



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**  
**ÁREA DE GEOLOGIA MARINHA, COSTEIRA E SEDIMENTAR**

**TESE DE DOUTORADO**

**A DINÂMICA COSTEIRA E SEUS EFEITOS SOBRE A**  
**OCUPAÇÃO URBANA NA ORLA MARÍTIMA DO**  
**ESTADO DE ALAGOAS**

**ADEYLAN NASCIMENTO SANTOS**

**SALVADOR - BA**

**2010**

# **A DINÂMICA COSTEIRA E SEUS EFEITOS SOBRE A OCUPAÇÃO URBANA NA ORLA MARÍTIMA DO ESTADO DE ALAGOAS**

**ADEYLAN NASCIMENTO SANTOS**

*Orientador: Prof. Dr. Abílio Carlos da Silva Pinto Bittencourt*

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Geologia, Área de Concentração: Marinha, Costeira e Sedimentar.

SALVADOR - BA

2010

Adeylan Nascimento Santos  
Geógrafo (Universidade Estadual de Santa Cruz - 2003)

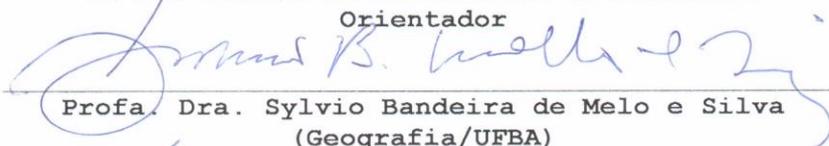
**"A Dinâmica Costeira e seus efeitos sobre a ocupação Urbana na  
Orla Marítima do Estado de Alagoas"**

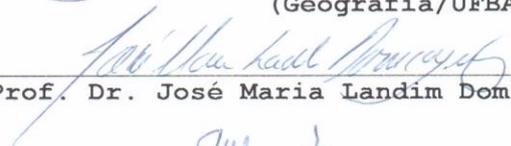
Tese aprovada como  
requisito parcial para  
obtenção do grau de  
Doutor na Pós-Graduação  
em Geologia da  
Universidade Federal da  
Bahia

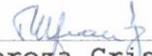
APROVADA EM: 17/11/2010

**BANCA EXAMINADORA:**

  
Abilio Carlos da Silva Pinto Bittencourt  
Orientador

  
Prof. Dra. Sylvio Bandeira de Melo e Silva  
(Geografia/UFBA)

  
Prof. Dr. José Maria Landim Dominguez (IGEO/UFBA)

  
Prof. Dra. Tereza Cristina Medeiros de Araújo (UFPE)

  
Prof. Dra. Ana Cláudia da Silva Andrade (UFS)

DEDICATÓRIA

*À minha família.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família pelo apoio, amor e dedicação.

A Juliana, pelo seu apoio, amor, companheirismo e ajuda dedicada ao longo desse trabalho.

A Maria Clara, minha filha pelos momentos de alegria e de ajuda no decorrer deste trabalho.

A Abílio, pela confiança, paciência e dedicação.

A Fabiano, pela confecção dos diagramas de refração.

A Landim, pelo incentivo e ajuda.

A Lucas, pela ajuda nos trabalhos de campo e tantas outras.

A Junia, pela amizade e pelas sugestões.

A Marcus, pelas dicas no SIG.

A todos os colegas do Laboratório de Estudos Costeiros, pela colaboração, amizade e paciência.

A todos os professores do curso que tiveram direta ou indiretamente contribuição na realização deste trabalho.

A Secretaria da Pós-Graduação.

A Gil, *in memoriam*.

A Joaquim pela dica de lavar o PC e assim salvá-lo.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de doutorado.

## RESUMO

A linha de costa do Estado de Alagoas vem sendo alvo de intensa ocupação devido principalmente ao seu elevado valor paisagístico, sendo o ambiente praias o principal indutor desta ocupação. O principal objetivo deste trabalho foi identificar os efeitos da dinâmica costeira atuante ao longo da linha de costa do Estado de Alagoas sobre a ocupação urbana neste ambiente. Os seguintes métodos foram aplicados: (1) construção de um modelo de clima de ondas a partir de diagramas de refração e modelagem numérica da intensidade potencial e do sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos; (2) análises de fotografias aéreas verticais e de imagens de satélite de diferentes datas; (3) caracterização dos cenários para os eventos erosivos ao longo da linha de costa identificados em matérias publicadas por jornais locais; (4) trabalhos de campo realizados em duas diferentes etapas: a primeira, entre os dias 29 de outubro e 13 de novembro de 2006, quando foram realizados caminhamentos ao longo das praias; e, a segunda, entre os dias 23 e 29 de janeiro de 2010, quando foram mapeadas as estradas litorâneas, marcados pontos de controle em campo, aplicados questionários e feitas entrevistas com a população local. Os padrões de dispersão de sedimentos reproduzidos para os cenários do Holoceno Tardio (aproximadamente 5.100 ano A.P.) e do Atual, mostraram a existência de uma série de pontos nodais onde ocorre divergência ou convergência no sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos. As zonas de divergência situaram-se, para o Holoceno Tardio, nas proximidades de Tatuamunha e da Pituba. No Atual, a zona de divergência anteriormente localizada em Tatuamunha migrou cerca de 20 km para norte, localizando-se então, nas proximidades de Japaratinga. A segunda zona de divergência manteve sua posição anterior. As modelagens mostraram também a existência de uma zona de convergência no sentido da deriva litorânea efetiva localizada na planície costeira de Maceió. A modelagem conseguiu explicar os diferentes trechos ao longo da linha de costa sob erosão contínua, associando-os à existência destas zonas de divergência, ou ao aumento da intensidade potencial da deriva litorânea efetiva. A análise dos posicionamentos históricos da linha de costa do Estado de Alagoas mostrou a existência de extensos trechos em que a linha de costa apresenta tendência à erosão ou está condicionada a alta variabilidade, totalizando aproximadamente 58%, o que lhe confere um caráter de elevado risco à ocupação urbana de áreas próximas à linha de costa. Uma pesquisa realizada em jornais locais cobrindo o período de 2005 a 2010 mostrou a existência de 30 eventos erosivos que ocorreram em 13 diferentes praias da costa alagoana. Estes eventos ocorreram principalmente em dias de marés de sizígia, assim como em dias de marés de sizígia equinociais, principalmente durante os meses de outono e de inverno, demonstrando um caráter sazonal. Estiveram quase sempre sobre a influência de perturbações atmosféricas de outono e de inverno, demonstrando um caráter

sazonal. Tais perturbações atmosféricas resultaram na intensificação dos ventos alísios de SE, bem como na formação de distúrbio ondulatórios de leste, ou cavados em altos níveis da atmosfera. Foi notada a predominância de ondas e ventos direcionados preferencialmente de SE, com ondas apresentando alturas em alto-mar entre 2 e 3,5 m. Os diagramas de refração de ondas mostraram que alguns locais em que aconteceram os eventos erosivos coincidiram com focos de convergência de ondas de SE. A análise da ocupação urbana sobre a linha de costa do Estado de Alagoas mostrou que aproximadamente 45% desta apresenta-se urbanizada, aproximadamente 48% apresenta-se sob características aqui definidas como semi-desertas e, apenas 7% apresenta-se como deserta. O Setor I, localizado entre as praias de Peroba e o porto de Maceió, apresenta-se como aquele com o maior nível de ocupação urbana; o Setor II, localizado entre o Porto de Maceió e o Pontal do Coruripe, apresenta-se com aquele com o maior percentual de linha de costa semi-deserta; enquanto que o Setor III, localizado entre as praias do Pontal do Coruripe e a foz do rio São Francisco, apresenta principalmente linha de costa aqui considerada como semi-deserta. Sendo este, o único entre os três setores que concentra um trecho de linha de costa deserta. Os resultados demonstram a necessidade de elaboração de medidas de planejamento para a orla marítima do Estado de Alagoas.

## ABSTRACT

The coastline of the State of Alagoas has been the target of intense occupation due mainly to its high landscape value, and the beach environment the main driver of this occupation. The main objective of this study was to identify the effects of coastal dynamics along the coastline of the State of Alagoas on urban occupation in this environment. The following methods were applied: (1) construction of a wave climate model from refraction diagrams and numerical modeling of the potential intensity and net longshore drift direction of sediment, (2) analysis of vertical aerial photographs and images satellite of different dates, (3) characterization of the scenarios for the events of erosion along the coastline identified in local newspapers, (4) field work in two different stages: the first, between days 29 October and 13 November 2006, when they take a walk along the beaches, and the second between 23 and 29 January 2010, when coastal roads were mapped, marked control points on the field, and completed questionnaires done interviews with local people. The patterns of sediments dispersion reproduced for the scenarios of Late Holocene (approximately 5100 years BP) and Current, showed the existence of a series of nodal points where divergence or convergence occurs in net longshore drift direction of sediment. The areas of divergence were identified, for the Late Holocene, near Tatuamunha and Pituba. At Current, the divergence zone previously located in Tatuamunha migrated about 20 km north, being located near Japaratinga. The second area of divergence has maintained its previous position. The modeling also showed the existence of a convergence zone in net longshore drift direction located in the coastal plain of Maceió. The model could explain the different sections along the shoreline under continuous erosion, linking them to the existence of areas of divergence, or an increase in potential intensity of net longshore drift. The analysis of the historical positions of the coastline of the State of Alagoas showed the existence of long stretches where the shoreline has a tendency to erosion or is subject to high variability, totaling about 58%, which gives it a character of high risk occupation of urban areas near the coastline. The survey in the local newspapers covering the period 2005 to 2010 showed the existence of 30 erosive events that occurred in 13 different beaches on the coast of Alagoas. These events occurred primarily on days of spring tides, as in days of equinoctial spring tides, especially during the months of autumn and winter, showing a seasonal character. Were almost always on the influence of atmospheric disturbances of autumn and winter, showing a seasonal character. Such atmospheric disturbances resulted in the intensification of trade winds from SE, as well as the formation of easterly wave, or trough at high levels in the atmosphere. It was noted the predominance of winds and waves preferentially directed from SE, with wave heights presenting at offshore between 2 and 3.5 m. The wave refraction diagrams showed that some locations where the

erosive events took place coincided with focus of SE wave convergence. The analysis of urban settlement on the coastline of the State of Alagoas showed that approximately 45% of the coast are urbanized, approximately 48% comes in characteristics defined here as semi-deserted, and only 7% presented as deserted. Sector I, located between Peroba beaches and the Port of Maceio, presents himself as the one with the highest level of urban occupation. Sector II, located between the Port of Maceió and Pontal do Coruripe, presents the higher percentage of coastline semi-desert, while the Sector III, located between the beaches of Pontal do Coruripe the mouth of the São Francisco River, the coastline is mostly semi-desert. This being the only one among the three sectors that concentrates a stretch of deserted coastline. The results demonstrate the need to develop measures of planning for the waterfront of the State of Alagoas.

## ÍNDICE GERAL

DEDICATÓRIA.....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	vi
ÍNDICE GERAL .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
ÍNDICE DE TABELAS .....	xxii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo Geral .....	4
2.2. Objetivos Específicos .....	4
3. MÉTODOS DE TRABALHO.....	6
4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	8
4.1. Localização.....	8
4.2. Evolução Paleogeográfica da Zona Costeira .....	10
4.3. Geologia e Geomorfologia Regional.....	10
4.3.1. Caracterização Geomorfológico-Geológica da Região Costeira.....	11
4.4. Fisiografia da Plataforma Continental.....	14
4.5. Recifes de Coral e Bancos de Arenito .....	14
4.6. Climatologia/Sistema de Circulação Atmosférica.....	15
4.7. Parâmetros Oceanográficos .....	15
4.8. Bacias Hidrográficas e Estuários .....	16
4.9. Unidades de Conservação.....	16
5. MODELAGEM DE ONDAS E PADRÕES DE TRANSPORTE LITORÂNEO DE SEDIMENTOS.....	19
5.1. Trabalhos Anteriores .....	21
5.2. Cálculo da Intensidade Potencial e do Sentido da Deriva Litorânea de Sedimentos .....	22
5.3. Construção do Modelo de Clima de Ondas .....	23
5.4. Limitações na Modelagem Numérica.....	24
5.5. Diagramas de Refração de Ondas.....	24
5.6. Sentidos Sazonais da Direção da Deriva Litorânea de Sedimentos na Costa de Alagoas..	30
5.7. Modelo de Transporte Longitudinal dos Sedimentos Costeiros.....	35
5.8. Células de Deriva Litorânea para o Cenário do Holoceno Tardio (por volta de 5.100 anos A.P.) .....	35

5.9. Células de Deriva Litorânea para o Cenário Atual.....	39
5.10. Transporte Litorâneo ao Longo da Costa do Estado de Alagoas .....	51
6. VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DA LINHA DE COSTA DO ESTADO DE ALAGOAS .....	55
6.1. Aquisição dos Dados e das Informações .....	58
6.2. Comportamento da Linha de Costa em Médio Prazo (10 <sup>1</sup> anos) .....	62
6.2.1. <i>Comportamento da Linha de Costa no Setor Costeiro I</i> .....	63
6.2.2. <i>Comportamento da Linha de Costa no Setor Costeiro II</i> .....	85
6.2.3. <i>Comportamento da Linha de Costa no Setor Costeiro III</i> .....	92
7. RESSACAS MARÍTIMAS .....	95
7.1. Principais Padrões de Circulação Atmosférica.....	95
7.1.1. <i>Sistemas Frontais</i> .....	96
7.1.2. <i>Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs)</i> .....	96
7.1.3. <i>Sistemas Meteorológicos de Mesoescala (Brisa Marítima) e de Escala Sinótica (Ventos Alísios)</i> .....	97
7.1.4. <i>A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)</i> .....	98
7.2. Marés Meteorológicas (Ressacas Marítimas).....	98
7.3. Caracterização dos Cenários para os Eventos Erosivos .....	99
7.4. Eventos Erosivos .....	101
7.5. Caráter Sazonal.....	105
7.6. Condições de Maré .....	106
7.7. Direção e Velocidade do Vento.....	107
7.8. Condições Oceanográficas .....	111
7.9. Condições Ambientais Referentes a Cada Evento Erosivo .....	112
7.9.1. <i>Eventos de Agosto de 2005 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	112
7.9.2. <i>Eventos de Agosto de 2006 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	113
7.9.3. <i>Evento de Setembro de 2006 (ver figura 49 para localização)</i> .....	114
7.9.4. <i>Evento de Março de 2007 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	115
7.9.5. <i>Evento de Junho de 2007 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	116
7.9.6. <i>Eventos de Agosto de 2007 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	117
7.9.7. <i>Evento de Setembro de 2007 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	120
7.9.8. <i>Evento de Julho de 2008 (ver a Figura 49 para localização)</i> .....	121
7.9.9. <i>Evento de Junho de 2009 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	122
7.9.10. <i>Eventos de Março de 2010 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	123
7.9.11. <i>Evento de Abril de 2010 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	124
7.9.12. <i>Eventos de Junho de 2010 (ver a figura 49 para localização)</i> .....	126

7.9.13. <i>Evento de Julho de 2010</i> (ver a figura 49 para localização).....	128
7.9.14. <i>Eventos de Agosto de 2010</i> (ver a figura 49 para localização).....	129
7.9.15. <i>Eventos de Setembro de 2010</i> (ver a figura 49 para localização).....	132
7.10. Possíveis Causas dos Eventos Erosivos Relacionados aos Parâmetros Meteorológicos e Oceanográficos Analisados Neste Capítulo.....	136
8. FOCOS DE CONVERGÊNCIA DE RAIOS-DE-ONDA: EFEITOS SOBRE A GEOMORFOLOGIA COSTEIRA.....	139
8.1.3. Trecho Costeiro entre as Praias de Peroba e da Barra do Camaragibe.....	140
8.2.3. Trecho Costeiro entre Barra do Camaragibe e Pajuçara.....	146
8.3. Trecho Costeiro entre Pajuçara e Pontal do Coruripe .....	150
8.4. Trecho Costeiro entre as Praias da Enseada do Batel e a Foz do Rio São Francisco.....	155
9. A OCUPAÇÃO HUMANA AO LONGO DA ORLA MARÍTIMA DO ESTADO DE ALAGOAS .....	157
9.1. Crescimento Populacional .....	157
9.2. Urbanização ao Longo da Linha de Costa do Estado de Alagoas .....	158
9.2.1. <i>Urbanização da Linha de Costa no Setor I</i> .....	159
9.2.2. <i>Urbanização da Linha de Costa no Setor II</i> .....	164
9.2.2. <i>Urbanização da Linha de Costa no Setor III</i> .....	167
9.3. Adaptações à Erosão da Linha de Costa.....	170
10. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES .....	176
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	181

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa de localização do litoral Estado de Alagoas.....	9
Figura 2 – Mapa simplificado das unidades geológicas/geomorfológicas do litoral do Estado de Alagoas (modificado de Barbosa et al., 1986 a), mostrando ainda a batimetria e os setores costeiros.....	13
Figura 3 - Principais UC Federal e Estadual encontradas no litoral do Estado de Alagoas.....	18
Figura 4: Divergência dos raios-de-onda sobre um vale submarino (A) e convergência dos raios-de-onda sobre um alto submarino (B), resultante da refração das ondas (Komar, 1998).....	20
Figura 5 - Percentuais das condições de vento baseados na série temporal de 1951 a 1972 (DHN, 1993) para a região litorânea do estado de Alagoas. ....	22
Figura 6 – A – Diagramas de refração para ondas com período de 5 segundos, provenientes de nordeste; B – Diferentes segmentos de linha de costa retilinearizada; C – Ângulos de incidência formados pelos raios-de-onda de nordeste em relação aos segmentos costeiros; D – Medidas de $b$ e $b_0$ para a estimativa da altura das ondas ao longo dos segmentos costeiros (ver texto).....	26
Figura 7 – A – Diagramas de refração para ondas com período de 5 segundos, provenientes de leste; B – Diferentes segmentos de linha de costa retilinearizada; C – Ângulos de incidência formados pelos raios-de-onda de leste em relação aos segmentos costeiros; D – Medidas de $b$ e $b_0$ para a estimativa da altura das ondas ao longo dos segmentos costeiros (ver texto). ....	27
Figura 8 – A – Diagramas de refração para ondas com período de 6,5 segundos, provenientes de sudeste; B – Diferentes segmentos de linha de costa retilinearizada; C – Ângulos de incidência formados pelos raios-de-onda de sudeste em relação aos segmentos costeiros; D – Medidas de $b$ e $b_0$ para a estimativa da altura das ondas ao longo dos segmentos costeiros (ver texto). ....	28
Figura 9 – A – Diagramas de refração para ondas com período de 6,5 segundos, provenientes de sul; B – Diferentes segmentos de linha de costa retilinearizada; C – Ângulos de incidência formados pelos raios-de-onda de sul em relação aos segmentos costeiros; D – Medidas de $b$ e $b_0$ para a estimativa da altura das ondas ao longo dos segmentos costeiros (ver texto).....	29
Figura 10 – Sentido da deriva litorânea durante a primavera e o verão para frentes-de-onda que chegam à linha de costa vindas de NE.....	31
Figura 11 – Sentido da deriva litorânea durante a primavera e o verão para frentes-de-onda que chegam à linha de costa vindas de E. ....	32

Figura 12 – Sentido da deriva litorânea durante o outono e o inverno para frentes-de-onda que chegam à linha de costa vindas de S.....	33
Figura 13 – Sentido da deriva litorânea durante o outono e o inverno para frentes-de-onda que chegam à linha de costa vindas de SE. ....	34
Figura 14 – Modelo de transporte litorâneo de sedimentos durante o Holoceno Tardio (aproximadamente 5.100 ano A.P.) para o litoral do Estado de Alagoas.....	36
Figura 15 – Modelo de transporte litorâneo de sedimentos para o Atual no litoral do Estado de Alagoas. ....	40
Figura 16 – Indicadores geomórficos de sentido de transporte litorâneo, representados por dois pontais arenosos em Burgalhau e Maragogi. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15). ....	41
Figura 17 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso a norte de Japaratinga. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).....	42
Figura 18 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, representado pelo pontal arenoso do Pontal do Boqueirão. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).....	43
Figura 19 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso da Barra de Tatuamunha. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).....	44
Figura 20 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso da Barra de Santo Antônio. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).....	45
Figura 21 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, representado pelo pontal na Ponta do Meirim. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15). ....	46
Figura 22 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso da Barra do Jequiá. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).....	47
Figura 23 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso da praia de Barreiras. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).....	48
Figura 24 – Trechos costeiros localizados em áreas sobre erosão contínua da linha de costa. A - Falésia ativas em rochas mesozóicas na praia de Barreiras do Boqueirão, em Japaratinga; B - Falésia ativas em rochas mesozóicas da bacia Sergipe-Alagoas na praia de Japaratinga; C – Falésias ativas em rochas mesozóicas da Bacia Sergipe-Alagoas na	

- praia dos Morros (próxima à praia da Gameleira); D – Falésias ativas na Formação Barreiras na praia do Carro Quebrado; E – Falésias ativas na Formação Barreiras na praia da Lagoa Jacarecica; F – Falésias ativas na Formação Barreiras na praia da Lagoa Azeda.....53
- Figura 25 – Planície costeira de Maceió, mostrando o padrão convergente da deriva litorânea efetiva de sedimentos, o que contribuiu para construção dessa planície durante o Holoceno.....54
- Figura 26 - Percentual dos trechos sobre erosão, alta variabilidade, pouca ou nenhuma deposição e progradação da linha de costa no Estado de Alagoas, com base nas informações de campo e na sobreposição de fotografias aéreas verticais e de imagens satélites. ....63
- Figura 27 – Comportamento da linha de costa a médio prazo no setor costeiro I.....64
- Figura 28 - Variações no posicionamento da linha de costa na praia de Bintigui (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2005).....66
- Figura 29 – Trechos costeiros condicionados à erosão da linha de costa: A – Muros de arrimo sobre a face da praia em Peroba; B – Coqueiros caídos em Peroba, note que o recuo da linha de costa neste trecho costeiro resulta no isolamento das construções sobre a face da praia; C – Muros de arrimo na linha de costa da praia de Barra Grande; D – Muros de proteção destruídos em Barra Grande, como resultado do recuo da linha de costa neste trecho costeiro; E – Casa sobre a face da praia em Barra Grande; F – Falésia ativa esculpida em rochas mesozóicas na praia de Japaratinga; G – Cemitério destruído pelo recuo da linha de costa na praia de Bintigui (ver figura 27 para localização).....68
- Figura 30 – Trechos costeiros condicionados à erosão da linha de costa: A – Micro-falésia esculpida no terraço marinho na praia do Marceneiro; B – Exposição de arenitos na base do terraço marinho na praia do Marceneiro; C - Falésias ativas esculpidas em rochas mesozóicas na praia dos Morros; D – Falésias ativas na Formação Barreiras na praia do Carro Quebrado; E – Micro-falésia esculpida no terraço marinho na praia do Sonho Verde; F – Exposição de arenitos na base do terraço marinho na praia do Sonho Verde (ver figura 27 para localização).....69
- Figura 31 - Trecho costeiro condicionado à erosão da linha de costa na praia da Ponta Verde, onde são observados vários tipos de estruturas de proteção costeira que restringem o uso da praia recreativa durante a preamar de sizígia: A – Gabiões; B – Gabiões; C – Muros de arrimo; D – Dissipador de energia conhecido como “bag wall”; E – Muros de arrimo; F – Enrocamentos (ver figura 27 para localização)..... 70

- Figura 32 - Variações no posicionamento da linha de costa no Pontal da Barra, em Porto de Pedras. O ponto amarelo e preto indica o posicionamento aproximado da casa vista na figura 53 A (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009). ..... 72
- Figura 33 - Variações no posicionamento da linha de costa entre as praias do Patacho e de Porto da Rua (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009). ..... 73
- Figura 34 - Trecho costeiro condicionado à alta variabilidade da linha de costa. A – Área com recuo da linha de costa no Pontal do Boqueirão; B – Área com acúmulo sedimentar no Pontal do Boqueirão; C – Feições erosivas na praia do Patacho; D – Estrutura de proteção na praia do Patacho; E – Área com acúmulo sedimentar na Barra do Tatuamunha; F – Casa sobre a face da praia na Barra do Tatuamunha; G – Área com pequeno avanço da linha de costa em Porto da Rua; H – Área com recuo da linha de costa em Porto da Rua (ver figura 27 para localização). ..... 75
- Figura 35 - Variações no posicionamento da linha de costa na Barra de Santo Antônio (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009). ..... 76
- Figura 36 - Trecho costeiro condicionado à alta variabilidade da linha de costa na praia da Barra de Santo Antônio (Foto J.C. Pereira): A – Vista aérea do Pontal da Barra (Foto F. Lucas); B – Vista aérea da foz do rio Santo Antônio; C – Imóveis danificados no Pontal da Barra; D – Imóveis danificados no Pontal da Barra; E – Rua parcialmente destruída no Pontal da Barra; F – Deposição à frente de uma antiga linha de costa no lado sul da foz do rio Santo Antônio; G – Área com progradação no lado sul da foz do rio Santo Antônio; H – Destruição de estrutura de contenção no lado sul da foz do rio Santo Antônio (ver figura 27 para localização). ..... 78
- Figura 37 - Variações no posicionamento da linha de costa entre Suaçuí e Ponta do Meirim (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009). ..... 79
- Figura 38 - Trecho costeiro condicionado à alta variabilidade da linha de costa entre os rios Suaçuí e Meirim: A – Vista aérea do trecho entre o Riacho da Estiva e a Ponta do Pregó, ao fundo (Foto J.C. Pereira); B – Terraço arenoso no lado norte da foz do rio Suaçuí; C – Vegetação morta na linha de costa no lado sul da foz do rio Suaçuí; D – Enruncamento na praia de Suaçuí; E – Obras de proteção em Costa Brava; F – Obras de proteção em Costa Brava; G – Obras de proteção na praia da Ponta do Pregó; H – Terraço arenoso recente na Ponta do Meirim (ver figura 27 para localização). ..... 81
- Figura 39 - Trecho costeiro condicionado à alta variabilidade da linha de costa nas proximidades da foz do rio Pratagy: A – Vista aérea da praia da Sereia (Fig. 46) (Foto J.C. Pereira); B – Imóvel parcialmente danificado na foz do rio Pratagy; C – Imóvel destruído na praia do

Pratagy; D – Imóveis danificados na praia do Pratagy; E – Imóveis na linha de costa na praia do Pratagy (ver figura 27 para localização). .....	83
Figura 40 - Trecho costeiro condicionado à progradação da linha de costa, representado por cordões arenosos, paralelos à linha de costa, entre as praias de Carro Quebrado e da Barra de Santo Antônio (ver figura 27 para localização).....	84
Figura 41 - Trecho costeiro com pouca ou nenhuma variabilidade da linha de costa; A – Trecho da praia da Jatiúca (Foto D.B. Cavalcante); B – Praia de Jacarecica (Foto Rafiuskss) (ver figura 27 para localização). .....	85
Figura 42 - Comportamento da linha de costa a médio prazo no setor costeiro II.....	86
Figura 43 - Trechos costeiros condicionados à erosão: A – Trecho costeiro com aproximadamente 18 km de extensão onde são encontradas falésias ativas esculpidas nos depósitos sedimentares da Formação Barreiras, esta figura refere-se à praia da Lagoa Jacarecica; B – Erosão costeira na localidade da Lagoa Azeda; C – Escarpa erosiva no terraço marinho na praia da Pituba; D - Escarpa erosiva no terraço marinho na praia da Pituba (ver figura 42 para localização). .....	87
Figura 44 - Variações no posicionamento da linha de costa na desembocadura do complexo lagunar Mundaú-Manguaba (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009). .....	89
Figura 45 - Trechos costeiros condicionados à alta variabilidade da linha de costa: A – Desembocadura do complexo lagunar Mundaú-Manguaba (Foto L.E. Vaz); B – Escarpa de erosão na praia do Saco da Pedra (Vera B.R.); E – Na barra do rio Poxim é possível ver vários indicadores de variações na linha de costa representados por escarpas erosivas atrás de terraços arenosos recentes; F – Escarpa erosiva na Lagoa do Pau (ver figura 61 para localização).....	90
Figura 46 - Trechos costeiros condicionados à progradação da linha de costa. A – Visão panorâmica da área em progradação na retaguarda do porto da Brasken na praia do Trapiche; B – Progradação da linha de costa nas proximidades da localidade da Lagoa do Pau (ver figura 61 para localização).....	91
Figura 47 - Comportamento da linha de costa a médio prazo no setor costeiro III. ....	93
Figura 48 – Comportamento da linha de costa para o setor costeiro III: A – Progradação da linha de costa em Miaí de Baixo; B – Progradação da linha de costa na praia do Toco; C – Progradação da linha de costa na praia do Peba; D – Trecho exibindo alta variabilidade da linha de costa nas proximidades da foz do rio Coruripe; E – Exemplo de alta variabilidade da linha de costa nas proximidades da foz do rio São Francisco; G – Linha de costa em	

equilíbrio no Pontal do Peba; H – Linha de costa em erosão no Pontal do Coruripe (ver figura 66 para localização). .....	94
Figura 49 – Praias em que ocorreram eventos erosivos na costa do Estado de Alagoas durante o período compreendido entre os anos de 2005 e 2010. ....	102
Figura 50 - Frequência de ocorrência de eventos erosivos localizados por praias na costa do Estado de Alagoas durante o período compreendido entre os anos de 2005 e 2010.....	102
Figura 51 - Distribuição mensal de ocorrência de eventos erosivos na costa do Estado de Alagoas durante o período compreendido entre 2005 e 2010. ....	105
Figura 52 - Nível máximo previsto da maré alta durante cada evento erosivo registrado na linha de costa do Estado de Alagoas entre o período de 2005 e 2010. A linha em vermelho representa o nível médio da maré alta prevista para as marés de sizígia. ....	106
Figura 53 - Média para o trimestre junho-julho-agosto da direção e velocidade dos ventos (m/s), com as isolinhas (Dados ECMWF/ ERA-40, modificado de Källberg et al. (2005). ....	108
Figura 54 - Velocidade máxima dos ventos direcionados à costa do Estado de Alagoas, em metros por segundo, para cada um dos dias de evento erosivo identificado na linha de costa de Alagoas entre o período de 2005 e 2010. As barras em cinza escuro representam dados registrados (Bóia - 31709); As barras em salmão representam dados registrados (Synop - 82994); As barras em cinza claro representam dados de previsão do Modelo Wave Watch-III. ....	109
Figura 55 - Construção destruída em Barra de Santo Antônio (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 28/08/2005). ....	112
Figura 56 - Ondas fortes atingiram casas em Barreiras do Boqueirão, Japaratinga, trazendo prejuízos aos donos dos imóveis à beira-mar (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 21/08/2006). ....	114
Figura 57 - Ondas e maré invadem casas na Barra Nova (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 02/06/2007). ....	116
Figura 58 - Trator trabalhando para reerguer as estruturas de contenção destruídas após o evento erosivo que atingiu a Barra Nova na madrugada do dia 01/08/2009 (jornal “Alagoas em Tempo Real”, edição do dia 01/08/2007).....	118
Figura 59 - Barra de praia destruída no evento erosivo ocorrido na madrugada do dia 15/08/07 (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 16/08/2007). ....	118
Figura 60 - Destruição da calçada da avenida Assis Chateaubriand, na praia do Sobral, causada pela ressaca marítima do dia 18/09/2007 (jornal “Alagoas em Tempo Real”, edição do dia 18/08/2007). ....	120

- Figura 61 - Ressaca marítima na Barra Nova, quando as ondas passam por cima do muro de arrimo e alcança as barracas (03/03/2010) (Foto: Lula Castello Branco)..... 123
- Figura 62 - Destruição de muros de arrimo causado pelas ressacas na Barra Nova nos dias 02/03 e 03/03/2010 (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 04/03/2010)..... 123
- Figura 63 - Efeito dos eventos erosivos ocorridos na Barra Nova no mês de março de 2010 (Jornal “Qualquer Instante”, edição de 13/03/2010)..... 124
- Figura 64 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 12/04/2010 às 00:00 h Z. Nesta imagem é possível observar a localização de uma frente fria, com ramo ao largo do litoral sul da Bahia e a organização de linhas de instabilidade (linha pontilhada em amarelo), localizada entre Alagoas e Pernambuco. .... 125
- Figura 65 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 13/04/2010 às 00:00 h Z. Nesta imagem é possível observar a localização de linhas de instabilidade (linha pontilhada em amarelo), atuando ao longo do litoral entre o sul da Bahia e Pernambuco. .... 126
- Figura 66 - Destruição em barraca de praia causada pelas ressacas de 14 e 15/06/2010 (Jornal Alagoas 24 Horas, edição de 16/06/2010). .... 127
- Figura 67 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 13/06/2010 às 06:00 h Z. Nesta imagem é possível observar a localização de uma frente fria, em torno de 20°S, no lado direito da imagem, com deslocamento para o leste e um centro de Baixa Pressão Atmosférica centrada aproximadamente entre 30°S e 30°W. Este padrão condicionou a formação de uma zona de convergência de umidade em direção à costa Nordeste Oriental..... 128
- Figura 68 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 11/07/2010 às 18:00 h Z. Nesta imagem é possível observar áreas de instabilidade (linha pontilhada em amarelo), atuando sobre a costa Nordeste Oriental do Brasil..... 129
- Figura 69 - O mar agitado causou destruição na orla de Maceió (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 12/08/2010)..... 130
- Figura 70 - Casas totalmente destruídas em Barreiras do Boqueirão, após os eventos erosivos ocorridos nos dias 12 e 13 de agosto de 2010 (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 15/08/2010). .... 130
- Figura 71 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 11/08/2010 às 00:00 h Z. Nesta imagem é possível observar, no seu lado direito, uma frente fria sobre o Oceano Atlântico, na altura do sul da Bahia, que pode ter sido responsável pela geração de ondas com alturas entre 2,5 e 3 m que atingiram a costa do Estado de Alagoas entre os dias 10 e 14 de agosto de 2010.131
- Figura 72 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 12/08/2010 às 00:00 h Z. Nesta imagem é possível observar, no seu lado direito, uma frente fria sobre o Oceano Atlântico, na altura

do litoral norte da Bahia, que pode ter sido responsável pela geração de ondas com alturas entre 2,5 e 3 m que atingiram a costa do Estado de Alagoas entre os dias 10 e 14 de agosto de 2010. ....	132
Figura 73 - Ressaca marítima causa destruição do calçadão e de parte de uma barraca na praia do Sobral, em Maceió (jornal “Correio do Povo de Alagoas”, edição de 13/09/2010). ....	133
Figura 74 - Bares à beira-mar na praia da Sereia, em Maceió, atingidos por ressaca marítima resultando em prejuízos econômicos (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 11/09/2010). ....	133
Figura 75 - Ressaca marítima causa destruição na praia de Maragogi (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 15/09/2010). ....	134
Figura 76 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 11/09/2010 às 12:00 h Z. Nesta imagem é possível observar, no seu lado direito, uma frente fria sobre o Oceano Atlântico, distante do litoral, além de áreas de instabilidades sobre a costa atuando sobre a costa leste do Nordeste do Brasil. ....	135
Figura 77 - Diagramas de refração para ondas de destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Peroba e Barra do Camaragibe. ....	142
Figura 78 - Diagrama de refração para ondas de SE destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Peroba e Barra do Camaragibe. ....	143
Figura 79 - Diagrama de refração para ondas de S destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Peroba e Barra do Camaragibe. ....	144
Figura 80 – Morfologias costeiras e/ou obras de proteção observadas em locais onde há focos de convergência de onda de uma ou mais direções (E, SE e S): A – Localidade ao norte do rio Salgado, onde observa-se vários imóveis sobre a linha de costa apresentando sempre uma obra de proteção à sua frente; B – Trecho da rodovia AL-001, a sul do rio Salgado. Neste local ocorreram vários eventos de destruição desta rodovia, no final da década passada e início da atual (extraído de Araújo et al., 2006, Fig. 15, p. 210); C – Falésia ativa e terraço de abrasão em Japaratinga; D – Escarpa erosiva em frente a um cemitério em Bitingui (extraído de Araújo et al., 2006, Fig. 14, p. 210); E – Imóveis destruídos ou parcialmente destruídos na praia de Barreiras do Boqueirão; e, F – Falésia ativa e terraço de abrasão na praia de Barreiras do Boqueirão, onde observa-se, no sopé das mesmas, bares e restaurantes sobre a linha de costa (ver figuras 77, 78 e 79 para localização). ....	145
Figura 81 - Diagrama de refração para ondas de SE destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Barra do Camaragibe e Pajuçara. ....	147

- Figura 82 - Diagrama de refração para ondas de S destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Barra do Camaragibe e Pajuçara. .... 148
- Figura 83 – Morfologias costeiras e/ou obras de proteção observadas em locais onde há focos de convergência de onda de uma ou mais direções (E, SE e S): A – Falésia ativa na Formação Barreiras na praia do Carro Quebrado; B – Obras de proteção destruídas na praia do Pontal da Barra; C – Estrutura de contenção destruída na praia de Paripueira ; D – Destruição parcial de imóvel na linha de costa da praia do Pratygy na década de 80 do século passado (Foto: R.T. Carvalho); e, E – Destruição de imóvel na linha de costa da praia do Pratygy na atualidade (ver figuras 81 e 82 para localização). .... 149
- Figura 84 – Diagrama de refração para ondas de E destacando o foco de convergência de onda mencionado no texto – trecho costeiro entre Pajuçara e Pontal do Coruripe..... 151
- Figura 85 – Diagrama de refração para ondas de SE destacando os focos de convergência de onda mencionado no texto – trecho costeiro entre Pajuçara e Pontal do Coruripe. .... 152
- Figura 86 – Diagrama de refração para ondas de S destacando os focos de convergência de onda mencionado no texto – trecho costeiro entre Pajuçara e Pontal do Coruripe..... 153
- Figura 87 – Morfologias costeiras e obras de proteção observadas em locais onde há focos convergência de onda de uma ou mais direções (E, SE e S): A – Trecho costeiro na praia do Sobral mostrando destruição parcial do muro de arrimo que protege o calçadão B – Destruição de parte da estrutura de proteção da linha de costa na praia do Pontal da Barra; C – Casa destruída na localidade de Barra Nova; D – Escarpa erosiva no terraço arenoso e destruição de muros de arrimo na praia do Saco da Pedra; E – Escarpa erosiva no terraço arenoso na praia da gameleira; F – Muro destruído na praia da Lagoa do Pau (ver figuras 69, 70 e 71 para localização)..... 154
- Figura 88 – Escarpa erosiva no terraço arenoso na praia de Miai de Cima. .... 155
- Figura 89 - Diagrama de refração para ondas de S destacando o foco de convergência de onda mencionado no texto – trecho costeiro entre Enseada do Batel e foz do rio São Francisco 156
- Figura 90 - Síntese dos tipos de ocupação da linha de costa do Estado de Alagoas..... 159
- Figura 91 - Síntese dos tipos de ocupação da linha de costa do Setor I (Estado de Alagoas) .... 160
- Figura 92 - Tipos de ocupação da linha de costa no Setor I (Estado de Alagoas). .... 161
- Figura 93 - Linhas de costa urbanizadas do Setor I (Estado de Alagoas): A – Hotel tipo resort em Maragogi (Foto Miramar Maragogi); B – Hotel de pequeno porte localizado próximo a zona de lavagem das ondas (Foto G. Fernandes); C – Casa (segunda residência) construída próxima a zona de lavagem das ondas na praia de Maragogi (Foto G. Fernandes); D – Ocupação da linha de costa da cidade de Maragogi (Foto G. Fernandes); E – Ocupação da

linha de costa da localidade de São Bento (Foto Engesoft); F – Ocupação da linha de costa no Pontal do Boqueirão (Foto L. Villanova) (ver figura 92 para localização).....	162
Figura 94 - Linhas de costa urbanizadas do Setor I (Estado de Alagoas): A – Urbanização da linha de costa na praia do Pontal da Barra (Foto J.C. Pereira); B – Ocupação urbana na linha de costa da praia de Tabuba (Foto F. Lucas); C – Ocupação urbana na linha de costa na praia de Jacarecica (Foto Rafiuskss); D – Hotel tipo resort na praia de Jatiúca (Foto L.L. Azevedo); E – Padrão de ocupação da orla de Maceió (Foto D.B. Cavalcante) (ver figura 92 para localização).....	163
Figura 95 - Síntese dos tipos de ocupação da linha de costa do Setor II (Estado de Alagoas)..	164
Figura 96 - Tipos de ocupação da linha de costa do Setor II (Estado de Alagoas).....	165
Figura 97 – Linhas de costa urbanizadas do Setor II (Estado de Alagoas): A – Praia do Sobral apresentando linha de costa bordejada por um calçadão e uma ciclovia; B – Pontal da Barra apresenta um calçadão e uma ciclovia; C – Barra Nova apresentando predomínio de segundas residências; D – Praia do Francês ocupada por barracas de praia; E – Barra de São Miguel onde predominam segundas residências; F – Linha de costa ocupada por população fixa na Lagoa Azeda; G – Linha de costa ocupada por segundas residências no Pontal do Coruripe (ver figura 96 para localização) .....	166
Figura 98 - Síntese dos níveis de ocupação urbana da linha de costa do Setor III (Estado de Alagoas). .....	167
Figura 99 - Tipos de ocupação da linha de costa do Setor III (Estado de Alagoas) .....	168
Figura 100 – Trechos costeiros que apresentam urbanização da linha de costa no Setor III: A – Miai de Cima; B – Miai de Baixo; C – Pontal do Peba (ver figura 99 para localização). ..	169
Figura 101 – A – Comportamento; B – ocupação e C – estruturas de proteção costeira observadas ao longo da linha de costa de Alagoas.....	171
Figura 102 – Estruturas de proteção costeira observadas ao longo da linha de costa do Estado de Alagoas: A – Muros de arrimo na praia de Peroba; B – Sacos preenchidos por cimento na praia de barra Grande; C – Estruturas de proteção construídas com toras e aterro na praia de Maragogi; D – Estruturas de proteção na praia de Bitingui; Dissipador de energia na praia de Japaratinga (ver figura 101 para localização).....	173
Figura 103 – Estruturas de proteção costeira observadas ao longo da linha de costa do Estado de Alagoas: A – Dissipador de energia na praia da Ponta Verde; B – Dissipador de energia na praia da Barra Nova; C – Muros de proteção na praia do saco da Pedra; D – Estrutura de proteção na praia do Pontal do Coruripe; (ver figura 101 para localização).....	174

Figura 104 – Exemplos de destruição de estruturas de proteção ao longo da linha de costa do Estado de Alagoas: A – Muros de arrimo na praia de Peroba; B – Estrutura de proteção feita com toras de coqueiros na praia da barra do Tatuamunha; C – Muro de proteção na praia da Barra de Santo Antônio; D – Estrutura de proteção na praia do Pratagy; (ver figura 101 para localização)..... 175

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Intensidade potencial da deriva litorânea para os segmentos costeiros de I a VII (Cenário do Holoceno Tardio). .....	37
Tabela 1 – Intensidade potencial da deriva litorânea para os segmentos costeiros de VIII a XI (Cenário do Holoceno Tardio). .....	38
Tabela 2 – Intensidade potencial da deriva litorânea para os segmentos costeiros de I a VII (Cenário Atual). .....	49
Tabela 2 – Intensidade potencial da deriva litorânea para os segmentos costeiros de VIII a XIII (Cenário Atual). .....	50
Tabela 3 - Eventos erosivos observados na costa de Alagoas com o tipo de dano observado. ..	103
Tabela 3 - Eventos erosivos observados na costa de Alagoas com o tipo de dano observado. ..	104
Tabela 4 - Escala de Beaufort com a força do vento, a designação a ela atribuída, a velocidade correspondente em metros por segundo e seus efeitos sobre a superfície do oceano. ....	107
Tabela 5 - Direção do vento para as datas dos eventos erosivos. Os dados são originados dos registros do Synop – aeroporto de Maceió; da bóia oceânica; do Modelo Regional Wave Watch-III. ....	110
Tabela 6 - Condições oceanográficas para a costa de Alagoas durante os eventos erosivos. Altura máxima da onda oceânica em metros (H), prevista pelo Modelo Wave Watch-III; direção da onda prevista pelo Modelo Wave Watch-III e período aproximado da onda (T) em segundos prevista pelo Modelo Wave Watch-III. ....	111

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos geológicos, climáticos e oceanográficos atuantes no litoral do Estado de Alagoas, Região Nordeste do Brasil, resultaram em feições geomórficas diversificadas, como inúmeros bancos de arenitos e recifes de corais, falésias costeiras, desembocaduras de rios e de lagoas, manguezais e extensos campos de dunas. Tais feições foram citadas nos primeiros registros da literatura referentes ao litoral alagoano (Hartt, 1870; Branner, 1904; Brandão, 1949; Camerino, 1963). Dentre estas feições, os recifes costeiros tiveram um importante papel na concentração e fixação de populações ao longo do trecho litorâneo na sua retaguarda, por apresentarem “portos seguros” para embarcações (Prado Júnior, 1986), como foi o caso do porto de Maragogi, por exemplo (Scrosoppi, 1917), próximo ao limite nordeste. Estas feições são também responsáveis pelas características geomorfológicas de grandes trechos da linha de costa deste Estado.

