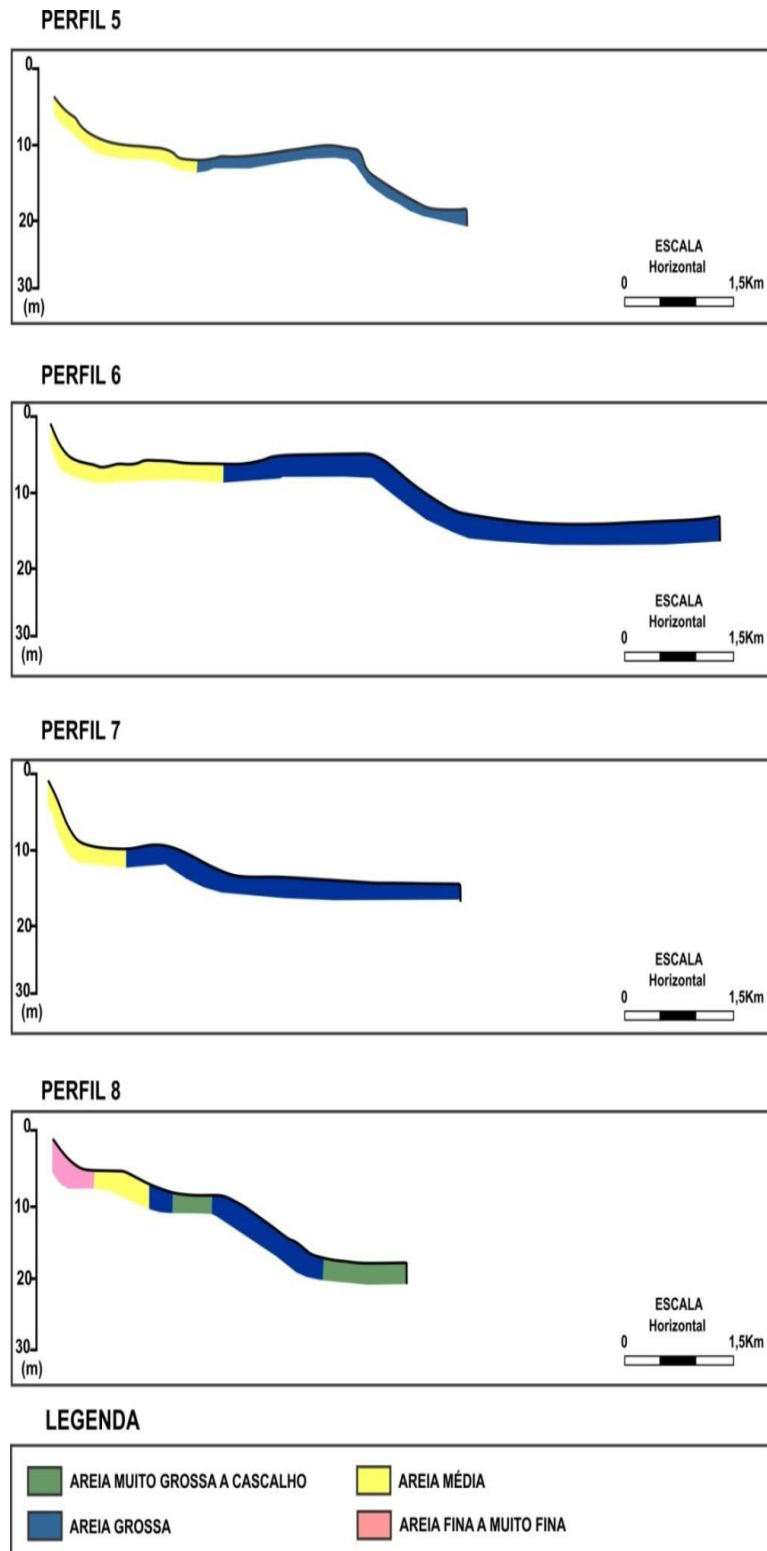


Figura 64(7) - Perfis batimétricos do setor Sul da Plataforma Interna.

7.3 - Sedimentos Superficiais

7.3.1 – Fácies Texturais

Com base nos resultados obtidos no diagrama de SHEPARD (1954) que leva em consideração as proporções de areia + cascalho, silte e argila, observa-se na área estudada, a presença de 6 fácies de granulação distintas: arenosa, areno cascalhosa, areno lamosa; lama arenosa, cascalho arenoso e lama. O mapa de distribuição de fácies texturais esta apresentado na Figura 65(7).

As fácies identificadas, a partir do diagrama triangular, foram então agrupadas em 4 fácies consideradas mais relevantes e as que apresentam a maior concentração de amostras :

- a) - Fácies arenosa a areno cascalhosa
- b) - Fácies areno lamosa
- c) - Fácies lama arenosa
- d) - Fácies lamosa

a) O material classificado texturalmente como “arenoso e areno-cascalhoso”, compreende sedimentos essencialmente arenosos com mais de que 50% da fração areia, podendo em algumas amostras atingir valores acima de 95% do total da mesma, e com a presença de cascalho biodetrítico.

Esta fácies, se distribui de uma maneira geral atapetando, toda a plataforma interna da área estudada, e tem como limite externo a isóbata de -20m. Esta fácies é formada por areias geralmente relíquias com um conteúdo de material biogênico inferior a 20% e constituído na sua grande maioria por fragmentos de algas, restos de corais e foraminíferos, além de fragmentos de conchas. Contém ainda, em pequenas quantidades de espículas, briozoários e gastrópodos. Todo o material biogênico apresenta-se altamente fragmentado e retrabalhado pela ação de ondas e correntes.

b) Fácies areno lamosa - Observada em uma pequena área à sul, mais precisamente na região frontal a desembocadura do Rio Formoso. É formada por areias geralmente relíquias com teores de lama superior a 45%.

O material biogênico é composto essencialmente por corais e fragmentos de conchas e algas. O material detrítico é constituído predominantemente por quartzo e fragmentos de rocha. O quartzo se apresenta na sua maioria como sendo sub-anguloso à sub-arredondado, esfericidade de baixa à média e em determinados setores apresenta oxidação superficial. Esta fácies caracteriza depósitos transicionais entre as sequências lamosas e areno-cascalhosa.

c) Fácies lama arenosa - Ocorre em pequenas concentrações próximas à região litorânea. As ocorrências localizadas na altura dos pontais de Toquinho e Ponta de Serrambí são as mais significativas. Esta é formada por sedimentos silticos e argilosos, de coloração cinza, com concentração de areia inferiores à 45% da amostra total.

O material arenoso é constituído predominantemente por quartzo sub-anguloso a sub-arredondado e apresenta esfericidade de baixa à média.

d) Fácies lamosa - Compreende sedimentos silticos e argilosos com baixa concentração de areia, teores variando de 4 à 10%. Ocorrem predominantemente com forma de uma língua, em uma faixa aproximadamente paralela ao litoral, na altura entre as Praias de Porto de Galinhas e Ponta de Serrambí, ao norte da área estudada.

Essas lamas são essencialmente terrígenas e sua ocorrência está intimamente associada ao deságue fluvial atual, no caso específico da área o Rio Maracaípe e secundariamente o Rio Sirinhaém.

Em função de alguns fatores entre eles, a posição do nível relativo do mar e a descarga sólida do sistema fluvial atual, grande parte do material em suspensão fica retido nos estuários, desembocaduras de rios ou em zonas costeiras com estruturas naturais (baías e planície de maré) ou artificiais (obras de engenharia costeira). No caso particular da área estudada a estrutura de retenção de sedimentos silticos e argilosos é constituída pela existência, em larga escala, de grandes concentrações de recifes algálicos tanto emersos como submersos. Estes recifes criam áreas, na plataforma interna, mais protegidas e com nível de energia de circulação menor, favorecendo a deposição dessas lamas.

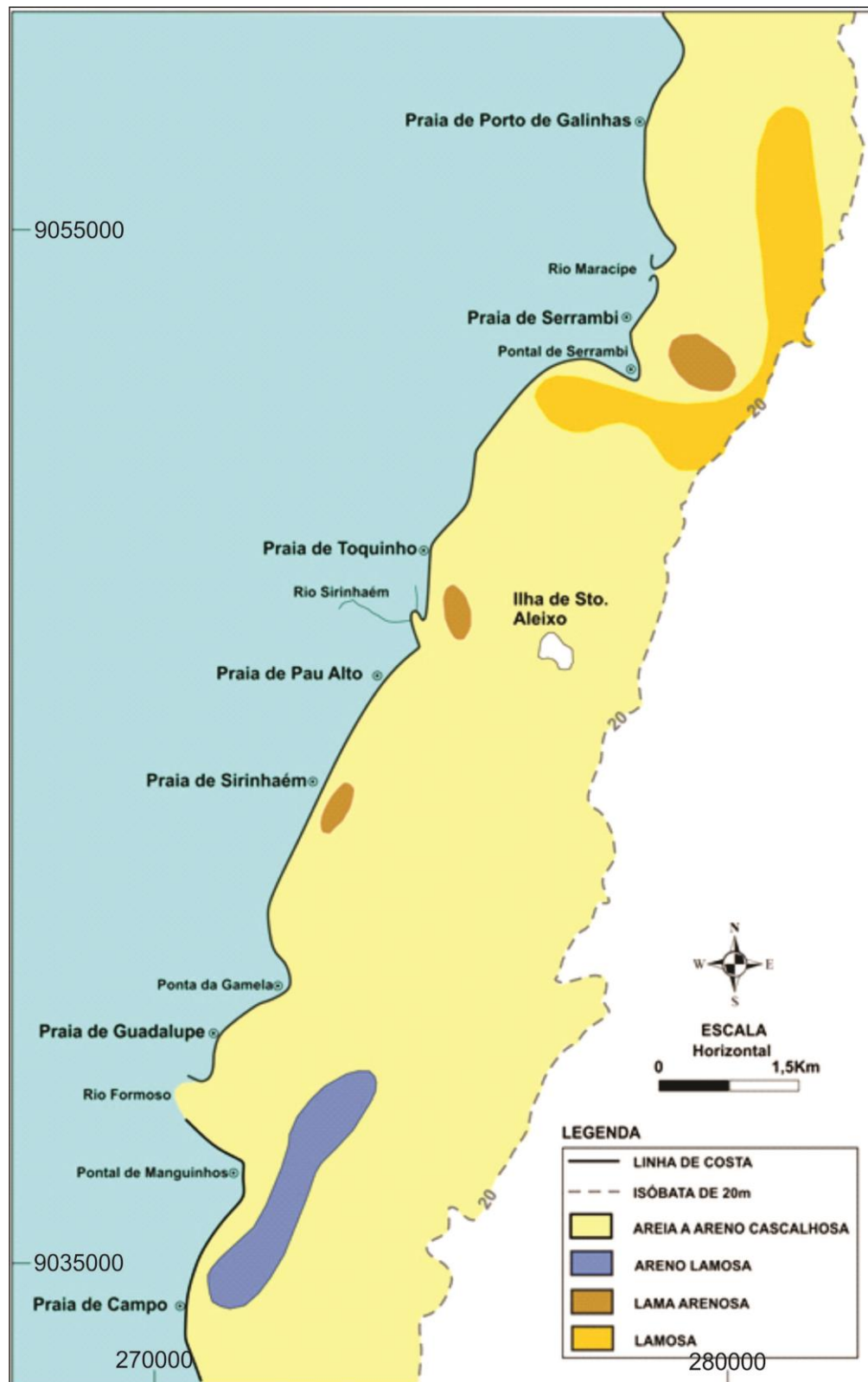


Figura 65(7) - Mapa de distribuição das fácies texturais.

7.3.2– Distribuição do diâmetro médio

O diâmetro médio é sem dúvida, o mais importante parâmetro estatístico utilizado na sedimentologia. Do ponto de vista geológico ele reflete a média geral de tamanho dos grãos dos sedimentos, os quais são afetados pela fonte de suprimento de material, pelo processo de deposição e pela velocidade de corrente.

Nos sedimentos analisados observa-se que os mesmos apresenta o diâmetro médio variando entre os seguintes intervalos: -2ϕ a $+4 \phi$, (Tabela 5).

Tabela 5 - Classificação granulométrica

Intervalo em Φ	Classificação
-2 a 0	Areia muito grossa
0 a 1	Areia grossa
1 a 2	Areia média
2 a 4	Areia fina a muito fina
$> 4 \Phi$	Lama

O mapa de distribuição dos diâmetros médios apresentado na Figura 66(7), indica para toda a plataforma interna adjacente da área estudada, uma distribuição regular desses intervalos, em faixas granodecrescente no sentido W-E.

O intervalo granulométrico entre $(-2 \text{ à } 0\phi)$, areia muito grossa à cascalhosa, se distribui restritamente a duas áreas bem individualizadas, ambas na região frontal das desembocaduras dos Rios Sirinhaém e Formoso, estando, em ambas as áreas, a uma profundidade superior -10m.

Sua composição é exclusivamente biogênica, predominantemente formada por restos de corais, fragmentos de algas e de conchas e gastrópodos.

Este material, de boa seleção, provavelmente trata-se de depósitos relíquias, de populações oriundas do transporte litorâneo e controlada pela energia do ambiente costeiro, associados a contribuição biogênica moderna.

O intervalo granulométrico entre (0 à 1 ϕ), ou seja areia grossa, ocorre em uma faixa contínua paralela a linha de costa, aproximadamente entre as isóbatas de 9 e 20m, limite leste da área estudada. Esta faixa de ocorrência é interrompida ao norte da área, mais precisamente na plataforma interna adjacente na altura da Praia Ponta de Serrambí, quando é mascarado pelo intervalo granulométrico caracterizado como lama.