Existem poucos relatos específicos na literatura científica relacionados ao fenômeno da erosão costeira ao longo da linha de costa do Estado de Alagoas. Souza & Barbosa (2005) identificaram variações no posicionamento histórico da linha de costa no Pontal do Peba, enquanto que Lima *et al.* (2005) identificaram este tipo de mudanças no município de Maceió. Recentemente, Araújo *et al.* (2006) apresentaram uma avaliação, em escala regional, quanto às evidências de erosão e progradação da linha de costa alagoana. Por outro lado, trabalhos de âmbito geral referentes à costa nordeste brasileira sugerem que a linha de costa do Estado de Alagoas apresenta uma tendência geral de erosão ou pouca/nenhuma deposição, desde o Pleistoceno até o Atual, excetuando o trecho localizado entre Miaí e a foz do rio São Francisco (Dominguez *et al.*, 1992; Martin *et al.*, 1998; Dominguez & Bittencourt, 1996; Bittencourt *et al.*, 2002; 2005). A erosão observada neste litoral é, segundo Dominguez & Bittencourt (1996), uma consequência do balanço negativo de sedimentos para esta região. Bittencourt *et al.* (2002) caracterizam esta área como inserida em uma grande zona de divergência no sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos na costa nordeste oriental, estando o seu ponto nodal localizado nas proximidades de Japaratinga. De acordo com estes autores, a intensidade potencial do transporte litorâneo efetivo de sedimentos aumenta consideravelmente de valor, de uma maneira contínua, no sentido de sotamar à partir do ponto nodal, fato este que implica no aumento crescente do déficit de sedimentos no sentido de sotamar, situação favorável à erosão costeira. Segundo Bittencourt *et al.* (2008 a), a localização dos recifes de coral costeiros no litoral do Estado de Alagoas, na denominada

Costa dos Corais (Maída & Ferreira, 1997; Castro & Pires, 2001; Leão *et al.*, 2003), pode ter sido favorecida pelo déficit de sedimentos regional, que manteve os substratos rochosos expostos e livres de sedimentos, favorecendo assim a fixação e desenvolvimento dos corais. Como visto, o fenômeno da erosão no litoral alagoano, na sua quase totalidade, é explicado ainda num âmbito regional.

A zona costeira de Alagoas apresenta, na atualidade, a maior densidade demográfica do Estado, com cerca de 246 hab/km<sup>2</sup>, isso significando que quase a metade do total da população alagoana vive nos municípios litorâneos, destacando-se a capital, Maceió, com uma população estimada de aproximadamente 932.608 habitantes (IBGE, 2010). Concentram-se, na zona costeira deste Estado, algumas atividades industriais e econômicas, como o pólo cloro-químico de Alagoas, a agroindústria da cana-de-açúcar, bem como as atividades de recreação e turismo, que são consideradas fontes de crescimento da economia regional (Medeiros de Araújo & Bramwell, 2002). Para Finkl & Charlier (2005), a competição pelos recursos costeiros, incluindo neste caso as áreas ocupadas pelo homem, tem crescido nas últimas décadas em resposta ao aumento da população humana. Desta forma, as atividades relacionadas ao turismo e à recreação geram pressões amplamente documentadas na literatura (Wicker, 1966; White, 1978; Magoon, 1988; Sam Smith & Jackson, 1990; Williams *et al.*, 1997; Komar, 1998, 2000; Masselink & Hughes, 2003; Small & Nicholls, 2003; Anfuso & del Pozo, 2005; Lins-de-Barros, 2005; Medeiros *et al.*, 2005; Phillips & Jones, 2006; entre outros).

As perdas econômicas associadas com a erosão costeira têm aumentado devido ao crescimento da ocupação na zona costeira (Appendini & Fischer, 1998). Associado a este fato, estes problemas são ocasionados, em muitos casos, por deficiências no planejamento urbano (Kokot, 1997; Carvalho & Coelho, 1998). A ocupação inadequada do litoral alagoano é um dos fatores apontados por Araújo *et al.* (2006) como responsável pelos problemas relacionados à erosão costeira, principalmente naqueles locais de maiores concentrações de ocupação humana. Assim, ao longo deste litoral é comum a presença de casas residenciais e de veraneio, rodovias e outras construções que estão localizadas em áreas muito próximas à linha de preamar de sizígia. Dessa forma, a erosão costeira tem afetado diretamente as ações humanas nessa região. Como resposta, diversas obras de proteção costeira são observadas ao longo da linha de costa. Em muitos casos, a instalação de proteções rígidas resolve o problema apenas localmente, propagando, porém, o mesmo para sotamar, como apontado por

Granja & Carvalho (1995), ou ainda, pode causar perda da praia recreativa (Bird, 1996; Komar, 1998; Kelly, 2000). Localizações destes tipos de construções são descritas por Souza & Barbosa (2005), Lima *et al.* (2005) e Araújo *et al.* (2006).em alguns trechos do litoral de Alagoas.

A presença marcante de recifes de corais costeiros, como na parte norte da área de estudo, pode sugerir que os mesmos ofereçam proteção para a linha de costa, diminuindo a energia das ondas (Roberts *et al.*, 1992; Gourlay, 1994; Lugo-Fernandéz *et al.*, 1998 a e b; Muñoz-Peréz *et al.*, 1999; Sanderson & Eliot, 1999; Sanderson *et al.*, 2000; Eversole & Fletcher, 2003), entretanto, há uma grande discussão em torno da efetividade da proteção efetuada pelos recifes costeiros (Frihy *et al.*, 2004; Ranasinghe & Turner, 2006; Ranasinghe *et al.*, 2006).

Os ambientes costeiros sofrem constantes alterações em sua forma (Camfield, 1991; Pilkey, 1991). Essas alterações podem ocorrer diariamente, sazonalmente, ao longo de décadas e em escala de tempo geológica. O entendimento do comportamento da linha de costa na atualidade necessita da compreensão do comportamento da linha de costa em escala geológica (Reid & Mathews, 1906).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Este trabalho tem como objetivo principal identificar os efeitos da dinâmica costeira atuante ao longo da costa do Estado de Alagoas sobre a linha de costa e a ocupação urbana neste ambiente.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Dentre os objetivos específicos a serem alcançados, estão:

- 1) Mapeamento detalhado dos bancos de arenito e de recifes de coral presentes ao longo da costa, com base no “Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação brasileiras” (MMA, 2003);
- 2) Modelagem dos padrões de dispersão de sedimentos costeiros para o Holoceno Tardio, por volta de 5.100 anos A.P., na escala de 1:100.000;
- 3) Modelagem dos padrões de dispersão de sedimentos costeiros para o Atual, na escala de 1:100.000;
- 4) Mapeamento das feições geomórficas indicadoras de sentido de transporte litorâneo efetivo;
- 5) Avaliação da repercussão dos padrões de dispersão de sedimentos na geomorfologia costeira, desde o Holoceno Tardio até o Atual;
- 6) Identificação das variações espaço-temporais do posicionamento da linha de costa nos último 55 anos através da sobreposição de fotografias aéreas verticais e de imagens de satélite de diferentes datas;

- 7) Identificação dos trechos sob erosão, progradação e equilíbrio na linha de costa, além dos trechos que apresentam alta variabilidade, quantificando a extensão dos mesmos, através do monitoramento histórico e das características atuais;
- 8) Identificação dos principais tipos e formas de ocupação da linha de costa;
- 9) Avaliação do papel desempenhado pelas forçantes de origem oceanográficas e/ou meteorológicas no processo de erosão localizada;
- 10) Avaliação do papel desempenhado por focos de convergência de ondas no processo de erosão localizada.

### 3. MÉTODOS DE TRABALHO

A realização do trabalho baseou-se em diversos métodos aplicados na tentativa de responder às questões sugeridas nesta pesquisa. Dessa forma, foram aplicados os seguintes métodos:

- 1) Construção do modelo de clima de ondas e cálculo da intensidade potencial e do sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos (descritos no capítulo 5);
- 2) Sobreposição de fotografias aéreas verticais e de imagens de satélite de diferentes datas (1955, 1956, 1965, 1979, 1988, 1990, 1995 e atuais de 2006 a 2009) (descritas no capítulo 6);
- 3) Caracterização dos cenários para os eventos erosivos identificados em matérias publicadas por jornais locais (Estado de Alagoas) (descritas no capítulo 7);
- 4) Trabalhos de campo em duas diferentes etapas: a primeira, entre os dias 29 de outubro e 13 de novembro de 2006 (caminhamentos ao longo das praias) e, a segunda, entre os dias 23 e 29 de janeiro de 2010 (descritos detalhadamente no capítulo 6);
- 5) Para o mapeamento das condições atuais de ocupação urbana da linha de costa foi feito um detalhamento a partir das imagens do satélite *Ikonos*, disponíveis no programa *Google Earth Pro*®, as quais foram inicialmente retificadas e montadas em mosaico, procedimento descrito no capítulo 6. Logo após, foi gerado um arquivo de imagem com alta resolução permitindo, assim, a identificação de todas as construções erguidas sobre a linha de costa. Este trabalho foi auxiliado por uma documentação fotográfica realizada em campo, onde o horário da câmera digital estava sincronizado com o horário do GPS, o que permitiu posteriormente a utilização do aplicativo *GPS-Photo Link* no programa *ArcGis 9.2*®, facilitando a identificação do local, data e hora em que foi tirada a fotografia diretamente em um SIG. Dessa forma foi possível mapear a extensão dos trechos com ocupação urbana ou não, os níveis e tipos de ocupação, assim como os trechos com presença de obras de proteção costeira observadas ao longo nessa linha de costa.

- 6) A integração de todos os dados obtidos nas etapas anteriores foi feita com o auxílio de um Sistema de Informações Geográficas (SIG), utilizando o programa *ArcGis 9.2®*.

## **4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

### **4.1. Localização**

O litoral alagoano está situado na costa leste da região Nordeste do Brasil, entre as coordenadas geográficas de 08°55' e 10°30' de latitude sul e 35°09' e 36°24' de longitude oeste (Fig. 1). Estende-se por cerca de 260 km, consistindo de 57% de praias arenosas, protegidas por recifes de coral em franja e bancos de arenito, encontradas entre a praia de Peroba e Maceió (Fig. 1); de 16% de praias arenosas semi-protegidas por bancos de arenito, como aquelas encontradas entre Maceió e Barra de São Miguel (Fig. 1); e, de 27% de praias arenosas expostas, como aquelas encontradas entre as praias de Barra de São Miguel e a foz do rio São Francisco (Fig. 1).

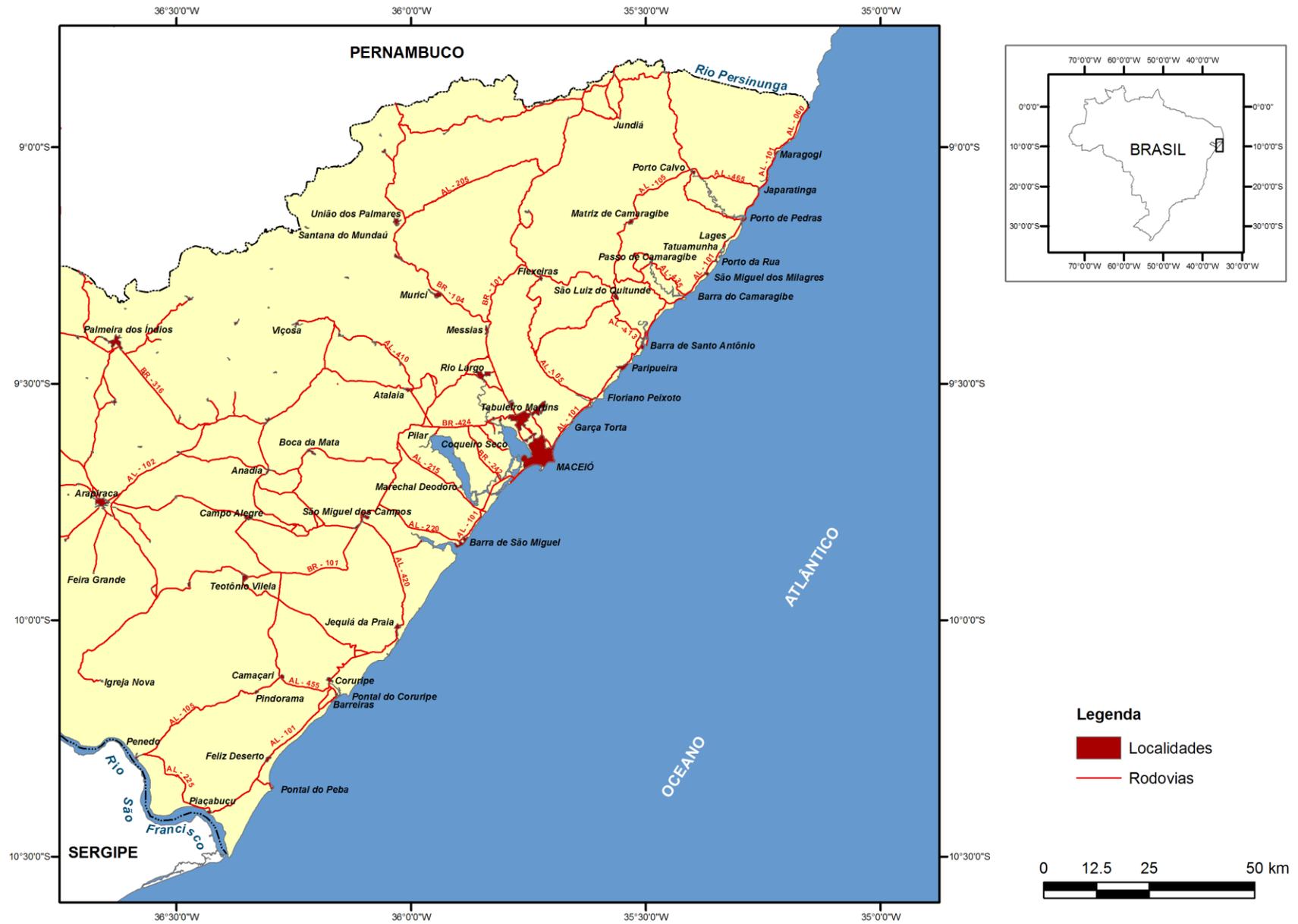


Figura 1 – Mapa de localização do litoral Estado de Alagoas.

## 4.2. Evolução Paleogeográfica da Zona Costeira

Estudos sistemáticos baseados em mapeamentos detalhados e datações com C<sup>14</sup> propiciaram um razoável conhecimento sobre a evolução das planícies costeiras na costa leste-nordeste do Brasil ao longo do Quaternário (Suguio & Martin, 1981; Bittencourt *et al.*, 1979; 1982; 1983; Suguio *et al.*, 1982; Barbosa *et al.*, 1986 a e b; Dominguez, 1987; Dominguez *et al.*, 1981; 1992; Dominguez, 1996; Martin *et al.*, 1996).

Dois grandes episódios transgressivos afetaram a área de estudo durante o Quaternário. Estes eventos foram significativamente importantes para a evolução paleogeográfica da costa de Alagoas (Barbosa *et al.*, 1986 a e b). A Penúltima Transgressão, que culminou em um nível do mar de  $8 \pm 2$  m acima da posição atual por volta de 120.000 anos A.P. (Martin *et al.*, 1982), e a Última Transgressão, que alcançou por volta de 5.100 anos A.P. um nível do mar de 4 a 5 m acima do atual (Martin *et al.*, 1979; 2003; Suguio *et al.*, 1985). No ápice deste último episódio a planície costeira originada do primeiro episódio transgressivo foi quase que totalmente destruída, quando a linha de costa em estudo apresentava-se quase que exclusivamente composta por falésias com contato direto com as ondas (Barbosa *et al.*, 1986 a e b). Ainda de acordo com estes autores, o abaixamento do nível do mar iniciado após o máximo da Última Transgressão favoreceu o desenvolvimento da porção holocênica da planície costeira de Alagoas.

## 4.3. Geologia e Geomorfologia Regional

Bacocoli (1971), Coleman & Wright (1972; 1975) e Braz Filho (1980), pelo nosso conhecimento, foram os primeiros autores a apresentar uma distribuição espacial preliminar dos depósitos quaternários da planície deltaica associada à foz do rio São Francisco. Trabalhos numa maior escala de aproximação foram posteriormente realizados por Bittencourt *et al.* (1982; 1983) e Dominguez (1996), que resultaram numa reconstrução da história geológica quaternária desta planície. Por fim, Guimarães (2010), num estudo mais detalhado, aprofundou consideravelmente o conhecimento sobre a evolução quaternária do delta do rio São Francisco.

A costa de Alagoas está inserida no setor oriental da Região Nordeste do Brasil. É compartimentada em duas áreas geologicamente distintas (Fig. 2): a) a interiorana, constituída pelas unidades lito-estratigráficas do Complexo Precambriano do Nordeste do Brasil; e b) a costeira sedimentar, disposta ao longo da costa em uma faixa mais ou menos paralela à mesma, compreendendo a Bacia Sergipe-Alagoas, composta por sedimentos de idade Paleozoica (Dantas & Calheiros, 1986), pela Formação Barreiras (Terciário) e por depósitos quaternários.

#### *4.3.1. Caracterização Geomorfológico-Geológica da Região Costeira*

Com base nas características geomorfológicas-geológicas observadas ao longo da costa do Estado de Alagoas, a mesma pode ser dividida em três diferentes setores (Fig. 2):

SETOR I – Estende-se do rio Persinunga, divisa entre os Estados de Alagoas e de Pernambuco, até Maceió – É caracterizado pelo pequeno desenvolvimento da planície quaternária, onde terraços marinhos holocênicos apresentam larguras que raramente alcançam 2 km (Barbosa *et al.*, 1986 a e b). Nos trechos em que a planície costeira está ausente, ocorrem sedimentos terciários da Formação Barreiras, compondo falésias ativas ao longo da costa (Ponte, 1969), como entre a Ponta da Gameleira e a praia de Carro Quebrado. Nos locais onde há dissecação dos sedimentos da Formação Barreiras, surgem falésias costeiras nas rochas paleo-mesozóicas da bacia sedimentar Sergipe-Alagoas (Arienti, 2006), como nos casos das praias de Japaratinga e de Barreiras do Boqueirão. Essas estruturas são dissecadas por pequenos cursos fluviais que formam pequenos vales. A principal característica deste setor é a presença de inúmeros bancos de arenito e de recifes de coral em franja formando uma ou mais linhas alongadas e descontínuas, distanciadas paralelamente à linha de costa ou, em alguns casos, adjacentes à mesma (Mabesoone, 1964; Coutinho & Farias, 1979; Dominguez *et al.*, 1990). A maior parte deste setor está inserida na denominada Costa dos Corais (Maída & Ferreira, 1997; Castro & Pires, 2001; Leão *et al.*, 2003), que dá nome a uma importante Área de Proteção Ambiental.

SETOR II – Estende-se de Maceió até o Pontal do Coruripe – Caracterizado pelo pobre desenvolvimento da planície quaternária, onde terraços marinhos holocênicos apresentam-se limitados a pequenos trechos da linha de costa, alcançando raramente 1 km de largura, com exceção da planície costeira de Maceió. Terraços marinhos pleistocênicos estão

limitados a um pequeno fragmento do litoral (Barbosa *et al.*, 1986 a e b), como nas vizinhanças de Barra de São Miguel. Neste setor são encontradas uma série de lagoas dispostas mais ou menos perpendicularmente à linha de costa. São encontradas, ainda, poucas ocorrências de recifes de coral. Bancos de arenito, paralelos à linha de costa, estão dispostos de forma descontínua em um trecho de aproximadamente 30 km, entre Maceió e a Barra de São Miguel. Outra característica importante observada neste setor é a existência de um extenso trecho, entre a Lagoa Doce e a Lagoa Jacarecica, com aproximadamente 20 km de extensão, que apresenta continuamente falésias ativas esculpidas na Formação Barreiras.

SETOR III – Estende-se do Pontal do Coruripe até a foz do rio São Francisco, divisa entre os Estados de Alagoas e Sergipe – Apresenta, de nordeste para sudoeste, um alargamento da planície quaternária, com o desenvolvimento de extensos terraços marinhos holocênicos, que alcançam largura de até aproximadamente 20 km na planície deltaica do rio São Francisco. Estes terraços são, em parte, recobertos por um extenso campo de dunas costeiras (Barbosa *et al.*, 1986 a e b), que se estende por aproximadamente 45 km de linha de costa. Depósitos flúvio-lagunares e de pântanos e mangues também ocorrem de uma maneira significativa na planície deltaica associada ao rio São Francisco. Existem neste setor ainda, algumas ocorrências de bancos de arenito dispostos paralelamente à costa a, aproximadamente 3 km da mesma, entre o Pontal do Coruripe e Miai, assim como algumas ocorrências de recifes de coral a aproximadamente 4 km da costa em frente ao Pontal do Coruripe, e a aproximadamente 3 km da linha de costa em frente à praia do Poço, assim como os recifes de coral do Pontal do Peba.

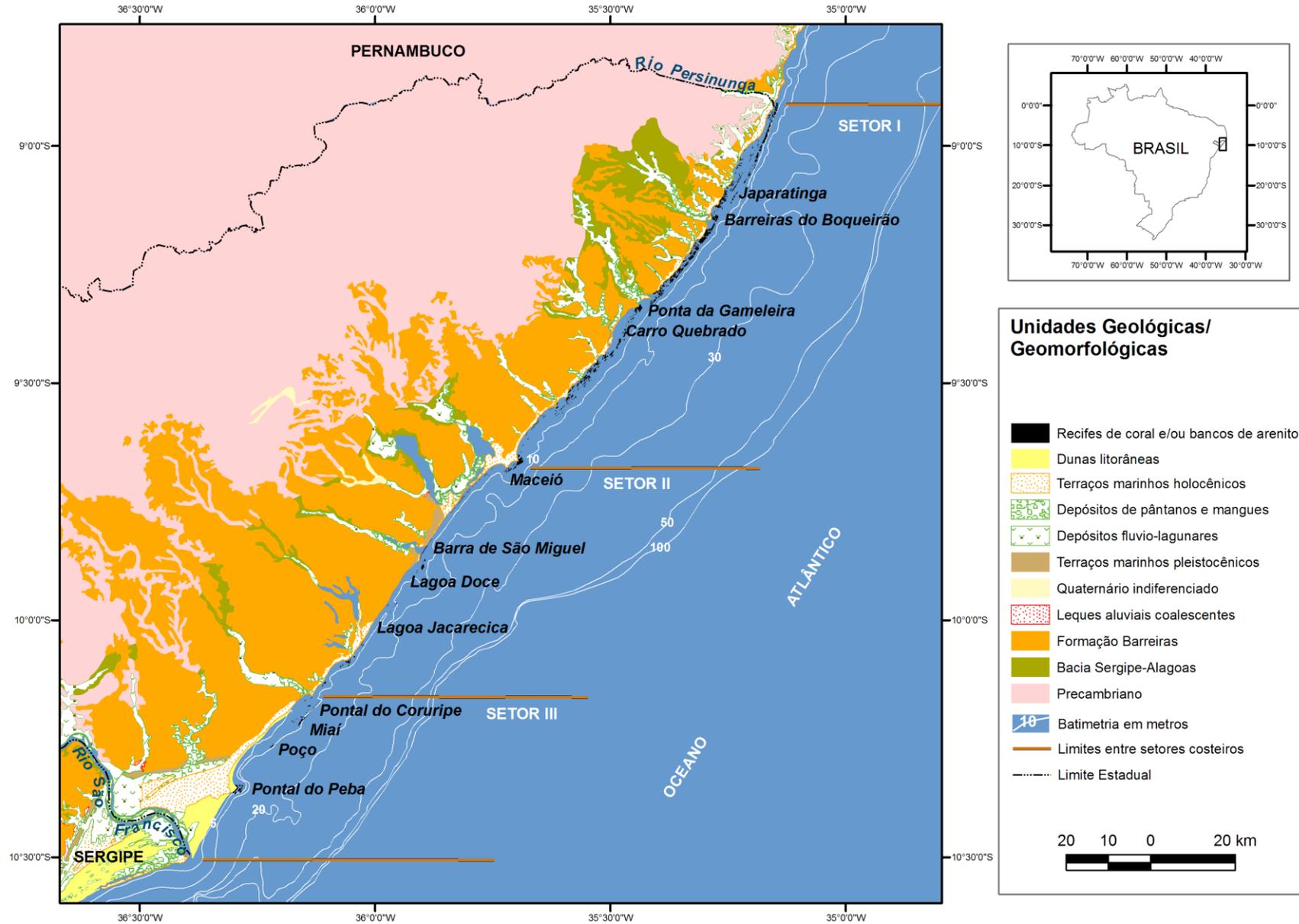


Figura 2 – Mapa simplificado das unidades geológicas/geomorfológicas do litoral do Estado de Alagoas (modificado de Barbosa et al., 1986 a), mostrando ainda a batimetria e os setores costeiros.

#### 4.4. Fisiografia da Plataforma Continental

A plataforma continental é relativamente plana, apresentando uma orientação geral que coincide razoavelmente com a da linha de costa. Esta plataforma pode ser dividida em dois distintos setores. No primeiro, que se estende das proximidades do rio Persinunga à Barra de São Miguel, apresenta uma largura média de 40 km (definida pelo contorno de 100 m de profundidade), com poucas irregularidades. No segundo, que vai das proximidades da Barra de São Miguel até a foz rio São Francisco, a plataforma se estreita alcançando entre 20 e 25 m, observando-se poucas irregularidades, sendo sua mais marcada característica fisiográfica representada pelo cânion do São Francisco. A linha de quebra desta plataforma se dá entre 60 e 80 m de profundidade (França, 1979) (Fig. 2).

#### 4.5. Recifes de Coral e Bancos de Arenito

Os recifes de coral em franja consistem em estruturas rochosas, construídas por organismos marinhos, portadores de esqueleto calcário, capazes de atuar como anteparos à energia das ondas e correntes oceânicas (Leão, 1994). Em diversos estados do Nordeste do Brasil as comunidades recifais se instalaram, na sua maioria, sobre bancos de arenito, em geral estreitos, alongados e localizados adjacentes à praia (Leão, 1996).

Os bancos de arenito são depósitos de sedimentos arenosos do sistema praias consolidados, localizados na zona intermarés, cimentados por carbonato de cálcio. A presença desses corpos rochosos pode afetar a morfodinâmica costeira local (Vousdoukas *et al.*, 2007); entretanto, como observado por estes autores, poucas pesquisas têm considerado a relação existente entre a morfodinâmica costeira e a presença dos bancos de arenito. Segundo Suhayda & Roberts (1977), geomorfologicamente um banco de arenito é uma barreira hidráulica que se comporta de forma análoga a um recife em franja. Eles exercem a função de quebra-mares naturais, protegendo a linha de costa contra a ação das ondas (Neves, & Muehe 1995), e estabelecem uma proteção adicional às linhas de costa em erosão (Dickinson 1999), prevenindo o total desaparecimento das praias (Calvet *et al.*, 2003). Diversos estudos apontam para o fato de que a presença de bancos de arenito está relacionada a linhas de costa em erosão (Mabesoone, 1964; Stoddart & Cann, 1965; Cooray, 1968; Coutinho & Farias, 1979; Dominguez *et al.*, 1996).

#### **4.6. Climatologia/Sistema de Circulação Atmosférica**

O clima na faixa costeira, segundo a classificação de Köppen, do limite norte até Maceió, é do tipo AMS': tropical chuvoso com períodos secos no verão e temperaturas anuais que variam entre 23° e 28°C. De Maceió até o limite sul passa a prevalecer o tipo AS': tropical com poucas chuvas e verão seco, onde as temperaturas anuais variam entre 18° e 25°C. As precipitações são elevadas, em torno de 1.800 mm ao ano, com o trimestre chuvoso concentrado nos meses de maio, junho e julho (Nimer, 1986).

A área de estudo está condicionada ao regime de ventos alísios, oriundos da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). Os deslocamentos na direção norte/sul do referido anticiclone, ao longo das estações do ano, gera ventos de leste e nordeste durante a primavera e o verão, e de leste e sudeste durante o outono e o inverno. E, em menor escala, o litoral desta região sofre os avanços periódicos da Frente Polar Atlântica (frentes frias), gerando ventos do quadrante sul durante o outono e o inverno (Nimer, 1986; Martin *et al.* 1998). Os sistemas frontais ou seus remanescentes estão associados ao aumento das chuvas durante os meses de outono e do inverno deste o litoral da Bahia até o Rio Grande do Norte (Kousky, 1979). A constância nas direções e velocidades desses ventos exerce uma ampla influência nos processos costeiros na costa nordeste do Brasil (Dominguez *et al.*, 1992), uma vez que os principais fatores responsáveis pelos processos físicos que resultam no transporte longitudinal de sedimentos ao longo da linha de costa são determinados, sobretudo, pelas condições modais de ondas (Johnson, 1956).

#### **4.7. Parâmetros Oceanográficos**

A latitude onde está localizada a costa do Estado de Alagoas é dominada por ondas geradas principalmente pelos ventos alísios. Segundo Dominguez *et al.* (1992), tais padrões de ventos são os principais responsáveis pelas frentes-de-onda que alcançam a linha de costa no litoral oriental do nordeste do Brasil, sendo que as ondas de leste e nordeste têm em alto-mar, predominantemente, altura de 1 metro e período de 5 segundos e, as de sudeste e sul-sudeste, predominantemente altura de 1,5 metros e período de 6,5 segundos (Hogben & Lumb, 1967).

A costa alagoana apresenta regime de meso-maré semidiurna, com alturas que alcançam - 0,2 m nas marés mais baixas, e 2,6 m nas marés mais altas de acordo com previsões da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) – Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) – Banco Nacional de Dados Oceanográficos (CNDO) (DHN, 1998).

#### **4.8. Bacias Hidrográficas e Estuários**

A área de estudo é caracterizada em termos hidrográficos por cursos d'água de caráter perene e intermitente, sendo composta pelo total de oito bacias hidrográficas que deságuam diretamente no oceano Atlântico, ou no Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú Manguaba (CELMM). As bacias presentes na área estudada são: (1) bacia hidrográfica do Litoral Norte, composta pelos rios Manguaba, Salgado, Maragogi e Tatuamunha, com área drenada de 1.406,1 km<sup>2</sup>, e apresentando vazão média anual de 17,7 m<sup>3</sup>/s; (2) bacia hidrográfica do rio Camaragibe, composta pelo rio homônimo e o rio Santo Antônio, apresentando área drenada de 1.916 km<sup>2</sup> e vazão média de 17,7 m<sup>3</sup>/s; (3) bacia hidrográfica do rio Pratagy, com área drenada de 1.911,3 km<sup>2</sup>, tendo como componentes os rios Sapucaí, Meirim, Pratagy, Jacarecica e Reginaldo; (4) bacia hidrográfica do rio Mundaú, com área de 4.126 km<sup>2</sup>, apresentando uma vazão média de 25,8 m<sup>3</sup>/s, desaguando no CELMM; (5) bacia hidrográfica do rio Paraíba, que drena uma área de 3.151 km<sup>2</sup> e deságua no CELMM; (6) Bacia do hidrográfica do rio São Miguel, que drena uma área de 624 km<sup>2</sup>, apresentando uma vazão média de 5,98 m<sup>3</sup>/s; (7) bacia hidrográfica do rio Coruripe, drenando uma área de 1.650,7 km<sup>2</sup> (SEMARH, 2010); (8) e, a bacia hidrográfica do rio São Francisco, com extensão de 2.863 km e com uma bacia de drenagem de 634.000 km<sup>2</sup>. A vazão natural média anual do rio São Francisco é de 2.850 metros cúbicos por segundo, mas ao longo do ano pode variar entre 1.077 m<sup>3</sup>/s e 5.290 m<sup>3</sup>/s (ANA, 2010).

#### **4.9. Unidades de Conservação**

No litoral do Estado de Alagoas são encontradas algumas Unidades de Conservação (UC) Federais e Estaduais, assim como algumas Municipais. Dentre as principais UC Federal e Estadual, estão (Fig. 3):

1. A Área de Proteção Ambiental (APA) da Costa dos Corais, criada pelo Decreto Federal do dia 23 de outubro de 1997, abrangendo os Estados de Pernambuco e Alagoas, sendo que em Alagoas estende-se entre os municípios de Maragogi e Maceió. Tem com principais objetivos, garantir a conservação dos recifes coralígenos e de arenito, com sua fauna e flora; manter a integridade do habitat e preservar a população do peixe-boi marinho, *Trichechus manatus*; proteger os manguezais em toda a sua extensão, situados ao longo das desembocaduras dos rios, com sua fauna e flora; ordenar o turismo ecológico, científico e cultural, e demais atividades econômicas compatíveis com a conservação ambiental e incentivar as manifestações culturais e contribuir para o resgate da diversidade cultural regional (MMA, 2005);
2. A Área de Proteção Ambiental (APA) de Santa Rita é uma UC criada pela lei estadual 4.607, de 19 de dezembro de 1984, ora abreviadamente denominada APA de Santa Rita. Compreende partes dos municípios de Maceió, Marechal Deodoro e Coqueiro Seco, abrangendo todas as ilhas e, no continente, as encostas dos tabuleiros e restingas que as circundam, e regulamentada pelo decreto estadual 6.274 de 5 de Junho de 1985 que dispõe sobre a referida APA, além de criar a reserva Ecológica do Saco da Pedra e dá providências correlatas (SEMARH, 2010);
3. Reserva Extrativista Marinha (RESEX) da Lagoa do Jequiá, trata-se de uma UC Federal, criada no dia 27 de setembro de 2001, no município de Jequiá da Praia, abrangendo uma área de 10.203,90 há, que tem como principal objetivo assegurar o uso sustentável e a conservação dos recursos naturais renováveis, protegendo os meios de vida e a cultura da população extrativista (MMA, 2005);
4. Área de Proteção Ambiental (APA) de Piaçabuçu, instituída pelo Decreto nº 88421, de 21 de junho de 1983, possui 18.000 ha e constitui uma área de relevante valor ecológico. Esta unidade foi criada com o objetivo de proteger os quelônios marinhos, as aves migratórias de hábitos marinhos e a fixação de dunas (MMA, 2005).

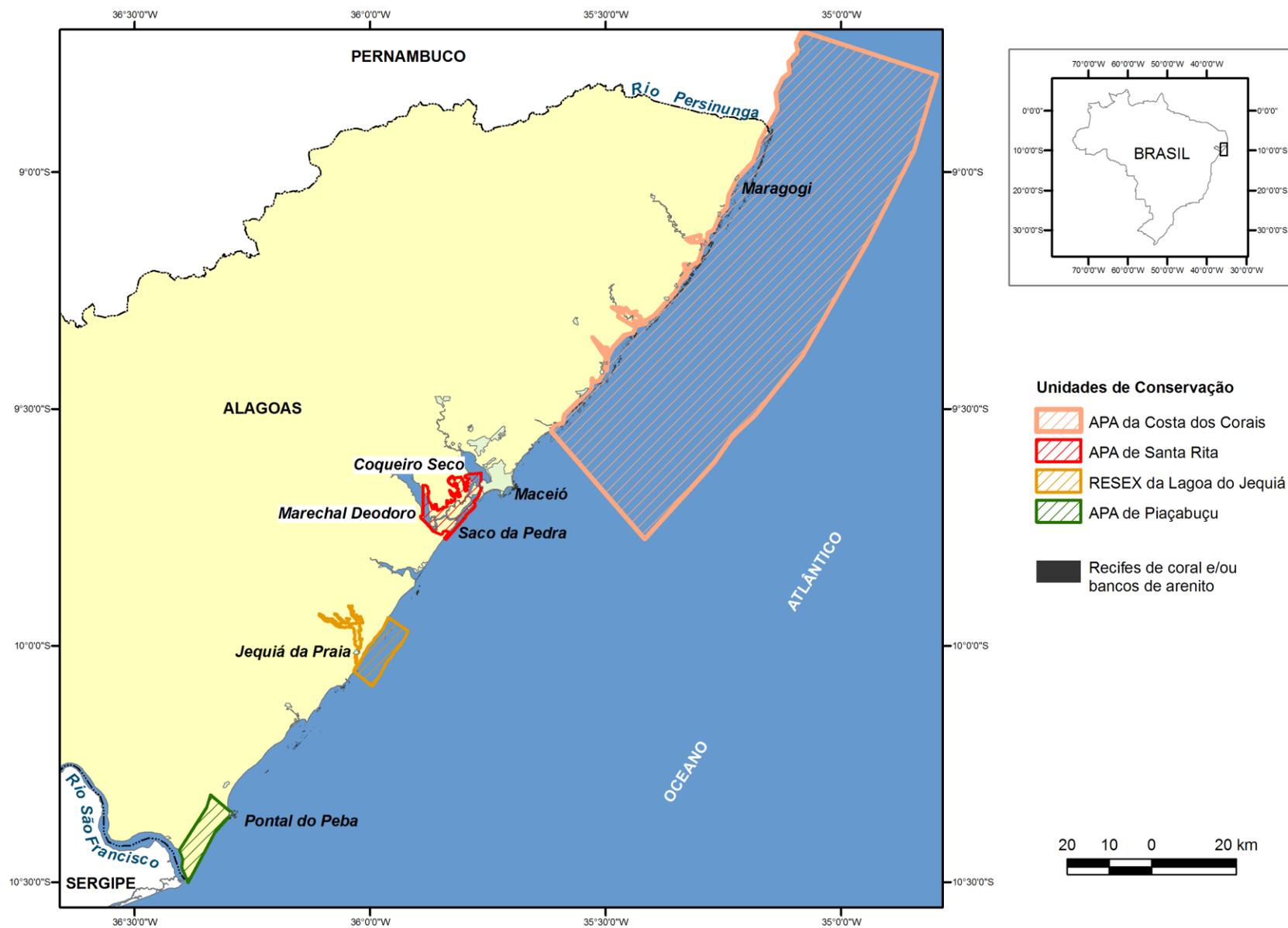


Figura 3 - Principais UC Federal e Estadual encontradas no litoral do Estado de Alagoas.

## 5. MODELAGEM DE ONDAS E PADRÕES DE TRANSPORTE LITORÂNEO DE SEDIMENTOS

O comportamento costeiro de longo período pode ser entendido como o resultado de inúmeros processos e mecanismos que atuam e interagem entre si em uma grande variedade de escalas, tanto espaciais quanto temporais. Nas últimas décadas, modelos numéricos têm sido amplamente utilizados na tentativa de simular os processos e a morfologia costeira (Komar, 1998). Apesar desta extensa utilização, alguns pesquisadores têm questionado o seu uso (p. ex. Pilkey Jr., 1994), devido, sobretudo, às incertezas inerentes à aquisição e tratamento dos dados (Oreskes *et al.*, 1994). Entretanto, De Vriend *et al.* (1993) têm demonstrado que a redução da informação é importante na aplicação da modelagem numérica de longo período. Sendo assim, a dependência nas flutuações individuais torna-se menos importantes em direção à escala geológica onde, sobre milênios, a evolução ocorre principalmente em resposta à tendência média das condições ambientais (Cowell & Thom, 1994). O desenvolvimento de modelos numéricos exige que cada processo e interações de processos sejam traduzidos em termos matemáticos, sendo estes essencialmente representações simplificadas da realidade (Cowell & Thom, 1994).