O intervalo de (1 à 2 ϕ) corresponde a areia média, ocorre bem individualizado em uma faixa com uma largura média de 500m, contínua e subparalela a zona litorânea da área estudada. Na altura da Praia de Ponta de Serrambí é interceptada por um material pelítico.

O intervalo granulométrico (2 à 4 ϕ) areia muito fina a fina ocorre em pequenas manchas, na maioria das vezes próxima a linha de costa.

A composição mineralógica dos intervalos acima considerados apresenta uma mineralogia composta por grãos de quartzo com graus de arredondamento variando entre anguloso e arredondado. Em alguns intervalos observa-se oxidação (condições subaéreas) além de fragmentos de rochas e minerais pesados. Observamos também material biogênico, não ultrapassando 37% das amostras totais analisadas.

O intervalo (> 4 ϕ) correspondendo a lama, ocorre na sua grande maioria ao norte da área, mais precisamente na plataforma interna adjacente na altura das Praias do Pontal de Serrambí e Porto de Galinhas. Este material é observado, também, em uma pequena mancha localizada na foz do rio Sirinhaém. Este tipo de material é normalmente trazido pelo sistema de drenagem que deságua na região, composto principalmente de argila de coloração preta (alto teor de matéria orgânica) e a fração arenosa predominantemente composta de quartzo e minerais pesados.

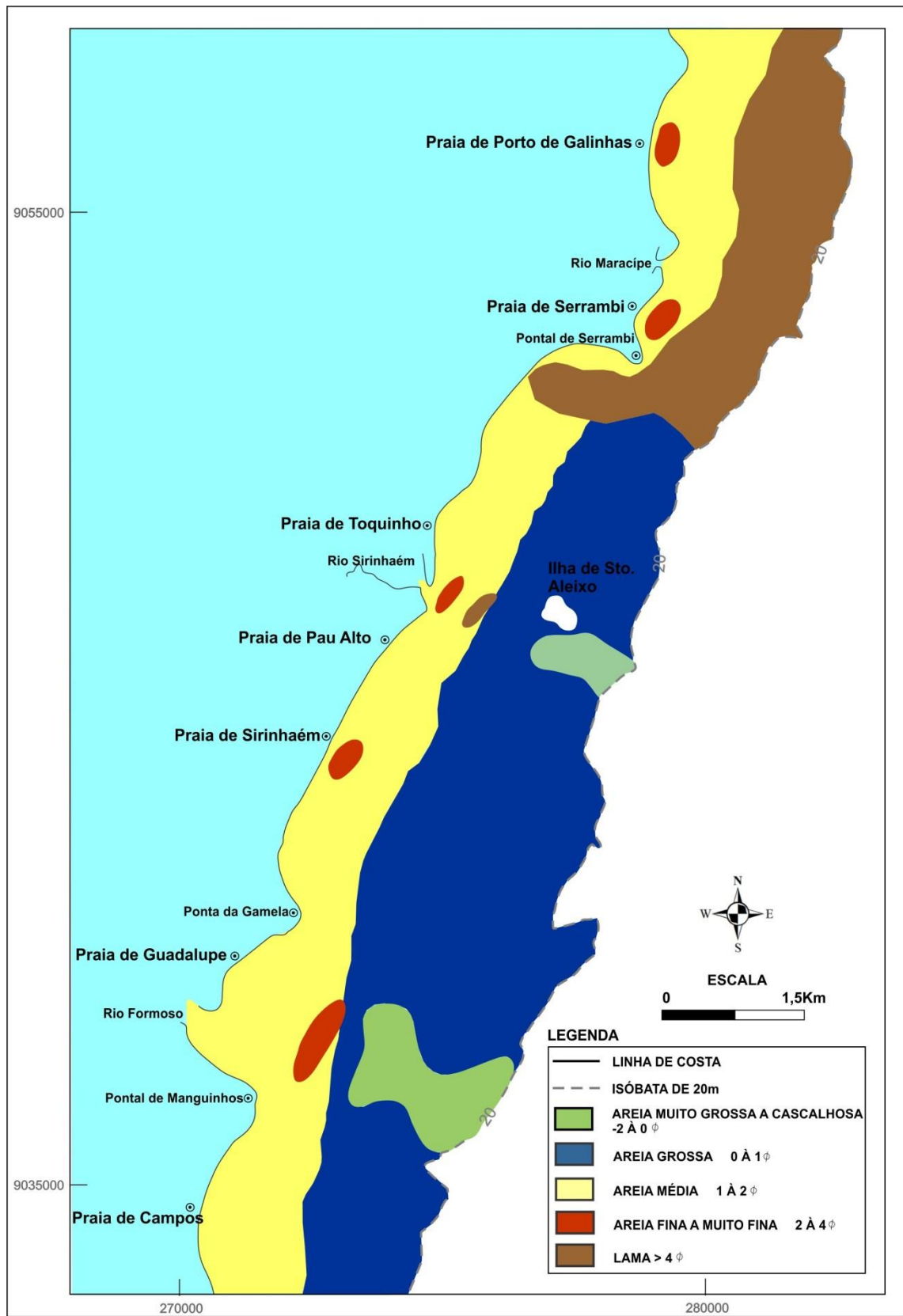


Figura 66(7) - Mapa de Distribuição do diâmetro médio (MZ).

7.3.3 - Interpretação Sedimentológica

No aspecto geral, a plataforma continental interna da área estudada, apresenta uma razoável regularidade, quanto a sua morfologia e sua cobertura sedimentar.

A ilha vulcânica de Santo Aleixo é a única expressão morfológica da plataforma que se destaca, e constitui um marco divisório entre uma plataforma bem homogênea na configuração de suas isóbatas a norte e uma mais dispersa a sul.

Do ponto de vista de distribuição do diâmetro médio destes sedimentos, a área é atapetada por três populações predominantes as quais são: areias médias perfazendo 30%, as areias grossas 24% e as lamas perfazendo 20% dos sedimentos. Estas três populações recobrem a maior parte da área estudada. As areias muito grossas à cascalhosa perfazem 14% dos sedimentos e os restantes 12% são constituídas por areias finas a muito finas.

O material biodetrítico é composto na sua maioria por fragmentos de algas (Coralíneas ramificadas e Halimeda), fragmentos de conchas e carapaças de foraminíferos.

O material siltico-argiloso, aqui agrupado como “lama”, ocupa áreas restritas, ao sul e são trapeadas por linhas de recifes. São de origem fluvial podendo ser classificados como sedimentos atuais.

Os sedimentos arenosos e de cascalho bioclástico são de origem marinho-raso e classificados como relíquias ou mesmo palimpsésticos. A plataforma estudada, do ponto de vista evolutivo, caracteriza-se como sendo uma plataforma transgressiva.

De uma maneira geral a plataforma continental interna da área, possui uma sedimentação predominantemente terrígena com aporte carbonático significativo onde o material bioclástico é formado predominantemente de fragmentos de algas. Sedimentos relíquias e palimpsésticos parecem ocupar a maior parte da área enquanto que os modernos restringem-se às fozes dos rios da região.

CAPÍTULO VIII - LINHA DE PREAMAR MÁXIMA

8.1. Introdução

As constantes alterações, principalmente morfológicas, em todas as zonas costeiras do mundo, são consequência de um complexo sistema de agentes que interagem, os quais denominamos de “Dinâmica Costeira” (MANSO, 1995). A grande velocidade da variação do perfil praial é o resultado de sua contínua adaptação a situações energéticas (ondas, marés e correntes longitudinais) que se alteram em curtos períodos de tempo e em função das características morfológicas do litoral.

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. 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.

Outros são relacionados com as constantes intervenções humanas através de ocupação desordenada da pós-praia, obras de engenharia diversas para o controle da erosão, represamento de rios, dragagem etc., e mais especificamente pela falta de um adequado controle no planejamento e carência de uma política para o manejo dessas áreas costeiras, resultando no desencadeamento de um processo de alteração lenta e gradual, de todo ecossistema praial.

A zona costeira de Pernambuco representa cerca de 4% do território do estado, concentrando 43,8% da população. O crescimento exponencial da pressão demográfica sobre a zona costeira acompanhado pela explosão desordenada das atividades turísticas, precipitaram a sua descaracterização, já irreversível em alguns lugares da costa, como é o caso de alguns setores praias da zona costeira de vários municípios, inclusive o de Ipojuca (MANSO, 2003). Dentro deste contexto, é de suma importância o estabelecimento de uma linha de preamar máxima atual, substituindo a estabelecida em 1831 para que a partir dela se estabeleça, para toda linha de costa do litoral Sul de Pernambuco, principalmente em áreas ainda não ocupadas, o disciplinamento do uso do solo, com a definição de faixas de recuo adequadas para cada ponto do referido litoral.

As feições morfológicas típicas nas praias da área de estudo foram às escarpas de berma identificados na Figura 67(8), a linha de vegetação na Figura 68(8) e os muros e rampas na Figura 69(8).



Figura 67(8) - Escarpa de berma na praia de Maracaípe.



Figura 68(8) - Linha de vegetação na praia de Maracaípe.



Figura 69(8) - Estruturas de muros e rampas construídas pelo homem sem controle ou fiscalização.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, através da Coordenação de Geodésia - CGED e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP, geraram um Modelo de Ondulação Geoidal com uma resolução de 10' de arco e desenvolveram o Sistema de Interpolação de Ondulação Geoidal – MAPGEO 2004. Através desse sistema, os usuários podem obter a ondulação geoidal (N) em um ponto, e/ou conjunto de pontos, referida aos sistemas SIRGAS2000 e SAD69.

Para converter a altitude elipsoidal (h), obtida através de GPS, em altitude ortométrica (H), utiliza-se a equação de acordo com a Figura 70(8):

$$H = h - N$$

Onde: N é a altura (ou ondulação) geoidal fornecida pelo programa, dentro da convenção que considera o geóide acima do elipsóide se a altura geoidal tiver valor positivo e abaixo em caso contrário.

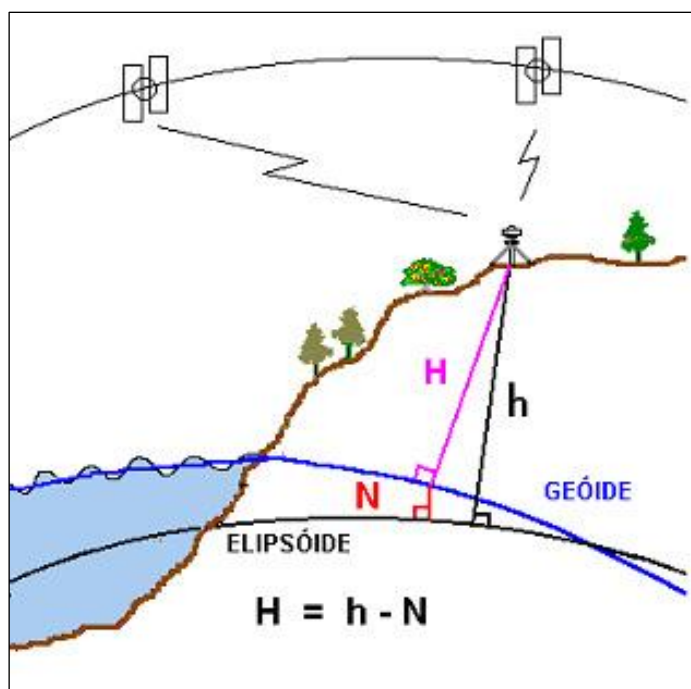


Figura 70(8) - Relações entre as três superfícies usadas em geodésia.

8.2. Resultados

Os resultados obtidos a partir dos levantamentos de campo, processamento dos dados e sua interpretação, definiu a Cartografia da Linha de Preamar máxima atual em todo o litoral da área de estudo (PE), locada em base cartográfica na escala de 1:50.000.

O referido trabalho foi bastante positivo quando evidenciou as dificuldades inerentes a este tipo de levantamento, no que diz respeito a falta total de referências de nível (RN) de primeira ordem (IBGE) ao longo de toda faixa litorânea do litoral Sul de Pernambuco.

A linha de preamar máxima atual estabelecida, em função dos indicadores utilizados, revelou um litoral ainda bem preservado com 68% de escarpa de berma, 30% com construções de vários tipos, na sua maioria muros de contenção e apenas 2% com vegetação, podendo ser observado na Figura 71(8).

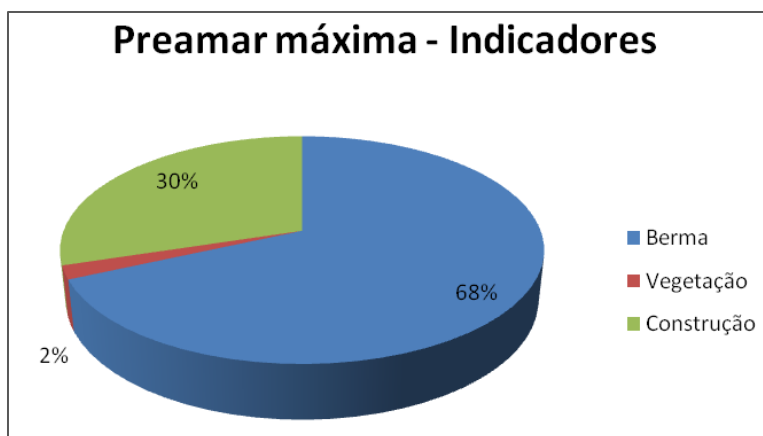


Figura 71(8)- Distribuição dos indicadores de preamar máxima da área.