A estimativa do transporte longitudinal litorâneo de sedimentos é descrita através do regime de ondas e de suas modificações causadas pela batimetria da plataforma continental e orientação da linha de costa (Nummedal & Stephen, 1978). Dessa forma, modelos de clima de ondas têm se tornado importantes ferramentas para a avaliação dos processos costeiros (Bascom, 1954; Zenkovich, 1967; Goldsmith, 1976), por resultarem no conhecimento das variações da distribuição da energia das ondas ao longo da costa (Goldsmith, 1976). As ondas são, assim, importantes mecanismos responsáveis pelo transporte de sedimentos ao longo da linha de costa (Goldsmith & Golik, 1980) e pelos processos erosivos e de acumulação (Griggs & Trenhaile, 1994). Ao alcançarem águas intermediárias a rasas, quando a profundidade da lâmina da água corresponde à cerca da metade do seu comprimento, as ondas passam a interagir com as feições encontradas no fundo marinho. A refração da onda é uma resposta direta às mudanças na velocidade de propagação das mesmas, causadas por essa interação. A porção da onda que viaja em águas mais profundas move-se mais rapidamente que a porção da onda que viaja em águas mais rasas, resultando no curvamento das cristas das ondas, tendendo a se alinhar aos contornos do fundo (Munk & Traylor, 1947; Bascom, 1954; Zenkovich, 1967; Goldsmith, 1976). Desta forma, topografias de fundos marinhos irregulares

causam refração nas ondas, resultando na concentração ou dispersão da sua energia ao longo da costa. Esse fenômeno resulta na convergência ou divergência dos raios-de-onda, que são linhas perpendiculares às frentes-de-onda e que se propagam no sentido do seu avanço (Munk & Traylor, 1947; Bascom, 1954; Goldsmith, 1976).

Quando as ortogonais das frentes-de-onda convergem sobre um alto submarino associado, por exemplo, a um promontório rochoso, as cristas são comprimidas, e a energia por unidade de comprimento de crista é concentrada no promontório (Fig. 4 B), resultando num aumento na sua energia, apresentando alturas substancialmente maiores que nos embaiamentos adjacentes, onde o espalhamento dos raios reduz a energia da onda. Inversamente, quando as ortogonais dos raios-de-onda divergem sobre um canhão ou uma depressão submarina, as cristas são espalhadas, e a energia por unidade de comprimento de crista é diminuída (Fig. 4 A), apresentando alturas menores que as das regiões adjacentes a estas feições (Munk & Traylor, 1947; Bascom, 1954; Goldsmith, 1976). Dessa forma, se não houver uma abundância de alimentação de sedimentos em uma determinada região costeira como discutido por Tanner (1960), as ondas vão apresentar um maior poder erosivo nos locais onde se observa convergência dos raios-de-onda. Por outro lado, as ondas vão apresentar menor capacidade de erosão nos locais onde há divergência dos raios-de-onda (Munk & Traylor, 1947; Bascom, 1954; Goldsmith, 1976).

Através das variações de altura e do ângulo de incidência das ondas ao longo da linha de costa, induzidas pelo processo de refração, são geradas correntes longitudinais à linha de costa e a conseqüente dispersão de sedimentos ao longo da costa.

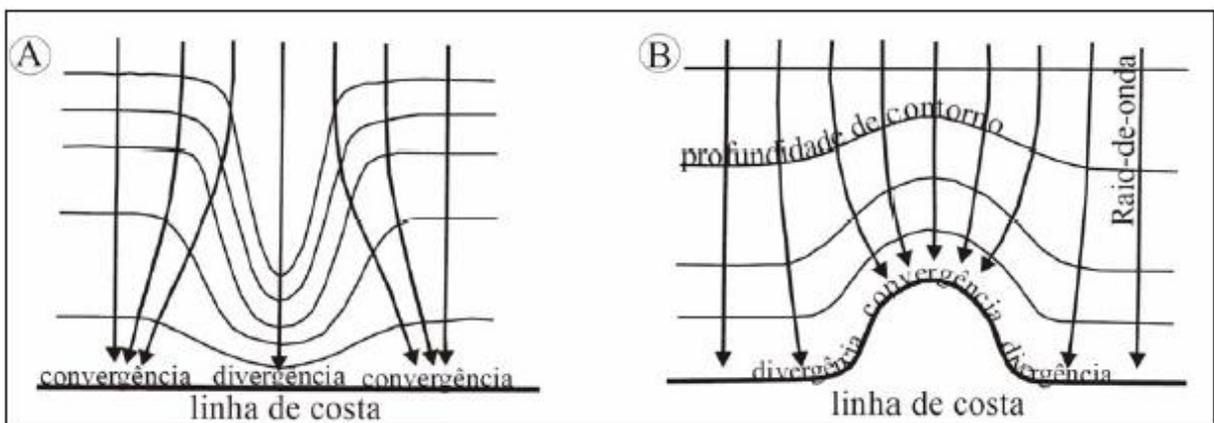


Figura 4: Divergência dos raios-de-onda sobre um vale submarino (A) e convergência dos raios-de-onda sobre um alto submarino (B), resultante da refração das ondas (Komar, 1998).

## 5.1. Trabalhos Anteriores

As primeiras indicações de sentido de deriva litorânea de sedimentos ao longo da costa leste-nordeste brasileira surgiram a partir de modelos conceituais, inicialmente realizados em escala global de aproximação (Silvester, 1968) e em escala regional (Dominguez *et al.*, 1992; Dominguez & Bittencourt, 1996; Martin *et al.*, 1998). Posteriormente, ainda em escala regional, foram executados por Bittencourt *et al.* (2000, 2002, 2005) modelos numéricos que confirmaram e refinaram, em grande parte, os padrões de dispersão de sedimentos identificados anteriormente.

Baseados na construção de um modelo de clima de ondas, fundamentado em modelagem numérica realizada a partir de diagramas de refração de ondas, Bittencourt *et al.* (2002, 2005) definiram os sentidos gerais da deriva litorânea efetiva de sedimentos ao longo da costa leste-nordeste brasileira. Particularmente no trecho costeiro em que se encontra o Estado de Alagoas, estes autores identificaram duas células de circulação costeira, uma no sentido NE-SW, atuante ao longo da maior parte deste litoral, e outra no sentido SW-NE, atuante próximo ao limite nordeste da área de estudo. Dessa forma, este padrão resultou em uma zona de divergência no sentido da deriva litorânea efetiva localizada nas proximidades de Japaratinga (Bittencourt *et al.*, 2002) (Fig. 2). Trabalhos desenvolvidos em escala de maior detalhe têm se mostrado capazes de confirmar e refinar os resultados descritos em Bittencourt *et al.* (2005) (p. ex. Silva *et al.*, 2001; Nascimento *et al.*, 2007), assim como estabelecer o comportamento da evolução morfodinâmica para diversos cenários de posicionamento da linha de costa ao longo do Holoceno em algumas feições deltaicas localizadas na costa leste-nordeste do Brasil (Guimarães & Dominguez, 2005; Bittencourt *et al.*, 2007 a e b).

Os padrões de dispersão de sedimentos estabelecidos para a costa leste-nordeste do Brasil condicionados pela atuação dos ventos alísios gerados a partir da Alta Subtropical do Atlântico Sul podem ser considerados importantes agentes modeladores da configuração geomorfológica deste litoral (Dominguez *et al.*, 1992). Baseados na orientação de antigos cordões litorâneos, estes autores consideraram que tais padrões parecem vir persistindo desde o Pleistoceno. Esta persistência é controlada pela circulação atmosférica que, para a costa leste-nordeste do Brasil parece manter uma notável estabilidade ao longo do Quaternário Tardio (Dominguez *et al.*, 1992).

## 5.2. Cálculo da Intensidade Potencial e do Sentido da Deriva Litorânea de Sedimentos

A intensidade potencial da deriva litorânea foi determinada a partir do método descrito em Bittencourt *et al.* (2000, 2002, 2003). Dessa forma, considerou-se que a energia da onda é diretamente proporcional ao quadrado de sua altura (Davies, 1972). Considerou-se também que a intensidade da deriva litorânea é proporcional ao ângulo com que as frentes-de-onda alcançam a linha de costa (Zenkovich, 1967; Komar, 1998; Kokot, 1997), tal fator sendo descrito de acordo com a função  $y = \text{sen } \alpha \cdot \text{cos } \alpha$  (Komar, 1998). Assim, a intensidade potencial da deriva litorânea de sedimentos, expressa por um valor adimensional, foi determinada de acordo com a função  $x = y \cdot H^2$ , onde  $H$  é a altura da onda ao longo da linha de costa. A altura da onda ao longo da linha de costa foi estimada de acordo com a equação  $H = H_0(b_0/b)^{1/2}$ , onde o zero subscrito designa condições de águas profundas e,  $b$ , a distância entre os limites de um conjunto de raios-de-onda adjacentes. A linha de costa foi dividida em 13 segmentos, cada um deles aproximado para uma linha reta, de acordo com a orientação da linha de costa. Após este cálculo, o valor obtido para a intensidade da deriva foi multiplicado pela porcentagem da frequência anual da direção do vento correspondente à cada uma das diferentes das frentes-de-onda (Fig. 5). Nos trechos costeiros apresentando sentidos de deriva opostos durante o ano o sentido da deriva da deriva efetiva foi definido considerando o sentido predominante resultante da diferença de intensidade entre as derivas opostas.

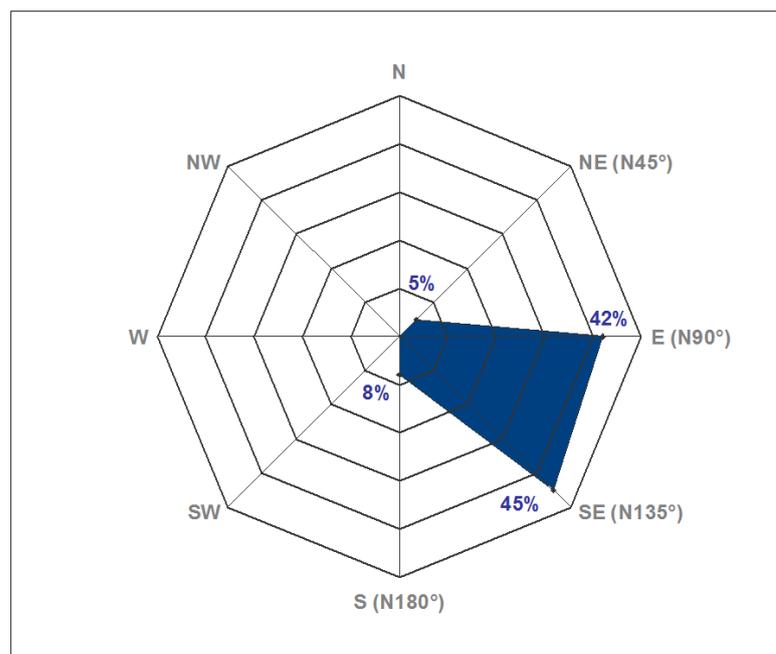


Figura 5 - Percentuais das condições de vento baseados na série temporal de 1951 a 1972 (DHN, 1993) para a região litorânea do estado de Alagoas.

### 5.3. Construção do Modelo de Clima de Ondas

A costa desta região está condicionada ao predomínio de ondas do tipo *sea* (Davies, 1972), que atingem a linha de costa durante a maior parte do ano (Hogben & Lumb, 1972), resultante do regime de ventos alísios, assim como, em menor escala, pelos avanços periódicos de frentes-frias (Nimer, 1986).

Os padrões de ventos descritos anteriormente são considerados os principais responsáveis pelas frentes-de-onda que alcançam a linha de costa no litoral oriental do Nordeste do Brasil (Dominguez *et al.*, 1992). Condições de vento baseadas em uma série temporal que se estende de 1951 a 1972, disponibilizadas pela DHN (1993), mostra as direções médias do vento e as suas respectivas frequências anuais responsáveis pela geração de ondas direcionadas à linha de costa: NE (N45°) 5%, E (N90°) 42%, SE (N135°) 45%, S (N180°) 8% (Fig. 5). Para essas direções de ondas foram considerados as alturas e períodos predominantes de acordo com estatística apresentada por Hogben & Lumb (1967): ondas de NE e E têm em alto-mar altura de 1 m e período de 5 s e, as de SE e S, altura de 1,5 m e período de 6,5 s.

Com base nesses dados foram construídos, manualmente, diagramas de refração de ondas até a isóbata de 10 m, na escala de 1:100.000, seguindo os procedimentos recomendados pela CERC (1984), resultando em um modelo de clima de ondas genérico para a área de estudo. Os dados batimétricos usados na construção desses diagramas foram extraídos de cartas náuticas da Marinha do Brasil, em escala aproximada de 1:300.000. Além da construção dos diagramas de refração para a linha de costa atual, os diagramas foram também construídos para o cenário costeiro por volta de 5.100 anos A.P., quando a Última Transgressão erodiu a planície pleistocênica e causou o afogamento dos cursos fluviais (Barbosa *et al.*, 1986 a e b). Os diagramas de refração, para o cenário de aproximadamente 5.100 anos A.P., foram construídos com base nas condições de contorno atuais. Os raios-de-onda foram refratados até a isóbata de 10 m e a partir desse limite, foi mantida a última direção de propagação até a linha de costa.

#### 5.4. Limitações na Modelagem Numérica

Deve ser considerado que a modelagem numérica aqui realizada apresenta algumas limitações. Uma destas limitações refere-se à inexistência de dados de medidas diretas do regime de ondas para a área de estudo, sendo adotado, para a confecção dos diagramas de refração, direções médias das frentes-de-onda, assim como o período e alturas em alto-mar. Outra limitação refere-se ao alcance inferior de propagação das ondas, que para este trabalho foi restrita a profundidades de 10 m, limite mais próximo da linha de costa nas cartas utilizadas. Outro fator importante é a presença marcante na metade norte do litoral alagoano, que foram desconsiderados. Tais recifes, é evidente, devem atenuar a energia de ondas incidentes na linha de costa, como apontado por diversos autores (Roberts *et al.*, 1975; Suhayda & Roberts, 1977; Roberts *et al.*, 1988; Roberts *et al.*, 1992; Gourlay, 1994; Hegge *et al.*, 1996; Lugo-Fernández *et al.*, 1998 a e b; Muñoz-Peréz *et al.*, 1999; Sanderson & Eliot, 1999; Sanderson *et al.*, 2000; Eversole & Fletcher, 2003; Sheppard *et al.*, 2005), refletindo assim, na diminuição das taxas de transporte longitudinais de sedimentos (Eversole & Fletcher, 2003). Além disso, foram também desconsiderados os processos de difração das ondas provocados por tais recifes na sua retaguarda.

#### 5.5. Diagramas de Refração de Ondas

Os diagramas de refração resultantes mostram que as ondas provenientes de NE e de S (Figs. 6 e 9), refratam mais intensamente do que as de E e de SE (Figs. 7 e 8). As ondas de NE se refratam de forma mais significativa desde as praias de Japaratinga até a foz do rio São Francisco (Fig. 6), sendo notáveis também focos de convergência de raios-de-onda de NE nas praias de Maragogi, do Gunga, da Lagoa do Tabuado e de Flexeiras (Fig. 6). As ondas de S se refratam de forma mais significativa no trecho entre as praias de Peroba e de Japaratinga, na praia do Carro Quebrado e entre as praias da Pajuçara e a foz do rio São Francisco (Fig. 9), e produzem muitos focos de convergência de raios-de-onda ao longo dessa linha de costa, como nas praias de Japaratinga, do Pontal da Barra, do Saco da Pedra, da Barra de São Miguel, da Lagoa Jacarecica, da Gameleira, do Pontal do Coruripe, de Miai e do Poço.

As ondas de E e SE (Figs. 7 e 8), em comparação com as de NE e S, apresentam-se menos refratadas. Entretanto, pode-se observar alguma refração nos raios-de-onda de E, como

no trecho entre as praias de São Bento e do Patacho, entre as praias de São Miguel dos Milagres e da Pajuçara, na praia do Pontal da Barra, e entre as praias de Barreiras e do Pontal do Peba (Fig. 7). Essas ondas produzem também alguns focos de convergência de raios-de-onda nas praias do Pontal do Boqueirão, de Guaxuma, do Pontal da Barra, de Barreiras, de Míai e do Pontal do Peba. Refração nos raios-de-onda de SE podem ser observados nos trechos entre as praias de São Bento e de Porto de Pedras, do Pratagy e do Saco da Pedra, e da Lagoa Jacarecica e do Pontal do Peba (Fig. 8). Focos de convergência de raios-de-onda de SE são observados nas praias de Japaratinga, de Barreiras do Boqueirão, de Jacarecica, do Trapiche, do Saco da Pedra, da Barra do Jequiá, da Lagoa do Pau, de Flexeiras e do Pontal do Peba (Fig. 8).

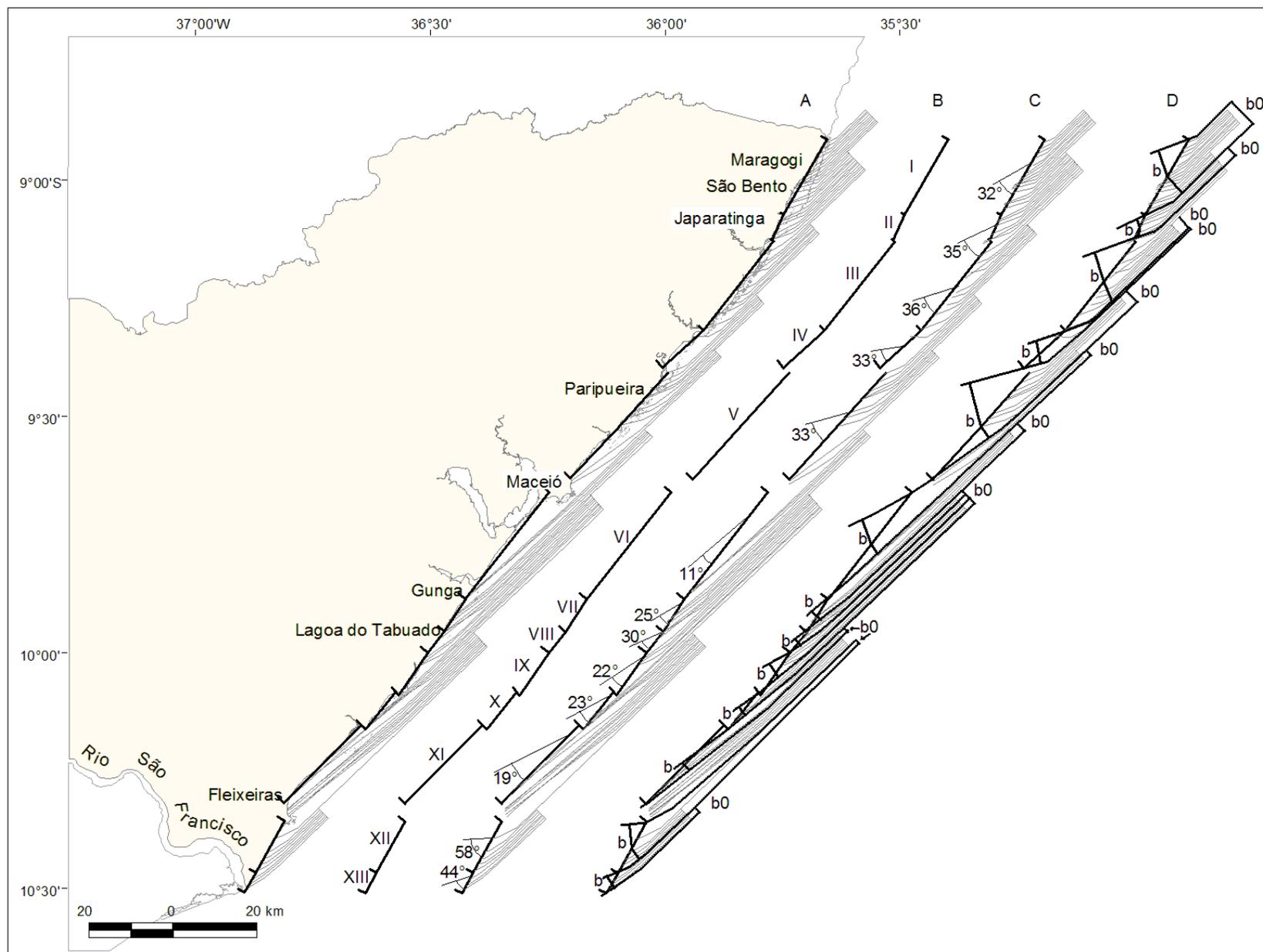


Figura 6 – A – Diagramas de refração para ondas com período de 5 segundos, provenientes de nordeste; B – Diferentes segmentos de linha de costa retilinearizada; C – Ângulos de incidência formados pelos raios-de-onda de nordeste em elação aos segmentos costeiros; D – Medidas de  $b$  e  $b_0$  para a estimativa da altura das ondas ao longo dos segmentos costeiros (ver texto).

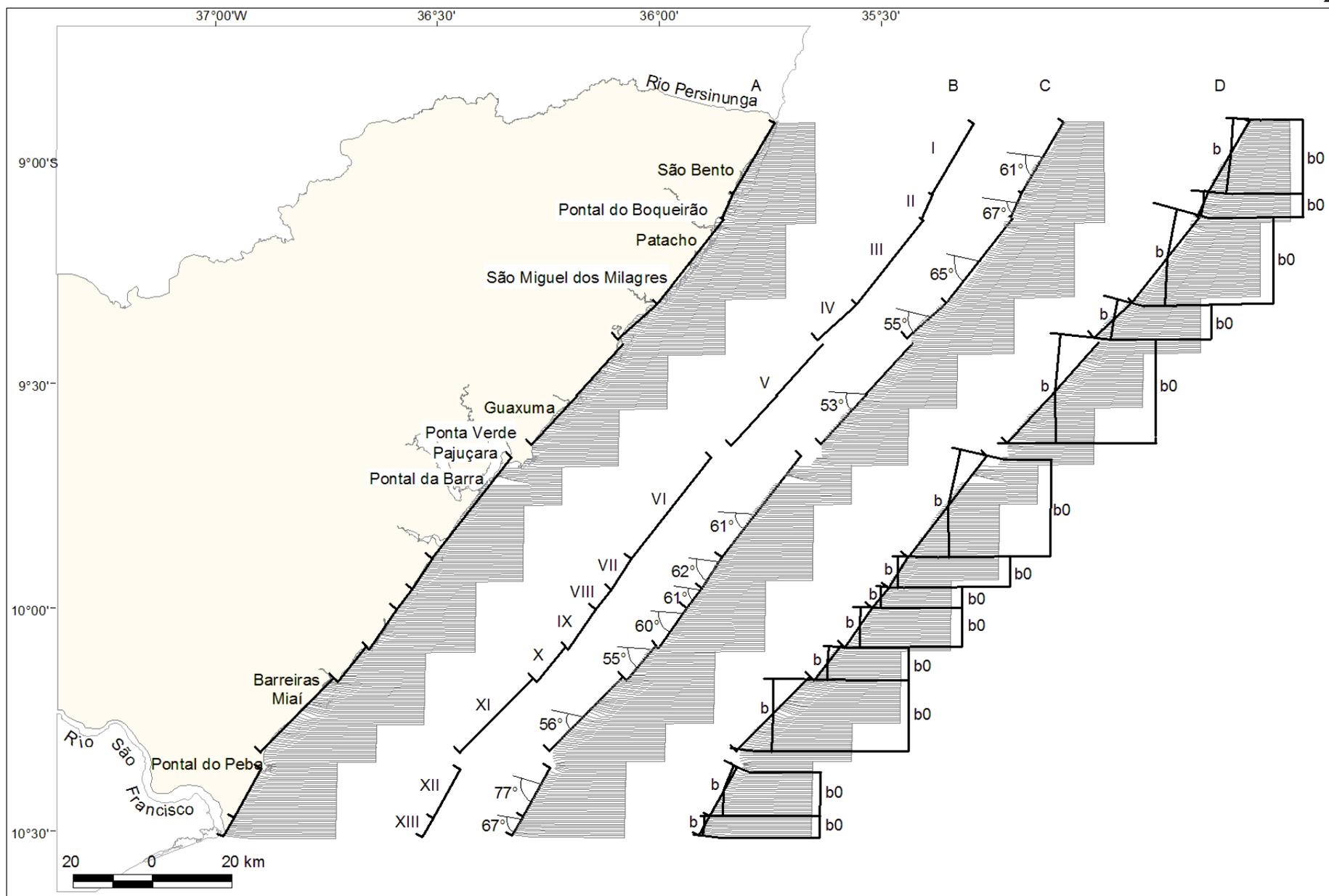


Figura 7 – A – Diagramas de refração para ondas com período de 5 segundos, provenientes de leste; B – Diferentes segmentos de linha de costa retilinearizada; C – Ângulos de incidência formados pelos raios-de-onda de leste em relação aos segmentos costeiros; D – Medidas de  $b$  e  $b_0$  para a estimativa da altura das ondas ao longo dos segmentos costeiros (ver texto).

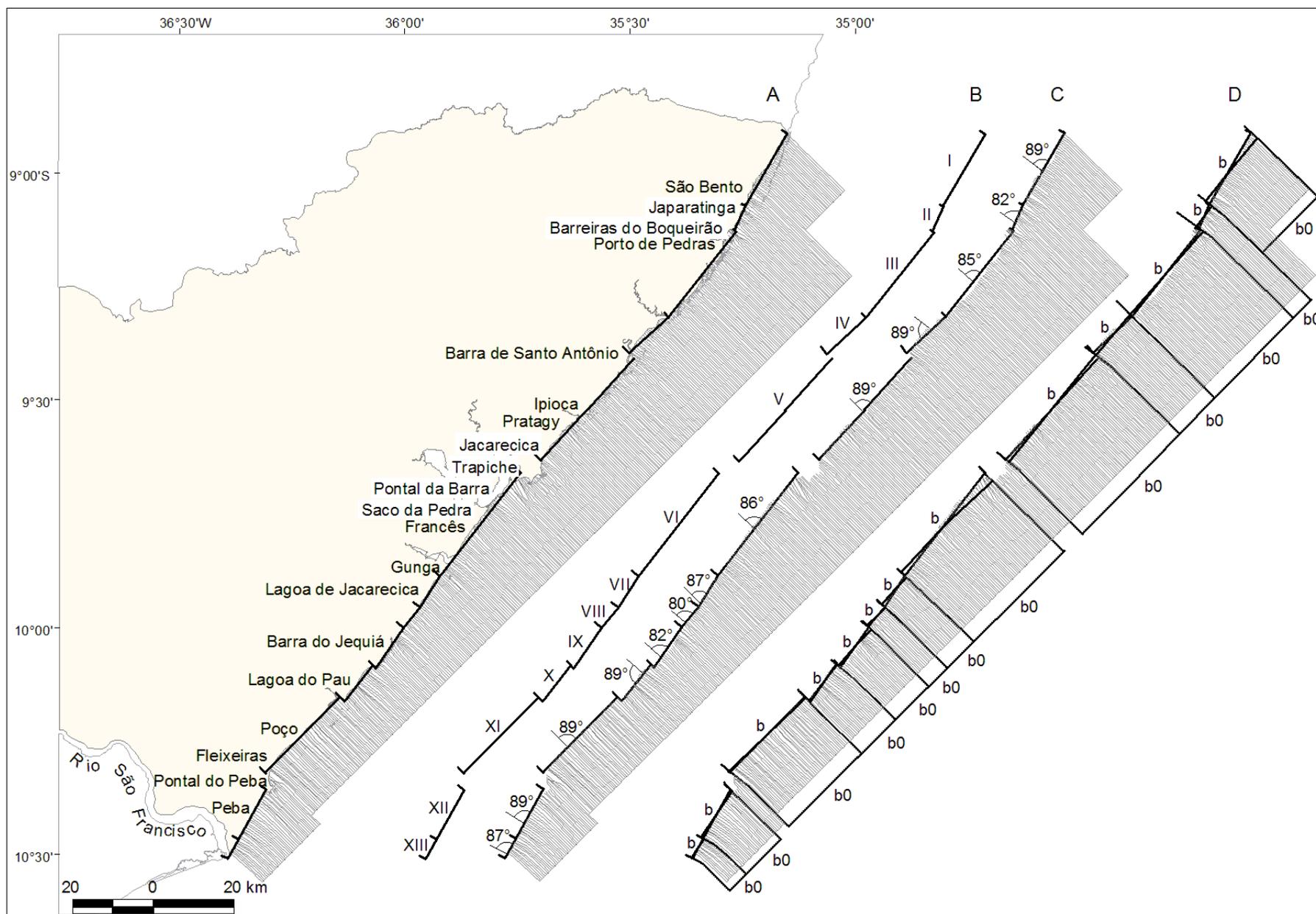


Figura 8 – A – Diagramas de refração para ondas com período de 6,5 segundos, provenientes de sudeste; B – Diferentes segmentos de linha de costa retilinearizada; C – Ângulos de incidência formados pelos raios-de-onda de sudeste em relação aos segmentos costeiros; D – Medidas de  $b$  e  $b_0$  para a estimativa da altura das ondas ao longo dos segmentos costeiros (ver texto).

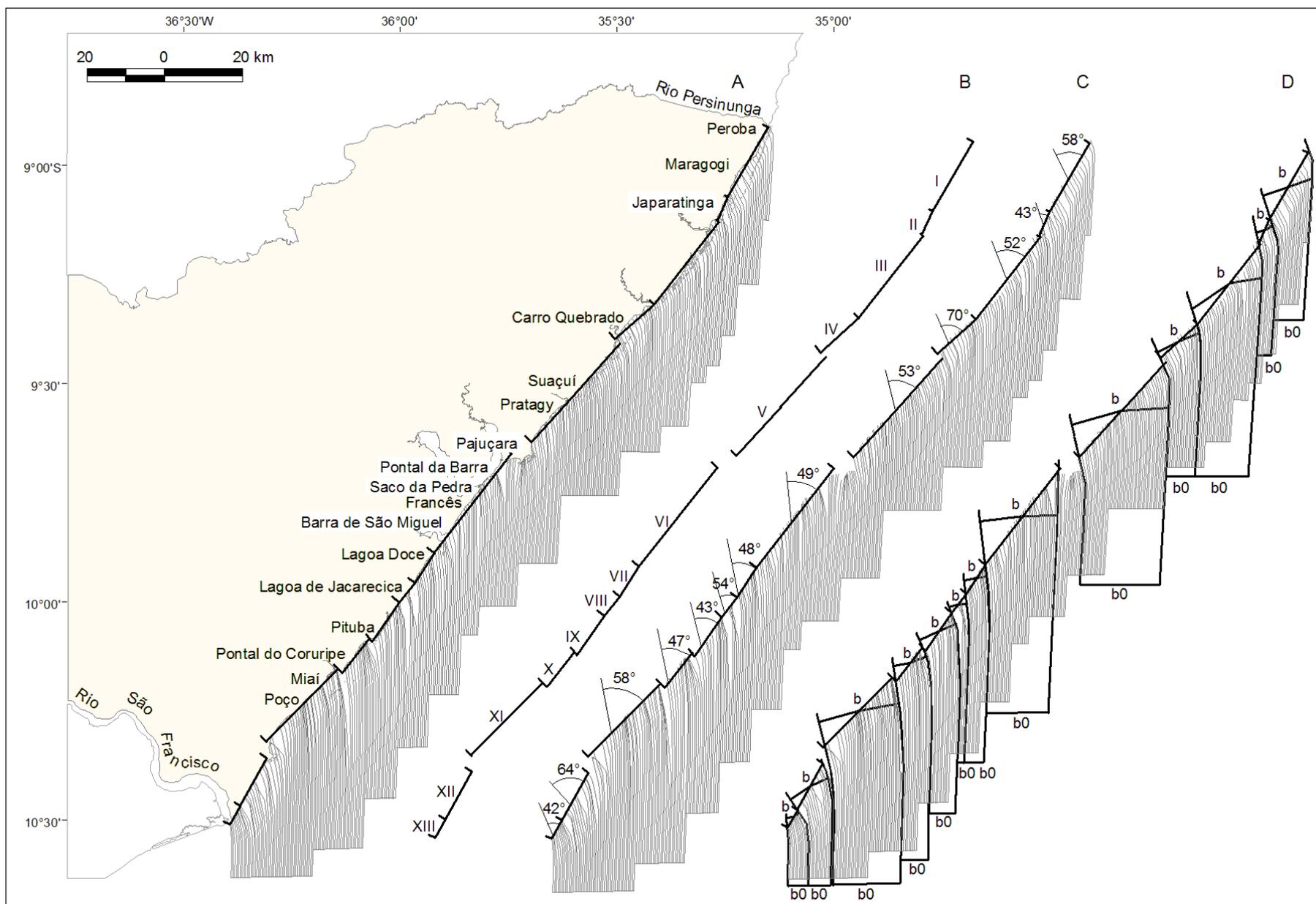


Figura 9 – A – Diagramas de refração para ondas com período de 6,5 segundos, provenientes de sul; B – Diferentes segmentos de linha de costa retilinearizada; C – Ângulos de incidência formados pelos raios-de-onda de sul em relação aos segmentos costeiros; D – Medidas de  $b$  e  $b_0$  para a estimativa da altura das ondas ao longo dos segmentos costeiros (ver texto).

## **5.6. Sentidos Sazonais da Direção da Deriva Litorânea de Sedimentos na Costa de Alagoas**

Os diagramas de refração de ondas construídos para a costa do Estado de Alagoas indicam que as frentes-de-onda e a sua interação com a batimetria e a orientação geral da linha de costa resultam em sentidos inversos de deriva litorânea de sedimentos para a costa alagoana (Figs. 10, 11, 12 e 13). Nota-se que as frentes-de-onda de NE e E, que ocorrem predominantemente durante a primavera e o verão, produzem uma deriva litorânea de sentido NE-SW (Figs. 10 e 11), enquanto que a frente-de-onda de S, que ocorre predominantemente no outono e inverno resulta em uma deriva de sentido SW-NE (Fig. 12). As frentes-de-onda de SE, de uma maneira geral (Fig. 13), apresentam uma deriva litorânea de SW para NE, com duas exceções nos trechos costeiros correspondentes aos segmentos IV e X, onde há uma inversão no sentido da deriva.

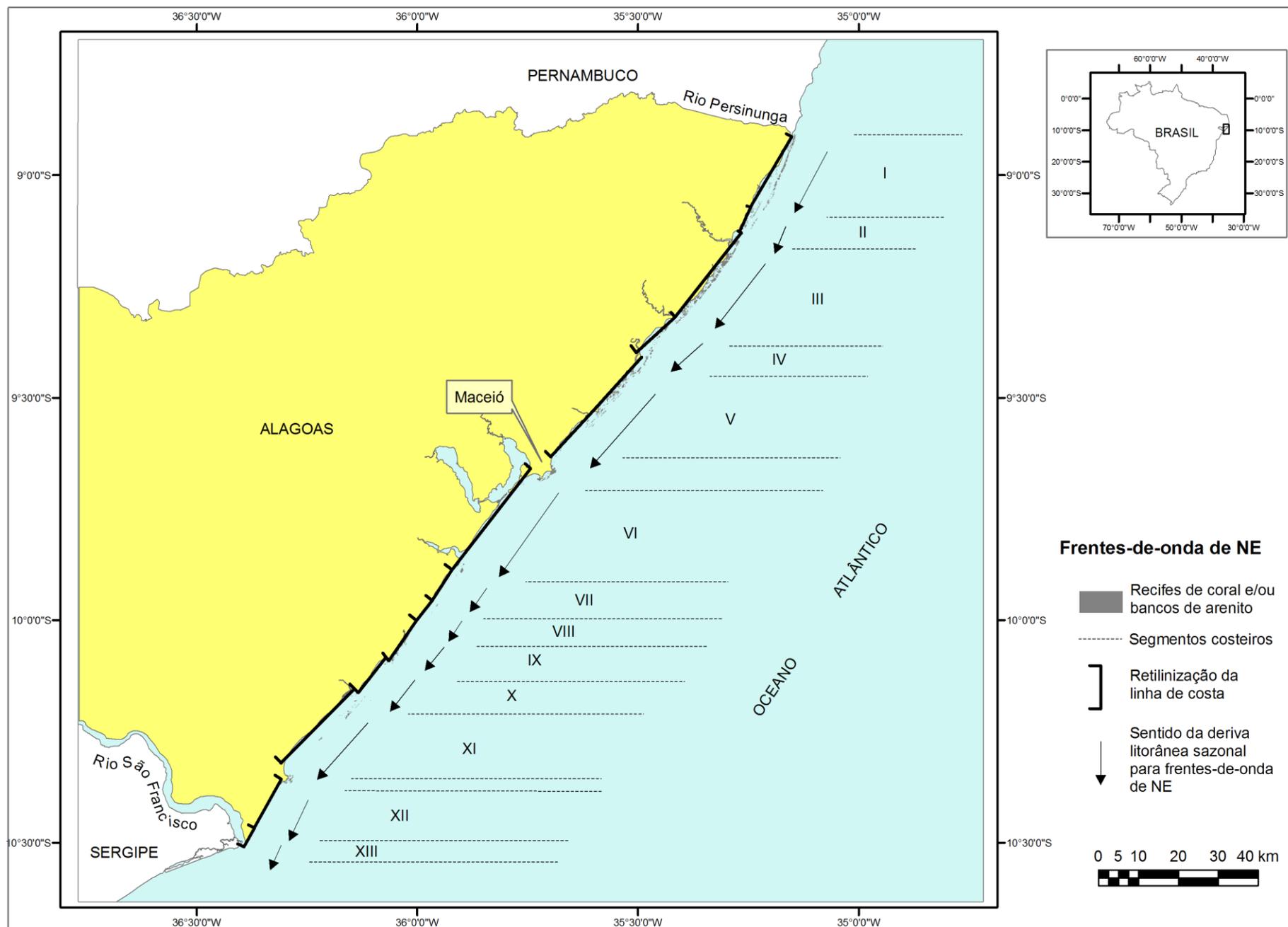


Figura 10 – Sentido da deriva litorânea durante a primavera e o verão para frentes-de-onda que chegam à linha de costa vindas de NE.

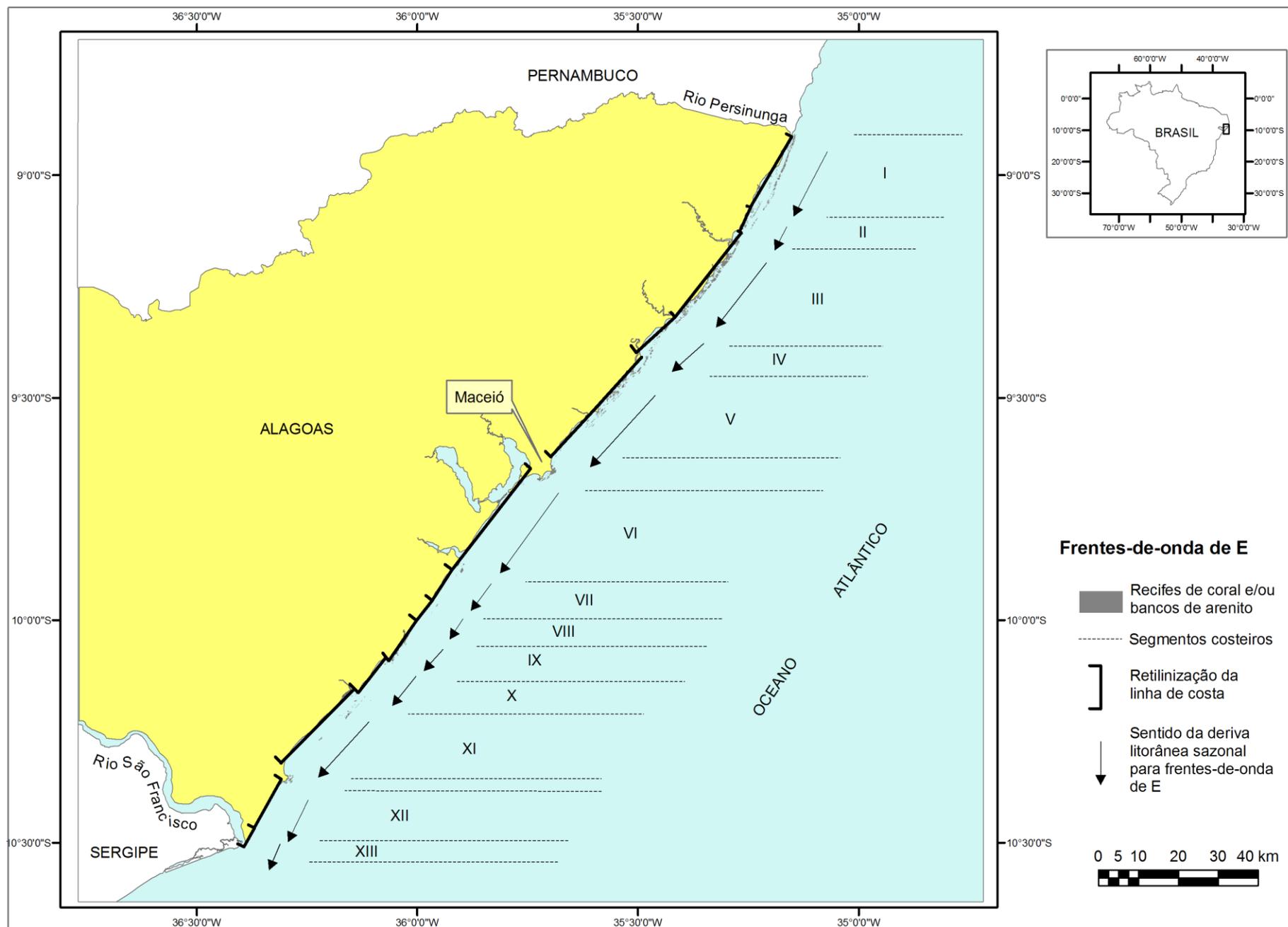


Figura 11 – Sentido da deriva litorânea durante a primavera e o verão para frentes-de-onda que chegam à linha de costa vindas de E.