A área com maior percentual de obras costeiras, muros, quebra mares entre outras, estão concentrados entre as praias de Porto de Galinhas e Toquinho entre as coordenadas 279579,67 mN /9058632,74 mE (início da área com maior números de intervenções) e 275801,46 mN /9051295,19 mE (fim da referida área), conforme mostra a Figura 72(8).



Figura 72(8) - Mostrando área de maior ocorrência de obras de proteção costeira.

CAPÍTULO IX - ÁREA NÃO EDIFICANTE

9.1. Introdução

A importância das Zonas Costeiras enquanto local de interação dos fatores físicos, ambientais e humanos justifica a necessidade de se conservar essa parcela territorial. Neste sentido, delimitar essas áreas objetivando nortear, controlar e limitar as atividades que possam impactar negativamente nesse ambiente é fundamental.

As zonas costeiras abaixo de 10m de altitude (acima do nível do mar), contém cerca 10% da população do mundo (MCGRANAHAN *et al.* 2007). Não surpreende, portanto, que o impacto potencial do aumento da elevação relativa do nível do mar neste século, tornou-se uma das principais questões ambientais das duas últimas décadas em todo o mundo. No Estado de Pernambuco, 40% da população concentra-se nesta zona.

Face a esta superpopulação na zona costeira de Pernambuco, com uma pressão antrópica de 976 habitantes por km², seus problemas com a erosão marinha são bastantes elevados, principalmente na Zona Metropolitana do Recife, que abrange os municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista. Grandes investimentos para combater esse processo estão sendo dirigidos para estes municípios e caracterizam-se como sendo os maiores na área ambiental do Estado. Atualmente está sendo implantado um projeto de recuperação das praias dos municípios já citados os quais necessitaram de aproximadamente 4 milhões de toneladas de sedimentos siliciclásticos.

Todas as sociedades, em função direta deste problema ambiental, estão desenvolvendo a capacidade de adaptação para lidar com esse desafio, tentando uma melhor compreensão das causas da subida relativa do nível do mar, na qual tem como consequência direta impactos econômicos com retrogradação da linha de costa e redistribuição de sedimentos, resultante da mudança ambiental global.

A Lei nº 14.258 de 23 de dezembro de 2010 que instituiu a política Estadual de Gerenciamento Costeiro para o Estado de Pernambuco, estabeleceu como área “ não edificante” os valores de 33 metros a partir da linha de preamar máxima em zona urbana e o intervalo de 33m a 100m para área não urbanizada.

Neste trabalho, para efeito de classificação dos valores de recuos obtidos, otimista e pessimista, através da utilização da Lei de Bruun $R=SLG/H$ para os setores estabelecidos, ficou definido que setores com valores abaixo de 33m consideram-se pequena retrogradação, entre 33m a 50m, média e acima de 50m grande.

O grau de vulnerabilidade a erosão marinha seguiu-se a classificação de DAL CIN & SIMEONI (1994), no qual se estabelece três graus de vulnerabilidade:

- 1.BAIXO – praia bem desenvolvida, sem obras de contenção;
- 2.MÉDIO – frágil estabilidade, com obras de fixação na área de pós-praia;
- 3.ALTO – praia reduzida, sem área de pós praia, forte presença de obras de proteção costeira e ocupação desordenada.

Segundo a Prof^a.Dra. Luciana Esteves, da Escola de Geografia da Universidade de Plymouth UK, em sua apresentação no Simpósio Nacional sobre Vulnerabilidade Costeira em Porto de Galinhas entre os dias 13 e 15 de Maio de 2013, a Regra de Bruun é usada mundialmente (algumas vezes por demais indiscriminadamente) como meio de estimar futuras posições da linha de costa levando-se em consideração elevações do nível do mar. A regra é de fácil compreensão e uso, se tornando atraente para os gestores e também pesquisadores, embora muitas vezes as suas limitações sejam esquecidas.

MUEHE (2004), considera que pode-se ter respostas diferenciadas para uma futura elevação do nível do mar, de acordo com as características geomorfológicas e litológicas da área de acordo com a Tabela 6.

Dados geológicos indicam que, nos últimos 6.000 anos, o nível do mar subiu em média, 0,5 a 1,0mm/ano. Já nos últimos 3.000 anos, o nível do mar aumentou de uma maneira mais lenta, em média de 0,1 a 0,2mm/ano (DOMINGUEZ, 2002).

As medidas sistemáticas do nível do mar no Brasil se iniciaram em 1905, pelas autoridades do Porto do Rio de Janeiro e, atualmente, se encontram sob a administração da Diretoria Nacional de Portos e Vias Navegáveis (DNPVN). Outros locais do espaço geográfico costeiro têm estações permanentes de medições maregráficas que são mantidas pela Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil e pelo Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo (IOUSP).

Tabela 6 - Respostas de feições costeiras a elevação do nível do mar. Fonte: MUEHE, 2004.

TIPO DE COSTA	RESPOSTA
Costa rochosa	Ausência de retrogradação
Falésia erodível	Erosão
Praia arenosa	Erosão
Praia de seixos	Erosão
Litoral lamoso	Erosão ou inundação
Costa baixa	Inundação
Litoral pantanoso	Inundação
Manguezais	Inundação
Atol de coral	Inundação

De acordo com pesquisadores e Institutos de pesquisas citados abaixo (Tabela 7), há possibilidade de se estudar e monitorar o aumento do nível do mar em diversas regiões do Planeta. Na tabela abaixo se encontram valores de elevação do nível do mar medidos por alguns autores e equipamentos que apontam a elevação do nível do mar em escala quantitativa utilizados para tais estudos.

Tabela 7 - Dados de aumento do NMM

Pesquisador	ENM (mm/ano)	ENM (cm/Século)	Equipamento
MESQUITA, A. R. de	1	10	Marégrafo AOTT
Bruce Douglas	1,8	18	Não consta
IO/USP	1,1 a 4,1	11 – 41	Não consta

A. Cazenave - França	2 a 2,5	20 – 25	Topex/Poseidon
----------------------	---------	---------	----------------

Com base nas informações amplamente divulgadas em relação à elevação global do nível médio dos mares, os valores considerados para a elevação do nível do mar neste trabalho foram obtidos através do INTERGOVERNMENTAL PANNEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC – 2007), o qual aponta como cenário realístico um aumento do referido nível do mar de 0,22m e 0,50m até o ano de 2.100. A área de estudo, para efeito de retrogradação, foi subdividida em seis (06) setores que podem ser observados na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**(9), pois foi constatado diferenças significativas na altitude da costa e na largura do perfil ativo, o que influencia no recuo da linha de costa.

Para cada setor foi considerado dois cenários de situações de recuo da linha de costa, um cenário otimista e outro pessimista que serão analisados a seguir.

9.2. Hidrodinâmica

Os dados hidrodinâmicos que caracterizam o clima de ondas da área de estudo, foram obtidos pelo site do Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), através de medições por satélite e tratamento por modelagem matemática entre 2008 e 2011.

A tabela abaixo (Tabela 8) mostra a média anual dos principais parâmetros hidrodinâmicos.

Tabela 8 - Parâmetros hidrodinâmicos pesquisados entre 2008 e 2011

Parâmetros	Ano 2008	Ano 2009	Ano 2010	Ano 2011
H_s (m)	1.71	1.46	1.67	1.52
T (s)	6.90	6.41	6.84	6.62
Σ	0.37	0.23	0.28	0.25

H_s = altura média anual das ondas significativas.

T = período médio das ondas significativas.

σ = desvio padrão anual médio das ondas significativas.

A altura média das ondas significativas observada na tabela acima, foi utilizada como parâmetro para o cálculo da profundidade de fechamento – limite litorâneo.

9.3. Profundidade de Fechamento

A profundidade de fechamento (limite litorâneo = $d1$), é a profundidade onde variações significativas da topografia de fundo representam a variação sedimentar, ou seja, é a profundidade limite do movimento dos sedimentos do fundo marinho, por ação das ondas de acordo com a Figura 73(9). Essa ação das ondas faz com que haja um movimento oscilatório da água, produzindo o retrabalhamento do fundo.

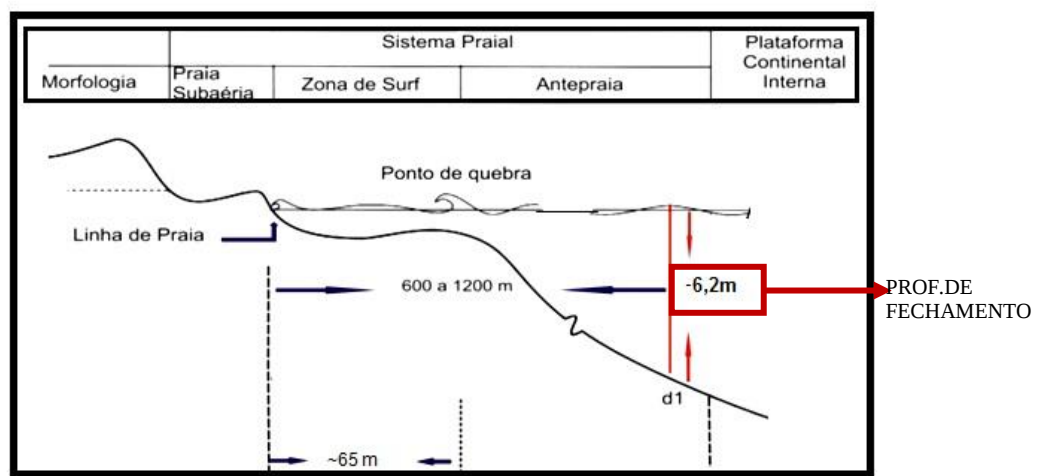


Figura 73(9) – Perfil esquemático adaptado de Short (1999) com posicionamento do limite litorâneo ($d1$).

HALLERMEIER (1981), determinou a profundidade de fechamento do perfil de praia, em fundos arenosos à partir do clima de ondas, através da equação empírica:

$$d1 = 2HS + 11\sigma$$

Onde:

$d1$ = Profundidade de fechamento do perfil (limite litorâneo da área), aproximadamente a metade da profundidade distal da antepraia. Calculado a partir de 1 ano de observações de altura de onda.

Hs = Altura média anual das ondas significativas e

σ = Desvio padrão anual médio da ondas significativas

A Tabela 09 mostra a profundidade de fechamento calculada para a área de estudo.

Tabela 9 - Profundidade de fechamento - Limite litorâneo / d1.

Período	Parâmetros		Profundidade de fechamento
	H_s	Σ	
2008 a 2011	1,59	0,28	6,2

9.4. Cálculo da Retrogradação

O estabelecimento da faixa de segurança (zona não edificante) para praias arenosas, considerando simplesmente os efeitos decorrentes da elevação do nível médio do mar, pode ser

feito utilizando a equação matemática $R = \frac{SLG}{H}$, Lei de Bruun(1962), onde :

R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m) ;

S = elevação do nível do mar (m) ;

L = largura do perfil ativo (L (m)) final, obtida medindo-se a distância entre a elevação máxima do perfil ativo (altitude da linha de costa) e a profundidade de fechamento (dl,) anual de Birkemeier (1985) – Medida no mapa batimétrico .

H = altura do perfil ativo (m) - Somatório da feição emersa ativa na área (duna frontal) com a profundidade de fechamento calculada. (h+ d1)

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo.

Segundo informações do Prof. Dieter Muehe da UFRJ, o G da equação de retrogradação representa o volume de sedimento liberado por efeito da erosão e mantido no perfil. Pelas dificuldades de avaliação, este volume não é considerado.

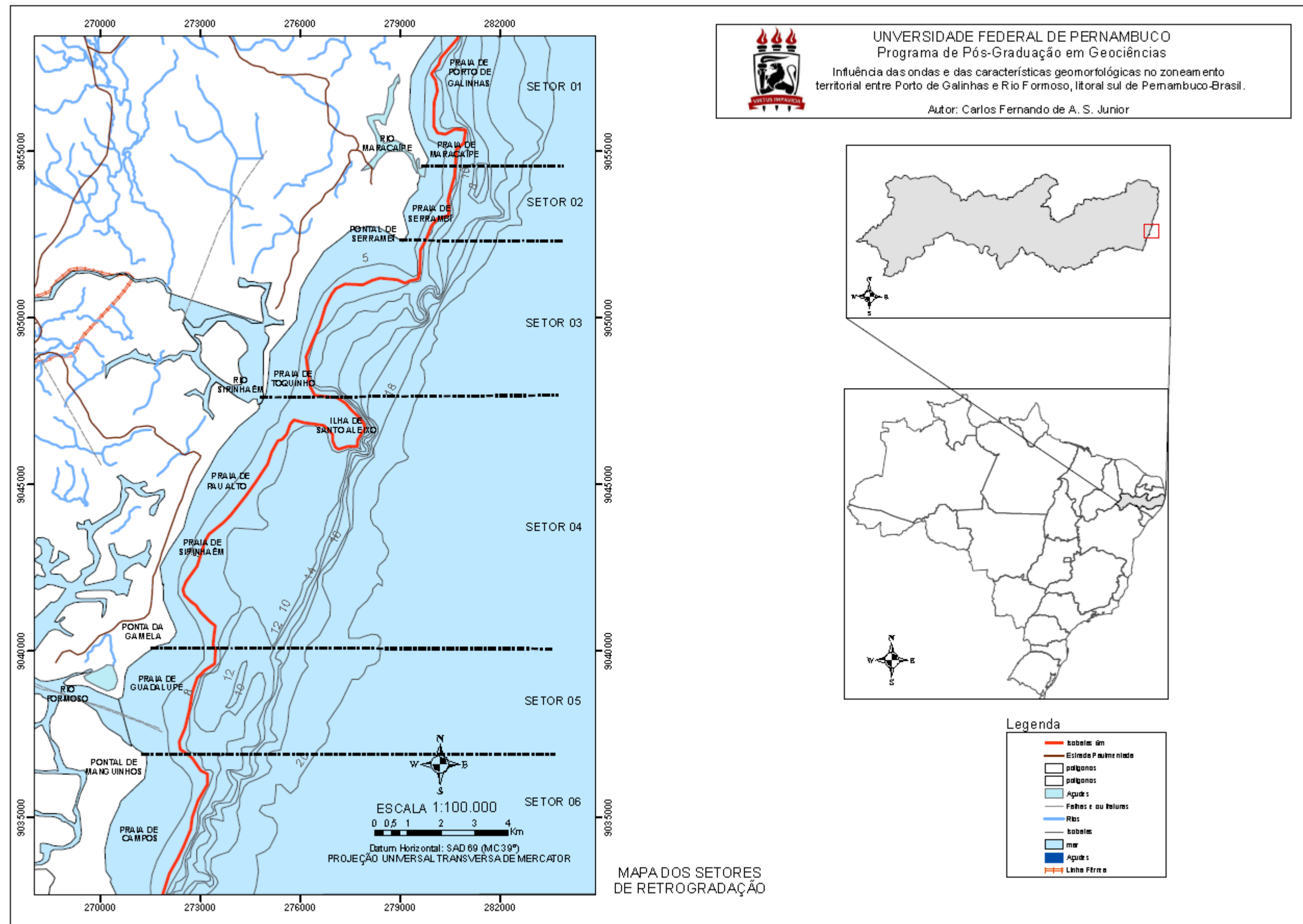


Figura 74 (9) - Mapa de setores de retrogradação

Setor 1 - Localiza-se entre Porto de Galinhas e o Pontal de Maracaípe, limitado pelas coordenadas (9059865mN, 279478mE) e (9055404mN, 279488mE), de acordo com a Figura 75(9).

Possui extensão de aproximadamente 4,5 Km e uma altitude média de 9 metros, tem a forma de uma baía aberta, exceto nas suas extremidades, onde são protegidos por linhas de Recifes de Corais e essas linhas dissipam parte da energia das ondas incidentes e por isso são consideradas como proteção natural para as praias. Cálculo de retrogradação setor 1:

Lei de Bruun $R = \frac{SLG}{H}$ (1962) , onde :

R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m) ;

S = elevação do nível do mar (m) ;

L = largura do perfil ativo (L (m);

H = altura do perfil ativo (m);

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo (não calculado).

Dados:

S1 = 0,22m S2 = 0,50m

L= 800m

G= 1

H = 9 e d1 = 6,2

PARA S ₁ = 0,22	PARA S ₂ = 0,50
$R = \frac{0,22 \times 800 \times 1}{9 + 6,2} = 11,57m$	$R = \frac{0,50 \times 800 \times 1}{9 + 6,2} = 26,30m$

Este setor se caracteriza por apresentar uma pequena retrogradação. No cenário otimista e pessimista o cálculo apresentou uma retrogradação de 11,57m e 26,30m respectivamente, o que demonstra que a aplicação da legislação atual, cujo valor de recuo é de 33m atende a preservação das praias desse setor.

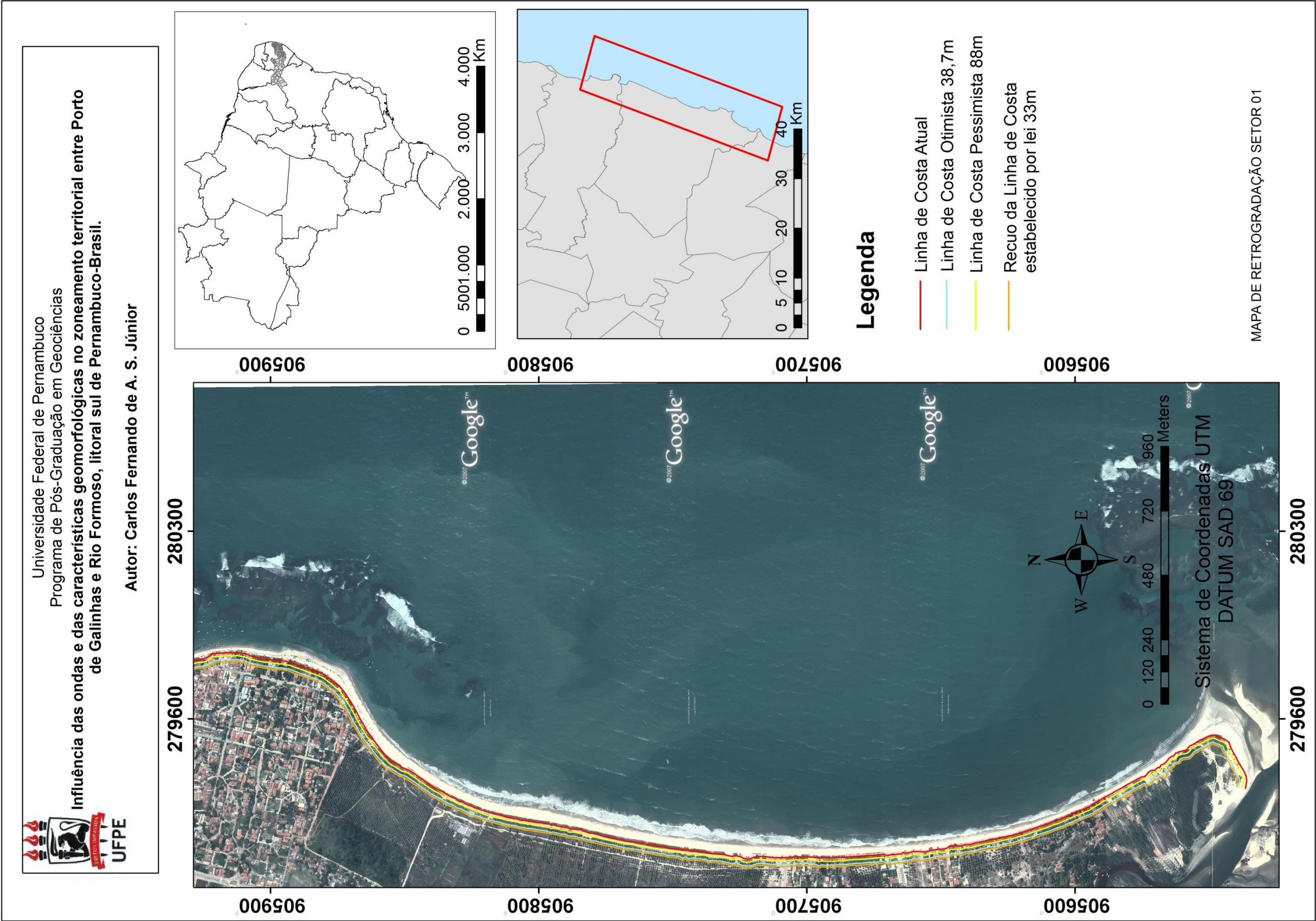


Figura 75 (9) - Mapa de retrogradação do setor 1. Fonte: <http://maps.google.com>.

É importante ressaltar que, apesar desse setor estar protegido pelos recifes de corais, em suas extremidades apresentam áreas pontuais de erosão, causadas principalmente pelo avanço da urbanização na faixa de 33m estabelecida por lei registradas na Figura 76(9) e Figura 77(9).

Assim, conclui-se que para o setor 1, a aplicação da legislação atual é eficaz na preservação da praia. Apenas, recomenda-se que a urbanização no local respeite a faixa de 33m estabelecida por lei.



Figura 76(9) - Erosão costeira em Porto de Galinhas.



Figura 77(9) - Processo erosivo no setor de praia e ocupação de área não edificante no Pontal de Maracaípe.

Quanto à vulnerabilidade podemos classificá-la, conforme critérios estabelecidos anteriormente como sendo de alta vulnerabilidade nas suas extremidades (norte e Sul), em função da impermeabilização do pós-praia através de uma urbanização desordenada e na parte central deste setor, como de vulnerabilidade baixa devido a existência de praia bem desenvolvida e sem obras de proteção costeira.

Setor 2 – Localiza-se entre o Pontal de Maracaípe e o Pontal de Serrambi limitado pelas coordenadas (9055404mN, 279488mE) e (9.052740mN, 2778962mE), possui uma extensão de aproximadamente 2,8km e uma altitude média de 5 metros (Figura 78(9)).

Lei de Bruun $R = \frac{SLG}{H}$ (1962) , onde :

R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m) ;

S = elevação do nível do mar (m) ;

L = largura do perfil ativo (L (m);

H = altura do perfil ativo (m);

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo (não calculado).

Cálculo de retrogradação Setor 2:

Dados:

S1 = 0,22m S2 = 0,50m

L= 1000m

G= 1

H = 5m e d1 = 6,2m

PARA $S_1 = 0,22$	PARA $S_2 = 0,50$
$R = \frac{0,22 \times 1.000 \times 1}{5 + 6,2} = 19,60m$	$R = \frac{0,50 \times 1.000 \times 1}{5 + 6,2} = 44,60m$

Este setor apresenta forma de uma pequena baía, onde na sua parte central encontra-se a Praia de Enseadinha. Na plataforma interna deste setor, ocorrem recifes algálico e de arenito, que diminuem parte da energia das ondas, funcionando como proteção natural da praia.

Este setor apresenta pequena e média retrogradação. No cenário otimista o cálculo apresentou retrogradação de 19,6m, confirmando a eficácia da aplicação do recuo, recomendado por Lei, da ordem de 33m, e esta medida atende a preservação da praia.

Para o cenário pessimista, a retrogradação foi de 44,6m. Neste caso, a recomendação legal em deixar área não edificante de 33m, a partir da linha de preamar máxima, não seria eficaz na proteção da praia. Para este cenário a praia em questão estaria sujeita ao processo de erosão marinha.

Para o setor 2 chega-se a conclusão que a praia esta protegida apenas se for considerado o cenário otimista, contudo para o cenário pessimista a praia encontra-se em risco de sofrer erosão.

Quanto à vulnerabilidade podemos classificá-la, conforme critérios estabelecidos anteriormente como sendo de alta vulnerabilidade na sua parte central, na praia de enseadinha, com várias intervenções – pequenos espigões. Nas suas extremidades (norte e Sul) em função da baixa urbanização da pós-praia e consequentemente com praias bem desenvolvidas (apresentando todos os sub-ambientes praias - pós-praia, praia e antepraia), esta área do referido setor é considerada de vulnerabilidade baixa.

Setor 3 – Limita-se a Norte com o Pontal de Serrambí e a Sul com a margem direita do Rio Sirinhaém, entre as coordenadas (9052740mN, 278962mE) e (9048071mN, 274738mE), numa extensão aproximada de 4,75km e uma altitude de 5 metros (Figura 79 (9)).

É formado pelas praias de Toquinho, Pau Alto, Toco Grande, Cacimbas e Ponta de Serrambí e é composto de duas pequenas baías, a correspondente ao Pontal de Toquinho, formada pelas praias de Pau Alto, Toco Grande, Cacimbas e Serrambí.