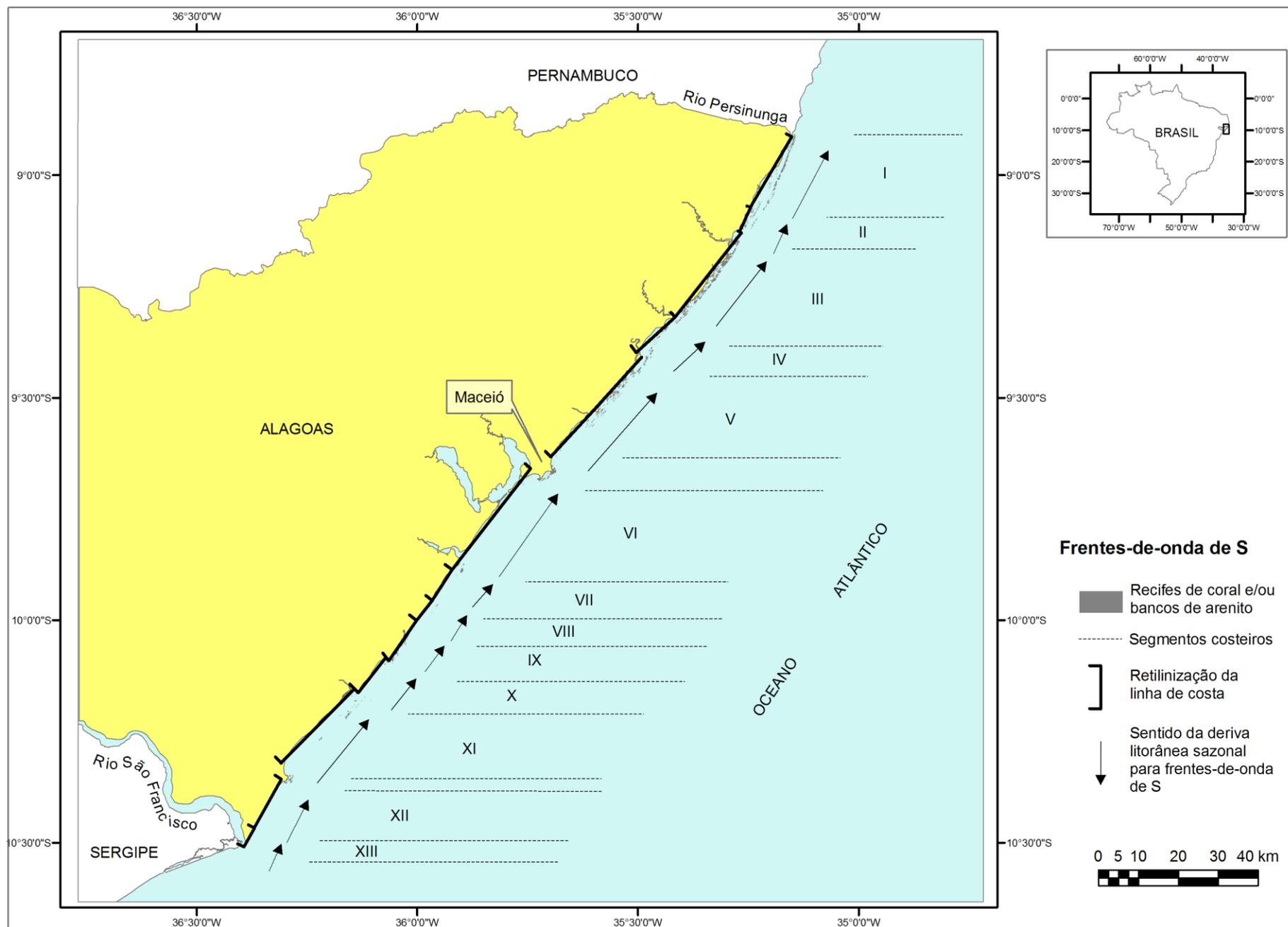


Figura 12 – Sentido da deriva litorânea durante o outono e o inverno para frentes-de-onda que chegam à linha de costa vindas de S.

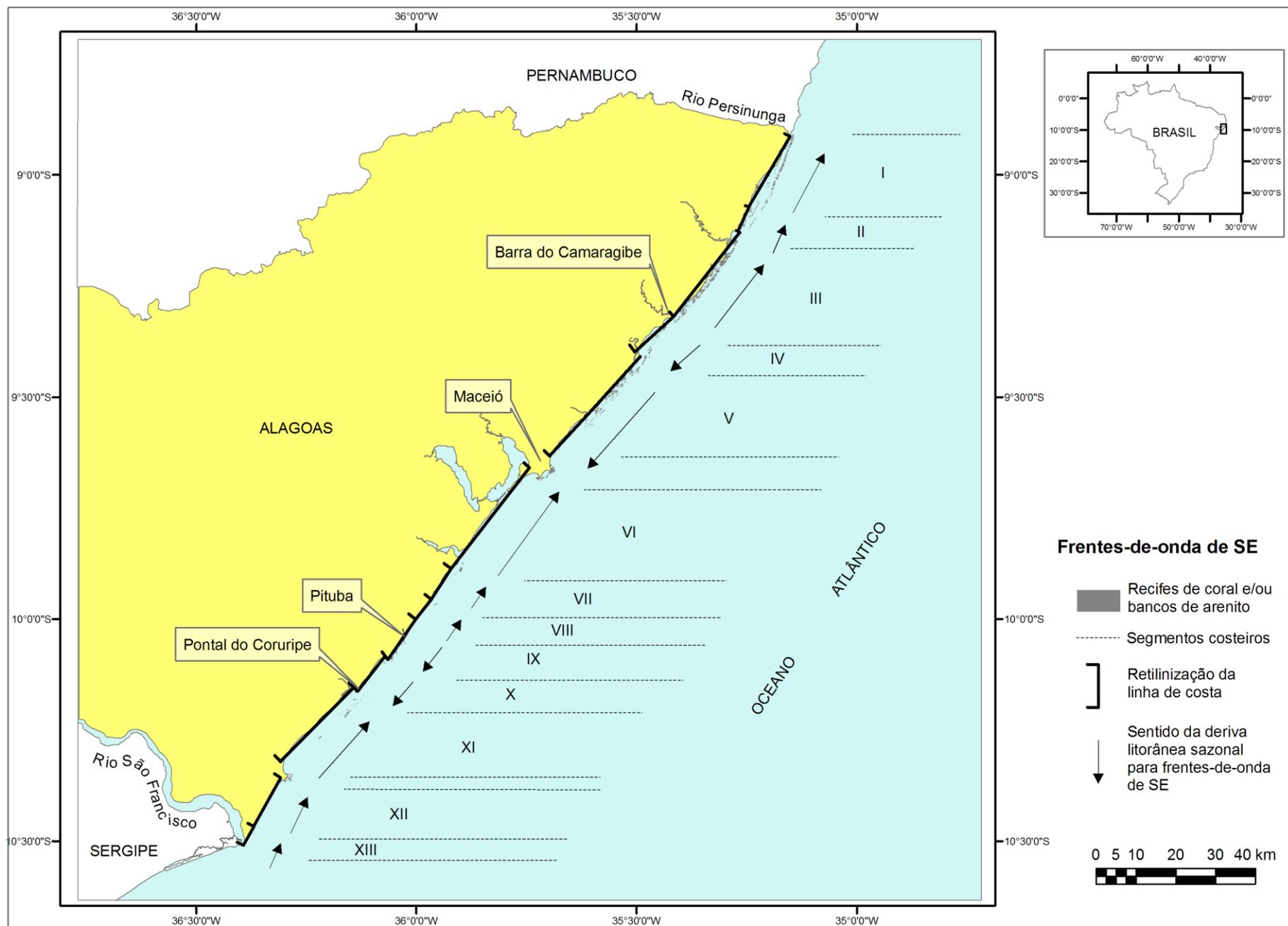


Figura 13 – Sentido da deriva litorânea durante o outono e o inverno para frentes-de-onda que chegam à linha de costa vindas de SE.

### **5.7. Modelo de Transporte Longitudinal dos Sedimentos Costeiros**

As figuras 14 e 15 apresentam as direções da deriva litorânea efetiva de sedimentos estimadas para os dois cenários aqui analisados. Pode-se considerar que, apesar das limitações, incertezas e simplicidade do modelo descrito em Bittencourt *et al.* (2005), assim como das limitações impostas no presente trabalho, por exemplo, pela presença dos recifes costeiros, o modelo mostrou-se capaz de reproduzir, de uma maneira geral, os padrões de dispersão de sedimentos que influenciaram na geomorfologia costeira do Estado de Alagoas durante o Holoceno Tardio e o Atual.

### **5.8. Células de Deriva Litorânea para o Cenário do Holoceno Tardio (por volta de 5.100 anos A.P.)**

A figura 14 apresenta os sentidos da deriva litorânea efetiva de sedimentos para o Holoceno Tardio, por volta de 5.100 anos A.P. (ver tabela 1). A linha de costa reconstruída para este cenário foi baseada em indicadores geológicos extraídos de Barbosa *et al.* (1986 a), com exceção do trecho correspondente à parte do delta do rio São Francisco, que foi baseada em Guimarães (2010). Ressalte-se que para este período a linha de costa em estudo era composta em quase sua totalidade por falésias ativas na Formação Barreiras e nas rochas mesozóicas da Bacia Sedimentar Sergipe-Alagoas e, localmente, por terraços arenosos marinhos do Pleistoceno, encontrados entre as praias do Francês e do Gunga e na planície deltaica do rio São Francisco (Fig. 14). Neste cenário, foram identificadas quatro inversões no sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos, o que resultava em duas importante zona de divergência no seu sentido, uma localizada nas imediações de Tatuamunha (Fig. 14) e outra nas proximidades da praia da Pituba (Fig. 14). Este padrão resultava também em uma importante zona favorável a deposição de sedimentos, resultante da convergência no sentido da deriva litorânea situada na atual planície costeira de Maceió (Fig. 14).

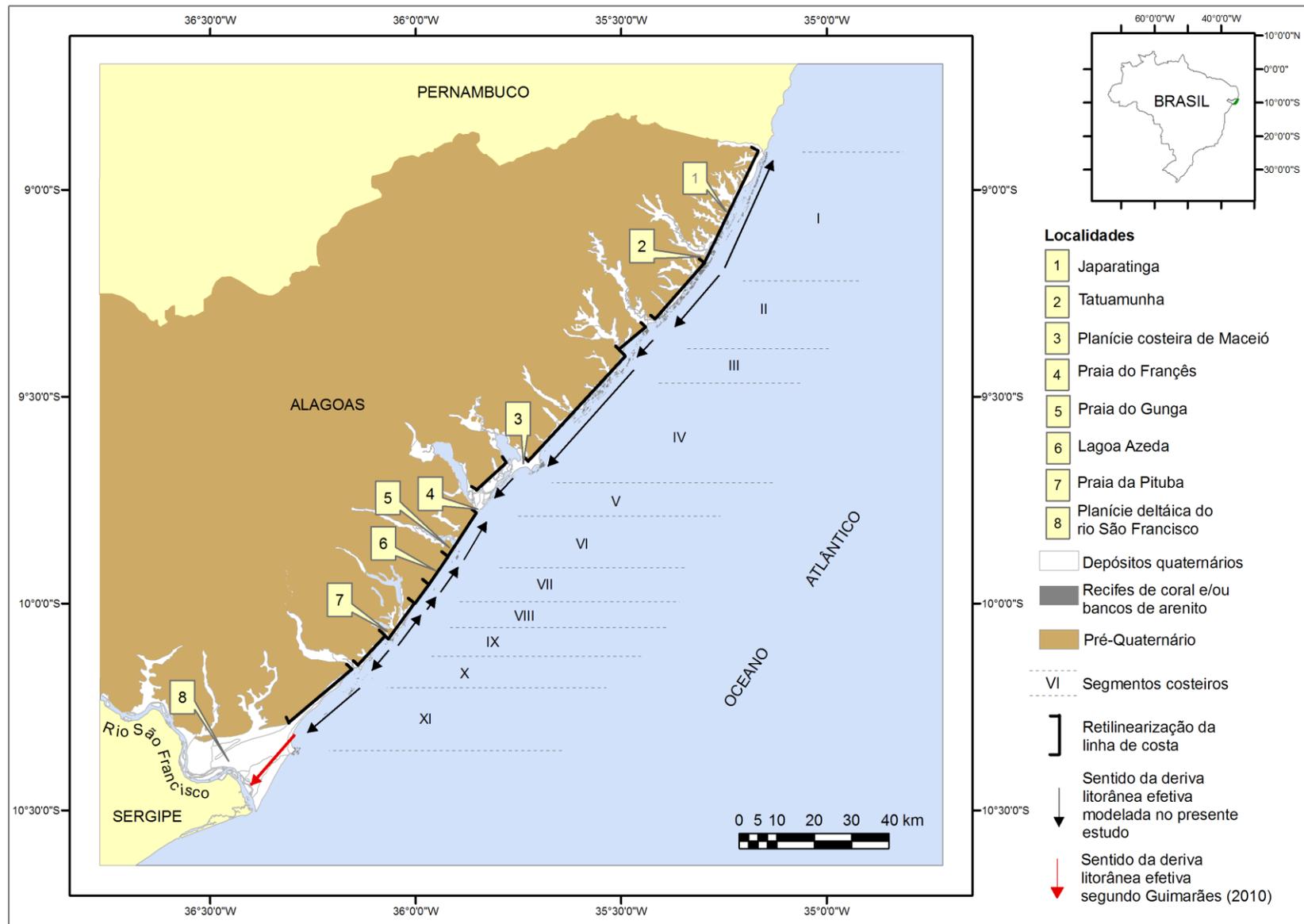


Figura 14 – Modelo de transporte litorâneo de sedimentos durante o Holoceno Tardio (aproximadamente 5.100 ano A.P.) para o litoral do Estado de Alagoas.

Tabela 1 – Intensidade potencial da deriva litorânea para os segmentos costeiros de I a VII (Cenário do Holoceno Tardio).

Segmento	Direção da frente-de-onda	Ângulo de incidência ( $\alpha$ )	Percentual de incidência anual das ondas	Altura da onda ao longo da linha de costa (H) em (m)	Valor da componente principal da deriva	Intensidade potencial da deriva litorânea por unidade de área $\text{sen } \alpha \cdot \text{cos } \alpha \cdot H^2$ (x 100)	Componente principal da deriva	Intensidade potencial da deriva efetiva
I	NE (N45°)	31°	5	0,6	24	120	NE → SW	847 (SW → NE)
	E (N45°)	65°	42	0,7	31	1302	NE → SW	
	SE (N135°)	81°	45	1,5	41	1845	SW → NE	
	S (N180°)	58°	8	1,1	53	424	SW → NE	
II	NE (N45°)	36°	5	0,6	27	135	NE → SW	3412 (NE → SW)
	E (N45°)	66°	42	1,0	43	1806	NE → SW	
	SE (N135°)	80°	45	1,5	43	1935	NE → SW	
	S (N157,5°)	42°	8	1,2	58	464	SW → NE	
III	NE (N45°)	36°	5	0,1	4	20	NE → SW	2268 (NE → SW)
	E (N45°)	65°	42	0,8	35	1470	NE → SW	
	SE (N135°)	86°	45	1,3	26	1170	SW → NE	
	S (N180°)	51°	8	1,0	49	392	SW → NE	
IV	NE(N45°)	34°	5	0,4	17	85	NE → SW	47 (NE → SW)
	E (N45°)	55°	42	1,1	54	2268	NE → SW	
	SE (N135°)	77°	45	1,3	42	1890	SW → NE	
	S (N180°)	70°	8	1,3	52	416	SW → NE	
V	NE (N45°)	32°	5	0,4	17	85	NE → SW	556 (NE → SW)
	E (N45°)	53°	42	1,0	49	2058	NE → SW	
	SE (N135°)	88°	45	1,3	23	1035	SW → NE	
	S (N180°)	52°	8	1,4	69	552	SW → NE	
VI	NE (N45°)	11°	5	0,1	2	10	NE → SW	126 (SW → NE)
	E (N45°)	61°	42	0,8	37	1554	NE → SW	
	SE (N135°)	86°	45	1,4	29	1218	SW → NE	
	S (N180°)	48°	8	1,2	59	472	SW → NE	
VII	NE (N45°)	25°	5	0,8	28	140	NE → SW	138 (SW → NE)
	E (N45°)	63°	42	0,9	40	1680	NE → SW	
	SE (N135°)	88°	45	1,5	26	1170	SW → NE	
	S (N157,5°)	48°	8	1,3	64	512	SW → NE	

(Continua)

(Continuação)

Tabela 1 – Intensidade potencial da deriva litorânea para os segmentos costeiros de VIII a XI (Cenário do Holoceno Tardio).

Segmento	Direção da frente-de-onda	Ângulo de incidência ( $\alpha$ )	Percentual de incidência anual das ondas	Altura da onda ao longo da linha de costa (H) em (m)	Valor da componente principal da deriva	Intensidade potencial da deriva litorânea por unidade de área $\sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot H^2$ (x 100)	Componente principal da deriva	Intensidade potencial da deriva efetiva
VIII	NE (N45°)	31°	5	0,8	32	160	NE → SW	236 (SW → NE)
	E (N45°)	58°	42	1,0	48	2016	NE → SW	
	SE (N135°)	82°	45	1,4	36	1620	SW → NE	
	S (N180°)	54°	8	0,8	40	320	SW → NE	
IX	NE(N45°)	-----	5	-----	-----	-----	-----	329 (SW → NE)
	E (N45°)	56°	42	1,0	49	2058	NE → SW	
	SE (N135°)	85°	45	1,3	29	1305	NE → SW	
	S (N180°)	44°	8	1,1	53	424	SW → NE	
X	NE (N45°)	-----	5	-----	-----	-----	-----	2477 (NE → SW)
	E (N45°)	56°	42	0,9	44	1848	NE → SW	
	SE (N135°)	88°	45	1,4	25	1125	NE → SW	
	S (N180°)	47°	8	1,2	62	496	SW → NE	
XI	NE (N45°)	-----	5	-----	-----	-----	-----	3954 (NE → SW)
	E (N45°)	55°	42	0,9	44	1848	NE → SW	
	SE (N135°)	68°	45	1,4	58	2610	SW → NE	
	S (N180°)	57°	8	1,3	63	504	SW → NE	

### 5.9. Células de Deriva Litorânea para o Cenário Atual

A figura 15 apresenta os sentidos e intensidades potenciais da deriva litorânea efetiva para o Atual (ver tabela 2). Neste cenário são também observados importantes pontos nodais que resultam em inversões no sentido da deriva litorânea, dando origem a duas importantes zonas de divergência no sentido da deriva: nas vizinhanças de Japaratinga e Pituba (Fig. 15). O ponto nodal de divergência no litoral sul coincide com o cenário de 5.100 anos A.P., enquanto o do litoral norte está a cerca de 15 a 20 km deslocado para o norte. Este padrão resulta também em uma importante zona favorável à deposição de sedimentos, situada na planície costeira de Maceió, onde a forma de acumulação aí existente pode ter sido em parte, influenciada pelo padrão convergente da deriva litorânea que ocorre nesta área (Fig. 15). No que se refere à metade norte da planície deltaica do rio São Francisco, a deposição de sedimentos pode ter sido influenciada por outros fatores, como aqueles descritos em Guimarães (2010). Este padrão é confirmado pela existência de indicadores geomórficos de deriva litorânea encontrados ao longo desta linha de costa. Tais indicadores podem ser observados em Burgalhau e Maragogi (Fig. 16), entre São Bento e Japaratinga (Fig. 17), no Pontal do Boqueirão em Porto de Pedras (Fig. 18), na Barra de Tatuamunha (Fig. 19), no Pontal da Barra de Santo Antônio (Fig. 20), na Ponta do Meirim (Fig. 21), na Barra do Jequiá e Barra do Poxim (Fig. 22) e na praia de Barreiras (Fig. 23).

Os valores da intensidade potencial da deriva litorânea obtidos ao longo da costa em estudo para o Atual são mostrados na tabela 1.

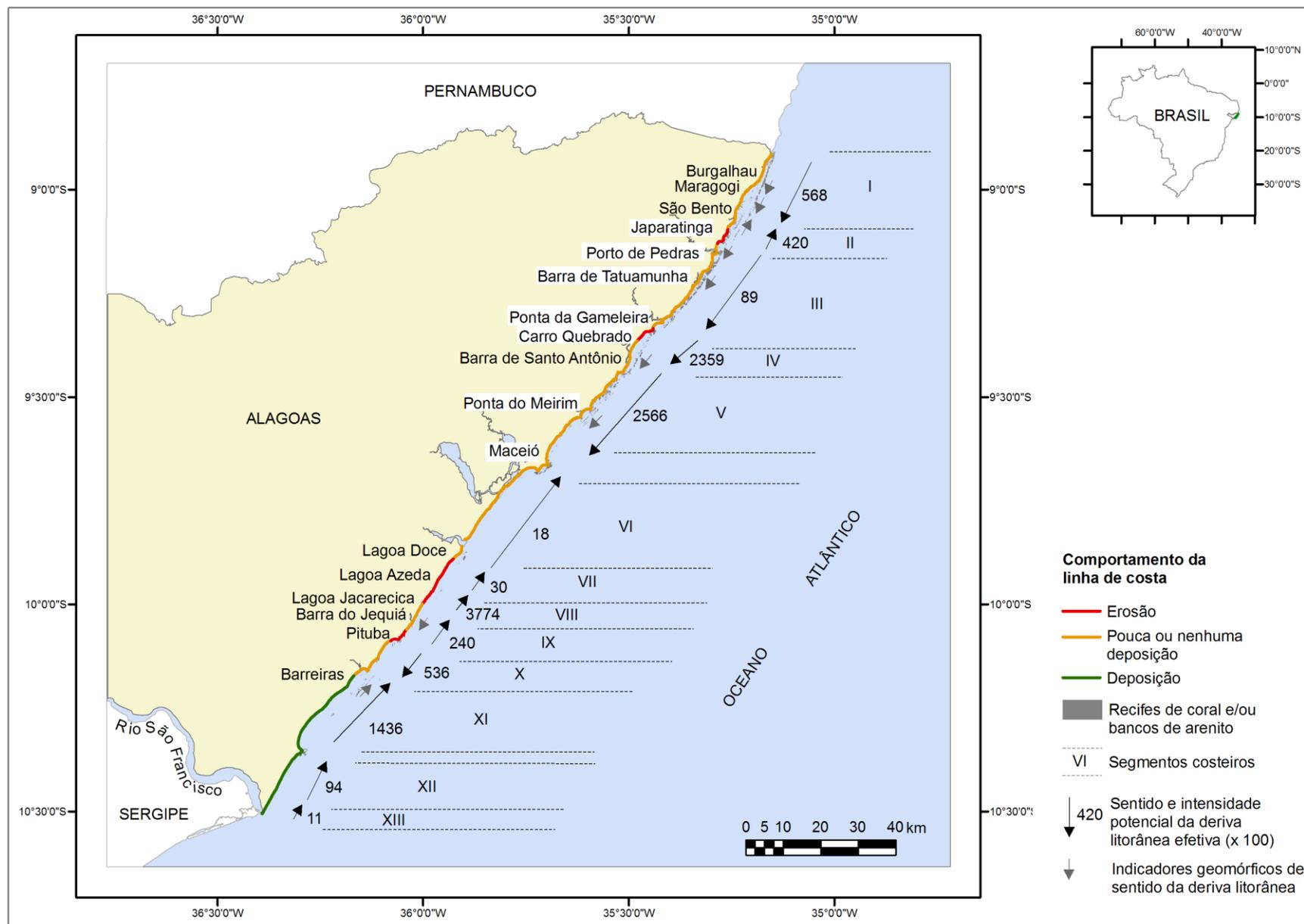


Figura 15 – Modelo de transporte litorâneo de sedimentos para o Atual no litoral do Estado de Alagoas.

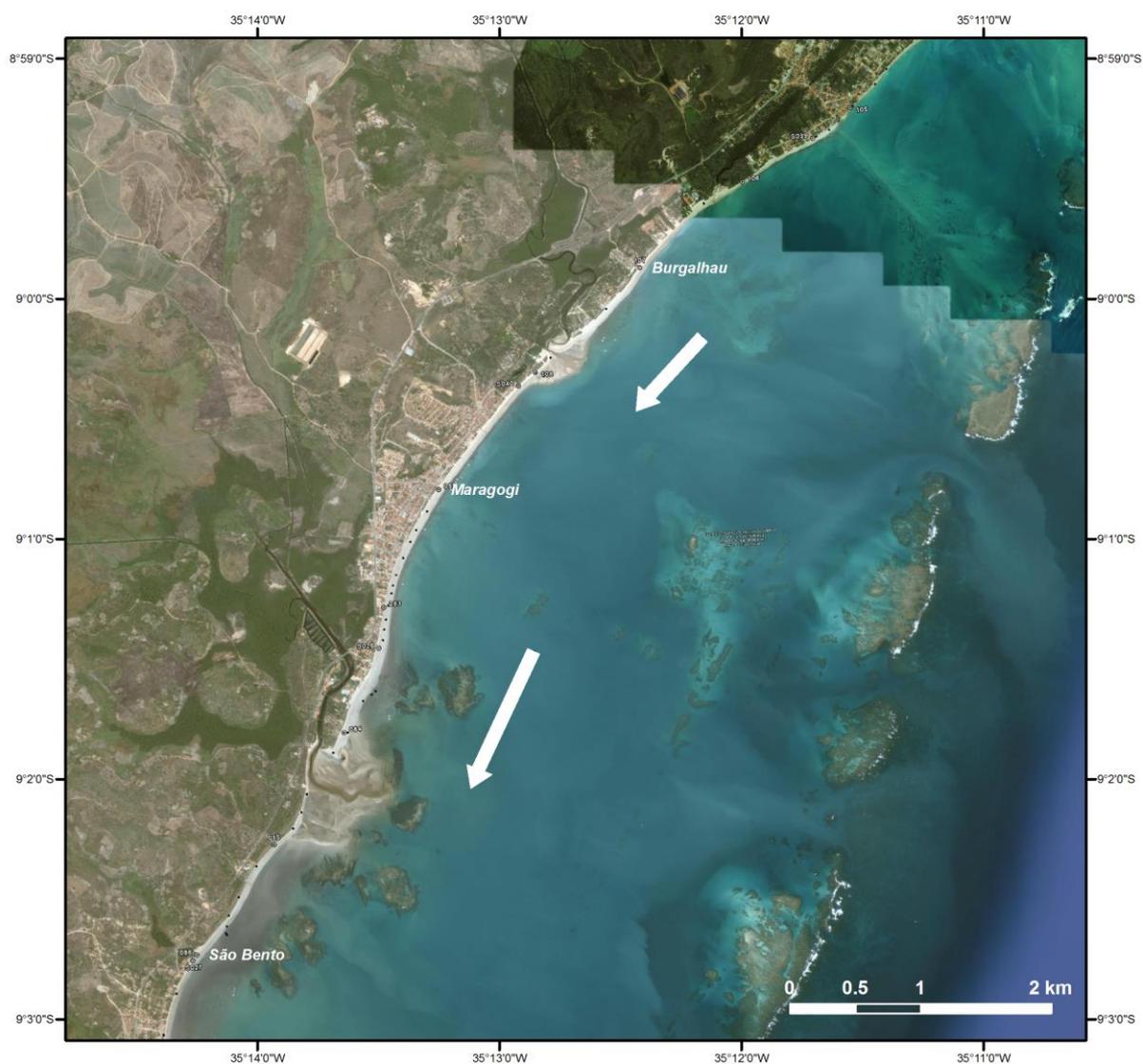


Figura 16 – Indicadores geomórficos de sentido de transporte litorâneo, representados por dois pontais arenosos em Burgalhau e Maragogi. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).

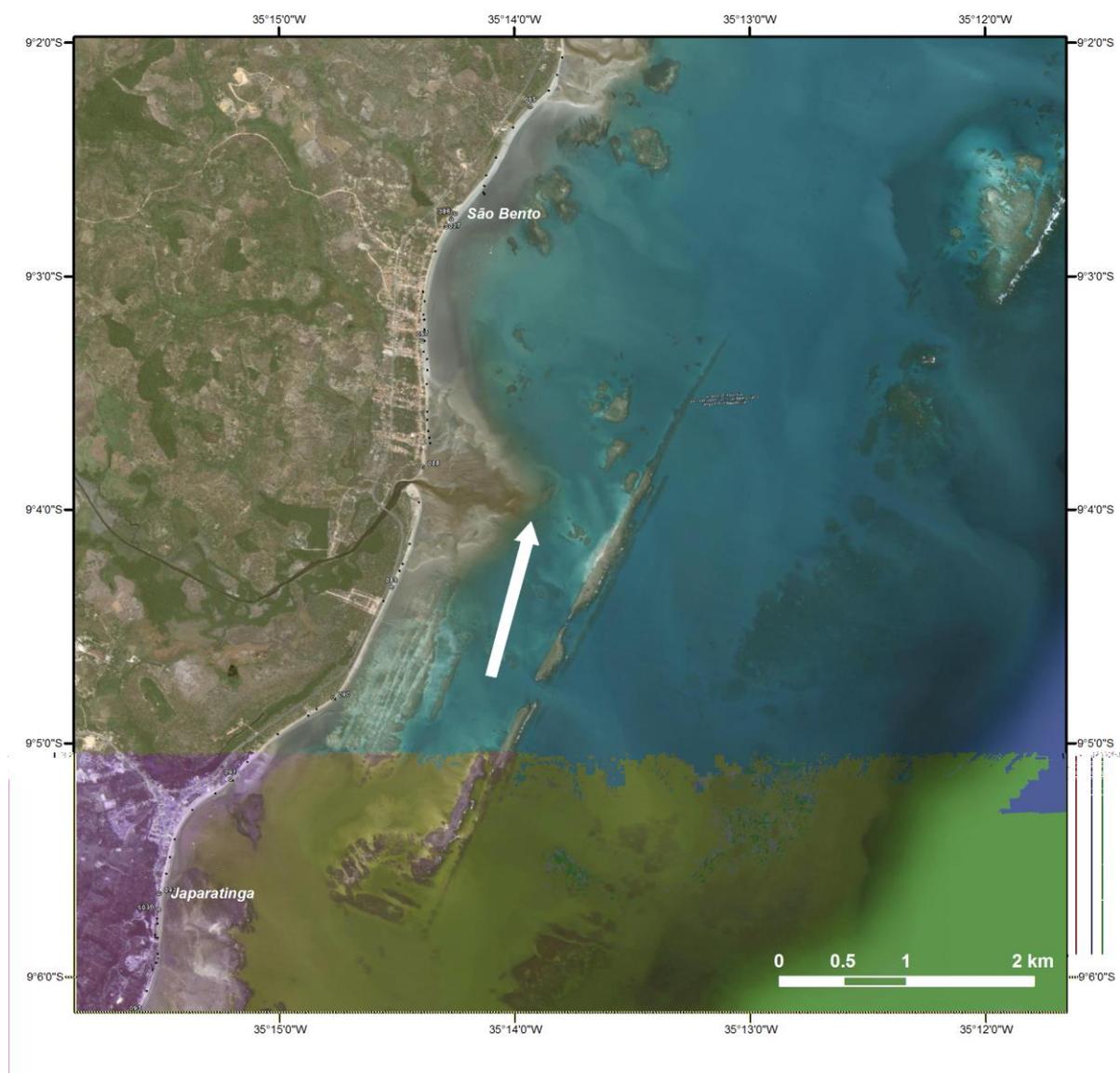


Figura 17 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso a norte de Japaratinga. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).

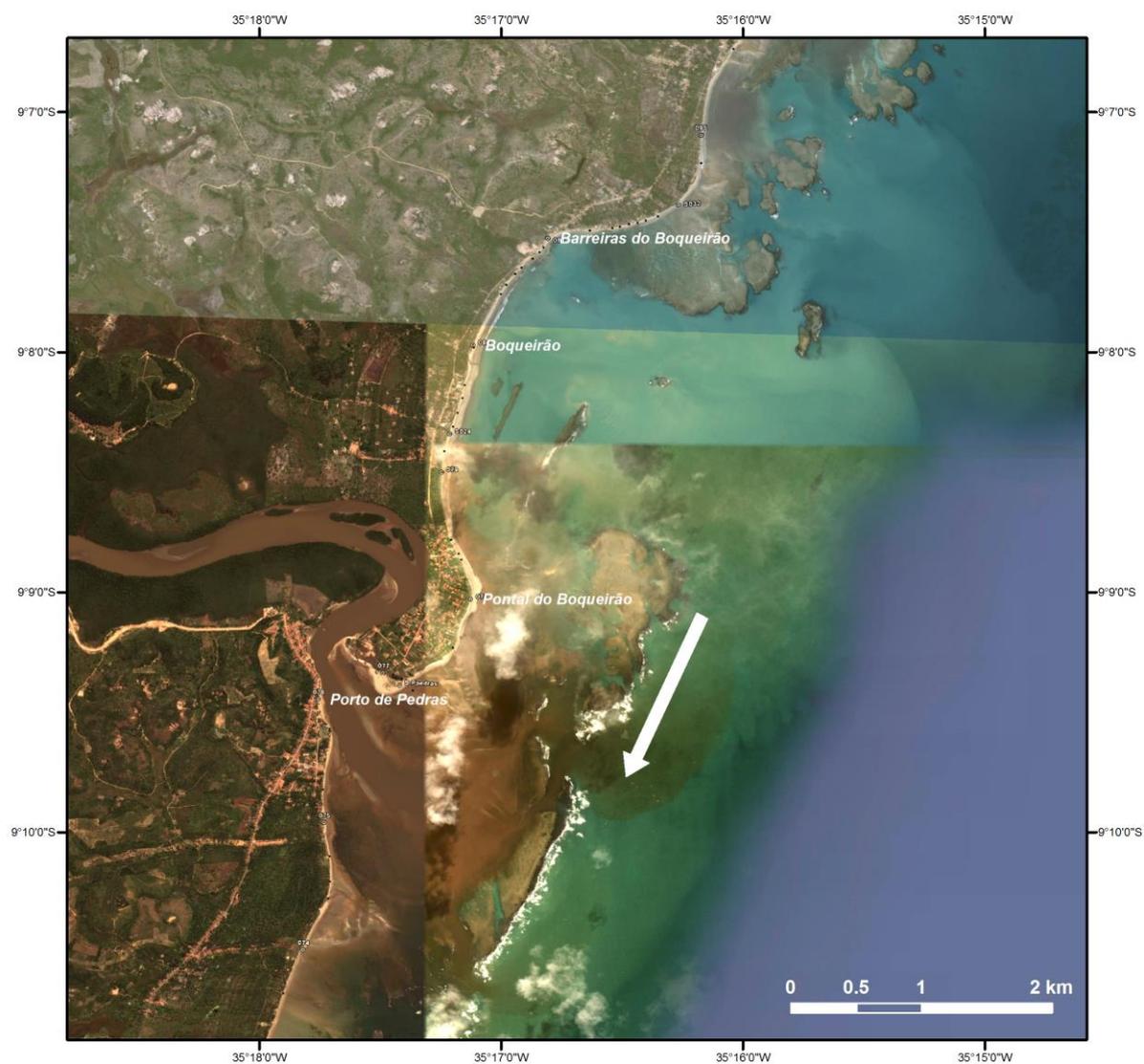


Figura 18 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, representado pelo pontal arenoso do Pontal do Boqueirão. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).

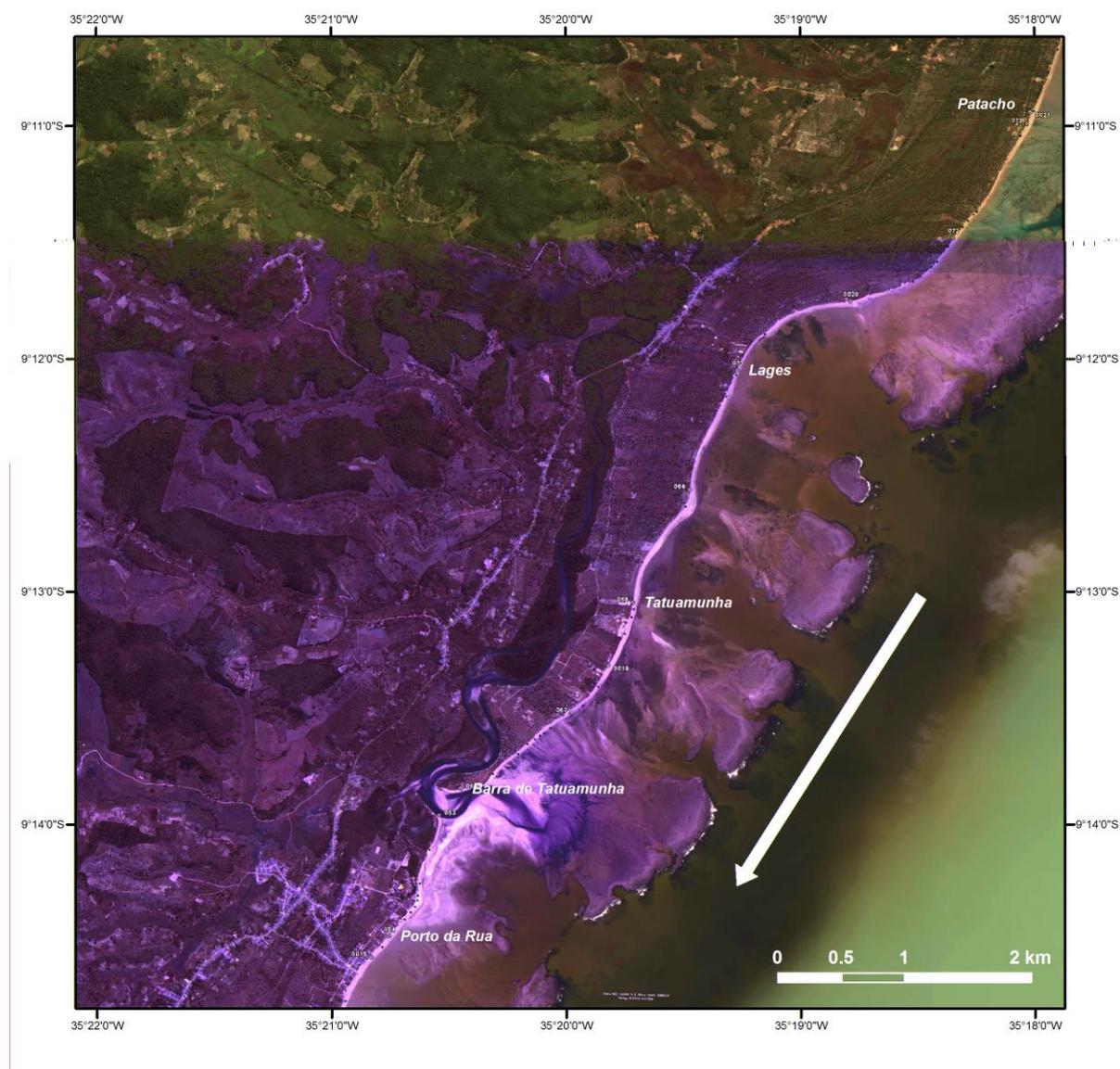


Figura 19 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso da Barra de Tatuamunha. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).



Figura 20 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso da Barra de Santo Antônio. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).

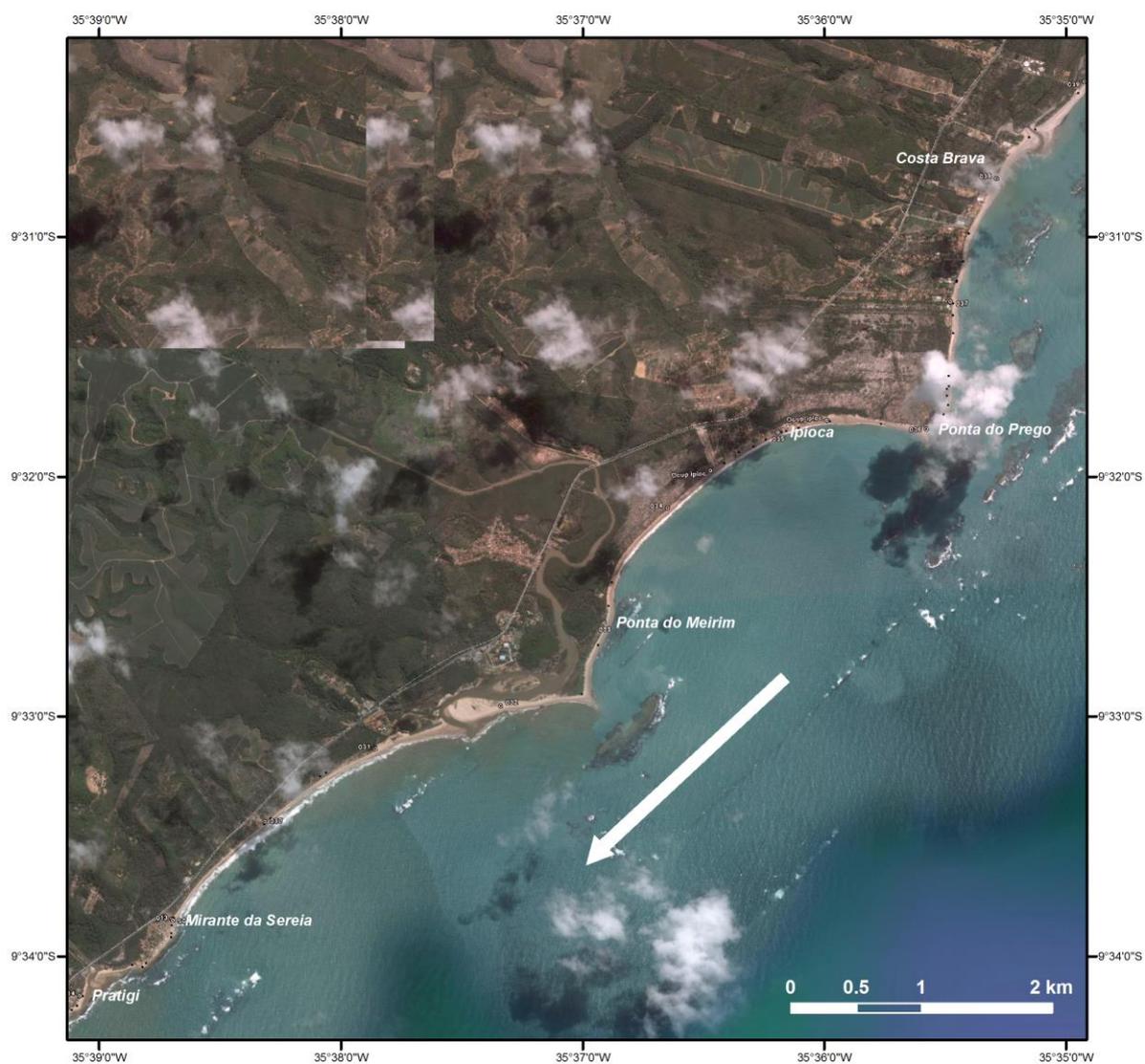


Figura 21 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, representado pelo pontal na Ponta do Meirim. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).