Lei de Bruun $R = \frac{SLG}{H}$ (1962) , onde :

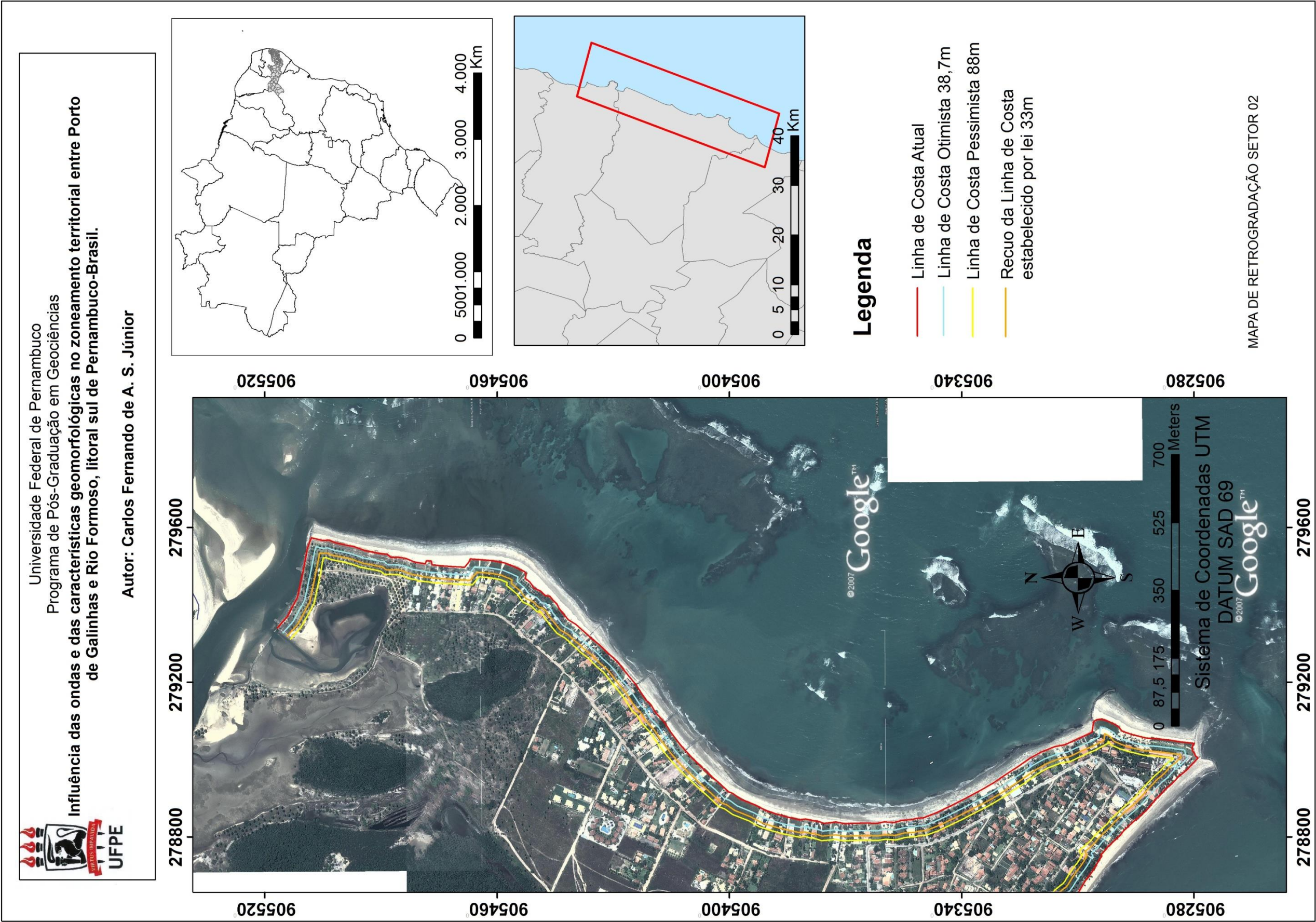
R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m) ;

S = elevação do nível do mar (m) ;

L = largura do perfil ativo (L (m));

H = altura do perfil ativo (m);

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo (não calculado).



Cálculo de retrogradação Setor 3:

Dados:

S1 = 0,22m S2 = 0,50m

L= 1250m

G= 1

H = 5m e d1 = 6,2m

PARA S ₁ = 0,22	PARA S ₂ = 0,50
R = $\frac{0,22 \times 1.250 \times 1}{5 + 6,2} = 24,50\text{m}$	R = $\frac{0,50 \times 1.250 \times 1}{5 + 6,2} = 55,00\text{m}$

Este setor se caracteriza por apresentar retrogradação mediana a grande. No cenário otimista o cálculo apresentou retrogradação de 24,50m, o que demonstra que a aplicação da legislação atual, cujo valor de recuo é de 33m atenderia a preservação da praia.

O cenário pessimista apresentou retrogradação de 55,80m, demonstrando a fragilidade da legislação em relação a praia em questão. Os 33m de recuo exigidos por lei são insuficientes para garantir a proteção da praia. Esse resultado demonstra que os aspectos regionais, próprios de cada praia devem ser considerados, ao se pensar em legislação para proteção do litoral.

Assim, conclui-se que para o setor 3, a aplicação da legislação atual só é eficaz na preservação da praia no cenário otimista, no cenário pessimista a praia se encontra em risco.

Quanto à vulnerabilidade podemos classificá-la, como de baixa vulnerabilidade na sua parte norte (pontal de Serrambí), na parte central em função da existência das rochas de praia e pouca urbanização, podemos considerar de média vulnerabilidade e a sul deste setor uma alta vulnerabilidade em função direta da alta urbanização na praia, com a existência de pequenas e constantes obras de proteção costeira, inclusive com enrocamento aderente fixando o Pontal de Toquinho.

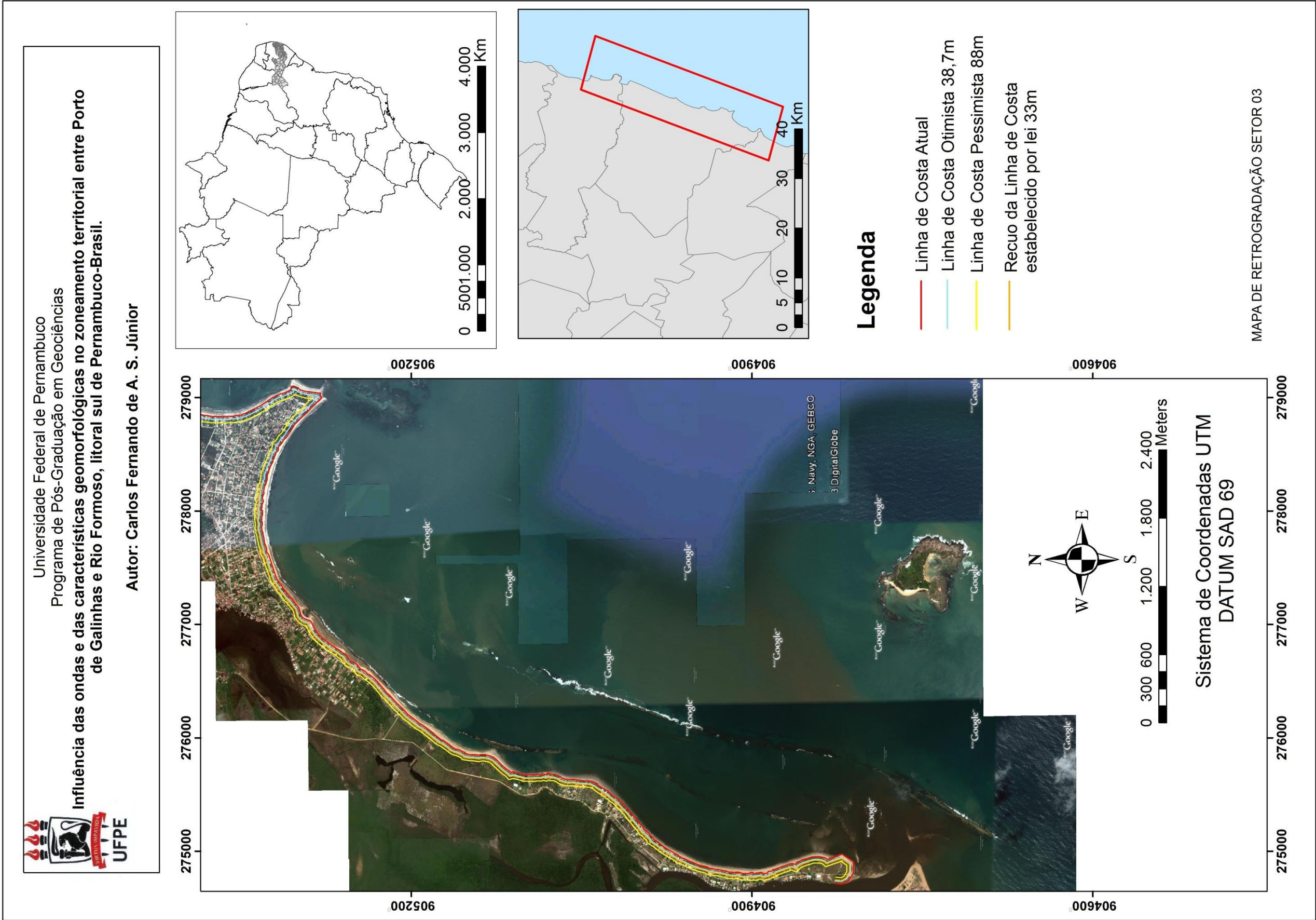


Figura 79 (9) - Mapa de retrogradação do setor 3. Fonte: <http://maps.google.com>.

Setor 4 – Situado entre as praias de Sirinhaém e Guadalupe, limitado pelas coordenadas (9048066mN, 274379mE) e (9040419mN, 271403mE). Apresenta uma altitude de 8 m, sendo a área de maior extensão dentre as estudadas, possuindo aproximadamente 7,65km de extensão (Figura 80(9)).

É formado por uma baía aberta mais ou menos retilínea, formando um tómbolo a seu limite Sul, devido aos recifes encontrados em sua plataforma interna.

Lei de Bruun $R = \frac{SLG}{H}$ (1962) , onde :

R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m) ;

S = elevação do nível do mar (m) ;

L = largura do perfil ativo (L (m);

H = altura do perfil ativo (m);

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo (não calculado).

Cálculo de retrogradação Setor 4:

Dados:

S1 = 0,22m S2 = 0,50m

L= 1250m

G= 1

H = 8m e d1 = 6,2m

PARA S = 0,22	PARA S = 0,50
$R = \frac{0,22 \times 1.250 \times 1}{8 + 6,2} = 19,40m$	$R = \frac{0,50 \times 1.250 \times 1}{8 + 6,2} = 44,00m$

O setor caracteriza-se por apresentar retrogradação de pequena e média ordem. O cenário otimista apresentou retrogradação de 19,4m, afirmando a eficácia da aplicação do recuo de 33m recomendado por lei.

O cenário pessimista apresentou retrogradação de 44,0m, recuo acima do estipulado por lei, 33m, medida esta que alerta para o risco que a praia corre.

Para o setor 4 conclui-se que a praia só esta protegida se for considerado o cenário otimista, mas para o cenário pessimista a praia encontra-se em risco de sofrer erosão.

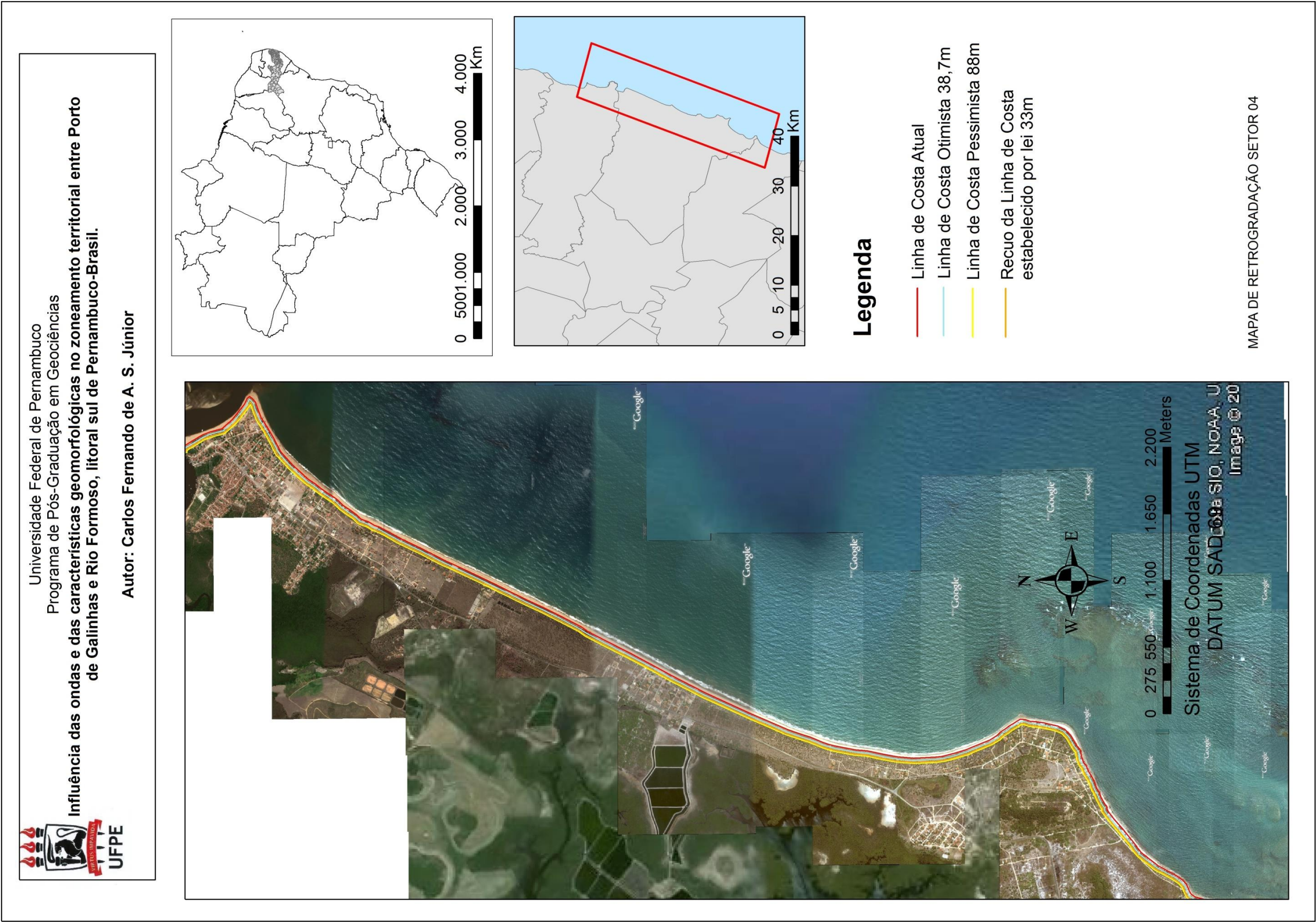


Figura 80 (9) - Mapa de retrogradação do setor 4. Fonte: <http://maps.google.com>.

Este setor classifica-se em 90% como de baixa vulnerabilidade, devido à pouca urbanização e uma praia bem desenvolvida com todos os seus sub-ambientes praias (pós-praia, praia e antepraia), apresentando pequenos pontos com ocupação na pós-praia.

Setor 5 – Limita-se a Norte com a Praia de Guadalupe e a Sul com a Ponta de Manguinhos entre as coordenadas (9040419mN, 271403mE) e (9036593mN, 271211mE), compreendendo uma extensão de aproximadamente 3,1km e uma altitude de 11 metros(Figura 81(9)).

Esse setor caracteriza-se por apresentar dificuldade de circulação e transporte de sedimentos longitudinal e consequentemente, acúmulo de sedimentos na plataforma interna, próximo a desembocadura do Rio Formoso.

Lei de Bruun $R = \frac{SLG}{H}$ (1962) , onde :

R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m) ;

S = elevação do nível do mar (m) ;

L = largura do perfil ativo (L (m);

H = altura do perfil ativo (m);

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo (não calculado).

Cálculo de retrogradação Setor 5:

Dados:

S1 = 0,22m S2 = 0,50m

L= 2000m

G= 1

H = 11m e d1 = 6,2m

PARA $S_1 = 0,22$	PARA $S_2 = 0,50$
$R = \frac{0,22 \times 2.000 \times 1}{11 + 6,2} = 25,60m$	$R = \frac{0,50 \times 2.000 \times 1}{11 + 6,2} = 58,00m$

O cálculo de retrogradação para o cenário otimista foi de 25,6m e para o cenário pessimista de 58m, assim os resultados indicam de média a grande retrogradação nesse setor.

O cenário otimista informa que a praia esta protegida se atender a legislação em vigor que indica recuo de 33m, porém o cenário pessimista identifica que a praia esta em risco, pois

demonstra que os 33m de recuo estipulados por lei é insuficiente para garantir a preservação da mesma.

Conclui-se que o setor 5 sofre grande risco de erosão, apenas no cenário pessimista. Quanto à vulnerabilidade, este setor encontra-se do seu extremo norte à parte central com baixo grau de vulnerabilidade, com pouca urbanização e praias bem desenvolvidas, já da parte central ao extremo sul podemos classificá-la como de alta vulnerabilidade, com intervenções antrópicas do tipo pequenos espigões e muros de proteção, principalmente na sua parte central.

Setor 6 – Este setor limita-se ao norte com a Ponta de Maguinhos, de coordenadas (9036953mN, 270211mE), e a sul com a praia de Campos, de coordenadas (9033732mN, 270239mE). Possui uma altitude de 8 metros e uma extensão de aproximadamente de 4 Km. É formado por uma baía aberta, possuindo algumas linhas de recifes próximo a praia (Figura 82(9)).

Lei de Bruun $R = \frac{SLG}{H}$ (1962), onde :

R = recuo erosivo da linha de costa devido à elevação do nível do mar (m) ;

S = elevação do nível do mar (m) ;

L = largura do perfil ativo (L (m);

H = altura do perfil ativo (m);

G = Proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo (não calculado).

Cálculo de retrogradação setor 6:

Dados:

S1 = 0,22m S2 = 0,50m

L = 2500m

G = 1

H = 8m e d1 = 6,2m

PARA $S_1 = 0,22$	PARA $S_2 = 0,50$
$R = \frac{0,22 \times 2.500 \times 1}{8 + 6,2} = 38,70m$	$R = \frac{0,50 \times 2.500 \times 1}{8 + 6,2} = 88,00m$

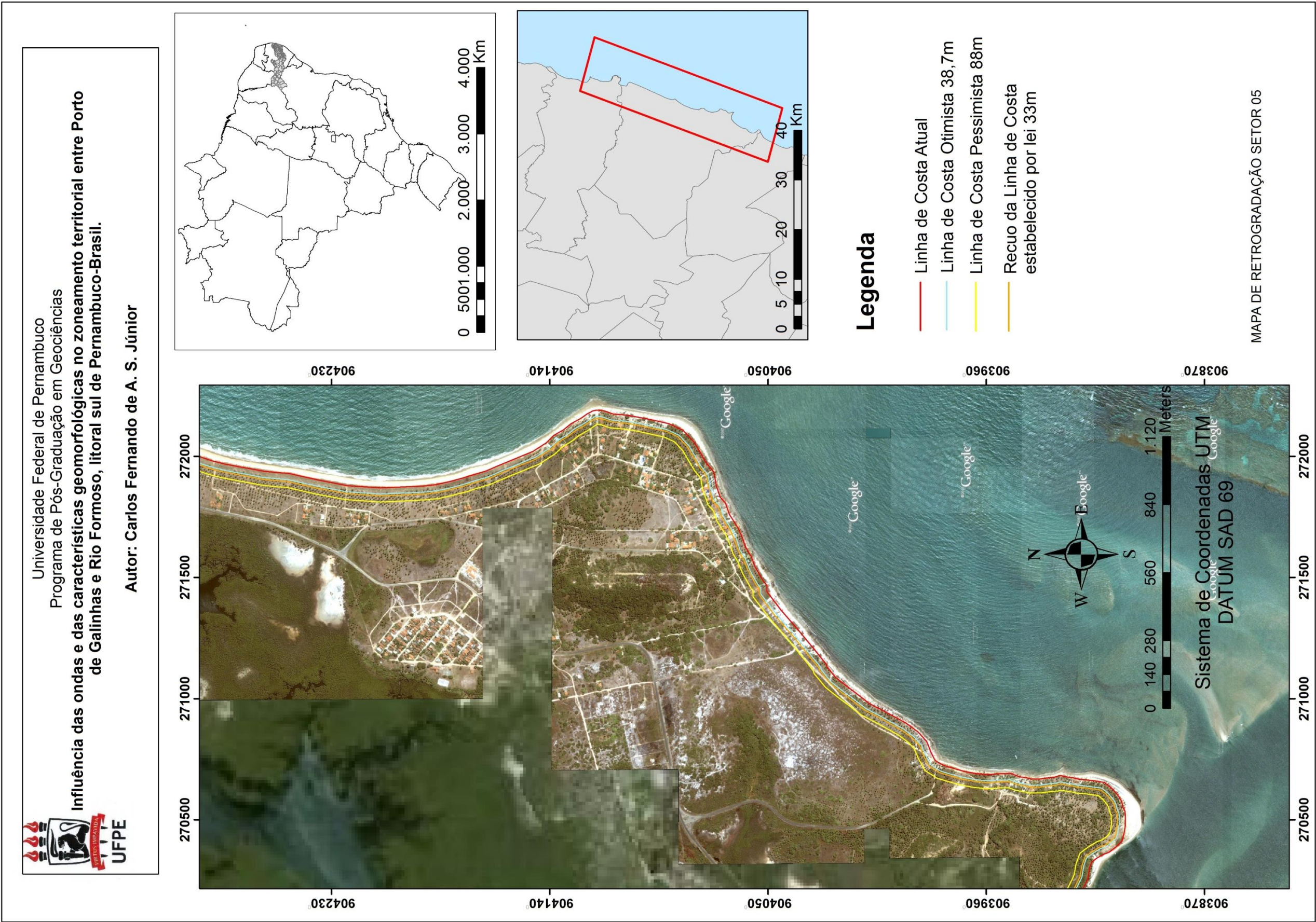


Figura 81 (9) - Mapa de retrogradação do setor 5. Fonte: <http://maps.google.com>.

O cálculo de retrogradação para o cenário otimista foi de 38,7m e para o cenário pessimista de 88m, assim os resultados indicam uma grande retrogradação nesse setor.

Ambos os cenários identificam a fragilidade da legislação em exigir 33m de recuo, pois nesse caso o valor estipulado por lei é insuficiente para garantir a preservação da praia.

Conclui-se que o setor 6 sofre grande risco de erosão, evidenciando a fragilidade da praia.

Classificamos este setor como da baixa vulnerabilidade devido a pouca interferência antrópica, (com pouca urbanização e sem obras de proteção costeira).

9.4.1 – Síntese da Retrogradação

Após observar as particularidades (geológicas, morfológicas, de profundidade de fechamento etc.) de cada setor e relacioná-las com os resultados de retrogradação nos cenários otimistas e pessimistas notou-se a importância do estudo regional, e da caracterização de cada praia como parâmetro para estipular mecanismos de preservação dessas áreas, ambientalmente frágeis e estratégicas.

Considerando as retrogradações otimistas, isto é, aumento do nível relativo do mar em 0,22 m para um período de 100 anos, constata-se que 90% dos setores estão abaixo dos 33m estabelecidos por lei, o que demonstra que estes litorais estão em segurança na sua estabilidade.

Os valores obtidos com a retrogradação pessimista (0,50 para 100 anos) 90% dos setores estão em instabilidade dos seus litorais.

Na atualidade a retrogradação otimista é a mais utilizada, em função das observações da variação do nível relativo do mar em andamento.

Os dados necessários para o cálculo de retrogradação da linha de costa a partir da Lei de Bruun, e os valores de retrogradação obtidos por setores estão em uma tabela no apêndice.

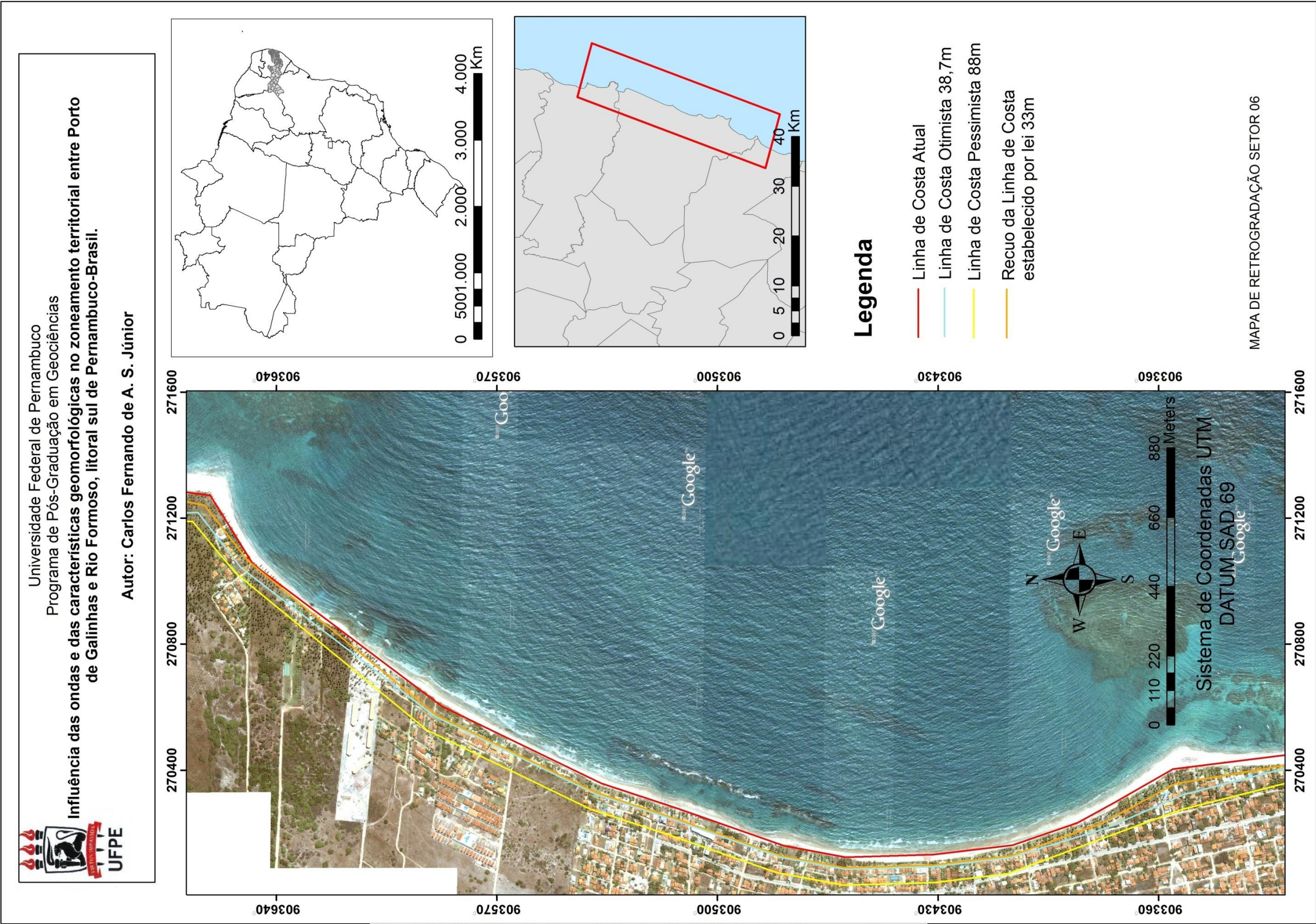


Figura 82 (9) - Mapa de retrogradação do setor 6. Fonte: <http://maps.google.com>.

9.4.2 - Situação do litoral atual

Considerando os recuos otimistas determinados pela Lei de Brunn, os resultados podem ser observados na Tabela 10.

TABELA 10: Situação atual das áreas analisadas.

Setor	Recuo Otimista(m)	A.Total (m ²)	Área Ocup.(m ²)	% Área Ocupada	Risco à erosão
1	11.57	52.000	15.585	30	2
2	19.60	55.800	46.314	83	4
3	24.50.	116.37 5	52.062	45	2
4	19.40	148.41 0	19.070	10	1
5	25.60	79.360	14.720	18	1
6	38.70	154.80 0	84.360	55	2

Classificação do Risco Ambiental

- (1) 0 – 20% = Baixo Risco Ambiental c/monitoramento preventivo anual do TOU .
- (2) 20-40% = Médio risco ambiental c/monitoramento da TOU semestral c/possibilidade de desocupação do setor.
- (3) 40 – 80% =Alto risco ambiental c/monitoramento da TOU mensal e implantação de legislação ambiental específica para uso do solo
- (4) 80 – 100% = Risco ambiental total c/ implantação de uma ZPA (Zona de Preservação Ambiental).