Figura 22 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso da Barra do Jequiá. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).

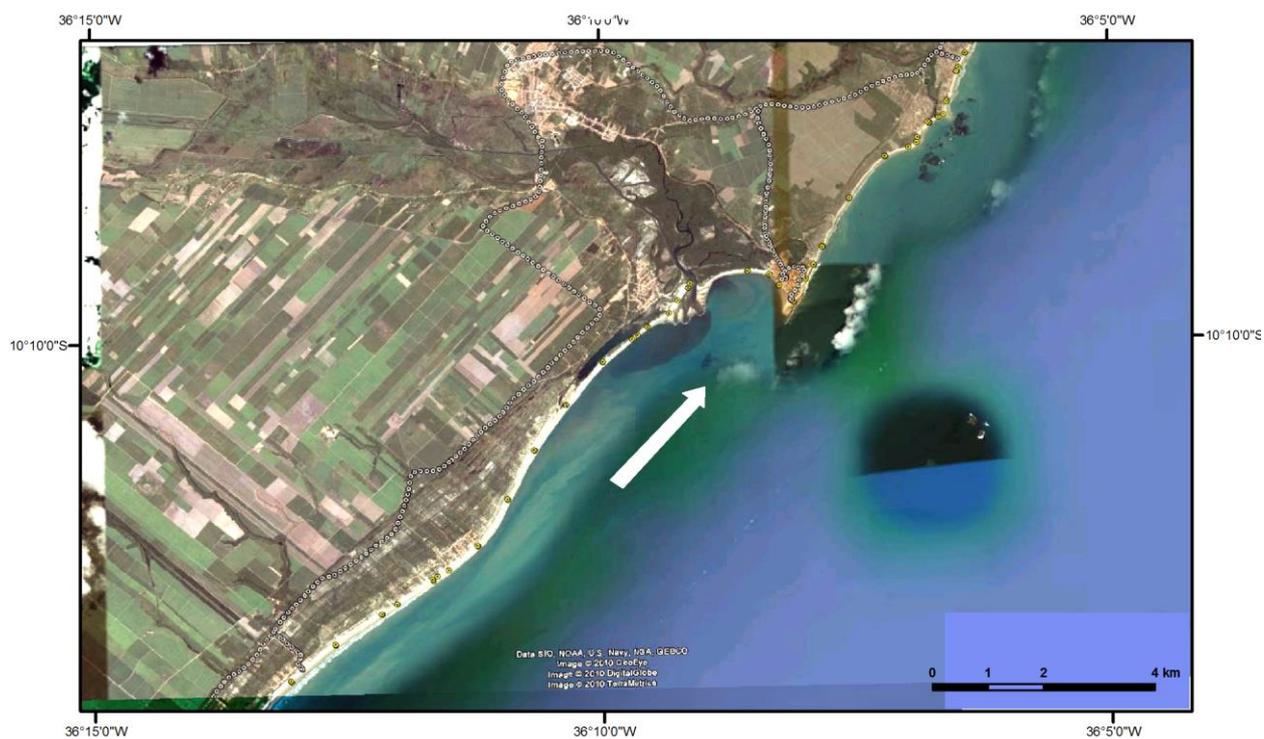


Figura 23 – Indicador geomórfico de sentido de transporte litorâneo, indicado pelo pontal arenoso da praia de Barreiras. A seta branca indica o sentido de crescimento do pontal arenoso (para localização ver figura 15).

Tabela 2 – Intensidade potencial da deriva litorânea para os segmentos costeiros de I a VII (Cenário Atual).

Segmento	Direção da frente-de-onda	Ângulo de incidência ( $\alpha$ )	Percentual de incidência anual das ondas	Altura da onda ao longo da linha de costa (H) em (m)	Valor da componente principal da deriva	Intensidade potencial da deriva litorânea por unidade de área $\text{sen } \alpha \cdot \cos \alpha \cdot H^2$ (x 100)	Componente principal da deriva	Intensidade potencial da deriva efetiva
I	NE (N45°)	32°	5	0.7	29	145	NE → SW	568 (NE → SW)
	E (N45°)	61°	42	1.0	46	1932	NE → SW	
	SE (N135°)	89°	45	1.5	25	1125	SW → NE	
	S (N180°)	58°	8	1.0	48	384	SW → NE	
II	NE (N45°)	35°	5	0.7	31	155	NE → SW	420 (SW → NE)
	E (N45°)	67°	42	1.0	42	1764	NE → SW	
	SE (N135°)	82°	45	1.5	39	1755	SW → NE	
	S (N157,5°)	43°	8	1.5	73	584	SW → NE	
III	NE (N45°)	36°	5	0.5	22	110	NE → SW	89 (NE → SW)
	E (N45°)	65°	42	1.0	44	1848	NE → SW	
	SE (N135°)	85°	45	1.5	33	1485	SW → NE	
	S (N180°)	52°	8	1.2	48	384	SW → NE	
IV	NE(N45°)	33°	5	0.4	14	70	NE → SW	3259 (NE → SW)
	E (N45°)	55°	42	0.8	39	1638	NE → SW	
	SE (N135°)	78°	45	1.4	43	1935	NE → SW	
	S (N180°)	70°	8	1.0	48	384	SW → NE	
V	NE (N45°)	33°	5	0.5	21	105	NE → SW	2566 (NE → SW)
	E (N45°)	53°	42	0.9	44	1848	NE → SW	
	SE (N135°)	89°	45	1.5	25	1125	NE → SW	
	S (N180°)	53°	8	1.3	64	512	SW → NE	
VI	NE (N45°)	11°	5	0.4	7	35	NE → SW	18 (SW → NE)
	E (N45°)	61°	42	0.9	42	1764	NE → SW	
	SE (N135°)	86°	45	1.4	29	1305	SW → NE	
	S (N180°)	49°	8	1.3	64	512	SW → NE	
VII	NE (N45°)	25°	5	0.9	31	155	NE → SW	30 (SW → NE)
	E (N45°)	62°	42	0.9	41	1722	NE → SW	
	SE (N135°)	87°	45	1.6	31	1395	SW → NE	
	S (N157,5°)	48°	8	1.3	64	512	SW → NE	

(Continua)

(Continuação)

Tabela 2 – Intensidade potencial da deriva litorânea para os segmentos costeiros de VIII a XIII (Cenário Atual).

Segmento	Direção da frente-de-onda	Ângulo de incidência ( $\alpha$ )	Percentual de incidência anual das ondas	Altura da onda ao longo da linha de costa (H) em (m)	Valor da componente principal da deriva	Intensidade potencial da deriva litorânea por unidade de área $\sin \alpha \cdot \cos \alpha \cdot H^2$ (x 100)	Componente principal da deriva	Intensidade potencial da deriva efetiva
VIII	NE (N45°)	30°	5	0.7	28	140	NE → SW	3774 (NE → SW)
	E (N45°)	61°	42	1.0	46	1932	NE → SW	
	SE (N135°)	80°	45	1.6	46	2070	SW → NE	
	S (N180°)	54°	8	0.9	46	368	SW → NE	
IX	NE(N45°)	22°	5	0.5	16	80	NE → SW	3000 (NE → SW)
	E (N45°)	60°	42	0.9	42	1764	NE → SW	
	SE (N135°)	82°	45	1.4	36	1620	NE → SW	
	S (N180°)	43°	8	1.2	58	464	SW → NE	
X	NE (N45°)	23°	5	0.7	23	115	NE → SW	2786 (NE → SW)
	E (N45°)	55°	42	1.0	49	2058	NE → SW	
	SE (N135°)	89°	45	1.5	25	1125	NE → SW	
	S (N180°)	47°	8	1.3	64	512	SW → NE	
XI	NE (N45°)	19°	5	0.4	11	55	NE → SW	1436 (SW → NE)
	E (N45°)	56°	42	0.9	44	1848	NE → SW	
	SE (N135°)	68°	45	1.5	63	2835	SW → NE	
	S (N180°)	58°	8	1.3	63	504	SW → NE	
XII	NE (N45°)	58°	5	0.3	14	70	NE → SW	94 (SW → NE)
	E (N45°)	77°	42	0.9	29	1218	NE → SW	
	SE (N135°)	89°	45	1.3	22	990	SW → NE	
	S (N157,5°)	64°	8	1.1	49	392	SW → NE	
XIII	NE (N45°)	44°	5	0.5	24	120	NE → SW	11 (SW → NE)
	E (N45°)	67°	42	1.1	46	1932	NE → SW	
	SE (N135°)	87°	45	1.5	29	1305	SW → NE	
	S (N180°)	42°	8	1.9	92	736	SW → NE	

## 5.10. Transporte Litorâneo ao Longo da Costa do Estado de Alagoas

Apesar das incertezas presentes nos modelos de dispersão de sedimentos aqui apresentados, tais resultados parecem satisfatórios à compreensão da evolução geomorfológica desta região costeira. Tais resultados apontam para uma tendência que parece se manter a longo prazo, sugerindo que o padrão geral de transito litorâneo de sedimentos tem se mantido constante desde o Holoceno Tardio até o Atual.

Os resultados do presente trabalho se constituem num refinamento daqueles alcançados por Bittencourt *et al.* (2002) que, devido à escala utilizada por esse autores, só permitiu identificar três células de deriva litorânea atuantes ao longo do litoral de Alagoas. Já no presente trabalho foi, possível discriminar treze sub-células de deriva litorânea para o trecho costeiro em estudo (Fig. 15).

O modelo de dispersão de sedimentos arenosos definido neste trabalho conseguiu razoavelmente explicar os diferentes trechos ao longo da linha de costa com evidências de erosão contínua, assim como aqueles apresentando deposição.

Os padrões de dispersão de sedimentos apresentados na figura 15 confirmam a existência de uma zona de divergência no sentido da deriva litorânea localizada nas proximidades de Japaratinga, como anteriormente identificada por Dominguez *et al.* (1992), Martin *et al.* (1998) e Bittencourt *et al.* (2002, 2005). Mostram também a existência de outro importante ponto nodal onde há divergência no sentido da deriva litorânea efetiva, situado nas proximidades da localidade da Pituba (Fig. 15). Estas zonas de divergência no sentido do transporte litorâneo efetivo de sedimentos apresentam importantes respostas a trechos costeiros caracterizados pela ocorrência de falésias ativas. O primeiro, nas vizinhanças da localidade de Japaratinga, com falésias esculpidas em rochas mesozóicas da Bacia Sergipe-Alagoas (Figs. 24 A e B), e o segundo trecho, onde são encontradas ininterruptamente, com mais de 18 km de extensão, falésias ativas esculpidas na Formação Barreiras, entre as Lagoas de Jacarecica e Azeda (Fig. 24 E). Assim, esses são trechos costeiros em que a divergência no sentido da deriva litorânea efetiva configura um balanço negativo de sedimentos (ver p. ex. Zenkovitch, 1967; Stapor & May, 1983; Stone *et al.*, 1992; Cipriani & Stone, 2001; Bittencourt *et al.*, 2005).

Outro trecho sob erosão contínua é encontrado entre a Ponta da Gameleira e a praia do Carro Quebrado (Fig. 15) com cerca de 5 km de extensão, onde são encontradas falésias ativas esculpidas em rochas da Bacia Sergipe-Alagoas (Fig. 24 C) e na Formação Barreiras (Fig. 24 D). Este fato pode ser explicado em resposta a um aumento na intensidade potencial da deriva efetiva no sentido de sotamar, apresentando, dessa forma, uma tendência a produzir um balanço de sedimentos negativo (ver p. ex. Zenkovitch, 1967; Stapor & May, 1983; Stone *et al.*, 1992; Cipriani & Stone, 2001; Bittencourt *et al.*, 2005), quando nestes setores o valor da intensidade potencial da deriva passa de 89 para 2359, um valor quase trinta vezes superior ao anterior (Fig. 15). Nesse mesmo sentido, deve-se considerar que, em relação ao trecho de falésias ativas entre as Lagoas de Jacarecica e Azeda, acima mencionadas, o déficit de sedimentos é aí também favorecido pelo aumento na intensidade potencial da deriva no sentido de sotamar, quando ela passa de 240 para 3774, um valor quase dezesseis vezes maior.



Figura 24 – Trechos costeiros localizados em áreas sobre erosão contínua da linha de costa. A - Falésia ativas em rochas mesozóicas na praia de Barreiras do Boqueirão, em Japaratinga; B - Falésia ativas em rochas mesozóicas da bacia Sergipe-Alagoas na praia de Japaratinga; C – Falésias ativas em rochas mesozóicas da Bacia Sergipe-Alagoas na praia dos Morros (próxima à praia da Gameleira); D – Falésias ativas na Formação Barreiras na praia do Carro Quebrado; E – Falésias ativas na Formação Barreiras na praia da Lagoa Jacarecica; F – Falésias ativas na Formação Barreiras na praia da Lagoa Azeda.

O extenso trecho costeiro sob deposição na região sul, está fundamentalmente condicionado à dinâmica deposicional do delta do rio São Francisco, através da interação da deriva litorânea com a carga de sedimentos lançadas pelo rio na foz (Guimarães, 2010). Quanto aos demais trechos costeiros do Estado de Alagoas, mapeadas como “com pouca ou nenhuma deposição”, de uma maneira geral, não existe nenhuma relação muito clara com os resultados da modelagem numérica. Apenas pode sugerir alguma relação, como é o caso do que se observa ao se passar, no sentido da deriva, do segmento II para o III e do VIII para o VI, onde se dá uma diminuição na intensidade potencial da deriva, bem como nas convergências no sentido da deriva litorânea entre os segmentos I e II, V e VI e X e XI. Em tais situações, é esperado haver um superávit de sedimentos (ver p. ex. Zenkovitch, 1967; Stapor & May, 1983; Stone *et al.*, 1992; Cipriani & Stone, 2001; Bittencourt *et al.*, 2005), o que poderia explicar os trechos costeiros mapeados como com pouca ou nenhuma deposição. Quanto ainda aos trechos mapeados como “com pouca ou nenhuma deposição”, merece destaque a região da planície costeira da cidade de Maceió (Fig. 25), que foi alimentada por uma convergência no sentido da deriva litorânea de sedimentos.

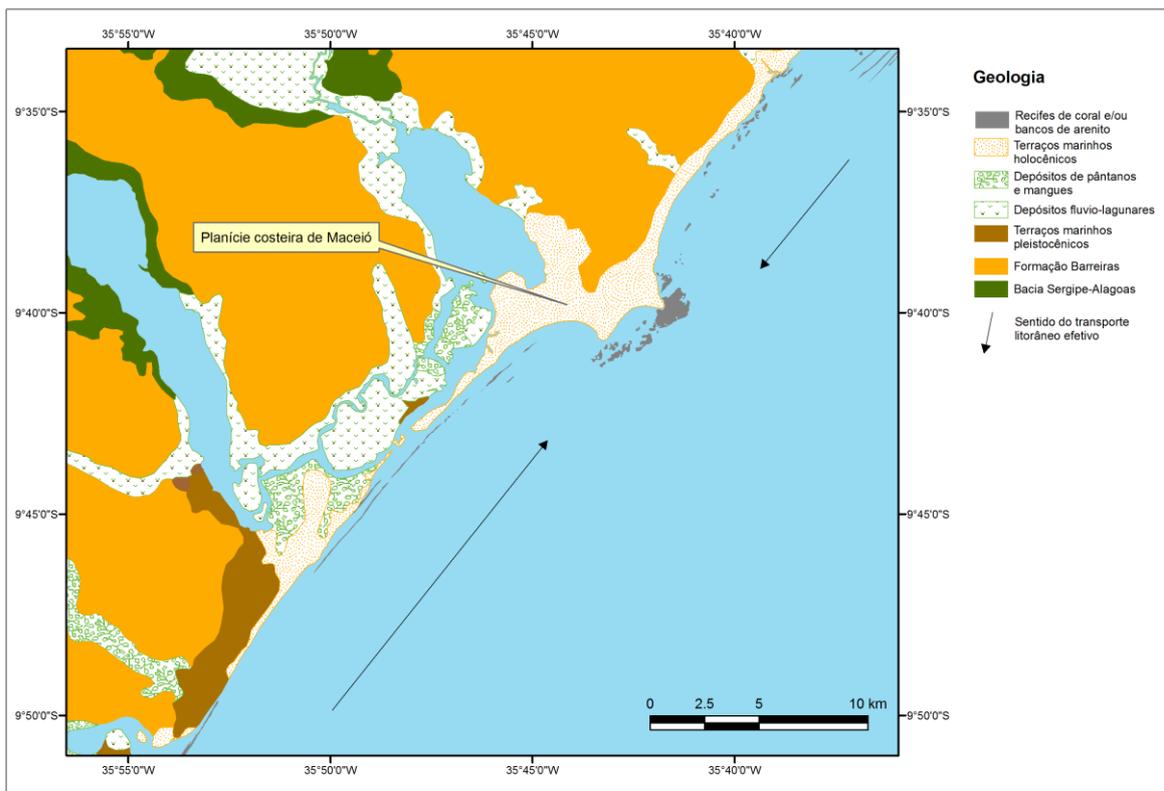


Figura 25 – Planície costeira de Maceió, mostrando o padrão convergente da deriva litorânea efetiva de sedimentos, o que contribuiu para construção dessa planície durante o Holoceno.

## 6. VARIAÇÕES ESPAÇO-TEMPORAIS DA LINHA DE COSTA DO ESTADO DE ALAGOAS

O posicionamento da linha de costa e as suas mudanças ao longo do tempo constituem importantes elementos para o entendimento dos processos costeiros (Douglas & Crowell, 2000). Contudo, a análise da variabilidade e das tendências requer uma definição clara da feição morfológica que delimita a linha de costa, uma vez que para isso, podem ser utilizados diversos métodos, em função das fontes de dados disponíveis e da definição das mudanças observadas (Boak & Turner, 2005).

A posição da linha de costa pode variar sobre um amplo alcance de escala de tempo (Anfuso *et al.*, 2007), resultando em avanço ou recuo em relação ao continente. Constitui-se, assim, em uma feição morfológica extremamente dinâmica (Sam Smith & Jackson, 1990; Appendini & Fisher, 1998), sujeita a variações espaço-temporais que a torna vulnerável a fenômenos como a erosão costeira (Appendini & Fisher, 1998), fator de elevado risco à ocupação humana (Lizárraga-Anciniega *et al.*, 2001).

Os efeitos da erosão na linha de costa normalmente apresentam caráter dramático aos olhos, além de apresentar, muitas vezes, elevado custo econômico e social. Dessa forma, torna-se indispensável aos gestores e às comunidades que vivem nas proximidades dessa unidade geográfica, saber se a linha de costa em uma determinada área está estável, recuando ou avançando em relação ao continente. Os processos de erosão ou de progradação da linha de costa estão naturalmente em curso ao longo das costas, entretanto, seus efeitos podem ser alterados direta ou indiretamente pela ação humana através de atividades como barramento de rios, dragagem, mineração, instalação de estruturas de proteção costeira, ocupação inadequada do pós-praia, dentre outras, podendo assim, alterar os processos naturais ao longo da linha de costa afetando, o balanço natural de sedimentos.

O interesse no entendimento dos problemas relacionados à erosão costeira vem crescendo entre os pesquisadores de várias partes do mundo (Komar, 2000), e vem sendo desenvolvidas estratégias visando a preservação da linha de costa devido aos problemas associados a esse fenômeno (Wicker, 1966; Kvammen, 1971; Behrhorst, 1976; White, 1978; Domurat, 1987; Edge *et al.*, 1987; Basco, 1991; Komar *et al.*, 1991; SANDAG, 1995; Sam

Smith, 1995; Leatherman *et al.*, 1997a e b; Appendini & Fisher, 1998; Smith & Leatherman, 2000, dentre outros).

Na literatura especializada observa-se que a causa da erosão costeira frequentemente é atribuída à combinação de diversos fatores que interagem ao longo da linha de costa. Na costa norte-americana, de onde vem a maioria das publicações científicas relacionadas ao tema, os fatores considerados como indutores do recuo da linha de costa são a elevação do nível do mar, a diminuição no suprimento de sedimentos e a migração de ilhas barreiras (Doyle *et al.*, 1984).

De acordo com Bird (1996), a erosão costeira tem uma relação direta com perdas e ganhos de sedimentos no sistema praias. Se uma praia perde mais sedimentos do que ganha, esta pode sofrer erosão, caso contrário, pode haver progradação, se há um equilíbrio entre perdas e ganhos, o sistema apresenta-se “estável”.

Segundo Komar (2000), múltiplos fatores podem ser importantes na causa da erosão costeira ao longo de muitas praias do mundo, que podem variar em diferentes escalas espacial e temporal, sendo que frequentemente os fatores subjacentes não estão claramente aparentes. Os fatores causadores da erosão costeira podem ser classificados dentro de duas categorias: natural e induzida pelo homem (Komar, 2000; Wong, 2003).

Muitos artigos científicos relacionados ao problema da erosão costeira reproduzem a consideração feita por Bird (1985) de que 70% das linhas de costa do mundo estão em erosão. No Brasil, apesar de ser observada erosão ao longo da sua região costeira, seu predomínio é apenas sobre os processos de acreção, enquanto a maior parte da sua linha de costa apresenta situação de equilíbrio (Muehe, 2006).

Existem poucos relatos específicos na literatura científica relacionados ao comportamento da linha de costa do Estado de Alagoas. Souza & Barbosa (2005) identificaram variações no posicionamento histórico da linha de costa no Pontal do Peba, enquanto que Lima *et al.* (2005) identificaram este tipo de mudanças no município de Maceió.

Por ocasião da realização de um diagnóstico sobre o atual estado do litoral brasileiro quanto aos processos morfológicos relacionados às variações na linha de costa, promovido

pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), e financiado pela Secretaria de Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (SECIRM), Araújo *et al.* (2006) apresentaram uma avaliação quanto às evidências de erosão e de progradação da linha de costa alagoana. Além disso, Bittencourt *et al.* (2007 a) identificaram mudanças no posicionamento da linha de costa localizada na foz do rio São Francisco no período compreendido entre 1960 e 2001.

As perdas econômicas relacionadas com a erosão costeira têm aumentado devido ao crescimento da ocupação na zona costeira (Appendini & Fischer 1998), assim como pelo aumento da demanda pelo uso recreacional das praias (Anfuso *et al.*, 2007). Neste sentido, à medida que aumenta a ocupação da orla marítima ao longo do litoral brasileiro, aumenta também a percepção de que esta é uma área sujeita a constantes mudanças, de modo que os efeitos erosivos até então despercebidos e/ou ignorados, por não causarem prejuízos econômicos, passam, a partir de então, a serem vistos como fator de risco à ocupação, implicando em sérias questões de ordem econômica e social (Muehe, 2006). Em muitos casos, tais problemas são ocasionados por deficiências no planejamento urbano (Kokot, 1997; Carvalho & Coelho, 1998).

A ocupação inadequada do litoral alagoano é um dos fatores apontados por Araújo *et al.* (2006) como responsável pelos problemas relacionados à erosão costeira, principalmente naqueles locais de maiores concentrações de ocupação humana. Assim, ao longo deste litoral é comum a presença de casas residenciais e de “segunda residência”, rodovias e outras construções que estão localizadas em áreas muito próximas à linha de preamar de sizígia. Dessa forma, a erosão costeira tem afetado diretamente as ações humanas nessa região. Como resposta, diversas obras de proteção costeira são observadas ao longo da linha de costa. Em muitos casos, a instalação de proteções rígidas resolve o problema apenas localmente, propagando, porém, o mesmo para sotamar, como apontado por Granja & Carvalho (1995), ou ainda, pode causar perda da praia recreativa (Bird, 1996; Komar, 1998; Kelly, 2000). A localização destes tipos de construções é descrita por Souza & Barbosa (2005) e por Lima *et al.* (2005) em alguns trechos do litoral de Alagoas.

A erosão costeira observada na costa do Estado de Alagoas não apresenta relação com uma possível elevação do nível relativo do mar, tendo sido explicada por processos associados à dispersão e acumulação de sedimentos ao longo da linha de costa, à dinâmica de

desembocaduras fluviais, à interferência humana e à tendência de longo prazo para um balanço negativo de sedimentos (Dominguez & Bittencourt, 1996; Bittencourt *et al.*, 2002).

### **6.1. Aquisição dos Dados e das Informações**

Diversos métodos e técnicas têm sido utilizados na tentativa de se determinar o posicionamento da linha de costa. O emprego do sensoriamento remoto é uma ferramenta muito utilizada para este propósito decorrente das suas potencialidades, como por exemplo, de uma fotografia aérea vertical, que registra para um determinado momento as feições morfológicas de uma área, podendo estas ser relacionáveis a processos que caracterizem a evolução destes ambientes (Anders & Byrnes, 1991). Nesse sentido, pode se considerar que a utilização de fotografias aéreas verticais é fundamental para se determinar linhas de costa sob erosão ou progradação (Frihy, 1988), em escala temporal de médio prazo, ou seja, menor que 60 anos (Crowell *et al.*, 1993).

Muitas limitações são discutidas em relação à precisão e acurácia da aplicação de técnicas de fotogrametria (Dolan *et al.*, 1980; Crowell *et al.*, 1991; Anders & Byrnes, 1991; Moore, 2000; Boak & Turner, 2005). A seguir serão descritos os indicadores utilizados para a definição da linha de costa neste trabalho, assim como as limitações intrínsecas de cada um.

Boak & Turner (2005) discutiram alguns indicadores, sua aplicação e suas limitações. Dessa forma, aqui são apresentados os indicadores utilizados neste trabalho e algumas limitações em seus usos:

1. A base da falésia, quando ativa, limitando a praia a esta feição morfológica – suas limitações estão relacionadas principalmente à indefinição clara da sua forma, quando a sua posição pode ser distorcida devido a blocos e pedregulhos constantemente encontrados em sua base. Entretanto, para a escala adotada no presente trabalho, essas limitações podem ser consideradas como irrelevantes;
2. A borda de estruturas de proteção costeiras – risco de deslocamento da sua posição em função do seu mau funcionamento;

3. A linha de início da vegetação – limita-se apenas quando a vegetação está presente, pode não mostrar acresção;
4. A escarpa de erosão – pode não mostrar acresção na base da escarpa;
5. Limite da linha de deixa – pode variar em função das condições de ondas e de ventos.

Outro fator importante é que a posição da linha de costa identificada a partir de fotografias aéreas pode nem sempre corresponder à realidade, devido às flutuações no volume de sedimentos de uma praia (Smith & Zarillo, 1990).

1. Os indicadores usados para definir trechos sob erosão ao longo da linha de costa foram os seguintes: (1) raízes expostas de árvores, arbustos ou coqueiros; (2) coqueiros e árvores caídas; (3) falésias ativas, escarpa praial no terraço arenoso; (4) destruição de infra-estrutura; (5) presença de terraços de abrasão; (6) vegetação arbórea/arbustiva morta no pós-praia; (7) coqueiros na face da praia; e (8) presença de obras de contenção.
2. O indicador de alta variabilidade, foi: praia localizada próxima à desembocadura de rios.
3. Os indicadores usados para identificar equilíbrio (pouca ou nenhuma deposição) da linha de costa, foram: (1) vegetação arbórea/arbustiva preservada no pós-praia; (2) falésias inativas; (3) escarpa praial vegetada; e (4) cordões-duna em desenvolvimento.
4. O indicador de progradação da linha de costa, foi: presença de um terraço arenoso colonizado por vegetação herbácea.

Foram realizados trabalhos de campo em duas diferentes etapas, a primeira entre os dias 29 de outubro e 13 de novembro de 2006 e, a segunda entre os dias 23 e 29 de janeiro de 2010.

Durante a primeira etapa do trabalho de campo buscou-se identificar os trechos sob erosão, equilíbrio ou progradação na linha de costa, delimitando com um GPS a extensão dos

mesmos. A identificação desses trechos foi feita a partir de caminhamentos ao longo das praias, de preferência em horários próximos à baixa-mar, em trechos diários previamente definidos com média aproximada de 16 km de extensão, totalizando cerca de 260 km, que foram cumpridos ao longo de 16 dias. Durante esta etapa, além da delimitação dos trechos acima citados, foram também marcados com o GPS pontos, ao longo da linha de costa, em intervalos de aproximadamente 1 km. A segunda etapa de campo teve como objetivo verificar se as condições da linha de costa anteriormente observadas mantiveram o seu padrão, comparar os resultados obtidos a partir das informações geradas pelo SIG, além da aplicação de questionários e entrevistas com moradores locais. Durante este trabalho também foi feita a marcação das estradas litorâneas do Estado de Alagoas e a marcação de pontos de controle em campo com o auxílio de um GPS. Estas informações foram comparadas àquelas adquiridas a partir da sobreposição de imagens de sensoriamento remoto de diferentes datas.

Os produtos de sensoriamento remoto utilizados no presente trabalho para avaliar as mudanças no posicionamento da linha de costa nas últimas décadas, foram: fotografias aéreas verticais dos anos de 1955 (escala de 1:20.000); de 1956 (escala 1:30.000) e de 1965 (escala de 1:60.000), e imagens digitais orbitais do sensor MSS Landsat 3 de 26/03/1979 (órbita 230/067), TM Landsat 5, com resolução espacial de 30 m, de 05/06/1988 (órbita 214/067), de 11/06/1990 (órbita 214/067), e de 06/06/1995 (órbita 214/067), obtidas gratuitamente no catálogo de imagens do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). As imagens Ikonos foram obtidas pelo programa *Google Earth Pro*®. A composição das bandas espectrais foi feita no programa *Arc Map 9.2*®, o que facilitou, através de diferentes combinações de bandas, a identificação do posicionamento da linha de costa.

Devido às distorções espaciais inerentes às imagens geradas por sensores remotos orbitais e a distorção radial apresentada pelas fotografias aéreas verticais (Boak & Turner, 2005), tornou-se necessária a aplicação de correções para reorganizar as informações em relação a um sistema de projeção cartográfica, tendo sido necessária a execução do georreferenciamento ou retificação das imagens de satélite e das fotografias aéreas verticais. Essas correções foram feitas com base nos dados adquiridos em campo, como aqueles ao longo das praias, marcados com o GPS em intervalos de 1 km, bem como ao longo das trilhas e rotas marcadas também com o GPS, no modo *tracklog*, onde foi marcado automaticamente um ponto a cada 100 m, o que possibilitou a marcação das estradas que margeiam a linha de costa, assim como as vias de acesso às praias. Com o GPS também foram marcados pontos de

controle em campo, como pontes, intersecção entre estradas e, quando possível, confluência entre rios. Para isso, foi adotado o *Datum* WGS 84, e o sistema de projeção UTM, Zonas 24 e 25 Sul.

Todos os dados do GPS adquiridos em campo foram adicionados, individualmente, no programa *GPS Track Maker*®. Em seguida, estes dados foram carregados diretamente no programa *Google Earth Pro*®, configurado com o mesmo *datum* e projeção dos dados adquiridos em campo. Após esta etapa, foi possível salvar as imagens, cada uma com aproximadamente 33 km<sup>2</sup>. Estas imagens foram então georreferenciadas no programa *Arc Map 9.2*®, onde a sobreposição dos dados de campo coletados com o GPS facilitou o processo de retificação das imagens e deram elevado grau de segurança para estas correções. Com base nestas informações, foi feita a retificação das fotografias aéreas verticais de 1965, pois estas recobrem a aérea que vai desde o rio Persinunga, na divisa entre os Estados de Alagoas e Pernambuco, até a Pontal do Peba, cobrindo assim, mais de 90% da linha de costa deste Estado. As fotografias aéreas verticais de 1955 e de 1956, que apresentam melhor resolução entre os três diferentes arquivos de fotografias aqui analisados, apesar de não cobrirem todo o litoral, serviram como comparação para as informações obtidas a partir das fotografias aéreas de 1965. Foram também retificadas as imagens de satélite disponíveis para a área, entretanto, o trecho localizado entre o Pontal do Coruripe e a foz do rio São Francisco (Setor III), apresentou poucos pontos confiáveis para o ajuste das imagens, resultado da baixa taxa de ocupação urbana neste trecho costeiro. Dessa forma, as informações referentes às modificações no posicionamento da linha de costa neste setor foram baseadas principalmente nos dados de campo, exceto para as localidades do Pontal do Coruripe e o Pontal do Peba. As imagens de satélite e fotografias aéreas verticais, após serem retificadas, serviram para traçar as diferentes linhas de costa, gerando assim mapas temáticos de evolução da linha de costa no programa *ArcMap 9.2*®.

A acurácia atingida pelas análises aqui realizadas permite considerar apenas variações superiores a 20 m no deslocamento da linha de costa.

Dessa forma, foi possível ter uma visão de médio prazo do comportamento da linha de costa do Estado de Alagoas nos últimos 55 anos em termos de tendências de erosão, de progradação, de pouca ou nenhuma deposição (equilíbrio) e de alta variabilidade. O critério utilizado para o posicionamento ao longo da linha de costa dos trechos costeiros apresentando

cada uma dessas características baseou-se fundamentalmente nas informações obtidas pelo monitoramento histórico. Assim, por exemplo, se um determinado trecho costeiro apresenta atualmente uma evidência de erosão e, historicamente, uma tendência de avanços ou recuos da linha de costa, o mesmo foi então caracterizado como de alta variabilidade, como o que ocorre nas praias nas proximidades da foz de rios.

## **6.2. Comportamento da Linha de Costa em Médio Prazo (10<sup>1</sup> anos)**

Uma síntese dos resultados alcançados pode ser observada na figura 26, que mostra as tendências de comportamento a que a linha de costa de Alagoas tem estado submetida a médio prazo. Apesar das incertezas inerentes ao método utilizado para a definição do posicionamento da linha de costa, com descritos por diversos autores (Dolan *et al.*, 1980; Smith & Zarillo, 1990; Anders & Byrnes, 1991; Crowell *et al.*, 1991; Moore, 2000; Boak & Turner, 2005), os resultados aqui apresentados permitem considerar que, 19% dessa linha de costa esteve condicionada a processos de erosão nas últimas décadas, 39% a processos relacionados à alta variabilidade no posicionamento da linha de costa, 21% apresentou pouca ou nenhuma deposição e 21% esteve sobre processo de deposição, resultando progradação da linha de costa. Note que a maior parte desta linha de costa, ou seja, 58% do seu total, apresenta-se condicionada a processos de erosão e de alta variabilidade, tais situações condicionando estes trechos do litoral alagoano a um elevado risco à ocupação humana, principalmente no que se refere à urbanização de áreas próximas à linha de costa.

Os resultados aqui alcançados corroboram, em grande parte, a aqueles apresentados por Araújo *et al.* (2006), a única exceção referindo-se aos trechos em que a linha de costa apresentou alta variabilidade no presente trabalho, isso se devendo provavelmente ao método aqui aplicado, que conseguiu distinguir esses trechos daqueles em progradação e erosão.

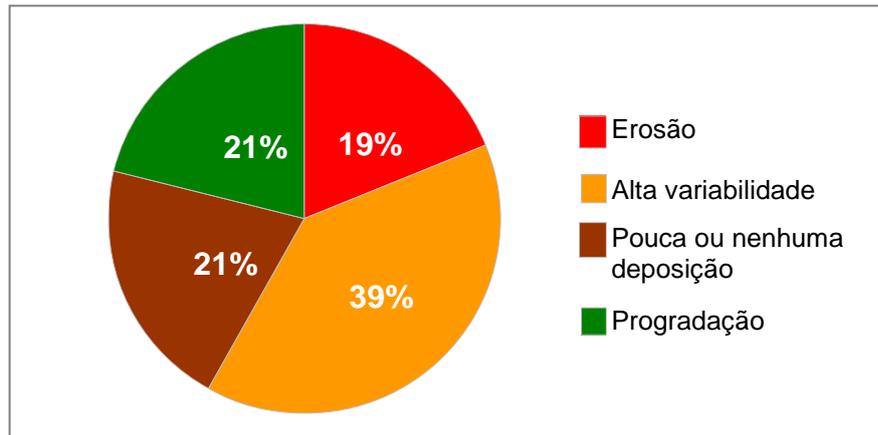


Figura 26 - Percentual dos trechos sobre erosão, alta variabilidade, pouca ou nenhuma deposição e progradação da linha de costa no Estado de Alagoas, com base nas informações de campo e na sobreposição de fotografias aéreas verticais e de imagens satélites.

#### 6.2.1. Comportamento da Linha de Costa no Setor Costeiro I

O setor costeiro I (Fig. 27) apresentou-se, dentre os três setores aqui analisados, como aquele com o maior percentual de trechos de linha de costa com alta variabilidade, totalizando 46%. Este valor, quando somado aos percentuais de trechos sobre erosão, que representaram 23% do seu total, obtém-se 69% de trechos de linha de costa que apresentaram elevado risco à sua ocupação. Vale ressaltar que este setor costeiro apresenta trechos com ocupação relativamente alta da linha de costa, onde predominam infra-estruturas destinadas ao turismo e ao lazer, como hotéis, incluindo aí alguns *resorts* à beira-mar, pousadas e as chamadas “segunda residência”. Linhas de costa em equilíbrio representam 20% neste setor, enquanto que 11% apresentam-se em progradação.

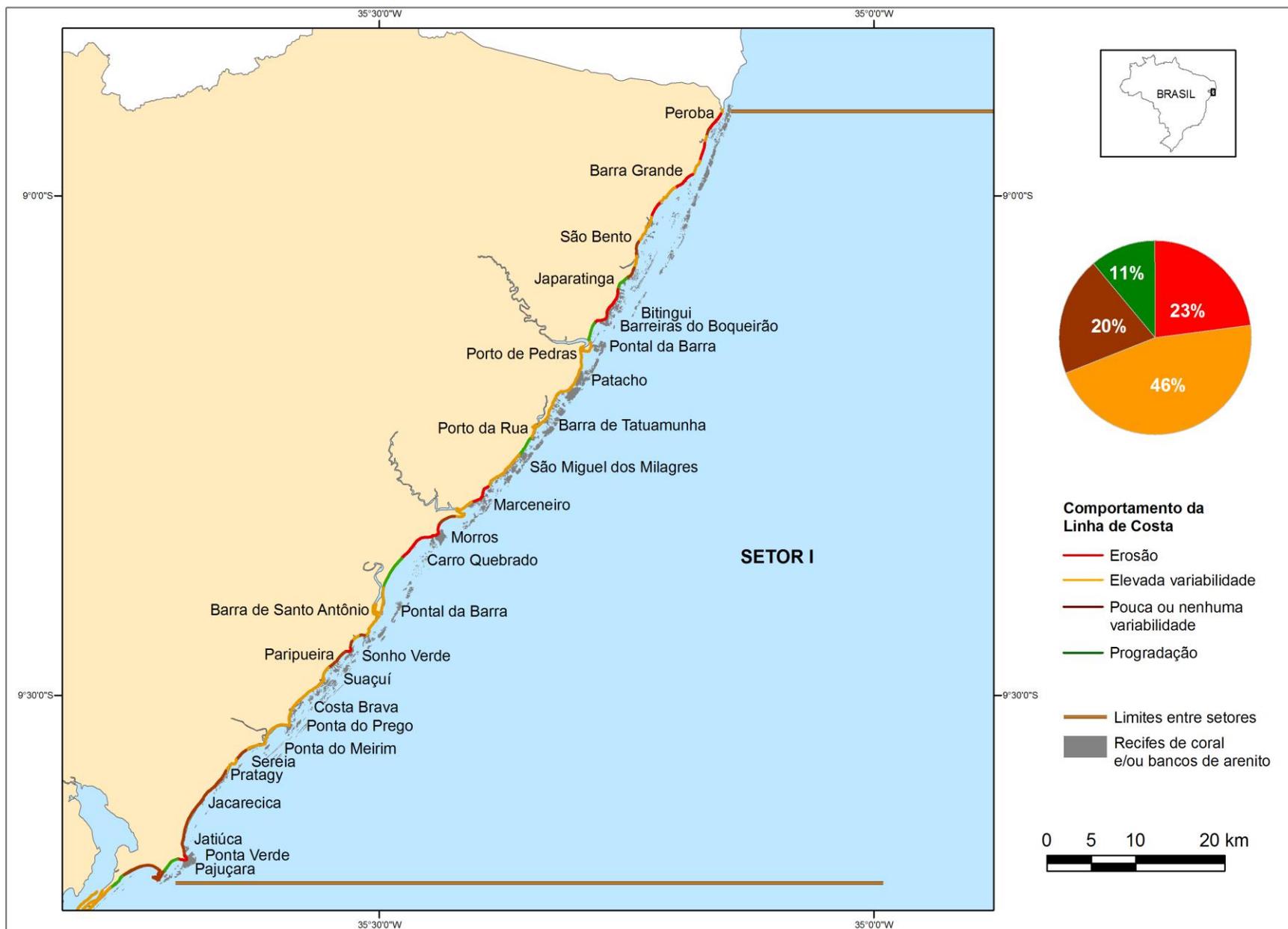


Figura 27 – Comportamento da linha de costa a médio prazo no setor costeiro I

Os trechos costeiros sobre erosão são encontrados entre as praias de Peroba e de São Bento (Fig. 27), onde podem ser observadas diversas construções erguidas próximas à linha de preamar de sizígia (Figs. 29 A e B). Na figura 29 B observa-se uma construção localizada atualmente sobre a face da praia. Exemplos de estruturas de proteção construídas próximas à linha de preamar de sizígia podem ser vistas na localidade de Barra Grande (Fig. 29 C), onde observa-se que parte destas estruturas cederam como possível consequência do recuo da linha de costa e estão parcialmente destruídas (Fig. 29 D), assim como uma casa na face da praia nesta mesma localidade (Fig. 29 E). Esses trechos são intercalados com outros que apresentaram alta variabilidade e pouca ou nenhuma variabilidade da linha de costa de acordo com o método aqui utilizado.