TOU = Taxa de Ocupação Urbana

CAPÍTULO X – CONCLUSÕES

A presente pesquisa foi realizada entre Porto de Galinhas e Rio Formoso, litoral Sul de Pernambuco e abrange parte dos municípios de Ipojuca, Sirinhaém e Rio Formoso. Os diversos métodos de pesquisa utilizados neste trabalho, contribuíram para o conhecimento sedimentológico e morfológico da plataforma continental adjacente, na definição de uma linha de preamar máxima, na determinação de um limite litorâneo, além de fornecer subsídios para futuros trabalhos na zona costeira da área estudada.

O levantamento sedimentológico da plataforma continental interna da área mostrou que, do ponto de vista textural, a fácies areia à areia cascalhosa, atapeta quase toda a área até seu limite externo, a isóbata de -20m. A plataforma continental interna da área, possui uma sedimentação predominantemente terrígena com aporte carbonático significativo, onde o material bioclástico é formado predominantemente por fragmentos de algas. Sedimentos relíquias e palimpséticos ocupam a maior parte da área, enquanto que os sedimentos modernos se restringem à foz do Rio Maracaípe, registrando depressões associadas aos recifes de arenitos e algálicos da região sul da área.

Quanto à definição da linha de preamar máxima atual, substituindo a estabelecida em 1831, foi de suma importância, para que a partir dela, possamos estabelecer para toda linha de costa da área estudada, o disciplinamento do uso do solo, com definição de faixas de recuo adequadas para cada setor estudado.

Conclui-se parcialmente que ao se estabelecer uma área não edificante, a partir de parâmetros regionais e considerando o aumento do nível do mar, coopera positivamente para a proteção da zona costeira.

O estudo de áreas pertencentes à zona costeira implica em considerar o avanço do nível do mar e os efeitos da urbanização, o que justifica as pesquisas em praias arenosas que envolvam o estudo da faixa de segurança (zona não edificante), como é o caso da área de estudo.

Determinar a faixa não edificante de uma região costeira, implica em considerar os parâmetros regionais, inerentes aos trechos de praia como: a profundidade de fechamento, altitude da costa, características litológicas e morfológicas, etc; que definem diferenças significativas e que justificam a divisão da área de estudo em setores.

Assim, a área de estudo foi subdividida em seis setores, que apresentaram comportamentos diversos, quando submetidos à equação matemática $R = \frac{SLG}{H}$ (Lei de Bruun , 1962).

Esses setores apresentam problemas ambientais específicos e apenas o Setor 01 está protegido pela legislação vigente, considerando os dois cenários previstos (otimista e pessimista), os demais setores apresentam-se em risco ambiental.

Quanto ao estabelecimento do grau de vulnerabilidade à erosão costeira, levando em consideração a classificação de DAL CIN & SIMEONI (1994), os setores 4 e 6 foram classificados em geral como de baixa vulnerabilidade, devido a pouca urbanização e praias bem desenvolvidas. Já os setores 1, 2, 3 e 4 são classificados em parte como de alta vulnerabilidade em função da ocupação desordenada e das obras de proteção costeira.

Assim, conclui-se que as áreas costeiras tem sua preservação ambiental vinculada a restrição urbana e preservação da área de transição do mar com o continente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F.F.M.; HASUI, Y; BRITO NEVES, B.B.; FUCK, R.A. 1977. **Províncias estruturais brasileiras**. In; SBG/Núcleo Nordeste, Simp. Geol. NE, 8, Campina Grande, Atas, p. 363-391.

AMARAL, A J. R.; MENOR, E A. (1979). **A Sequência Vulcano-Sedimentar Cretácea da Região de Suape (PE): interpretação faciológica e considerações metalogenéticas**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9, 1979, Natal. Atas...Natal. SBG. p. 251-269.

AMARAL, R. F.; LIMA, A. F.; ASSIS, H. M. B. & MANSO, V. A. V., 1990. **Estudo do comportamento atual da linha de costa entre as desembocaduras do rio Timbó e do canal de Santa Cruz - Paulista**. In: Congresso Brasileiro Geologia, 36. Natal, 1990, Anais... Natal, SBG. v. 2, p. 676-689.

ANDRADE, G. O. 1955. Itamaracá. **Contribuições para o estudo geomorfológico da costa de Pernambuco**. Imprensa Oficial, Recife, 84p.

APAC, 2013. **Boletim de informações climáticas dos meses de dezembro de 2013**. Ano III, Recife, número 12.

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. 91p. Dissertação de Mestrado.

ASSIS, H. M. B., 2007. **Influência da hidrodinâmica das ondas no zoneamento litorâneo e na faixa costeira emersa, entre Olinda e Porto de Galinhas, Pernambuco**. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. 131p. Tese de Doutorado.

BARBOSA, L.M.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L. 1986b. **Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado de Alagoas**. In: DANTAS, J.R.A. & SOUZA, E.P. eds., *Mapa Geológico do Estado de Alagoas - 1/250.000*. DGM/DNPM.

BATES, R. & JACKSON, J.A. **Glossary of Geology**, 3rd edition. McGraw-Hill Book Company, 788 p., 1987.

BEURLIN, K. (1961) **Paleogeographische Entwicklung des Sudatlantischen Ozeans**. Acta Leopoldina, NF 24, n. 154:36p.

BEZERRA, F.H.R., LIMA FILHO, F. P., AMARAL, R.F., CALDAS, L.H., COSTA NETO, L.X. 1997. **Late Quaternary Coastal Tectonics and Sea-level Changes on a Continental Margin, Rio Grande do Norte State, Brazil**. Late Quaternary Coastal Tectonics Meeting, INQUA e Geol. Soc. London. Londres, Inglaterra, p.9.

BIGARELLA, J.J. & A. B. SABER, A. N. 1964. **Paleogeographische und paleoklimatische aspekte des kanuzikuns in sudbrazilien.** Zeistish. Germorph., Berlin. NF. 8, p. 286-312.

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

BIGARELLA, J. J.; ANDRADE, G., 1964. **Considerações sobre a estratigrafia dos sedimentos cenozóicos em Pernambuco (grupo Barreiras).** Arquivos do Instiuto de Ciências da terra. Recife. N. 2, p. 2-14, 1964.

BIRKEMEIER ,W.A, 1985. **Field data on the seaward limit of profile change.** Journal of waterway, Port , Costal and Ocean Engeneering, 111 pp.592-602.

BITENCOURT, A. C. S.P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G. S. FLEXOR, J. M. 1979. **Quaternary marine formations of the costa of the state of bahia (Brazil).**In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE A EVOLUÇÃO COSTEIRA NO QUATERNÁRIO, São Paulo. 1979. Atas...São Paulo. p. 232-253.

BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L.; VILAS BOAS, G.S.; FLEXOR, J.M. 1979a. **The marine formations of the coast of the State of Bahia.** In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY, 1, São Paulo, 1978, Proceedings, São Paulo, IGCP,Project 61, p.232-253.

BITENCOURT, A.C.S.P., MARTIN, L., DOMINGUES, J.M.L E FERREIRA, Y.A. 1983.**Evolução paleogeográfica quaternária da costa do estado de Sergipe e da costa sul do estado de Alagoas.** Ver.Bras.Geoc., 13:93-97.

BORBA, G.S. 1975. **Rochas vulcânicas da faixa costeira sul de Pernambuco. "Aspectos petrográficos e geoquímicos".** Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 134p

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

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente – Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. **Projeto Orla: Manual de Gestão.** Brasília, 2006. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/estruturas/orla/_arquivos/vol1_fudamentos_jun06.pdf. Acesso em 23 de abril, 2011.

BRUNN, P. 1962. **Sea level rise as a cause of shore erosion.** Jornal Waterways and Harbor Division, 88:117-130.

CAMPOS, H.S. 1976. **Estudo das variações C13/C12 e O18/O16 em ambientes de formação de rochas de praias na ilha de Itaparica, Bahia. Salvador.** Universidade Federal da Bahia. 55p. Dissertação de Mestrado.

CARVALHO, R. R. E COUTINHO, P. N. 1979. **Evolução da área da lagoa Olho Dágua – Recife/PE**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9. Natal, 1979. Atas...Natal, SBG. P. 182-202.

CHAVES, N. S. 1991. **Mapeamento geológico do Quaternário costeiro do Estado de Pernambuco (praia de Porto de Galinhas - Praia de Guadalupe)**. Recife. 77p. Relatório de graduação. Departamento de geologia/UFPE.

CHAVES, N. S. 1996. **Beachrocks do litoral pernambucano: estudo sedimentológico e análise de isótopos estáveis**. Recife. 80p. (Dissertação de mestrado. Pós-graduação em geociências/UFPE).

CLOUD, B. e. Jr. 1952. **Preliminary report on geology and marine environment on Onotoa Atoll, Gilbert Islands**. Atoll Res. Bull., n. 12, 73p.

CPRH. 2003. **Diagnóstico Socioambiental do Litoral Sul de Pernambuco**. Recife. 87p.

COSTA, M. P. A., ALVES, E. C. , COSTA, E. A. 1991. **Sismo-estratigrafia da porção da bacia oceânica do Brasil adjacente ao platô de Pernambuco e suas relações com o platô e a bacia Pernambuco-Paraíba**. In: Congresso Internacional da Sociedade Brasileira de Geofísica, 2. Anais. Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de geofísica. V. 2.p.650-655.

CORRÊA, I.C.S. 1996. **The Sedimentology and Paleogeographic Evolution of the South Brazilian Continental Shelf during the Holocene**. In: International Conference Coastal Zone-Canadá'96. Rimouski-Canadá. Résumés/Abstracts..., p.48-49. SEDIMENTOLOGIA, PALEOGEOGRAFIA, PLATAFORMA CONTINENTAL.

COUTINHO, P.N., MANSO, V. A. V, LIMA FILHO, M.F., LIMA, A. T. O, MEDEIROS, A. B, PEDROSA, F. J. A, MARTINS, M. H. A, CHAVES, N. S, SAMPAIO, A.S., LIRA, A. R. A, MENEZES, M.O.B., BRITO, M.F.L. 1994. **Coastal Quaternary of Pernambuco, Brazil**, 14th International Sedimentological Congress, Recife, PE, D-31

COUTINHO, P. N E FARIAS, C. C. (1979). **Contribuição à origem dos recifes do nordeste**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 9, 1979, Natal (RN). Atas ... sociedade Brasileira de Geologia. 240p.

COUTINHO, P. N.; LIMA FILHO, M. F.; LIMA, A.T. O.; MARTINS, M. H. A.; PEDROSA, F.J.A.; MANSO, V. A V.; MEDEIROS, A.B.; MENEZES, M. O. B.; CHAVES, N.S.; KATER, K.; LIRA, A.R.A.; OLIVEIRA, L.A. 1993. **Análise ambiental do setor costeiro entre Recife-PE e Pitimbú-PB**. Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 45. Anais...Recife (PE). SBPC. P. 1:650.

COUTINHO, P. N . 1980. **Los manglares de la planicie costera de Recife**. In: Seminário de Estudos Científicos sobre Impacto Humano ou Ecossistema Manguezal. Cali, UNESCO. Memórias. p.160-169.

COUTINHO, P. N., 1976. **Geologia marinha da plataforma continental Alagoas-Sergipe**. Tese Livre Docência. Universidade Federal de Pernambuco, 119p.

COUTINHO, P. N.; MANSO, V.A.V.; LIMA FILHO, M.F.; LIMA, A.T.O.; MEDEIROS, A.B.; PEDROSA, F.J.A.; MARTINS, M.H.A.; CHAVES, N.S.; SAMPAIO, A.S.; LIRA, A.R.A.; MENSEZES, M.C. B.; BRITO, M.F. 1994. **Costal Quaternary os Pernambuco, Brazil**. 14th International Sedimentological Congress, Recife, abstrats, D-31.

DAL CIN, R. & SIMEONI U. 1994. **A model for determinining 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. R. 1841. **On a remarkable bar of sandstone off Pernambuco: on the coast of Brazil**. *Journal of Science*. London, london, 19: p.257-261.

DELIBRIAS, C.; LABOREL, J.1971. **Recent variations of the sea level along the Brazilian coast**. In: Congress International INQUA,8. Lex niveaux marins quaternaires, I-holocene. Proceedings. Paris, INQUA,v.XIV. p.45-49.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P. e MARTINS, L. 1992. **Controls on Quaternary coastal evolution of the east-north heastern coast Brazil: roles off sea-leavel history, trade windsan and climate**. *Sedimentary Geology*. (80): p.213-232.

DOMINGUEZ, J. M. L; BITENCOURT, A.C.S.P.; LEÃO, Z.M.S.N.; AZEVEDO, A.E.G. 1990. **Geologia do Quaternário Costeiro do estado de Pernambuco**. *Revista Brasileira de Geociências*, 20: p. 208-215.

DOMINGUEZ, J. M.L. 2002. **Erosão modifica contorno do litoral da região nordeste**. [Ciência, Tecnologia & Meio Ambiente - Agência Brasil - Radiobrás](http://www.radiobras.gov.br/ct/2002/materia_110102_2.htm). Disponível em: www.radiobras.gov.br/ct/2002/materia_110102_2.htm.