Outros trechos com erosão podem ser vistos entre as praias de Japaratinga e Barreiras do Boqueirão (Fig. 27), onde podem ser observadas falésias ativas entalhadas em rochas mesozóicas da Bacia Sergipe-Alagoas, configurando erosão de longo prazo nestas localidades (Fig. 29 F). Outro exemplo de erosão pode ser observado na figura 29 G, onde um cemitério aparece destruído pelo recuo da linha de costa na praia Bitingui (Fig. 27). Segundo informações de moradores locais, há cerca de 40 anos atrás existia uma rua à frente das casas na praia do Boqueirão, inclusive com casas do outro lado desta rua, onde os fundos davam para o mar. Ainda, segundo essas informações, o recuo da linha de costa nas últimas décadas resultou na destruição completa da igreja de Nossa Senhora da Penha e do cruzeiro que ficava em frente ao cemitério. As informações obtidas através da sobreposição das imagens nos anos de 1956, 1965, 1981 e 2005 confirmam um recuo da linha de costa na praia de Bitingui de ordem de 50 m (Fig. 28).

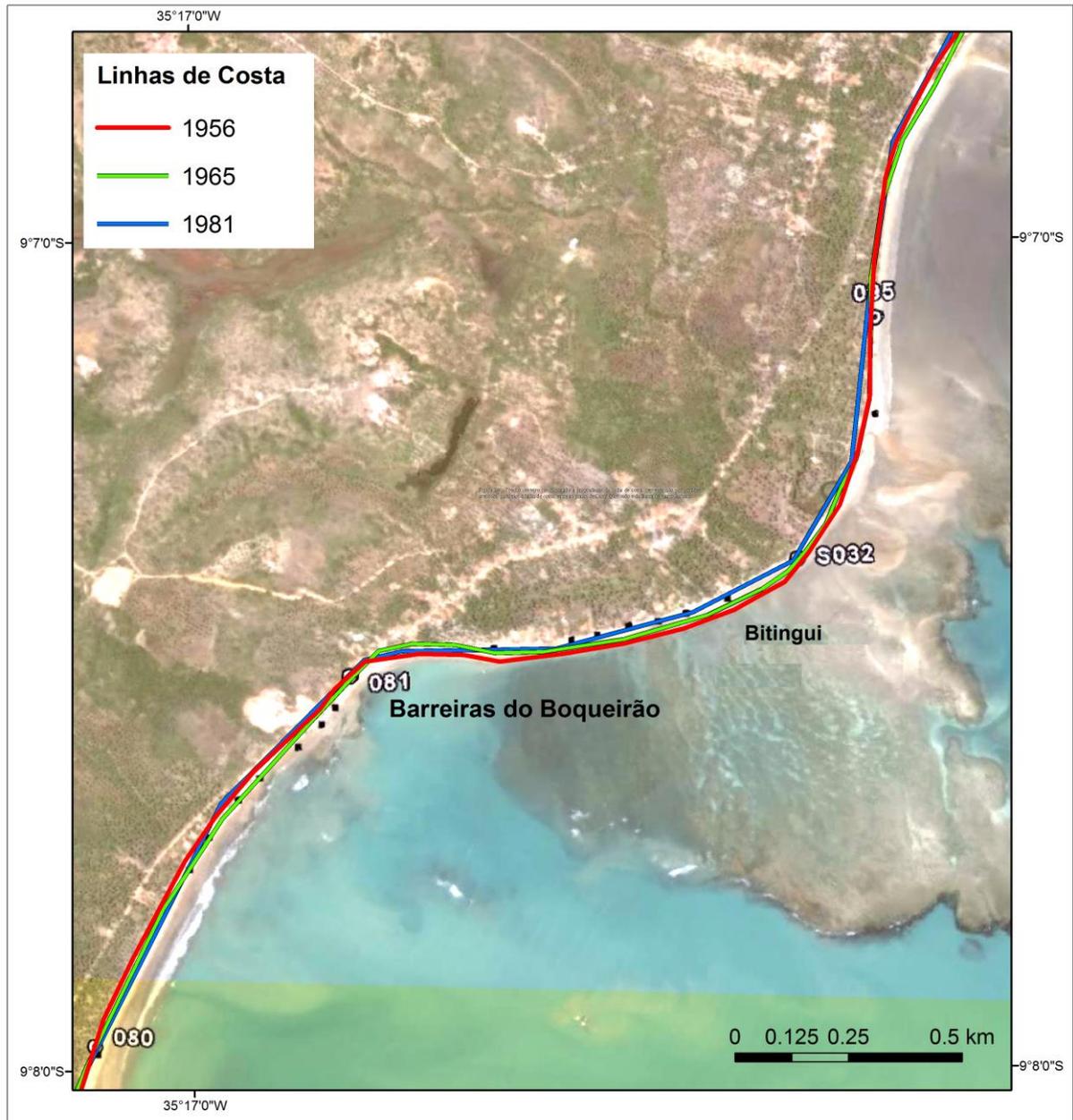


Figura 28 - Variações no posicionamento da linha de costa na praia de Bintigui (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2005).

Erosão de médio prazo foi também observada na praia do Marceneiro (Fig. 27). Neste trecho costeiro observa-se, esculpida no terraço marinho, uma escarpa erosiva (Fig. 30 A), que expõe arenitos dispostos na base deste terraço (Fig. 30 B).

Erosão de longo prazo é observada também entre as praias dos Morros e do Carro Quebrado (Fig. 27). Na praia dos Morros observa-se uma falésia e um terraço de abrasão, ambos esculpidos em rochas mesozóicas da Bacia Sergipe-Alagoas (Fig. 30 C), enquanto que ao longo da praia do Carro Quebrado a erosão esculpiu falésias que, permanecem ativas, nos depósitos sedimentares da Formação Barreiras (Fig. 30 D).

Erosão de médio prazo ainda pode ser observada na praia do Sonho Verde (Fig. 27), onde uma escarpa de erosão é esculpida nos terraços marinhos (Fig. 30 E), causando também o afloramento de arenitos existentes na base desses terraços (Fig. 30 F).

Na praia da Ponta Verde (Fig. 27), onde também foi observada erosão de médio prazo com base nas análises realizadas neste trabalho, encontra-se muitos tipos de obras de proteção costeira, como por exemplo, gabiões (Figs. 31 A e B), muros de arrimo (Figs. 31 C e E); dissipador de energia, conhecido como “*bagwall*” (Fig. 31 D) e, enrocamentos (Fig. 31 F), que resultaram na perda da praia recreativa durante as preamares de sizígia. Lima *et al.* (2005) atribuíram a erosão observada neste trecho a várias origens naturais e antrópicas, como uma consequência dos processos de refração e de difração das ondas sobre o recife da Ponta Verde, a retirada de parte desse recife da Ponta Verde para a fabricação de cal em décadas passadas, assim como a construção do clube Alagoinha, sobre este recife.



Figura 29 – Trechos costeiros condicionados à erosão da linha de costa: A – Muros de arrimo sobre a face da praia em Peroba; B – Coqueiros caídos em Peroba, note que o recuo da linha de costa neste trecho costeiro resulta no isolamento das construções sobre a face da praia; C – Muros de arrimo na linha de costa da praia de Barra Grande; D – Muros de proteção destruídos em Barra Grande, como resultado do recuo da linha de costa neste trecho costeiro; E – Casa sobre a face da praia em Barra Grande; F – Falésia ativa esculpida em rochas mesozóicas na praia de Japaratinga; G – Cemitério destruído pelo recuo da linha de costa na praia de Bitingui (ver figura 27 para localização).



Figura 30 – Trechos costeiros condicionados à erosão da linha de costa: A – Micro-falésia esculpida no terraço marinho na praia do Marceneiro; B – Exposição de arenitos na base do terraço marinho na praia do Marceneiro; C - Falésias ativas esculpidas em rochas mesozóicas na praia dos Morros; D – Falésias ativas na Formação Barreiras na praia do Carro Quebrado; E – Micro-falésia esculpida no terraço marinho na praia do Sonho Verde; F – Exposição de arenitos na base do terraço marinho na praia do Sonho Verde (ver figura 27 para localização).



Figura 31 - Trecho costeiro condicionado à erosão da linha de costa na praia da Ponta Verde, onde são observados vários tipos de estruturas de proteção costeira que restringem o uso da praia recreativa durante a preamar de sizígia: A – Gabiões; B – Gabiões; C – Muros de arrimo; D – Dissipador de energia conhecido como “bag wall”; E – Muros de arrimo; F – Enrocamentos (ver figura 27 para localização).

Os trechos costeiros com alta variabilidade da linha de costa podem ser vistos ao longo deste setor, como nas proximidades de desembocaduras fluviais (Fig. 27). Com aproximadamente 15 km de extensão cada, destacam-se os trechos localizados entre Porto de Pedras e Porto da Rua, e o trecho entre Suaçuí e Ponta do Meirim (Fig. 27). Outro trecho sobre condições de alta variabilidade é encontrado nas vizinhanças da praia de São Miguel dos Milagres (Fig. 27). O trecho costeiro localizado entre Porto de Pedras e Porto da Rua (Fig. 27) apresenta muitos exemplos de instabilidade da sua linha de costa. Na desembocadura do rio Manguaba, em Porto de Pedras foi possível observar, com base na análise do posicionamento da linha de costa em suas imediações nos anos de 1956, 1965, 1981 e 2009, em alguns pontos, deslocamentos de aproximadamente 160 m (Fig. 32). As figuras 34 A e B apresentam algumas características de instabilidade da linha de costa entre Porto de Pedras e Porto da Rua, neste trecho costeiro. Na desembocadura fluvial, pode-se observar erosão na linha de costa, assim como, ao fundo, uma casa, cuja localização aproximada é assinalada com um ponto na figura 32. Na linha de costa voltada diretamente para o oceano é possível observar uma progradação recente na linha de costa do Pontal da Barra (Fig. 34 B).

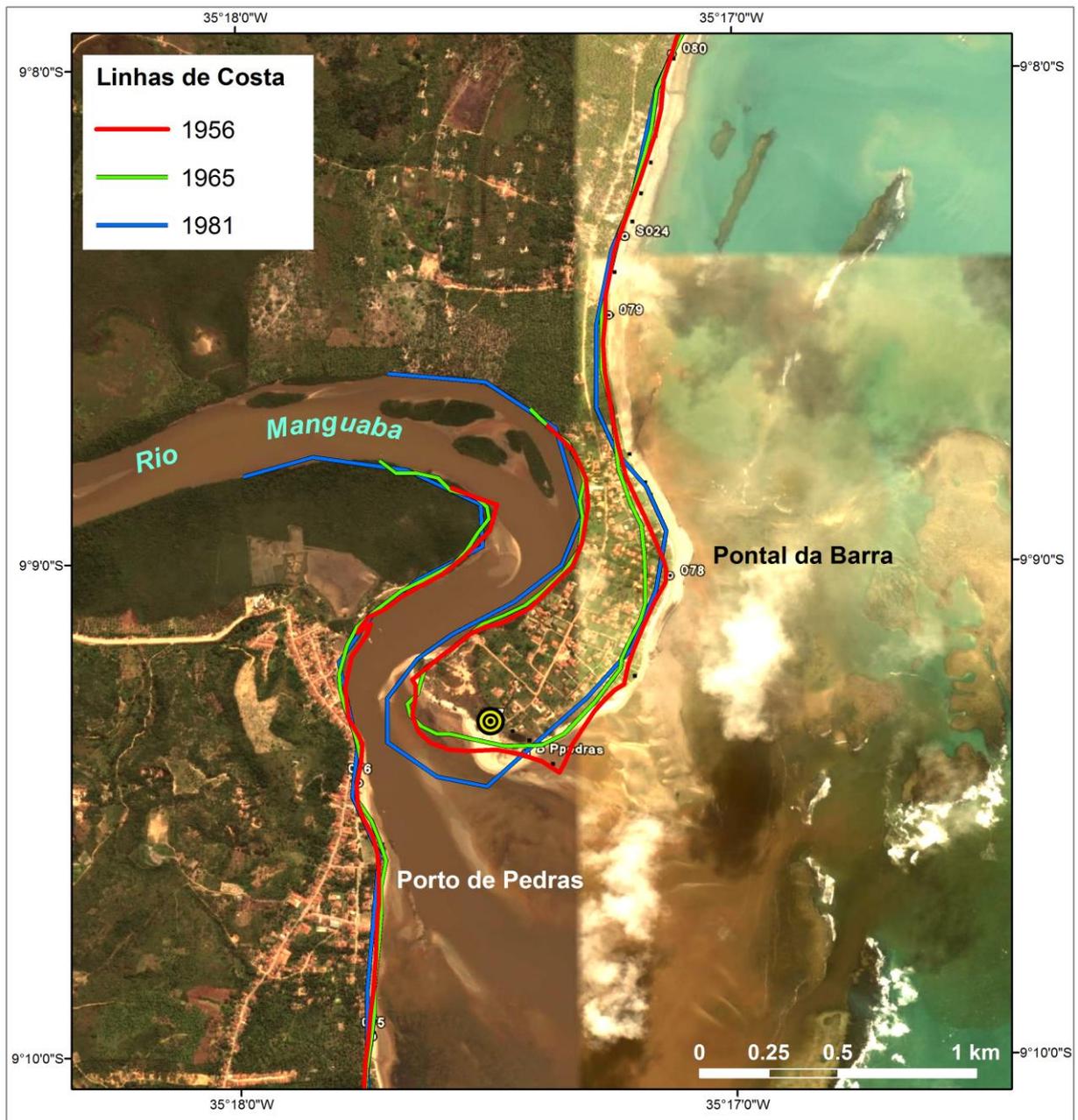


Figura 32 - Variações no posicionamento da linha de costa no Pontal da Barra, em Porto de Pedras. O ponto amarelo e preto indica o posicionamento aproximado da casa vista na figura 53 A (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009).

Da mesma forma, grandes variações no posicionamento da linha de costa nos anos de 1956, 1965, 1981 e 2009 foram observadas entre as praias do Patacho e de Porto da Rua (Figs. 27 e 33). As figuras 34 C e D apresentam características de linha de costa em erosão, na atualidade, na praia do Patacho. Entretanto, se observarmos as variações ocorridas entre os anos aqui analisados, nota-se que a linha de costa em 1956 estava localizada aproximadamente na posição da linha de costa atual (Fig. 33), a partir de então, a mesma parece ter sofrido um recuo da ordem de 100 m até 1981, crescendo, a partir de então, até a posição atual (2009). A erosão observada atualmente neste trecho pode estar exibindo as condições de alta variabilidade observada neste local nas últimas décadas.

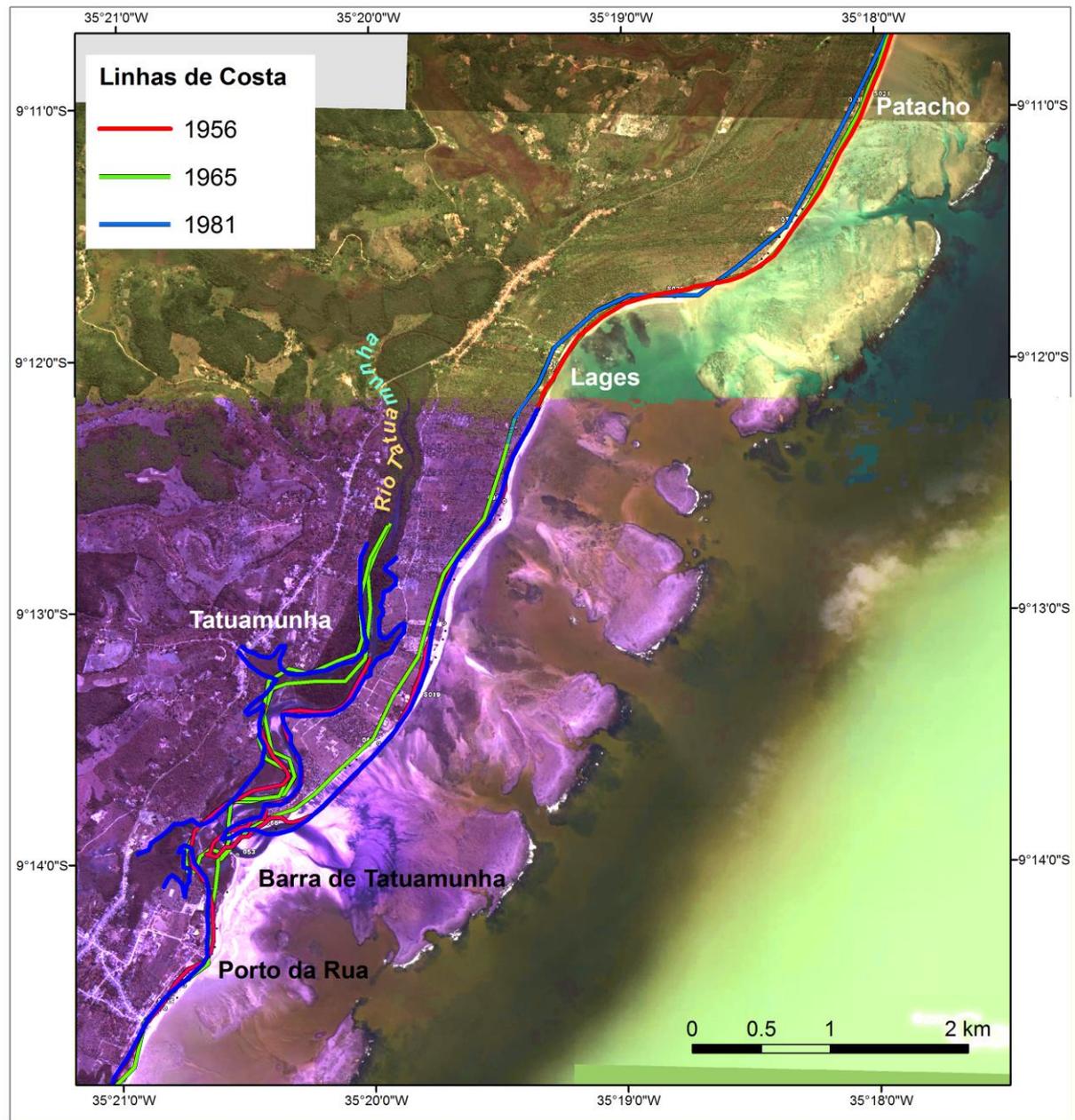


Figura 33 - Variações no posicionamento da linha de costa entre as praias do Patacho e de Porto da Rua (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009).

As figuras 34 E e F mostram as condições atuais (ano de 2006) da linha de costa nas proximidades da Barra de Tatuamunha (Fig. 33). A figura 34 E mostra um trecho com progradação recente e uma linha de coqueiros na sua retaguarda, podendo assim sugerir que esta linha de coqueiros pode representar a linha de costa em décadas passadas. A figura 34 F mostra, nas proximidades da foz do rio Tatuamunha, uma casa “ilhada” sobre a face da praia. Dessa forma, tais informações permitem considerar que esta área apresentou, nas últimas décadas, alta variabilidade da sua linha de costa.

Outros exemplos de linha de costa com alta variabilidade podem ser observados ainda na figura 33, na praia de Porto da Rua. Nesta localidade, são encontrados como exemplos de

alta variabilidade em uma área na foz do rio Tatuamunha, onde pode se observar uma área com progradação recente da linha de costa (Fig. 34 G) e, mais adiante, em direção ao sul, cerca de 150 m de distância, que a linha de costa apresenta características erosivas, com coqueiros prestes a tombar na linha de costa (Fig. 34 H).



Figura 34 - Trecho costeiro condicionado à alta variabilidade da linha de costa. A – Área com recuo da linha de costa no Pontal do Boqueirão; B – Área com acúmulo sedimentar no Pontal do Boqueirão; C – Feições erosivas na praia do Patacho; D – Estrutura de proteção na praia do Patacho; E – Área com acúmulo sedimentar na Barra do Tatuamunha; F – Casa sobre a face da praia na Barra do Tatuamunha; G – Área com pequeno avanço da linha de costa em Porto da Rua; H – Área com recuo da linha de costa em Porto da Rua (ver figura 27 para localização).

Em Barra de Santo Antônio, defronte ao Pontal da Barra (Fig. 27), observou-se que a linha de costa, nos anos de 1955, 1965, 1995 e 2009, apresentou um progressivo recuo da ordem de 120 m a norte da desembocadura e, um avanço superior a 400 m na sua parte sul (Fig. 35).

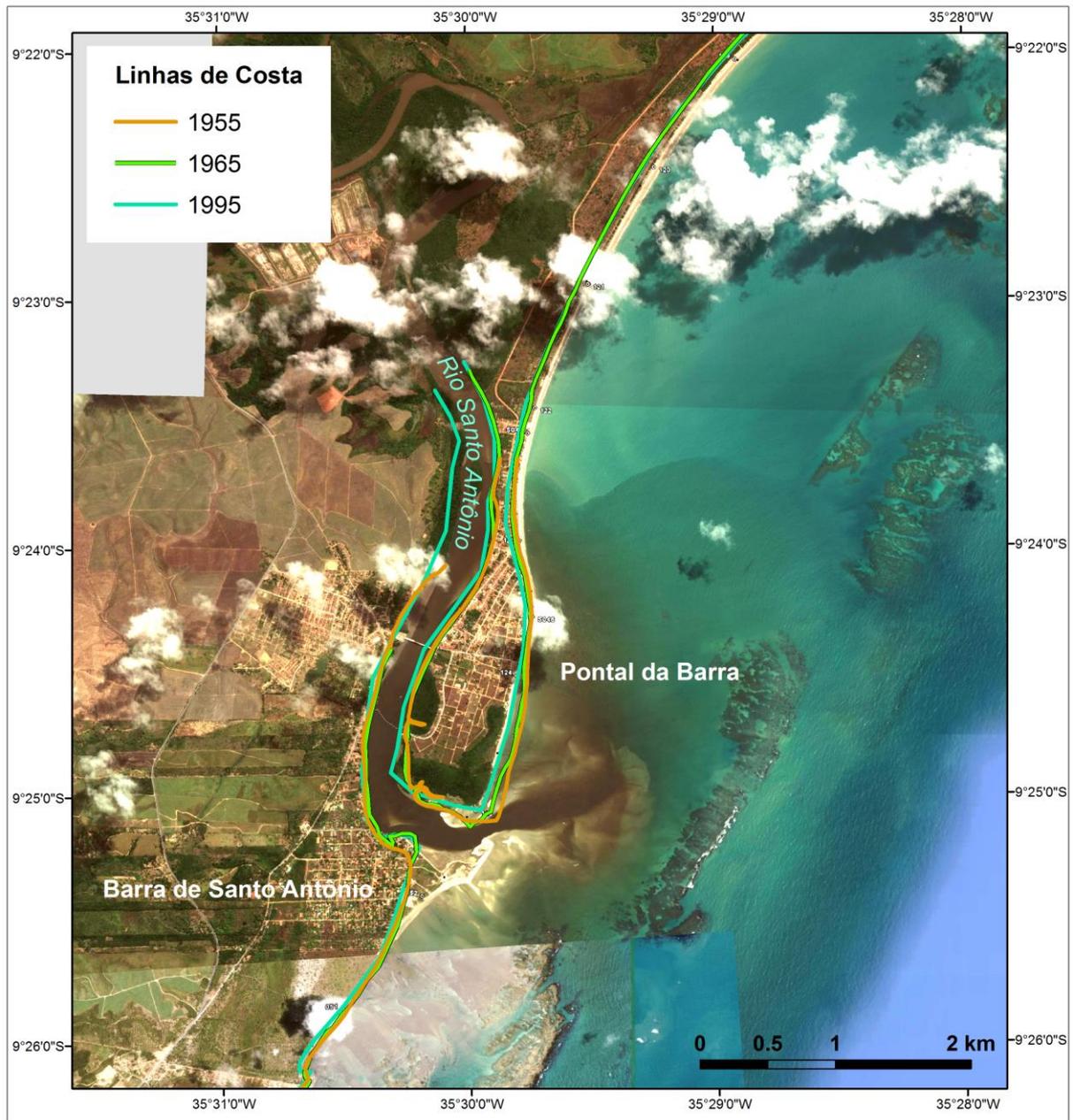


Figura 35 - Variações no posicionamento da linha de costa na Barra de Santo Antônio (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009).

A figura 36 A mostra o início do trecho no Pontal da Barra onde a linha de costa apresentou alta variabilidade. Este trecho apresenta-se, na atualidade, com ocupação contínua ao longo da sua linha de costa. A figura 36 B mostra a foz do rio Santo Antônio. A ocupação desse trecho de linha de costa apresenta vários problemas referentes à destruição de imóveis (Figs. 36 C e D), assim como de ruas (Fig. 36 E). De acordo com moradores locais o mar teria avançado mais de 40 m nos últimos 10 anos nesta localidade.

A figura 36 F apresenta uma evidência de progradação da linha de costa na parte sul da foz do rio Santo Antônio, com um terraço arenoso atual com mais de 400 m de largura. A figura 36 G mostra o local em que esta progradação desaparece. Note nesta figura a existência de uma obra de proteção costeira localizada na cerca de um imóvel, sugerindo que há alguns anos atrás este local estava em contato com as marés. Neste mesmo trecho, a sul da desembocadura do rio Santo Antônio, é possível ver uma escarpa no terraço marinho, além de muros destruídos na face da praia (Fig. 36 H).



Figura 36 - Trecho costeiro condicionado à alta variabilidade da linha de costa na praia da Barra de Santo Antônio (Foto J.C. Pereira): A – Vista aérea do Pontal da Barra (Foto F. Lucas); B – Vista aérea da foz do rio Santo Antônio; C – Imóveis danificados no Pontal da Barra; D – Imóveis danificados no Pontal da Barra; E – Rua parcialmente destruída no Pontal da Barra; F – Deposição à frente de uma antiga linha de costa no lado sul da foz do rio Santo Antônio; G – Área com progradação no lado sul da foz do rio Santo Antônio; H – Destruição de estrutura de contenção no lado sul da foz do rio Santo Antônio (ver figura 27 para localização).

O trecho costeiro localizado entre Suaçuí e Ponta do Meirim (Fig. 27) apresentou alta variabilidade da linha de costa entre os anos de 1955, 1965, 1979, 1981, 1988, 1990, 1995 e 2009 (Fig. 37).

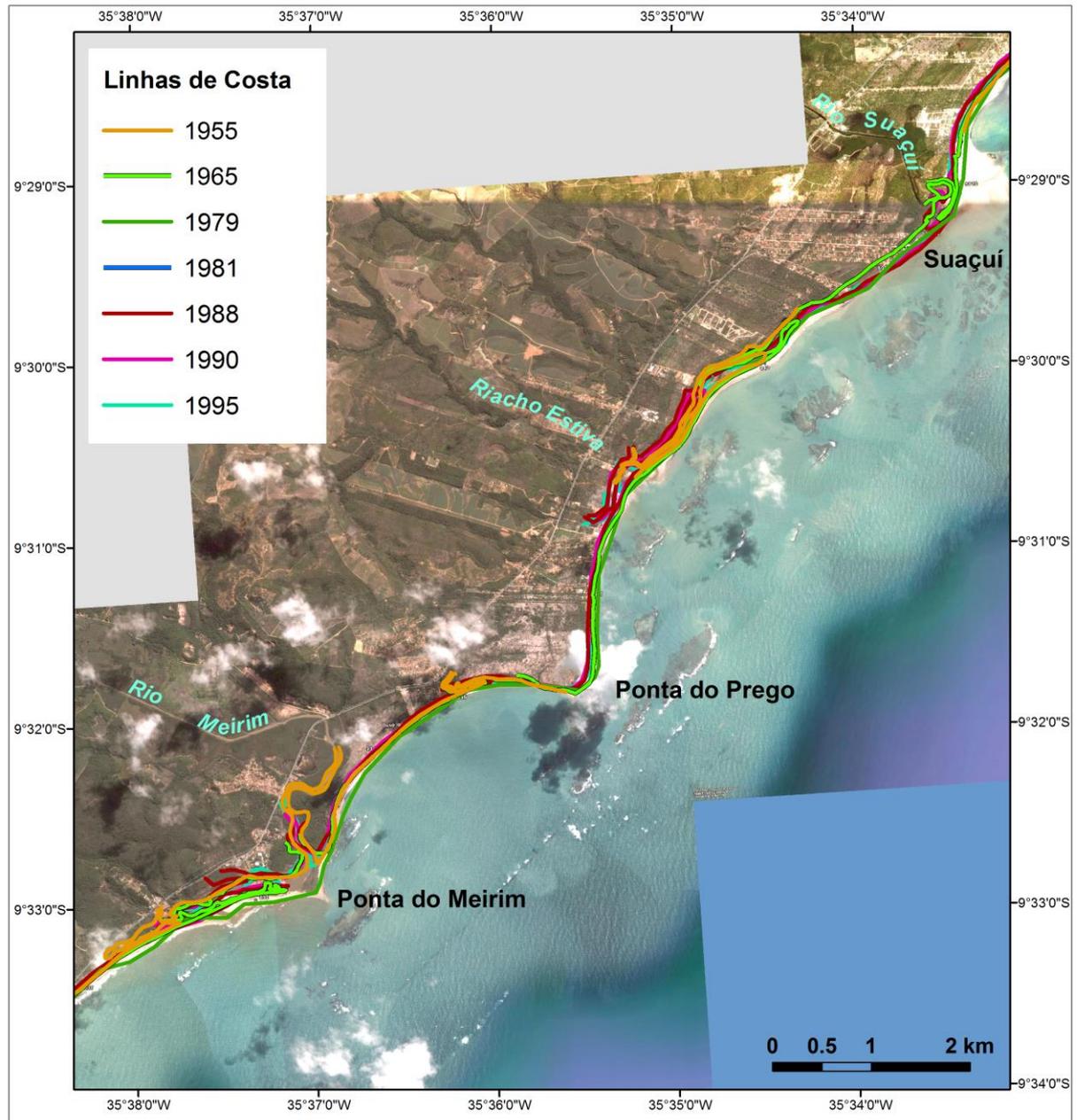


Figura 37 - Variações no posicionamento da linha de costa entre Suaçuí e Ponta do Meirim (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009).

Neste trecho, as variações mais significativas foram observadas entre a foz do rio Suaçuí e a do riacho Estiva (Fig. 37), com variações de aproximadamente 200 m na linha de costa nas últimas cinco décadas. A figura 38 A mostra o trecho entre as praias de Suaçuí e a Ponta do Prego (Fig. 27). Nas proximidades da foz do rio Suaçuí é possível ver, no seu lado

norte (Fig. 38 B), a existência de um terraço arenoso recente, colonizado por vegetação herbácea e uma antiga linha de costa representada por um cordão litorâneo onde encontram-se alguns coqueiros adultos. Na sua parte sul nota-se a existência de vegetação morta na linha de costa (Fig. 38 C). A figura 38 D mostra enrocamentos na face da praia em Suaçuí. Na praia da Costa Brava (Figs. 38 E e F) é possível observar muitos imóveis na linha de costa com obras de proteção como enrocamentos e muros à sua frente. Esta situação também é observada na praia da Ponta do Prego (Fig. 38 G). Já na Ponta do Meirim, há um terraço arenoso recente, colonizado por vegetação herbácea (Fig. 38 H).



Figura 38 - Trecho costeiro condicionado à alta variabilidade da linha de costa entre os rios Suaçuí e Meirim: A – Vista aérea do trecho entre o Riacho da Estiva e a Ponta do Prego, ao fundo (Foto J.C. Pereira); B – Terraço arenoso no lado norte da foz do rio Suaçuí; C – Vegetação morta na linha de costa no lado sul da foz do rio Suaçuí; D – Enrrocamento na praia de Suaçuí; E – Obras de proteção em Costa Brava; F – Obras de proteção em Costa Brava; G – Obras de proteção na praia da Ponta do Prego; H – Terraço arenoso recente na Ponta do Meirim (ver figura 27 para localização).

Outros trechos costeiros com alta variabilidade da linha de costa podem ser observados em praias nas proximidades da foz do rio Pratagy (Fig. 27). São observadas diversas construções afetadas pelas variações na linha de costa. A figura 39 A mostra barracas de praia na praia da Sereia localizadas na linha de preamar de sizígia. A figura 39 B mostra uma construção parcialmente destruída, com obras de proteção na sua base, na margem norte da foz do rio Pratagy. As figuras 39 C, D, E e F mostram diversas construções destruídas na linha de costa ao sul da foz do rio Pratagy.



Figura 39 - Trecho costeiro condicionado à alta variabilidade da linha de costa nas proximidades da foz do rio Pratagy: A – Vista aérea da praia da Sereia (Fig. 46) (Foto J.C. Pereira); B – Imóvel parcialmente danificado na foz do rio Pratagy; C – Imóvel destruído na praia do Pratagy; D – Imóveis danificados na praia do Pratagy; E – Imóveis na linha de costa na praia do Pratagy (ver figura 27 para localização).

Trechos em que a linha de costa apresentou avanço em direção ao mar podem ser visto em Japaratinga, entre as praias do Carro Quebrado e o Pontal da Barra de Santo Antônio, entre as praias de Porto da Rua e de São Miguel dos Milagres, na praia da Pajuçara e entre Porto de Pedras e Barreiras do Boqueirão (Fig. 27). A figura 40 mostra um exemplo de um trecho localizado entre as praias do Carro Quebrado e do Pontal da Barra onde houve, nas últimas décadas, uma significativa progradação da linha de costa, da ordem de aproximadamente 90 m, representada por um terraço arenoso colonizado por vegetação herbácea/arbustiva.



Figura 40 - Trecho costeiro condicionado à progradação da linha de costa, representado por cordões arenosos, paralelos à linha de costa, entre as praias de Carro Quebrado e da Barra de Santo Antônio (ver figura 27 para localização).

Alguns trechos apresentaram pouca ou nenhuma variabilidade, com destaque para o trecho na praia de Paripueira e o trecho entre as praias imediatamente a sul do Pratygy e da Jatiúca (Fig. 27).

A figura 41 A ilustra esta situação na praia da Jatiúca. A figura 41 B mostra áreas com pouca ou nenhuma variabilidade na praia de Jacarecica.



Figura 41 - Trecho costeiro com pouca ou nenhuma variabilidade da linha de costa; A – Trecho da praia da Jatiúca (Foto D.B. Cavalcante); B – Praia de Jacarecica (Foto Rafiuskss) (ver figura 27 para localização).

### 6.2.2. *Comportamento da Linha de Costa no Setor Costeiro II*

No setor costeiro II (Fig. 42) observou-se que 23% do mesmo apresentou condições de erosão da linha de costa e 31% de alta variabilidade. Somando estes valores, 54% deste setor apresenta condições de elevado risco à ocupação da sua linha de costa. Entretanto, este setor apresenta menor grau de ocupação da linha de costa quando comparado ao anterior, com destaque para a alta ocupação apenas na parte sul de Maceió, na localidade da Barra Nova, na praia do Francês e em Barra de São Miguel. Linhas de costa em equilíbrio pouca ou nenhuma deposição representam 31% neste setor, enquanto que 15% apresentam progradação.

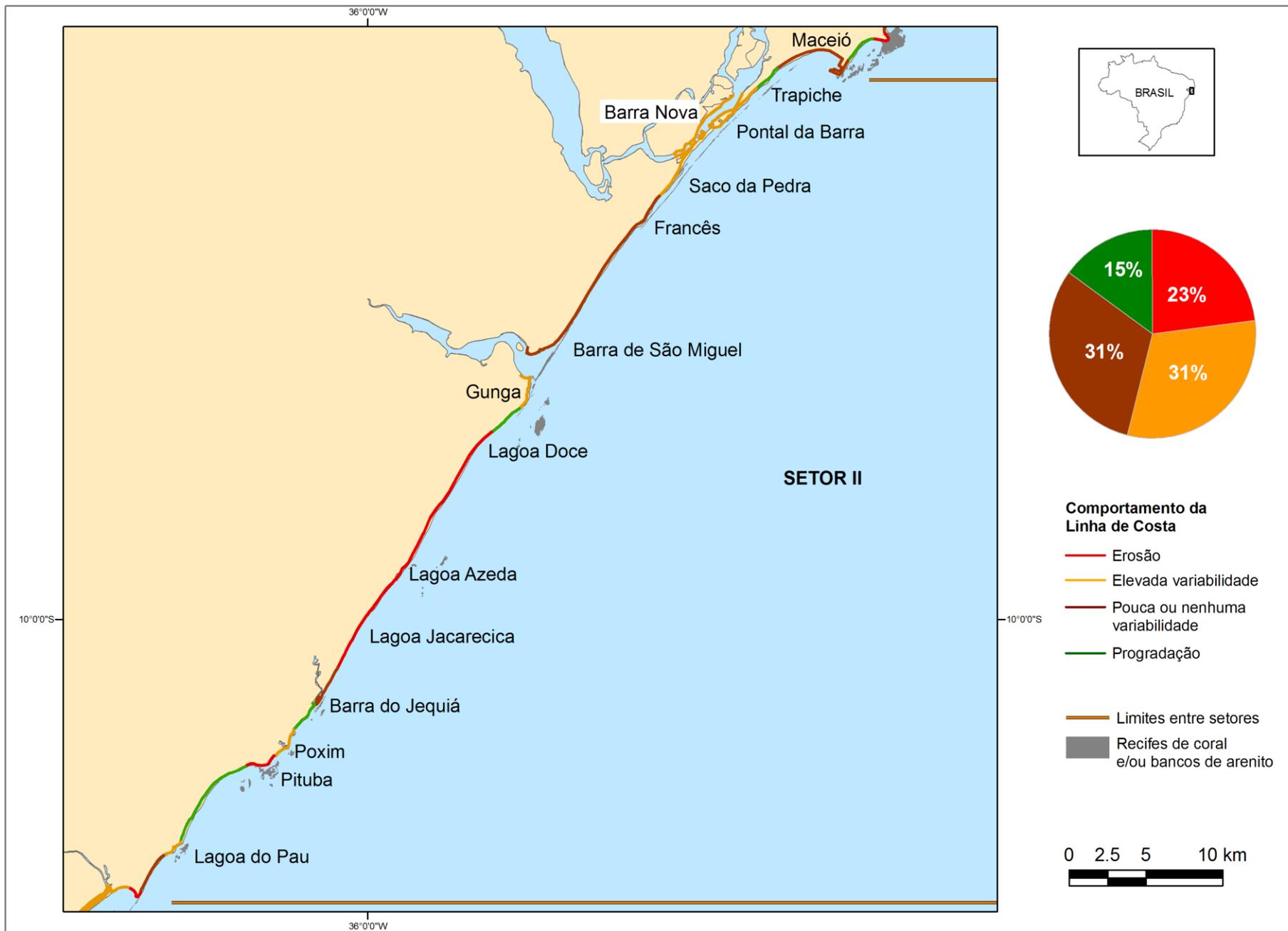


Figura 42 - Comportamento da linha de costa a médio prazo no setor costeiro II.

Os trechos costeiros sob erosão localizam-se entre as praias da Lagoa Doce e da Barra do Jequiá (Fig. 42), totalizando cerca de 18 km de extensão, onde são encontradas falésias ativas na Formação Barreiras (Fig. 43 A), com ocupação apenas pontual na localidade da Lagoa Azeda (Fig. 43 B). Outro trecho que apresentou erosão neste setor foi aquele localizado na praia da Pituba (Fig. 42), onde a ocupação dessa linha de costa é representada apenas por fazendas. Neste trecho encontram-se feições erosivas como na figura 43 C, onde há uma escarpa erosiva no estreito terraço arenoso aí existente. Outro exemplo de erosão pode ser observado na figura 43 D, onde há também uma escarpa erosiva no terraço arenoso.



Figura 43 - Trechos costeiros condicionados à erosão: A – Trecho costeiro com aproximadamente 18 km de extensão onde são encontradas falésias ativas esculpidas nos depósitos sedimentares da Formação Barreiras, esta figura refere-se à praia da Lagoa Jacarecica; B – Erosão costeira na localidade da Lagoa Azeda; C – Escarpa erosiva no terraço marinho na praia da Pituba; D - Escarpa erosiva no terraço marinho na praia da Pituba (ver figura 42 para localização).

Trechos sobre alta variabilidade foram observados na desembocadura do Complexo Estuarino-Lagunar Mundaú-Manguaba, entre as praias do Pontal da Barra e do Saco da Pedra, incluindo aí a localidade da Barra Nova (Figs. 42 e 44). Neste trecho, há uma grande ocupação da linha de costa na Barra Nova, como pode ser visto à esquerda da figura 45 A, que mostra também um estreito esporão arenoso na praia do Saco da Pedra. A figura 45 B apresenta o esporão arenoso do Pontal da Barra, com várias linhas de praia indicando alta

variabilidade dessa feição geomorfológica (ver também a Fig. 42). Neste trecho também é possível observar vegetação arbustiva morta na linha de costa na praia do Saco da Pedra (Fig. 45 C), assim como uma escarpa erosiva no terraço marinho com algumas obras de proteção destruídas nesta praia (Fig. 45 D). No trecho da praia do Poxim (Fig. 42) é possível observar diversas feições morfológicas que indicam alta variabilidade no posicionamento pretérito dessa linha de costa, como escarpas erosivas na retaguarda de um terraço arenoso recente (Fig. 45 E). Outro trecho em que existem evidências de alta variabilidade da linha de costa neste setor está localizado na foz da Lagoa do Pau, onde observa-se uma escarpa erosiva na foz desta lagoa, assim com obras de proteção isoladas na face da praia, indicando que sua linha de costa já esteve posicionada ali no passado (Fig. 45 F).

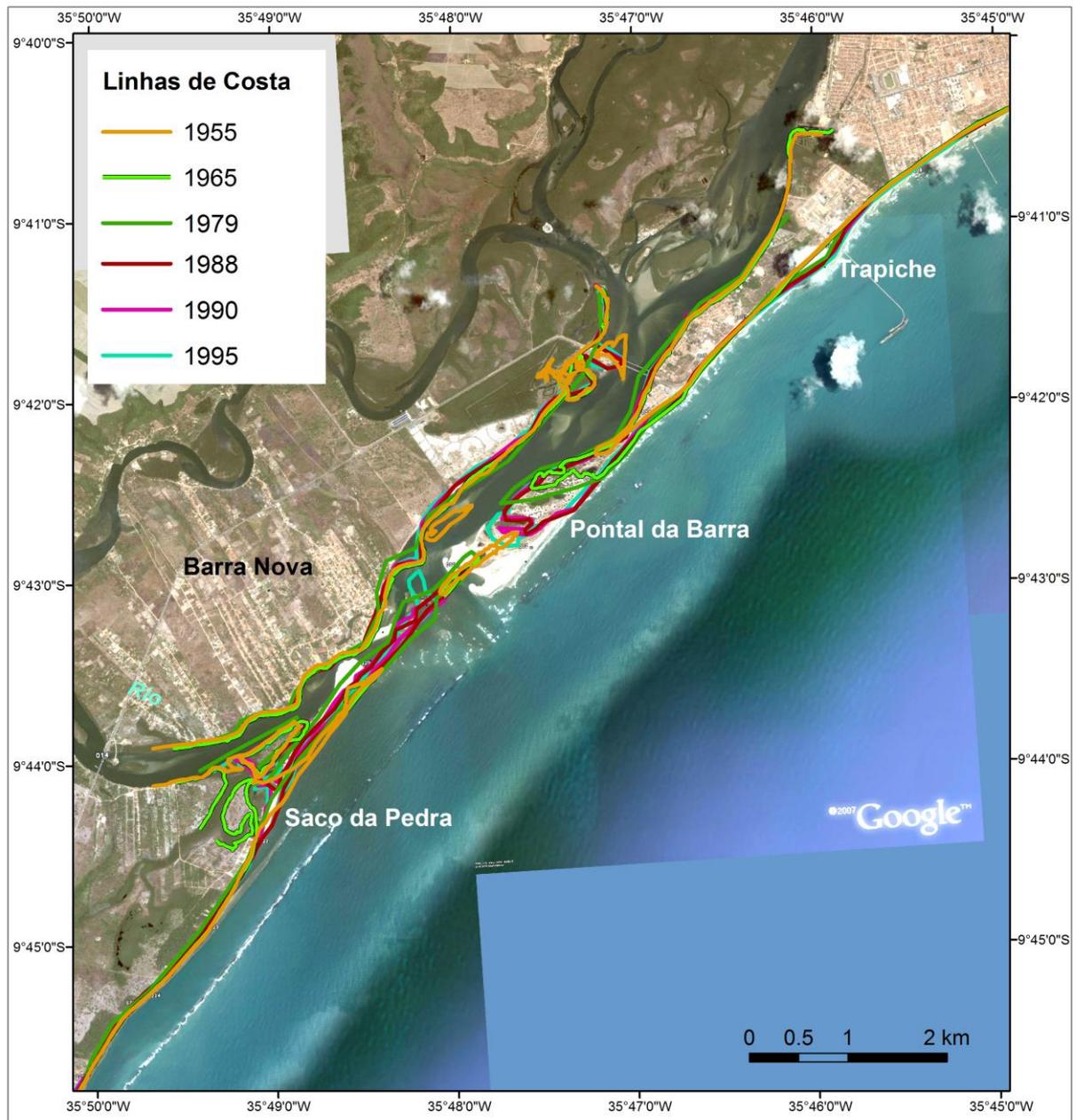


Figura 44 - Variações no posicionamento da linha de costa na desembocadura do complexo lagunar Mundaú-Manguaba (Fonte: imagem Ikonos – Google Earth Pro do ano de 2009).

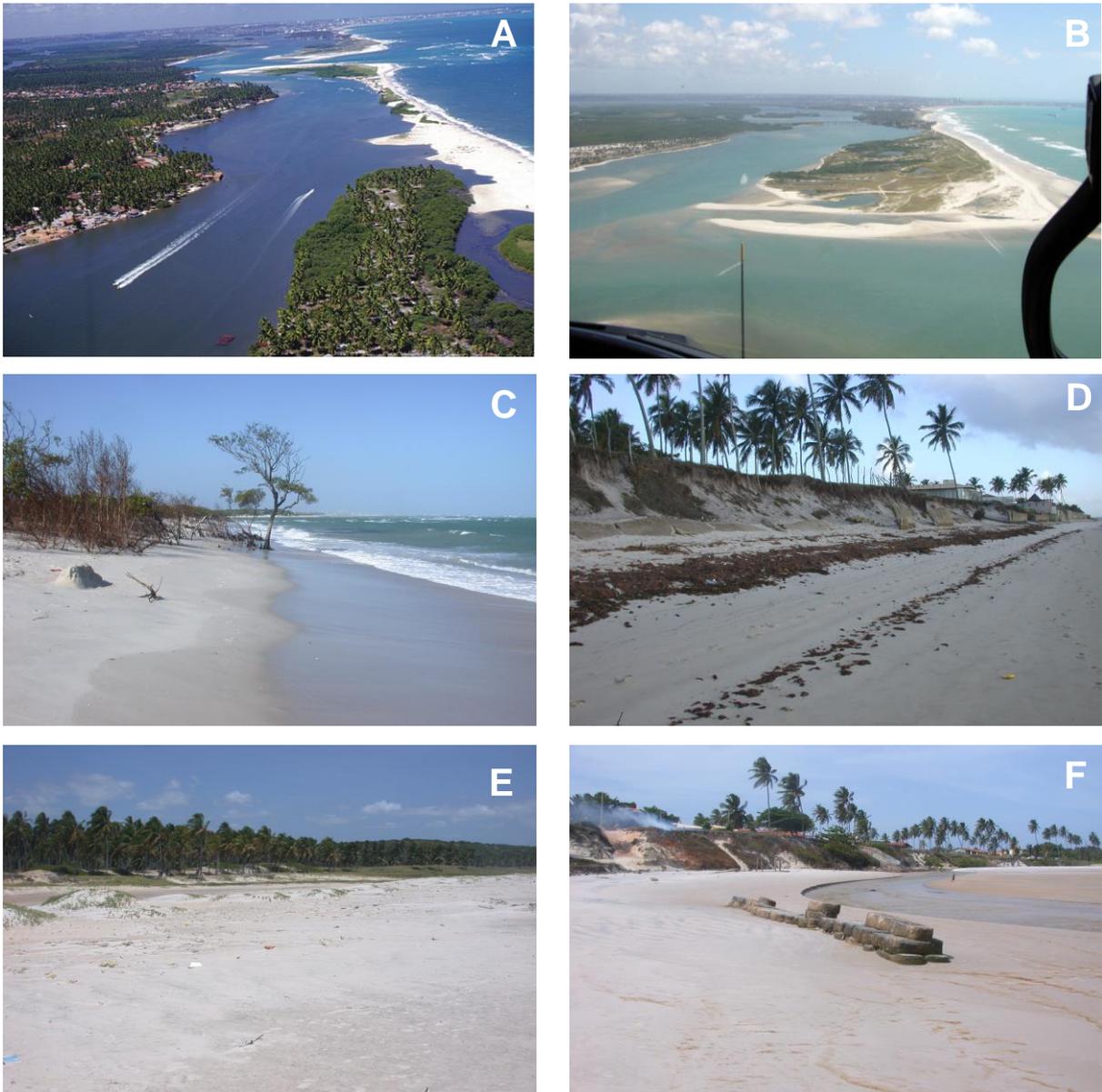


Figura 45 - Trechos costeiros condicionados à alta variabilidade da linha de costa: A – Desembocadura do complexo lagunar Mundaú-Manguaba (Foto L.E. Vaz); B – Escarpa de erosão na praia do Saco da Pedra (Vera B.R.); E – Na barra do rio Poxim é possível ver vários indicadores de variações na linha de costa representados por escarpas erosivas atrás de terraços arenosos recentes; F – Escarpa erosiva na Lagoa do Pau (ver figura 61 para localização).

Trechos em equilíbrio são encontrados entre o Porto de Maceió e a praia do Trapiche, e entre a praia do Francês e a Barra de São Miguel (Fig. 42).

Trecho em que a linha de costa apresentou progradação foram encontrados na praia do Trapiche (Fig. 42), como resultado de uma zona de sombra de onda na retaguarda do Porto da Brasken (Fig. 46 A); entre as praias do Gunga e da Lagoa Doce e, entre as praias da Pituba e

da Lagoa do Pau (Fig. 42), onde um extenso terraço arenoso bordeja uma antiga linha de costa, onde observa-se na atualidade coqueiros (Fig. 46 B).

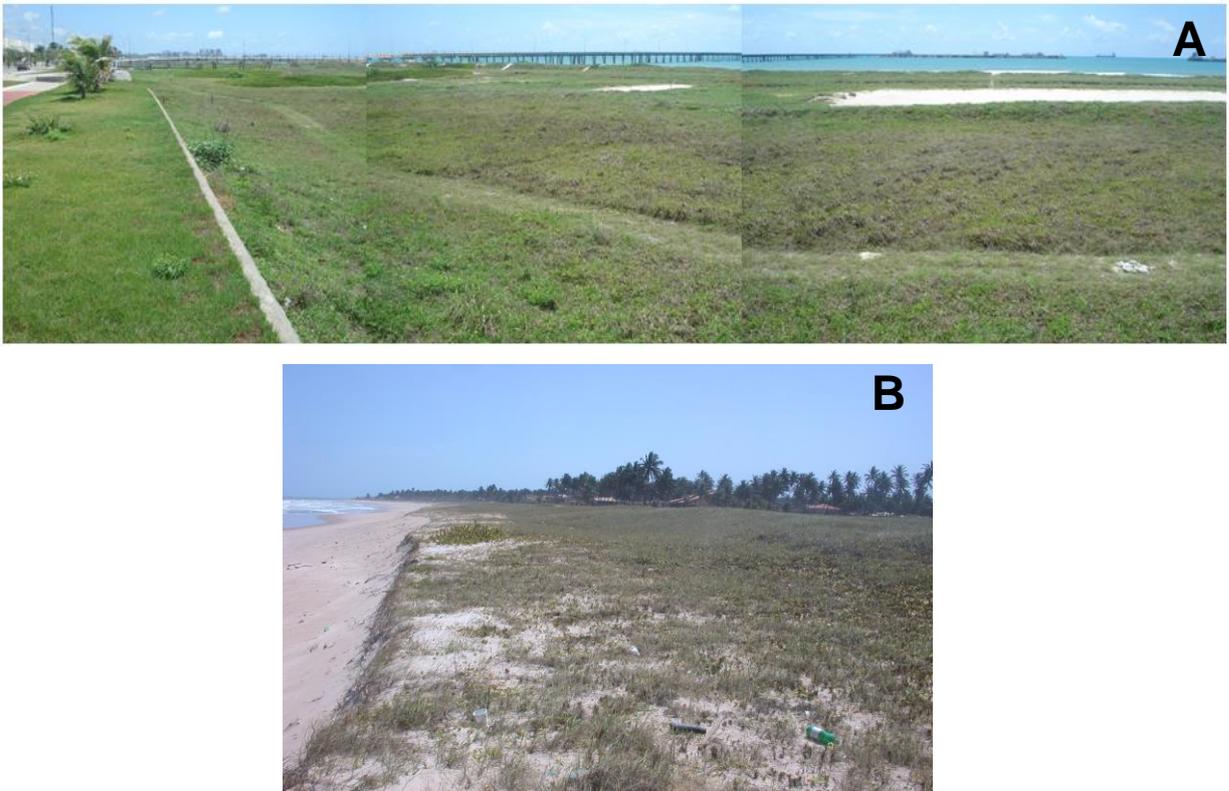


Figura 46 - Trechos costeiros condicionados à progradação da linha de costa. A – Visão panorâmica da área em progradação na retaguarda do porto da Brasken na praia do Trapiche; B – Progradação da linha de costa nas proximidades da localidade da Lagoa do Pau (ver figura 61 para localização).

### 6.2.3. Comportamento da Linha de Costa no Setor Costeiro III

O setor costeiro III (Fig. 47) apresentou-se como aquele com o maior índice de linha de costa em progradação, totalizando mais de 33 km nesta situação, correspondendo a 55% do seu total. Esta situação é encontrada em dois trechos com baixas taxas de ocupação da linha de costa. O primeiro trecho localiza-se entre Miaí de Baixo e Flexeiras, com ocupação urbana da linha de costa encontrada apenas nas localidades de Miaí de Cima e Miaí de Baixo (Fig. 47). O segundo trecho em progradação é encontrado imediatamente a sul do Pontal do Pebas estendendo-se até a proximidade da foz do rio São Francisco (Fig. 47). Neste trecho a linha de costa é totalmente deserta. A figura 48 A mostra a progradação da linha de costa em Miaí de Baixo, onde observa-se um terraço arenoso colonizado por vegetação herbácea. Outro exemplo de progradação da linha de costa neste trecho pode ser visto na figura 48 B, onde novamente se observa a vegetação herbácea, embora menos densa que na figura anterior, colonizando o terraço arenoso. Observa-se ainda nesta figura, dunas frontais. A figura 48 C mostra um campo de dunas na praia do Pebas.

Neste setor, 37% do seu total apresentou-se em condições de alta variabilidade da linha de costa (Fig. 47). Os trechos em que a linha de costa apresenta estas características podem ser observadas nas imediações da foz do rio Coruripe (Fig. 47 e 48 D), onde mangues mortos sobre a linha de costa e o rompimento de uma barra arenosa indicam esta condição. A figura 48 E mostra imóveis na linha de costa na localidade de Miaí de Cima. Outro trecho com alta variabilidade da linha de costa localiza-se nas vizinhanças da foz do rio São Francisco, que corroboram com aqueles apresentados por Bittencourt *et al.* (2007 a). A figura 48 F mostra raízes de mangues mortos na face da praia nas proximidades da foz deste rio.

Trecho costeiro em equilíbrio pouca ou nenhuma deposição correspondeu a 6% do setor III e é encontrado na localidade do Pontal do Pebas (Figs. 47 e 48 G).

Um pequeno trecho de linha de costa sob erosão, totalizando apenas 2% do setor III, é encontrado na localidade do Pontal do Coruripe (Figs. 47 e 48 H).



Figura 47 - Comportamento da linha de costa a médio prazo no setor costeiro III.



Figura 48 – Comportamento da linha de costa para o setor costeiro III: A – Progradação da linha de costa em Miaí de Baixo; B – Progradação da linha de costa na praia do Toco; C – Progradação da linha de costa na praia do Pebá; D – Trecho exibindo alta variabilidade da linha de costa nas proximidades da foz do rio Coruripe; E – Exemplo de alta variabilidade da linha de costa nas proximidades da foz do rio São Francisco; G – Linha de costa em equilíbrio no Pontal do Pebá; H – Linha de costa em erosão no Pontal do Coruripe (ver figura 66 para localização).

## **7. RESSACAS MARÍTIMAS**

As mais importantes variações temporais nos níveis de energia da ação de ondas de gravidade no ambiente litorâneo estão relacionadas aos efeitos das tempestades e das variações sazonais no clima de ondas (Owens, 1977).

As diferenças meteorológicas sazonais podem controlar as variações nos processos costeiros em ambientes dominados pela ação de ondas geradas localmente (Owen, 1977).

### **7.1. Principais Padrões de Circulação Atmosférica**

Os fenômenos naturais não podem ser compreendidos se considerados de forma isolada. Os agentes oceanográficos e meteorológicos, importantes condicionantes das modificações na morfologia da linha de costa, são uma resposta direta às condições atmosféricas dominantes em determinado período de tempo.

Os principais sistemas de circulação atmosférica responsáveis pelas condições climáticas na região leste do Nordeste do Brasil, são: (a) o “sistema de circulação normal”, caracterizado pela atuação das massas de ar, que obedece a uma sazonalidade durante a sucessão das estações; e, (b) o “sistema de circulação secundária”, responsável pelo aparecimento de perturbações atmosféricas, que afetam diretamente a área em estudo, sendo responsável pelas instabilidades do tempo nesta região (Nimer, 1989).

No decorrer do ano, nas regiões litorâneas tropicais do Brasil sopram, preferencialmente, ventos do quadrante E oriundos da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A intensa radiação solar nestas regiões favorece a evaporação do oceano, caracterizando a ASAS como uma célula muito úmida. No litoral brasileiro, o aquecimento do continente, a corrente do Brasil e a encosta do planalto, produzem no ar superficial um ligeiro movimento ascendente elevando a inversão térmica. Tal fenômeno é responsável por uma forte absorção de umidade promovida pelo oceano, tornando esta região mais sujeita a instabilidades.

Apesar da inversão térmica superior se encontrar mais elevada no setor ocidental da ASAS, o domínio deste anticiclone mantém a estabilidade do tempo. Entretanto, esta

estabilidade cessa com a influência de correntes de circulação perturbada, que são responsáveis pelas instabilidades e chuvas na região Nordeste do Brasil (Nimer, 1989).

### *7.1.1. Sistemas Frontais*

Os sistemas frontais são caracterizados por uma frente quente e uma frente fria associadas a um centro de baixa pressão sobre a superfície. Ao deslocar-se sobre o continente, observa-se uma diminuição da pressão atmosférica e um aumento da temperatura nas áreas à frente do sistema frontal. Após a passagem da frente fria há um aumento da pressão atmosférica e a temperatura diminui em função da penetração do ar frio do centro de alta pressão localizado na retaguarda da frente fria (Holton, 2004).

No Brasil, a frente fria avança de sul para norte, em função das discontinuidades oriundas do choque entre os ventos da massa polar e da massa tropical, alcançando a latitude de 13°S, em resposta ao forte gradiente equador-pólo, com intensidade decrescente de sul para norte, sendo responsável pelo aumento na precipitação ao longo da costa leste do Nordeste do Brasil durante o outono e o inverno (Kousky, 1979; Nimer, 1989)

### *7.1.2. Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOLs)*

Os distúrbios ondulatórios de leste (DOLs) são fenômenos de perturbação que ocorrem no interior da ASAS sobre a forma de pseudo-frentes, onde desaparece a inversão térmica superior, permitindo a mistura de ar das duas camadas horizontais dos alísios (Nimer, 1989). Este fenômeno influencia diretamente a precipitação na região Nordeste do Brasil, e caracteriza-se por aglomerados de nuvens deslocando-se de leste para oeste atingindo o litoral desta região, resultando assim, no aumento da pluviosidade. Constituem-se em aglomerados de nuvens baixas estratiformes e nuvens convectivas profundas, justapostas por nuvens cirrus.

Este tipo de distúrbio é o mais comum do regime dos ventos alísios, sendo mais freqüente no lado equatorial do cinturão subtropical e mais intenso na média troposfera. Este distúrbio se desloca pelo Oceano Atlântico até atingir o litoral do Nordeste Brasileiro (Hastenrath, 1988).

Os ventos alísios apresentam duas características marcantes: persistência e intensidade. Essas características indicam que, em grande escala, o escoamento médio em baixos níveis explica grande parte do campo de vento observado num dado instante. Existem, no entanto, desvios em relação à média, os quais representam os sistemas sinóticos da região tropical. Esses sistemas modificam as condições do tempo ao longo de sua trajetória. A sua principal fonte de energia parece ser a liberação de calor latente através de processos de convecção profunda, visto que os gradientes meridionais de temperatura são pequenos quando comparados com as latitudes médias (Mota, 1997). Os DOLs ocasionam perturbações nos campos de vento e de pressão e apresentam um deslocamento característico de leste para oeste, no mesmo sentido dos ventos alísios.

Estes distúrbios originam-se no norte da África, e propagam-se em direção a oeste alcançando intensidade máxima nos meses de agosto e setembro. Próximo ao continente africano, antes de se tornarem ciclones tropicais, produzem pistas sobre o oceano com ventos intensos, tornando a superfície do mar bastante agitada por ondas de gravidade (Avila & Pash, 1992). Durante os meses de julho, agosto e setembro os ventos de superfície de leste intensificam-se na região onde ocorrem os distúrbios, isto é, ao longo do cinturão definido pelas latitudes 5°N e 20°N. Casos extremos com ventos acima de 18 m/s e ondas com altura significativa acima de 4 m ao longo do cinturão foram identificados (Innocentini *et al.*, 2005).

### *7.1.3. Sistemas Meteorológicos de Mesoescala (Brisa Marítima) e de Escala Sinótica (Ventos Alísios)*

A costa leste do Nordeste do Brasil está inserida no campo dos ventos alísios, produzidos por configurações da circulação geral da atmosfera (ramo superficial da célula de Hadley-Walker) e são intensificados ou enfraquecidos por circulações locais de mesoescala, como as brisas (Bernardo & Molion, 2000). Os ventos alísios são oriundos da ASAS, caracterizados pela massa de ar tropical marítima, sendo estes constantemente reforçados pela entrada das massas de ar de origem polar transformadas dos anticiclones extratropicais que se deslocam no sentido sul-norte (Fedorova, 1999).

O período chuvoso na costa leste do Nordeste do Brasil ocorre entre os meses de abril a junho, associado ao sistema de vento local e aos vestígios de sistemas frontais (Kousky,

1979). Entretanto, o volume das precipitações nesta região também está condicionado aos ventos alísios de sudeste, modulados pela ASAS (Rao *et al.*, 1993).

A brisa é um fenômeno local, ocorrendo em regiões costeiras devido à maior capacidade térmica do oceano em relação ao continente. Consequentemente, durante o dia o continente é mais rapidamente aquecido do que o oceano, resultando em uma menor pressão atmosférica em superfície sobre o continente, dessa forma, surge um gradiente horizontal de pressão, responsável pelo deslocamento do vento do oceano em direção ao continente, caracterizando a brisa marítima. À noite, esta situação é invertida, pois o continente se resfria mais rapidamente do que o oceano, e o vento muda gradualmente de direção, atuando agora do continente em direção ao oceano, caracterizando assim, a brisa terrestre.

As brisas marítimas e terrestres atuam no litoral do Nordeste ao longo de todo o ano, entretanto são mais constantes nos meses de outono e inverno (Kousky, 1980). A brisa marítima pode se estender por aproximadamente 100 km continente a dentro. Entretanto, por efeito dos ventos alísios, esta extensão pode ser amplificada. Desta forma, o efeito dos alísios de sudeste pode alterar a circulação típica da brisa marítima, ampliando sua velocidade e penetração no continente (Kousky, 1982).

#### *7.1.4. A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)*

Formam-se sobre os oceanos em torno de 30° de latitude nos dois hemisférios, sendo conhecidas como sistemas de tempo bom e centros de alta pressão (Fedorova, 2009).

Durante o inverno os centros de alta pressão migram em direção ao continente pelo seu maior resfriamento em relação ao oceano. No verão, com o aumento da temperatura sobre o continente, há um gradiente térmico entre este e o oceano e consequentemente os centros de alta pressão afastam-se mais dos continentes (Vianello & Alves, 1991).

## **7.2. Marés Meteorológicas (Ressacas Marítimas)**

As marés meteorológicas são definidas como a diferença de nível entre a maré astronômica prevista e a maré observada (Pore, 1963). A origem das marés meteorológicas

está relacionada às variações de pressão atmosférica e à troca de *momentum* entre a atmosfera e o oceano (Pugh, 1987). O tempo em que o vento sopra sobre a superfície do oceano, assim como o tamanho da pista de vento (“*fetch*”), e a direção de incidência do vento em relação à costa podem implicar no empilhamento de água nas áreas costeiras, resultando em um excepcional nível da maré, que pode permanecer por algumas horas ou até dias, sendo mais pronunciadas quando coincidem com marés de sizígia (Bird, 2008). Associado a este fato, pode haver um concomitante aumento na altura das ondas na zona de surfe, levando à inundação de áreas não atingidas em condições de ondas normais (Benavente *et al.*, 2006; Caldwell *et al.*, 2009).

A resposta morfodinâmica da costa em relação a uma maré meteorológica pode variar de acordo com as diferentes características morfológicas da sua linha de costa. Assim, áreas costeiras baixas, com reduzido estoque sedimentar, podem sofrer grandes modificações em curtos períodos de tempo, sofrendo erosão severa (Bird, 2008).

No Brasil, observações sobre as marés meteorológicas indicam que as alterações na circulação atmosférica podem causar aumento do nível do mar na costa favorecendo a erosão costeira quando há intensificação de frentes frias, empilhamento da água contra a costa como resultado de ventos fortes que sopram do oceano para o continente, e coincidência da maré meteorológica com uma grande amplitude da maré de sizígia ou da maré equinocial. Marés excepcionais foram documentadas principalmente nas regiões Sudeste (Camargo & Harari, 1994; Cazzoli *et al.*, 2001) e Sul do Brasil (Marrone & Camargo, 1994; Serau & Calliari, 1997; Calliari *et al.*, 1998; Barletta & Calliari, 2002; 2003; Saraiva *et al.*, 2003; Calliari & Farias, 2003; Truccolo *et al.*, 2004). Estudos desenvolvidos sobre este tema na região Nordeste do Brasil resumem-se aos trabalhos de Medeiros (2005), Bittencourt *et al.* (2008 b) e Dutra (2008), atribuindo alguns fenômenos de erosão costeira às ressacas marítimas, que ocorrem em períodos de maré de sizígia e maré equinocial, ventos de sul e sudeste e queda dos valores de pressão atmosférica. Além disso, estes autores consideraram também como causa da erosão os focos de convergência de ondas.

### **7.3. Caracterização dos Cenários para os Eventos Erosivos**

Na tentativa de caracterizar os cenários genéricos dos eventos erosivos foram realizados os seguintes procedimentos:

- 1) Pesquisa diária via internet, na página do jornal “Gazeta de Alagoas” <<http://gazetaweb.globo.com/v2/gazetadealagoas/>>, e outros jornais locais, buscando informações (matérias e fotos) que mostrassem perdas e danos ocorridos ao longo do litoral desse Estado, no período compreendido entre janeiro de 2005 e outubro de 2010. Dessa forma, foi possível registrar a localidade e a data do evento, assim como caracterizar o tipo de dano sofrido;
- 2) Identificação do tipo de maré e da máxima altura da maré prevista no dia em que ocorreu o evento erosivo, com base na previsão de maré para o porto de Maceió, disponibilizada na internet, “Previsões de Marés” da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN), Centro de Hidrografia da Marinha (CHM), Banco Nacional de Dados Oceanográficos (CNDO), disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/index.htm>>;
- 3) Identificação da previsão da direção e altura da onda em profundidade de 40 m, através do Modelo Regional *Wave Watch – III* (modelo de previsão oceânica), desenvolvido pela NASA, *Goddard Space Flight Center* (Tolman, 1992), disponível em: <<http://ondas.cptec.inpe.br/>>;
- 4) Identificação da velocidade máxima do vento em metros por segundo para cada evento erosivo identificado na linha de costa de Alagoas entre o período de 2005 e 2010, adquirida de diferentes fontes: (a) Bóia (Buoy) (31709) – dados originados de uma bóia oceânica localizada defronte ao Estado de Alagoas nas coordenadas geográficas aproximadas de 10°S e 32°W, disponíveis para toda a série temporal estudada, com exceção do evento de setembro de 2010; (b) Synop (82994) – dados de estações de superfície coletados nos horários sinóticos, que são codificados e distribuídos para os órgãos de meteorologia, localizada no aeroporto de Maceió, nas coordenadas geográficas aproximadas de 09°S e 35°W, disponíveis para toda a série temporal estudada (c) dados de previsão representativos de ventos a 10 m da superfície originados do Modelo Regional *Wave Watch – III* (Tolman, 1992), disponível em: <<http://ondas.cptec.inpe.br/>>, disponíveis a partir de julho de 2007; (d) dados de direção dos ventos;

- 5) Análise de cartas sinóticas produzidas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - CPTEC (Centro de Previsão e Estudos Climáticos) - GPT (Grupo de Previsão de Tempo), buscando identificar a presença de sistemas de perturbação atmosférica sobre o litoral do Estado de Alagoas no dia em que ocorreu o evento erosivo, assim como nos dias anterior e posterior ao mesmo, quando disponíveis em: <<http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/>>;
- 6) Leitura da edição mensal do “Boletim Climanálise” para o mês e ano de ocorrência do evento erosivo, na tentativa de identificar os principais aspectos climáticos e sinóticos, assim como as perturbações atmosféricas ocorridas sobre a área de interesse desta pesquisa, disponíveis de janeiro de 2005 a dezembro de 2009, em: <http://www6.cptec.inpe.br/revclima/boletim/>.

#### **7.4. Eventos Erosivos**

No presente trabalho foram identificadas ocorrências de eventos erosivos em 12 diferentes localidades (Fig. 49). Devido às repetições ocorridas em algumas praias pôde-se contabilizar 46 ocorrências (Fig. 50). Foram também identificados 30 episódios de eventos erosivos, entre os anos de 2005 e 2010 (Tab. 3). A caracterização dos eventos foi baseada na descrição dos danos materiais verificados ao longo da costa de Alagoas, obtidas a partir de textos e/ou fotografias dos jornais “Gazeta de Alagoas”, “Alagoas em Tempo Real”, “Alagoas 24 Horas” e “Correio do Povo de Alagoas”. A utilização desse meio de comunicação possibilitou a obtenção da data em que ocorreram os eventos, a localização dos mesmos por praias, assim como o tipo de dano observado.

Os eventos erosivos ocorridos na costa de Alagoas, assim como as datas de ocorrência e o tipos de prejuízos podem ser observados na tabela 2.

Ao longo da série espaço-temporal estudada notou-se que as frequências de ocorrência dos eventos erosivos foram maiores nas praias de Barreiras do Boqueirão, com 8 ocorrências, seguida da praia da Barra Nova, com 7 ocorrências, das praia de Barra de Santo Antônio e do Sobral com 6 ocorrências cada, da praia de Maragogi com 4 ocorrências, das praias de Barra Grande, de Jatiúca e do Francês com 3 ocorrências cada. As demais praias apresentaram frequências de ocorrências iguais ou inferiores a 2 (Figs. 49 e 50).

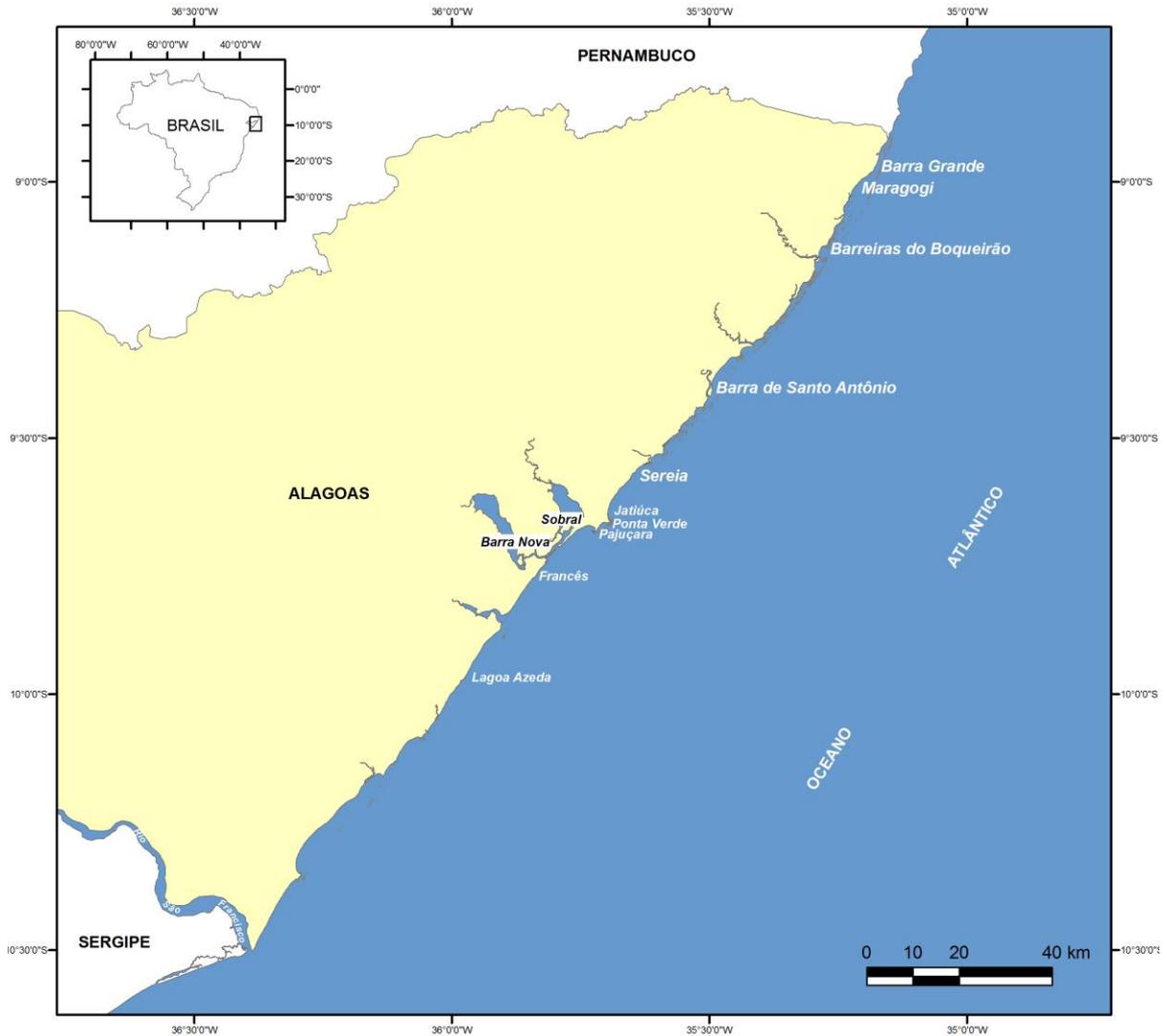


Figura 49 – Praias em que ocorreram eventos erosivos na costa do Estado de Alagoas durante o período compreendido entre os anos de 2005 e 2010.

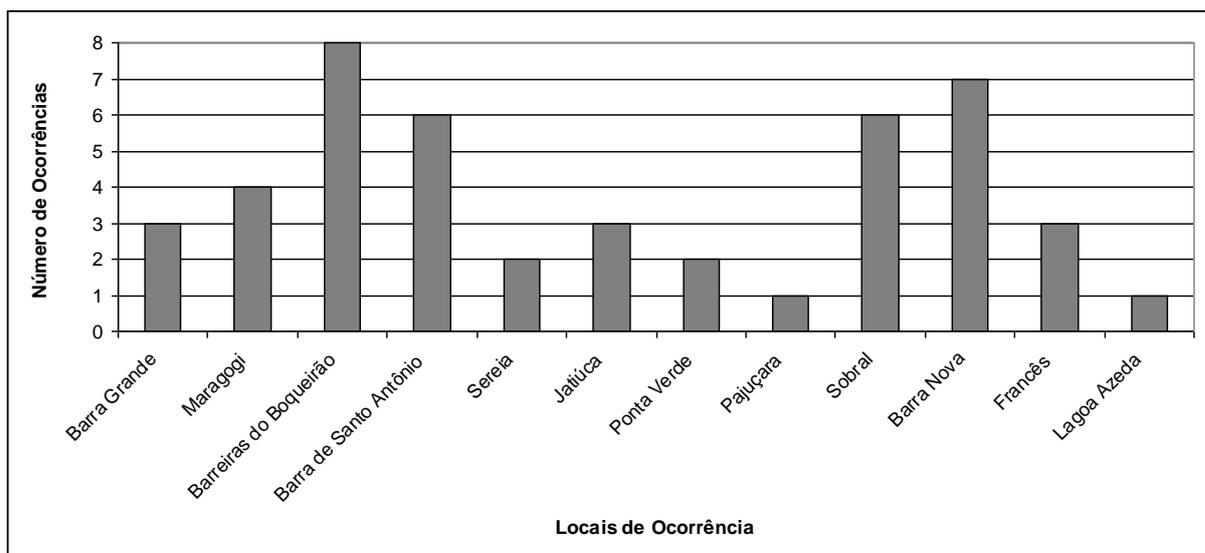


Figura 50 - Frequência de ocorrência de eventos erosivos localizados por praias na costa do Estado de Alagoas durante o período compreendido entre os anos de 2005 e 2010.

Tabela 3 - Eventos erosivos observados na costa de Alagoas com o tipo de dano observado.

Data da Matéria	Evento	Data do Evento	Localidades	Prejuízos
24 e 28/08/2005	1	21/08/2005	Ponta Verde; Jatiúca; Sobral	Destruição de partes dos muros de contenção em Ponta Verde, Jatiúca e Sobral, e da rede de esgoto
			Barreiras do Boqueirão	Destruição de cinco casas e da encosta da estrada
			Barra de Santo Antônio	Destruição de casas e de uma rua à beira-mar
28/08/2005	2	06/08/2005	Lagoa Azeda	Destruição de muro de contenção com a morte de uma criança de 4 anos
12/08/2006	3	11/08/2006	Barra Nova	Abertura de nova barra na Barra Nova
			Sobral	Destruição do alicerce e do calçadão que bordejam a linha de costa na Av. Assis Chateaubriand
15/08/2006	4	12/08/2006	Barreiras do Boqueirão	Destruição de uma casa
	5	13/08/2006	Barra Grande	Destruição de um bar
09/09/2006	6	08/09/2006	Barra de Santo Antônio	Destruição de vários barracos de pescadores
			Maragogi	Destruição de parte do calçamento da orla, bares e restaurante
			Barra Nova	Destruição de muros de contenção
21/03/2007	7	20/03/2007	Barra Nova	Destruição de muros de contenção
02/06/2007	8	01/06/2007	Barra Nova	Destruição de casas e de muros de contenção
01/08/2007	9	01/08/2007	Barra Nova	Queda de muros de arrimos; Destruição de barracas
16 e 17/08/2007	10	15/08/2007	Francês	Destruição de barracas de praia
	11	16/08/2007	Barreiras do Boqueirão	Destruição de muros de contenção
29/08/2007	12	28/08/2007	Barreiras do Boqueirão	Destruição de imóveis
18/09/2007	13	18/09/2007	Sobral	Destruição de mais de 1 km de ciclovia
27/09/2007	14	26/09/2007	Barreiras do Boqueirão	Destruição de muros de contenção e de postes de iluminação
02/07/2008	15	01/07/2008	Barreiras do Boqueirão	Destruição de muros de contenção
24/06/2008	16	23/06/2009	Barra de Santo Antônio	Destruição de casas
04/03/2010	17	02/03/2010	Barra Nova	Destruição de casas, de muros de contenção e de ruas
04/03/2010	18	03/03/2010	Barra Nova	Destruição de casas, de muros de contenção e de ruas
13/04/2010	19	13/04/2010	Pajuçara; Ponta Verde	Atingiu o calçadão das praias da Pajuçara e de Ponta Verde
16/06/2010	20	14/06/2010	Francês	Destruição de barracas de praia
16/06/2010	21	15/06/2010	Francês	Destruição de barracas de praia

(Continua)

(Continuação)

Tabela 3 - Eventos erosivos observados na costa de Alagoas com o tipo de dano observado.

13 e 15/07/2010	22	11/07/2010	Barra de Santo Antônio	Destruição de casas
	23	12/07/2010	Jatiúca	Danos a barraca de praia, derrubada de postes e coqueiros
12 e 15/08/2010	24	11/08/2010	Jatiúca	Destruição de calçadas e derrubada de coqueiros na Av. Álvaro Otacílio, na praia da Jatiúca
	25	12/08/2010	Maragogi; Barra Grande; Barreiras do Boqueirão; Barra de Santo Antônio	Destruição de casas, de bares e ruas
	26	13/08/2010	Maragogi; Barra Grande; Barreiras do Boqueirão; Barra de Santo Antônio	Destruição de casas, de bares e ruas
11, 13 e 15/09/2010	27	10/09/2010	Sereia; Sobral	Destruição de barracas de praia na Sereia; Destruição de calçada da orla da praia do Sobral
	28	11/09/2010	Sereia; Sobral	Destruição de barracas de praia na Sereia; Destruição de calçada da orla da praia do Sobral
	29	12/09/2010	Sobral	Destruição de calçada da orla da praia do Sobral
	30	14/09/2010	Maragogi	Destruição das estruturas de proteção da linha de costa

### 7.5. Caráter Sazonal

A frequência de ocorrência dos eventos erosivos distribuída ao longo dos meses do ano pode ser vista na figura 51. Os meses de agosto e setembro apresentaram as maiores frequências de ocorrência, com 12 e 7 dias, respectivamente, seguidos dos meses de junho com 4 dias de ocorrência e de março e julho, com 3 dias de ocorrências cada e, por fim, o mês de abril que apresentou apenas 1 dia de ocorrência ao longo do período estudado.