DOMINGUES, J. M. L. 2007. **Avaliação Regional do Problema da Erosão na Região Nordeste do Brasil**. Projeto de Pesquisa: Processos, Sedimentação e Problemas Ambientais na Zona Costeira. Curso de Pós-Graduação em Geologia / UFBA. 3 p.

EMERY, K.O.; COX, D.C. 1956. **Beachrock in hawaiiian island**. *Pacific science*, v. 10. p. 328-402.

FAIRBRIDGE, R.W. 1962. **World sea-level and climatic changes**. *Quaternaria*, 6:111-134.

FERREIRA, Y. A. 1969. **Recifes de arenito de Salvador, Bahia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 23. Resumos. Salvador, SBG. V. 1. p.54.

FLEXOR, J.M. & MARTIN, L. 1979. **Sur l'utilisation des gres coquilliers de la région de Salvador (Brésil) dans la reconstruction des lignes de rivage holecènes**.

FOLK, R.L. e WARD, W.C. 1957. **Brazos rives bar: A study in the significance og grain size parameters.** *Journal of Sea. Petrol.* 27: p. 3-27.

GINSBURG, R. N. 1953. **Beachrocks in south Florida.** In: J. Sediment Petrol., Tulsa, Okla v. 23, p. 85-92.

GUERRA, N. C; ARAÚJO, T. C. M; MANSO, V. A. V., 2007. **Monitoramento Ambiental Integrado – MAI: Avaliação dos processos de erosão dos municípios de Jaboatão dos Guararapes, Recife, Olinda e Paulista.**(Relatorio1), 265p.

HALLERMEIER, R.J. 1981. **A profile zonation for seasonal sand beaches from wave climate.**Coastal Engineering, Amsterdam, v. 4, p.253-277.

HAYES, M.O. 1975. **Barrier island morphology as a function of tidal and wave regime.** In: LEATHERMAN, S.P. ed. Barrier island from Gulf of St. Lawrence to the Gulf of Mexico. New York Academic Press, p. 1-27.

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

INTERGOVERNMENTAL PANNEL OF CLIMATE CHANGE – IPCC. Climate Change 2007: **The physical Science Basis. Summary for policymakers.** Report Contibution of working Group I te the Fourth Assessment of the IPCC, Paris.

JARDIM DE SÁ, E. F. 1994. A faixa Seridó (Província Borborema, NE do Brasil) e o seu significado geodinâmico na Cadeia Brasileira/Panafricana. Brasília. 804p. (tese de doutorado, Instituto de geociências da Universidade de Brasília).

KEMPF, R. 1970. **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, p. 341-344.

KOPPEN, W. 1948.**Climatologia con un estudio de los climas de la Tierra.** Version de Pedro R. Hendricles Pérez. Mexico: Fondo de Cultura Economica.

LABOREL, J. L. 1965. **Note preliminaire sur lès recifes de grés ET coraux dans Le nord-est bresilien.** Bulletin 37, n. 53, p:341-344.

LABOREL, J. L. 1967. **Lès peuplements de madreporaires des cotes tropical du Brésil.** Thèse ao 1856. Fac. Sci. Marseille. 313p.

LEÃO, Z.M.A.N.; BITENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; NOLASCO, M.C., MARTIN, L. 1985. **The effects of holocene sea level fluctuations on the morphology of Brazilian coral reefs.***Revista Brasielira de Geociências*, v. 15, n. 2, p. 154-157.

LIMA FILHO, M. F.; BRITO, M.F. L.; ARAÚJO, R. D.; MEDEIROS, A. B.; PEDROSA, F. J. A.; NÓBREGA, V. A. 1991. **Arcabouço estrutural da sub-bacia Cabo-PE**. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DO NORDESTE, 14, 1991, Recife. Atas...SBG, p.300-302.

LIMA FILHO, M. F.; ALHEIROS, M. M. 1990. **Planície do Recife: origem e características geotécnicas**. In: Simp. De Engenharia do Nordeste., 1. Recife-PE. Atas...Recife-PE, 2: p.501-518.

LIMA FILHO, M. F. 1998. **Análise estratigráfica e estrutural da Bacia Pernambuco**. Tese de Doutorado, Inst. Geociências, USP, São Paulo: 139p.

MABESOONE, J. M.; 1964. **Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (Northeastern Brazil)**. Joourn. Sedim. Petrol., 34: p.715-726

MABESOONE, J.M. & COUTINHO, P.N. 1970. **Littoral and Shallow marine geology of northern and northeastern Brazil**. Trab. I*nst. Oconogr. Univ. Fed. PE., Recife,12: p.1 – 24.

MABESOONE, J.M., (coordenador), 1987.**Revisão geológica da faixa sedimentar costeira de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte, e do seu embasamento**. Recife: UFPE/FINEP/PADCT. 60 p. Relat. Interno.

MCGRANAHAN, G. BALK D, ANDERSON B, 2007. **The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones**. Environ Urban 19(1):p.17–37.

MACÊDO, R. J. A. **Caracterização morfodinâmica e geoambiental da praia de Maracáipe, Ipojuca – PE**. Dissertação (Mestrado) 143p. – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Geociências, 2011.

MANSO, V. A. V.; COUTINHO, P. N.; LIMA, A.T. O.; MEDEIROS, A. B.; ALMEIDA, L. E. S. B.; BORBA, A. L. S.; LIRA, A. R. A. PEDROSA, F. J. A.; CHAVES, N.S.; DUARTE, R. X.; IVO, P. S, 1995. **Estudos da erosão marinha na praia da Boa Viagem**. Convênio ENLURB/FADE/LGGM – UFPE, Recife, 98p. (Relatório Técnico).

MANSO, V.A.V., 1997. **Geologia da Planície Costeira e da Plataforma Continental Interna adjacente da Região entre Porto de Galinhas e Tamandaré - Litoral Sul de Pernambuco**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de Doutorado. UFRGS. p.173.

MANSO, V. A. V. 2003. **Definição dos pontos de contorno da linha de preamar máxima atual dolitoral do município de Ipojuca – PE**. Relatório final, MMA/PNMA II - SECTMA Nº 249.

MARTIN, L; BITTENCOURT, A.C.S.P; VILAS BOAS, G.S; FLEXOR, J.M. 1980a. **Mapa geológico do Quaternário costeiro do Estado da Bahia, escala 1:250.000**. Governo do Estado da Bahia. Secretaria de Minas e Energia, 57p.

MARTIN, L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS-BOAS, G.S.; 1982. **Primeira ocorrência de corais pleistodnics da costa brasileira: Datação do máximo da penúltima transgressão.** Ciências da Terra, 3 :p. 16-17.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M. (1993) **As flutuações do nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de “deltas” brasileiros.** *Boletim IG-USP, Publicação Especial*, v. 15, p. 1-186.

MARTINS, M.H.A. 1991. **Mapeamento geológico do quaternário costeiro de Pernambuco (Àrea III-Nossa Senhora do Ò).** Relatório de graduação, UFPE, CT, Departamento de Geologia, Recife.

MEDEIROS, A. B. 1991. **Mapeamento geológico da faixa costeira a sudeste da cidade do Cabo.** Recife. Relatório de graduação. Departamento de geologia, UFPE, Recife. 70p.

MÖRNER, N.A. 1980. **Eustasy and geoid changes as a function of corelmantle changes.** In: MORNER, N.A. ed. *Earth rheology, isostasy and eustasy.* Londres, John Wiley & Sons. p. 535-553.

MORAES, L.S. 1928. **Estudos Geológicos do estado de Pernambuco.** Boletim serviço Geologia e Mineração. Brasil., DNPM. Rio de Janeiro. 32; p. 69-70.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil.** São Paulo: Hucitec: Edusp, 1999.

MUEHE, D. 2004. **Definição de limites e tipologias da orla sob os aspectos morfodinâmicos e evolutivos.** In: PROJETO Orla. Brasília. Cap. 2. P.11-30.

MUEHE, D. 2001. **Critérios Morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento.** *Revista Brasileira de Geomorfologia*, Uberlândia (MG), v. 2, n. 1, p. 35-44.

NEUMANN, V. H. M. L. 1991. **Geomorfologia e sedimentologia quaternária da area de Suape. Pernambuco-Brasil.** Recife. 95f. Dissertação de mestrado. Curso de pós-Graduação em geociências/UFPE.

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

OLIVEIRA, M. I. M. 1978. **Os recifes de Natal.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 30. Anais, recife, SBG. V.2.p.838-847.

OTTMANN, F. 1960. **Une hypothese sur l'origine des arrecifes du Nordest bréissillian.** *Comptes rendus Somaires des Seânces de lá Societé geologique.* France. P. 175-176.

PASKOFF, R. (1985). **Les litoraux - impact des aménagements sur leur évolution.** Masson, 23-92.

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

POLETTE, M.; REBOUÇAS, G. N., FILARD, A. C. L.; VIEIRA, P. F. 2006. **Rumo à gestão integrada e participativa de zonas costeiras no Brasil: percepções da comunidade científica e do terceiro setor**. *Revista de gestão Costeira Integrada*, 4:43-48. http://www.mma.gov.br/estrutura/orla_arquivos/11_041220081105o6.pdf. Acessado em: 02 de janeiro de 2010.

PORTO, R. 1981. **Panorama e perspectiva da exploração de petróleo no Brasil**. S. Tec. Petrobrás. Rio de Janeiro. 24(3): p. 165-173.

PROJETO ORLA, 2006. **Fundamentos para gestão integrada / Ministério do Meio Ambiente**, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. – Brasília: MMA. 74 p. : il. color. ; 21,5 x 27,5 cm.

ROCHA, D.E.G.A da., 1990. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil: carta geológica, carta metalogenética/previsional. Escala 1/100.000 (folha SC. 25-V-A-II – Vitória)**. Estado de Pernambuco. Brasília: DNPM/CPRM. 112p. il., 2 mapas.

RUSSEL, R. J. 1962. **Origin of beach rocks**. In: Zeit. Geomorphology., v.6, p. 1-16.

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

SWIFT, D. P. 1976. **Continental Shelf Sedimentation**. In: STANLEY, D. J.; SWIFT, D. J. P. (Ed) *Marine sediment Transport and Environmental Management*. New Cork: J. Wiley and Sons. p. 311-351. Disponível em: <http://www.amazon.co.uk/Marine-sediment-transport-environmental>. Acesso em 27 de dezembro de 2010.

SUGUIO, K.; MARTIN, L. & BITTENCOURT, A.C.S.P. 1985. Flutuações do nível do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *R. Bras. Geoc.*, 15: p. 273-286.

SUGUIO, K. & MARTIN, L. 1978. **Quaternary marine formations of the State of São Paulo and Southern Rio de Janeiro**. In: "1978 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY". 55 p. (Sp. Publ., 1).

SUMMERHAYES, C.P.; COUTINHO, P.N.; FRANÇA, A.M.C.; ELLIS, J.P. 1975. **Salvador to Fortaleza, Northeastern Brazil**. *Contr. Sedimentology*. Upper continental margin sedimentation off Brazil. Stuttgart, 4: p. 44 – 78.

TOLDO JR, E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B.; DILLENBURG, S.R.; TABAJARA, J.L.; FERREIRA, E.R. & BORGHETTI, C. 1994. **Parâmetros morfodinâmicos e deriva litorânea da Praia de Tramandaí, RS**. *Geosul*, Porto Alegre, RS. 15(1):p. 75-88.

TOLDO JR, E.E. 1997. **Macrodiagnosis of the Brazilian Coast. In: Advanced Study Course - Coastal Vulnerability: Natural and Human Dimensions.** International Centre For Coastal Resources Research, Universitat Politècnica de Catalunya, Spain. Lecture Notes., v.I/II, pg.1-7. COSTA BRASILEIRA, VULNERABILIDADE DE COSTA, HOLOCENO, GEOLOGIA.

TOLDO JR., E. E., NICOLODI, J. L., ALMEIDA, L. E. S. B., CORRÊA, I. C. S. 2004. **Coastal Dunes and Shoreface Width as a Function of Longshore Transport.** Journal of Coastal Research. Itajaí, SC: , v.SI39.

TRICART, J. 1959. **Problemes geomorphologiques Du litoral oriental Du Brésil.** Cahiers océanogr., 11:p. 276-308.

U.S. NAVY. 1978. **Marine Climatic Atlas of the World.** Vol. IV. South Atlantic Ocean. Washington D. C., 325p.

VAN ANDEL & LABOREL, 1964. **Recent high relative sea-level stand near Recife, Brazil** Service, 145: p. 580 – 581.

APÊNDICE

Parâmetros e cálculos de retrogradação

SETOR	SETOR 1		SETOR 2		SETOR 3		SETOR 4		SETOR 5		SETOR 6	
PARÂMETROS												
LIMITES	9059400 N		9054500		9052250		9047600		9040000		9037000	
	9054500 S		9052250		9047600		9040000		9037000		9033000	
S (m)	0,22	0,50	0,22	0,50	0,22	0,50	0,22	0,50	0,22	0,50	0,22	0,50
L (m)	800		1000		1250		1250		2000		2500	
H (m)	15.2		11.2		11.2		14.2		17.2		14.2	
G	1		1		1		1		1		1	
R (m)	11,57	26,30	19,6	44,6	24,5	55,8	19,4	44	25,6	58	38,7	88

0,22 m – Previsão otimista de ENM.

0,50 m – Previsão pessimista de ENM.

R (m) - Recuo da linha de costa