É notável que estes eventos se concentraram principalmente nos meses das estações de inverno e de outono, demonstrando uma clara influência sazonal. Os meses de inverno, com 73% de ocorrência, seguido dos meses de outono, com 14% de ocorrência. Os meses de verão apresentaram ocorrência em 10% dos casos, assim como os meses de primavera com apenas 3% dos casos. Agosto correspondeu ao mês com maior quantidade de eventos registrados, totalizando cerca de 40% dos eventos, seguido do mês de setembro com 24%, junho com 13%, julho e março com 10%, cada, enquanto abril correspondeu a apenas 3% dos eventos.

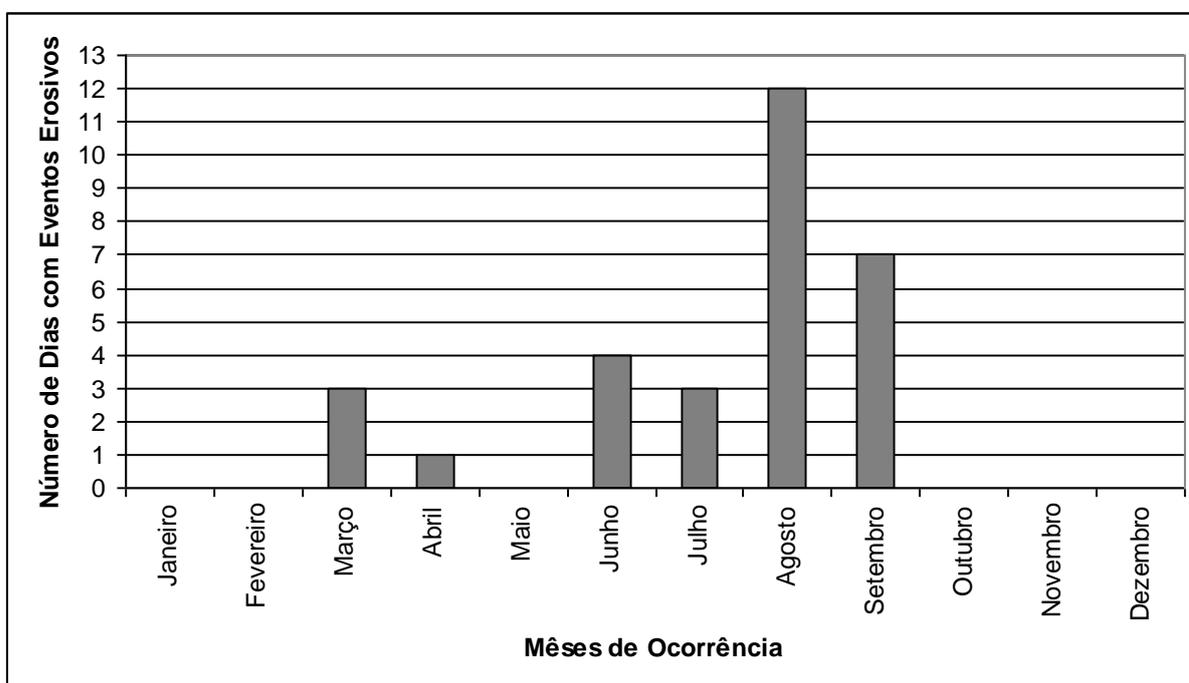


Figura 51 - Distribuição mensal de ocorrência de eventos erosivos na costa do Estado de Alagoas durante o período compreendido entre 2005 e 2010.

## 7.6. Condições de Maré

A figura 52 mostra a variação das máximas alturas de maré previstas para cada dia dos eventos erosivos comparadas com a média das máximas marés de sizígia previstas para o porto de Maceió. Os eventos erosivos ocorreram em 93% dos casos em dias de máxima maré prevista, sempre acima da média anual das marés de sizígia, que para o caso do porto de Maceió é de aproximadamente 2 m (Fig. 52).

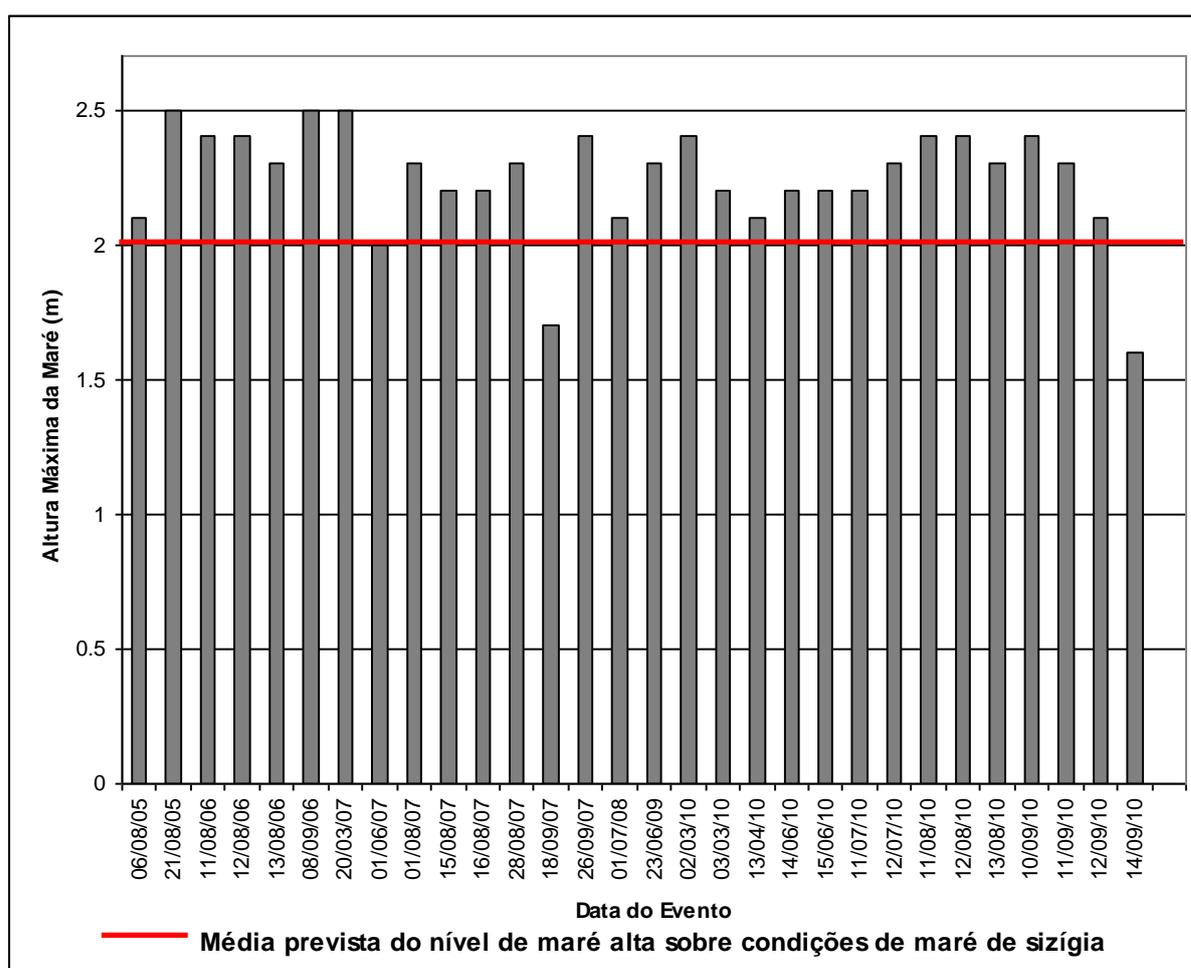


Figura 52 - Nível máximo previsto da maré alta durante cada evento erosivo registrado na linha de costa do Estado de Alagoas entre o período de 2005 e 2010. A linha em vermelho representa o nível médio da maré alta prevista para as marés de sizígia.

## 7.7. Direção e Velocidade do Vento

A Escala de Beaufort é um sistema que é útil estimar a velocidade do vento. É baseado na força ou número de Beaufort, o qual é composto pelo grau ou pela velocidade do vento, por uma designação ou um termo descritivo, e pelos efeitos visíveis sobre as superfícies do continente ou do oceano (Tab. 4).

Tabela 4 - Escala de Beaufort com a força do vento, a designação a ela atribuída, a velocidade correspondente em metros por segundo e seus efeitos sobre a superfície do oceano.

<b>Grau</b>	<b>Designação</b>	<b>Velocidade em (m/s)</b>	<b>Efeitos no Mar</b>
0	Calmaria	< 1	Espelhado
1	Bafagem	1 a 2	Pequenas rugas na superfície do mar
2	Aragem	2 a 3	Ligeira ondulação, sem rebentação
3	Fraco	4 a 5	Ondulação até 60 cm, com alguns <i>carneiros</i>
4	Moderado	6 a 8	Ondulação até 1.5 m, com <i>carneiros</i> frequentes
5	Fresco	9 a 11	Ondulação até 2,5 m, com muitos <i>carneiros</i>
6	Muito Fresco	11 a 14	Ondas grandes até 3.5 m, borrifos
7	Forte	14 a 17	Mar revolto até 4.5 m, com espuma e borrifos
8	Muito Forte	17 a 21	Mar revolto até 7.5 m, com rebentação e faixas de espuma
9	Duro	21 a 24	Mar revolto até 9 m; borrifos afetam a visibilidade
10	Muito Duro	25 a 28	Mar revolto até 12 m; superfície do mar branca
11	Tempestade	29 a 32	Mar revolto até 14 m; pequenos navios sobem nas vagas
12	Furacão	> 33	Mar todo de espuma; visibilidade nula

De acordo com dados de reanálises (ERA-40/ECMWF), o trimestre de junho-julho-agosto apresenta as maiores velocidades médias de ventos, frontais à costa de Alagoas alcançando até 8 m/s (Fig. 53) (Källberg *et al.*, 2005).

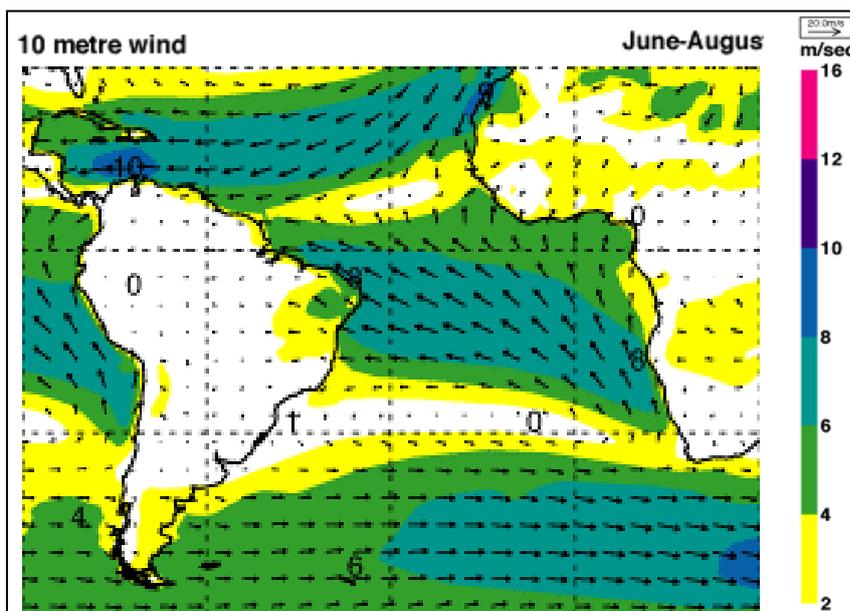


Figura 53 - Média para o trimestre junho-julho-agosto da direção e velocidade dos ventos (m/s), com as isolinhas (Dados ECMWF/ ERA-40, modificado de Kållberg et al. (2005).

A velocidade média anual dos ventos para a cidade de Maceió é de 2,8 m/s (INMET, 2006).

A figura 54 mostra que a velocidade máxima dos ventos direcionados a costa de Alagoas durante os eventos erosivos (ver também a tabela 5) variaram, nas três fontes aqui analisadas, entre 1 e 11 m/s, correspondendo, na escala de Beaufort, respectivamente, aos tipos bafagem e vento fresco (Tab. 4). As maiores velocidades foram registradas nos dados da bóia oceânica, que variaram entre os valores de 4 e 11 m/s. Os dados de previsão do Modelo Regional *Wave Watch-III*, com disponibilidade a partir de março de 2007, também mostraram velocidades máximas do vento variando entre 4 e 11 m/s. Estes dados, apesar de serem de previsão, e estarem disponíveis apenas para uma parte da série temporal aqui analisada, demonstraram certa concordância em relação aos dados anteriormente descritos, com diferença máxima de 4 pontos para o evento ocorrido em 03/03/2010. Os demais variaram entre 3 e 1 pontos, ou foram concordantes, como por exemplo, em quatro situações, como nos eventos de 26/09/2007, de 11/08/2010 e, de 10 e 11/09/2010. Tais diferenças podem estar diretamente relacionadas à forma de geração e aquisição desses dados, visto que os dados da bóia são registrados e os do modelo são previstos. Com relação aos dados de *Synop*, estes apresentaram valores inferiores aos anteriormente descritos, com velocidade variando entre 1 e 10 m/s. É possível que este fato esteja relacionado à limitação dos horários de coleta, sempre às 12:00 ou às 15:00 h; além disso, esta é uma estação localizada no continente, a cerca de 20 km da linha de costa, que pode assim sofrer diversas influências no nível do solo,

como por exemplo, o bloqueio, o desvio e a canalização do vento pelos contornos topográficos podem produzir perturbações que influenciam a circulação local do vento (Oke, 1987).

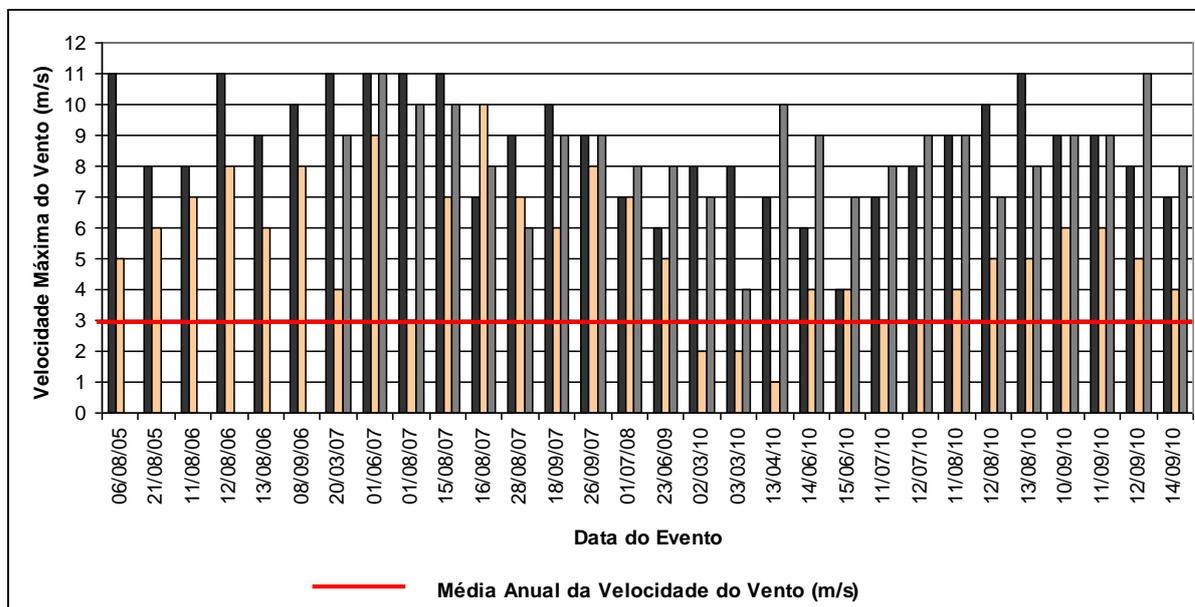


Figura 54 - Velocidade máxima dos ventos direcionados à costa do Estado de Alagoas, em metros por segundo, para cada um dos dias de evento erosivo identificado na linha de costa de Alagoas entre o período de 2005 e 2010. As barras em cinza escuro representam dados registrados (Bóia - 31709); As barras em salmão representam dados registrados (*Synop* - 82994); As barras em cinza claro representam dados de previsão do *Modelo Wave Watch-III*.

Os dados de direção predominante do vento indicam que os mesmos estiveram sempre variando entre o quadrante E e o octante SE para todas as situações registradas pela bóia oceânica, pelo modelo *Wave Watch-III*. Os dados do *Synop* mostraram as maiores variações na direção do vento, com muitas ocorrências de ventos do quadrante S e até mesmo do quadrante W (Tab. 5).

Tabela 5 - Direção do vento para as datas dos eventos erosivos. Os dados são originados dos registros do Synop – aeroporto de Maceió; da bóia oceânica; do Modelo Regional *Wave Watch-III*.

<b>Data dos Eventos</b>	<b>Synop</b>	<b>Buoy</b>	<b>Wave Watch-III</b>
06/08/05	SE	SE	----
21/08/05	SE	SE	----
11/08/06	ESE	SE	----
12/08/06	SSE	ESE	----
13/08/06	SSE	ESE	----
08/09/06	SE	ESE	----
20/03/07	E	SE	SE
01/06/07	SE	SE	SE
01/08/07	WSW	SE	E
15/08/07	SSE	SE	SE
16/08/07	SSE	E	SE
28/08/07	ESE	SE	SE
18/09/07	S	SE	SE
26/09/07	S	SE	E
01/07/08	SSE	SE	SE
23/06/09	E	E	E
02/03/10	E	ESE	E
03/03/10	E	SE	SE
13/04/10	WSW	ESE	SE
14/06/10	S	SE	SE
15/06/10	S	SE	SE
11/07/10	SSE	SE	E
12/07/10	ESE	E	SE
11/08/10	S	SE	SE
12/08/10	SE	SE	SE
13/08/10	ESE	SE	SE
10/09/10	S	SE	SE
11/09/10	SSE	SE	SE
12/09/10	ESE	SE	SE
14/09/10	SSE	SE	SE

## 7.8. Condições Oceanográficas

A tabela 6 mostra as condições oceanográficas registradas e previstas para os dias em que ocorreram os eventos erosivos na costa alagoana. As alturas máximas das ondas no oceano variaram entre 1,2 e 3,7 m. A direção da onda foi predominantemente de SE, com algumas ocorrências de direções de S e E. O período da onda oceânica variou entre 7 e 10 s.

Tabela 6 - Condições oceanográficas para a costa de Alagoas durante os eventos erosivos. Altura máxima da onda oceânica em metros (H), prevista pelo Modelo *Wave Watch-III*; direção da onda prevista pelo Modelo *Wave Watch-III* e período aproximado da onda (T) em segundos prevista pelo Modelo *Wave Watch-III*.

<b>Data do Evento</b>	<b>(H) Máxima da Onda Oceânica (m)</b>	<b>Direção do Swell</b>	<b>(T) Aproximado da Onda (s)</b>
06/08/2005	----	----	----
21/08/2005	----	----	----
11/08/2006	----	----	----
12/08/2006	----	----	----
13/08/2006	----	----	----
08/09/2006	----	----	----
20/03/2007	2,5	SE	7
01/06/2007	3	SE	9
01/08/2007	2,8	SE	8
15/08/2007	3,5	SE	8
16/08/2007	3,5	SE	8
28/08/2007	1,9	SE	6
18/09/2007	1,5	SE	8
26/09/2007	2	SE	7
02/07/2008	3	SE	8
23/06/2009	2,2	SE	7
02/03/2010	1,3	SE	8
03/03/2010	1,2	SE	8
13/04/2010	2	S	9
14/06/2010	3,7	S	10
15/06/2010	3,5	S	9
11/07/2010	2,9	SE	8
12/07/2010	2,8	E	8
11/08/2010	2,3	SE	7
12/08/2010	2,4	SE	7
13/08/2010	2,9	SE	8
10/09/2010	2,6	SE	10
11/09/2010	2,9	SE	8
12/09/2010	3	SE	8
14/09/2010	2,8	SE	7

## 7.9. Condições Ambientais Referentes a Cada Evento Erosivo

### 7.9.1. Eventos de Agosto de 2005 (ver a figura 49 para localização)

Os eventos erosivos foram documentados pelo jornal “Gazeta de Alagoas”, na edição do dia 28 de agosto de 2005. No dia 06/08/05, na localidade da Lagoa Azeda, município de Jequiá da Praia, um muro de contenção que bordejava a linha de costa caiu sobre uma criança de 4 anos de idade, causando a morte da mesma. Outro evento foi documentado nesta mesma edição, ocorrido no dia 21/08/05. Nesse dia, na localidade de Barra de Santo Antônio, foram destruídas algumas casas e uma rua (Fig. 55), e na praia de Barreiras do Boqueirão, município de Japaratinga, foram parcialmente destruídas cinco casas e parte do muro de contenção construído no sopé da falésia aí existente. A edição do jornal “Gazeta de Alagoas” de 24/08/05 menciona também a ocorrência de eventos erosivos no dia 21/08/05 em três locais da capital Maceió, nas praias de Jatiúca, da Ponta Verde, onde foram registradas destruições dos muros de contenção que bordejavam a linha de costa dessas praias e, na praia do Sobral, onde também foi destruído o muro e parte da rede de esgoto, trazendo transtornos à população.



Figura 55 - Construção destruída em Barra de Santo Antônio (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 28/08/2005).

Os dados meteorológicos referentes a esses eventos são escassos, entretanto, de acordo com os dados da bóia oceânica, os ventos atingiram velocidades máximas de 11 m/s para o evento ocorrido no dia 06/08/2005 e de 8 m/s para o evento ocorrido no dia 21/08/2005, enquanto que os dados do aeroporto de Maceió apresentaram ventos com velocidades de 5 e 6 m/s, para o primeiro e o segundo dia do evento (Fig. 54). Ainda, de acordo com estas duas fontes de dados, os ventos foram de SE em ambos os dias (Tab. 5). As alturas máximas das marés para o porto de Maceió foram de 2,1 e de 2,5 m para os eventos ocorridos no dia 06/08/2005 e 21/08/2005, respectivamente (Fig. 52). A tabela 6 mostra que a direção prevista das ondas durante esses eventos foi de SE.

A análise do Boletim Climanálise de agosto de 2005 (Climanálise, 2005), mostrou que houve uma intensificação dos ventos alísios de SE, oriundos da ASAS, o que proporcionou o aumento da nebulosidade estratiforme e ocorrência de chuvas acima da média histórica entre os Estados da Paraíba e de Sergipe, principalmente entre os dias 17 e 24/08/2005, portanto, referente apenas ao segundo evento.

#### 7.9.2. *Eventos de Agosto de 2006* (ver a figura 49 para localização)

Os eventos erosivos ocorridos nos dias 11, 12 e 13 de agosto de 2006 foram documentados pelo jornal “Gazeta de Alagoas” nas edições dos dias 12 e 15 de agosto do mesmo ano. No dia 11, o mar abriu uma nova barra na Prainha, em Barra Nova, destruindo barracas de praia. No mesmo dia, foram documentadas também a destruição do alicerce e do calçadão que bordejava a linha de costa na avenida Assis Chateaubriand, na praia do Sobral. Nos dias 12 e 13, na praia de Barreiras do Boqueirão, em Japaratinga (Fig. 56), foram destruídas casas e, na praia de Barra Grande, em Maragogi, foi destruído um bar à beira mar.



Figura 56 - Ondas fortes atingiram casas em Barreiras do Boqueirão, Japaratinga, trazendo prejuízos aos donos dos imóveis à beira-mar (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 21/08/2006).

Os dados meteorológicos da bóia oceânica referentes a estes casos mostraram que os ventos atingiram velocidades máximas de 8, 11 e 9 m/s para os eventos ocorridos nos dias 11, 12 e 13, respectivamente. Da mesma forma, os dados do aeroporto de Maceió mostram velocidades de 7, 8 e 6 s, respectivamente (Fig. 54), com direções variando entre SE e ESE (Tab. 5). As alturas máximas das marés para o porto de Maceió foram de 2,4 m para os dois primeiros dias e de 2,3 m para o último dia (Fig. 52). A tabela 6 mostra que a direção prevista das ondas durante esses eventos foi de SE.

De acordo com o Climanálise (2006 a), as chuvas mais significativas na costa leste do Nordeste do Brasil ocorreram entre os dias 08 e 14 de agosto, associadas, principalmente, ao desenvolvimento de nuvens estratiformes decorrentes do efeito de brisa e da intensificação dos ventos alísios de SE neste período do ano, período coincide com aquele em que ocorreram os eventos erosivos.

### 7.9.3. Evento de Setembro de 2006 (ver figura 49 para localização)

O evento erosivo foi documentado pelo jornal “Gazeta de Alagoas” na edição do dia 09 de setembro de 2006, ocorrido no dia anterior a esta edição, nas localidades de Maragogi,

Barra de Santo Antônio e Barra Nova. De acordo com esta matéria, ondas de até 3 m de altura provocaram muitos estragos nestas localidades. Em Maragogi, foram destruídos parte do calçamento da rua, além de restaurantes e pousadas à beira-mar. Na Barra de Santo Antônio foram destruídas casas de pescadores, em locais nunca antes atingidos. Barra Nova também sofreu estragos, entretanto, os prejuízos não foram descritos para esta localidade.

Os dados meteorológicos da bóia oceânica referentes a este evento mostraram que os ventos atingiram velocidades máximas de 10 m/s, enquanto os dados do aeroporto de Maceió apresentaram velocidade de 8 m/s (Fig. 54), com direções variando entre SE e ESE (Tab. 5). A maré atingiu altura máxima de 2,5 m no porto de Maceió neste dia (Fig. 52).

Esse evento ocorreu numa situação em que o Nordeste Oriental foi afetado pelo aumento da convergência de umidade na costa decorrente do escoamento anticiclônico sobre o Oceano Atlântico, causando a atuação intensa dos ventos alísios de SE durante quase todo o mês e de cavados em altos e médios níveis da atmosfera (Climanálise, 2006 b). Ainda, segundo este Boletim, entre 07 e 09 de setembro as ondas atingiram até 3 m de altura (provenientes de SE, tabela 6) entre o litoral norte de Alagoas e de Salvador, causando prejuízos à população, coincidindo com a data do evento erosivo. De fato, Dutra (2008) e Bittencourt *et al.* (2008 b) identificaram um fenômeno erosivo ocorrido na costa de Salvador entre os dias 07, 08 e 09 de setembro de 2006, tendo este evento sido responsável por danos ao calçamento e à ciclovia em duas praias desta cidade. De acordo com esta autora, no decorrer deste evento, uma frente fria avançou pelo litoral do Estado da Bahia, resultando na formação de zonas de alta pressão e cavados paralelos à costa leste do Nordeste do Brasil.

#### 7.9.4. Evento de Março de 2007 (ver a figura 49 para localização)

Na edição do dia 21 de março de 2007 do jornal “Gazeta de Alagoas” foi documentado um evento erosivo que ocorreu no dia 20 na localidade de Barra Nova, município de Marechal Deodoro. Este evento causou destruição de alguns muros de contenção dispostos à frente de algumas casas nesta localidade.

Os dados meteorológicos da bóia oceânica referentes a este evento mostraram que os ventos atingiram velocidades máximas de 11 m/s, e período de 9 s no modelo de previsão

oceânica, enquanto os dados do aeroporto de Maceió apresentaram velocidade de 4 m/s (Fig. 54), com direções variando entre SE, na bóia oceânica e no modelo e, de E, para os dados do aeroporto de Maceió (Tab. 5). As ondas apresentaram altura máxima de 2,5 m, direção SE, e período de 7 s no modelo de previsão oceânica (Tab. 6). A maré atingiu altura máxima de 2,5 m no porto de Maceió neste dia (Fig. 52).

Para este evento não foi identificado a presença de nenhum fenômeno de perturbação atmosférica atuando de forma significativa sobre a costa leste do Nordeste do Brasil, nas proximidades do Estado de Alagoas (Climanálise, 2007 a).

#### 7.9.5. Evento de Junho de 2007 (ver a figura 49 para localização)

Na edição do dia 02 de junho de 2007 do jornal “Gazeta de Alagoas” foi documentado um evento erosivo ocorrido no dia 01/06/07, na localidade de Barra Nova, município de Marechal Deodoro. Este evento causou destruição de algumas casas e de muros de contenção nesta localidade. A figura 57 ilustra a ação dos ventos, das ondas e da maré sobre imóveis nesta localidade. De acordo com este jornal, ondas entre 2,5 a 3 m de altura atingiram o litoral alagoano neste evento.



Figura 57 - Ondas e maré invadem casas na Barra Nova (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 02/06/2007).

Os dados meteorológicos registrados pela bóia oceânica referentes a este evento, assim como aqueles previstos pelo modelo de previsão oceânica, mostraram que os ventos atingiram velocidades máximas de 11 m/s, enquanto que os dados do aeroporto de Maceió apresentaram velocidade de 9 m/s (Fig. 54). A direção do vento variou entre as três fontes de dados entre SSE, SE e E (Tab. 5). As ondas apresentaram altura máxima de 3 m, direção de SE e período de 9 s no modelo de previsão oceânica (Tab. 6). A maré atingiu altura máxima de 2 m no porto de Maceió neste dia (Fig. 52).

Entre os dias 01 e 04 de junho de 2007 ocorreu a formação de aglomerados convectivos associados à propagação de DOLs sobre a costa leste do Nordeste brasileiro, causando forte atividade convectiva ao longo deste litoral (Climanálise, 2007 b), coincidindo assim, com a data do evento erosivo nesta localidade.

#### *7.9.6. Eventos de Agosto de 2007 (ver a figura 49 para localização)*

Quatro eventos erosivos afetaram o litoral alagoano no decorrer deste mês, segundo informações de jornais locais.

O primeiro evento foi registrado pelo jornal “Alagoas em Tempo Real”, na edição do dia 01/08/2007. Este evento ocorreu na Barra Nova, durante a madrugada do dia 1°. Segundo depoimento dos moradores, publicados nessa reportagem, as ondas passaram dos 2 m de altura, avançando sobre as casas e a rua localizada paralelamente à costa, na retaguarda das casas. Neste evento foram destruídos muros de arrimos, além de várias barracas localizadas na Prainha da Barra Nova (Fig. 58).



Figura 58 - Trator trabalhando para reerguer as estruturas de contenção destruídas após o evento erosivo que atingiu a Barra Nova na madrugada do dia 01/08/2009 (jornal “Alagoas em Tempo Real”, edição do dia 01/08/2007).

Dois outros eventos erosivos registrados neste mês ocorreram nos dias 15 e 16/08/07, e foram documentados pelos jornais “Alagoas 24 Horas”, edição do dia 16/08/2007 e, “Gazeta de Alagoas”, edições dos dias 16 e 17/08/2007. Estes eventos ocorreram em dois diferentes locais desta costa, na praia do Francês (15/08) e em Barreiras do Boqueirão (16/08), onde, segundo depoimentos publicados no jornal “Alagoas 24 Horas”, as ondas atingiram 2 m de altura durante a madrugada do dia 15 e destruíram parcialmente quatro barracas de praia na praia do Francês (Fig. 59).



Figura 59 - Barraca de praia destruída no evento erosivo ocorrido na madrugada do dia 15/08/07 (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 16/08/2007).

O quarto evento erosivo ocorreu no dia 28/08/2007, ainda na praia de Barreiras do Boqueirão, em Japaratinga, sendo documentado pelo jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 29/08/2007. Segundo depoimentos de moradores, as ondas atingiram casas e restaurantes à beira-mar, causando destruição nos imóveis.

As condições meteorológicas e oceanográficas para o evento ocorrido em 01/08 mostraram que o vento estava com direção de SE com 11 m/s com base nos dados da bóia oceânica, e de WSW com 3 m/s, no aeroporto de Maceió e, ainda, de E com 10 m/s no modelo de previsão oceânica (Tab. 5 e Fig. 54). As ondas apresentaram altura máxima de 2,8 m, com direção de ondulação de SE e período de 8 s no modelo de previsão oceânica (Tab. 6). A maré atingiu uma altura máxima prevista para o porto de Maceió de 2,3 m (Fig. 52).

Para os eventos ocorridos nos dias 15 e 16 as condições meteorológicas e oceanográficas mostraram que o vento estava com direção variando entre E e SE (Tab. 5), alcançando velocidade máxima registrada na bóia oceânica de 7 m/s para o primeiro dia do evento e, de 10 m/s para o segundo dia (Fig. 54). De acordo com os dados de previsão oceânica os ventos incidiram de SE (Tab. 4) alcançando velocidades máximas de 10,2 m/s no primeiro dia do evento e, de 9,7 m/s no segundo dia (Fig. 54). Os dados do aeroporto de Maceió mostraram ventos com direção de SSE (Tab. 5) e velocidades de 7 e 10 m/s, para o primeiro e o segundo dia dos eventos, respectivamente (Fig. 54). A altura máxima das ondas foi de 3,5 m, com direção de ondulação de SE e período de 8 s, para os dois dias em que ocorreram os eventos de acordo com o modelo de previsão oceânica (Tab. 6). A maré atingiu uma altura máxima prevista para o porto de Maceió de 2,2 m nos dois dias do evento (Fig. 52).

As condições meteorológicas e oceanográficas para o dia 28 apresentaram vento com velocidades máximas variando entre os dados da bóia oceânica de 9 m/s, de 6 m/s para o para o modelo de previsão oceânica e de 7 m/s no aeroporto de Maceió (Fig. 54). A direção do vento tanto na bóia oceânica quanto no modelo de previsão oceânica foi de SE, enquanto no aeroporto de Maceió foi registrado vento de direção ESE (Tab. 5). As ondas alcançaram, segundo o modelo de previsão oceânica 1,9 m de altura, com direção de SE e período de 6 s (Tab. 6). A maré atingiu uma altura máxima prevista para o porto de Maceió de 2,3 m no dia do evento (Fig. 52).

Foram notadas a formação de DOLs em cinco ocasiões durante este mês, nos dias 01, 16, 19, 20 e 29 de agosto, quando a atividade anticiclônica foi favorável à intensificação do efeito de brisa e ao aumento da nebulosidade estratiforme ao longo de toda a costa leste do Nordeste do Brasil, causando anomalias positivas de chuva neste setor (Climanálise, 2007 c). Vale ressaltar que os eventos ocorridos ao longo deste mês estiveram sempre sobre a influência deste fenômeno de perturbação atmosférica.

#### 7.9.7. Evento de Setembro de 2007 (ver a figura 49 para localização)

Dois eventos erosivos afetaram o litoral alagoano no decorrer deste mês, segundo informações de jornais locais.

O primeiro evento foi registrado pelo jornal “Alagoas em Tempo Real”, na edição do dia 18/09/2007. Este evento, segundo informações deste jornal, ocorreu na praia do Sobral, durante a madrugada do dia 18, causando destruição de um trecho de mais de 1 km da calçada e da ciclovia da avenida Assis Chateaubriand, como pode ser observado na figura 60.



Figura 60 - Destruição da calçada da avenida Assis Chateaubriand, na praia do Sobral, causada pela ressaca marítima do dia 18/09/2007 (jornal “Alagoas em Tempo Real”, edição do dia 18/08/2007).

O segundo evento foi registrado pelo jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 27/09/2007, tendo ocorrência no dia anterior à publicação da matéria, na praia de Barreiras do Boqueirão, em Japaratinga. Este evento resultou na destruição de muros de contenção e de

postes de iluminação pública, afetando diretamente a população local com a falta de energia elétrica.

No evento ocorrido no dia 18, a direção do vento registrado na bóia, assim como aquele do modelo de previsão oceânica foi de SE (Tab. 5), com velocidades de 10 e de 9 m/s, respectivamente (Fig. 54). No aeroporto de Maceió os dados indicaram vento direcionado de S (Tab. 5) com velocidade de 6 m/s (Fig. 54). As ondas atingiram altura máxima, segundo o modelo de previsão oceânica, de 1,5 m e período de 8 s, com direção de SE (Tab. 6). A maré alcançou altura máxima de 1,7 m (Fig. 52).

Para evento ocorrido no dia 26, a direção do vento foi de SE para a bóia oceânica, de E no modelo de previsão oceânica e de S no aeroporto de Maceió (Tab. 5), com velocidade máxima de 9 m/s na bóia oceânica e no modelo de previsão oceânica e, de 8 m/s registrado no aeroporto de Maceió (Fig. 54). A tabela 6 mostra que as ondas, segundo o modelo, alcançaram altura máxima de 2 m, com direção SE e período de 7 s. A maré alcançou altura máxima no porto de Maceió de 2,4 m (Fig. 52).

Com base nas informações do Climanálise (2007 d), durante o mês de setembro, o escoamento anticiclônico sobre o Atlântico Sul intensificou o efeito da brisa e proporcionou aumento da nebulosidade estratiforme sobre a costa leste da região Nordeste do Brasil. Entretanto, segundo este boletim, não houve configuração de aglomerados convectivos associados à propagação de DOLs.

#### *7.9.8. Evento de Julho de 2008 (ver a Figura 49 para localização)*

O evento erosivo ocorreu no dia 01/07/2008 e foi documentado pelo jornal “Gazeta de Alagoas” na edição do dia 02/07/2008. Segundo este jornal, a ressaca marítima atingiu todo o litoral do Estado, com ventos fortes associados a centros de baixa pressão atmosférica que provocaram ondas de até 3 m de altura, causando destruição de muros de contenção na praia de Barreiras do Boqueirão, em Japaratinga.

A direção do vento foi de SE na bóia oceânica e no modelo de previsão oceânica (Tab. 5), com velocidade de 7 m/s nos dados da bóia oceânica e do aeroporto de Maceió e, de 8 m/s

no modelo de previsão oceânica (Fig. 54). As ondas, segundo o modelo, alcançaram altura máxima de 3,6 m, com direção SE e período de 8 s (Tab. 6). A maré alcançou altura máxima de 2,1 m no porto de Maceió (Fig. 52).

Os aglomerados convectivos associados à propagação de DOLs ocorreram neste mês, com destaque para o episódio iniciado no dia 29 de junho atingindo a costa no dia 30 do mesmo mês (Climanálise, 2008 a), atuando aí até o dia 02 de julho (Climanálise, 2008 b). Observou-se também a formação de cavados adjacentes à costa leste do Brasil, contribuindo para o aumento da nebulosidade e de áreas de instabilidade no Nordeste Oriental (Climanálise, 2008 b). Com base na “Análise de Eventos Extremos”, disponível em: [http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/docs/RN\\_01020708.pdf](http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/docs/RN_01020708.pdf), a convergência em baixos níveis da troposfera, associada ao deslocamento de um sistema transiente pelo Atlântico, gerou uma intensificação no módulo dos ventos de sudeste além de favorecer a componente sul desta variável em superfície e uma perturbação ciclônica entre 850 e 700 hPa (aproximadamente entre 1.300 e 3.000 m de altitude em relação ao nível do mar), intensificando o aporte de chuva nesta área e a velocidade dos ventos alísios de sudeste.

#### *7.9.9. Evento de Junho de 2009 (ver a figura 49 para localização)*

O evento foi registrado pelo jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 24/06/2009, ocorrido no dia 23/06/2009, na localidade de Barra de Santo Antônio, quando houve destruição de casas de veraneio e de pescadores.

A direção do vento foi de E para todas as fontes aqui analisadas (Tab. 5), alcançando a velocidade de 6 m/s na bóia oceânica, de 8 m/s no modelo de previsão oceânica e de 5 m/s no aeroporto de Maceió (Fig. 54). As ondas, segundo o modelo, alcançaram altura máxima de 2,2 m, com direção SE e período de 7 s (Tab. 6). A maré alcançou altura máxima de 2,3 m no porto de Maceió (Fig. 52).

Neste mês ocorreram episódios de DOLs na costa Nordeste Oriental do Brasil, especialmente no dia 22, que esteve associado a um cavado em altos níveis da atmosfera, contribuindo para o excesso de chuva nesta região (Climanálise, 2009), coincidindo, assim, com a data do evento.

### 7.9.10. Eventos de Março de 2010 (ver a figura 49 para localização)

Os eventos erosivos ocorreram nos dias 02 e 03 de março de 2010, na localidade de Barra Nova, município de Marechal Deodoro, e foi documentado pelos jornais “Gazeta de Alagoas”, edição de 04/03/2010 e “Qualquer Instante”, edição de 13/03/2010. No dia 03/03 foi possível registrar o início da invasão das ondas e da maré sobre os muros de arrimo (Fig. 61). Foram registrados prejuízos como, destruição de casas, de muros de contenção e de um trecho de uma rua. Segundo o jornal “Gazeta de Alagoas”, cerca de 50 casas, numa área de 1.250 m de extensão, sofreram os efeitos devastadores da ressaca (Figs. 62 e 63).



Figura 61 - Ressaca marítima na Barra Nova, quando as ondas passam por cima do muro de arrimo e alcança as barracas (03/03/2010) (Foto: Lula Castello Branco).



Figura 62 - Destruição de muros de arrimo causado pelas ressacas na Barra Nova nos dias 02/03 e 03/03/2010 (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 04/03/2010).



Figura 63 - Efeito dos eventos erosivos ocorridos na Barra Nova no mês de março de 2010 (Jornal “Qualquer Instante”, edição de 13/03/2010).

As ondas apresentaram altura máxima com base no modelo de previsão oceânica de 1,3 e 1,2 m no primeiro e segundo dia do evento erosivo, respectivamente. Esta previsão indicou direção de ondulação de SE e período de 8 s nos dois dias do evento (Tab. 6). O vento variou entre os quadrantes E e SE (Tab. 5), com velocidade máxima de 8 m/s registrado na bóia oceânica, de 7,5 m/s no primeiro dia do evento e, de 6,6 m/s no segundo dia, de acordo com os dados de previsão oceânica e, de 2 m/s no aeroporto de Maceió (Fig. 54). As marés alcançaram alturas máximas de 2,4 m no primeiro dia e, de 2,2 m no segundo dia do evento erosivo no porto de Maceió (Fig. 52).

A análise das condições sinóticas para os dias 02 e 03 do mês de março de 2010, disponíveis em: <http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/Analise020310.pdf> e <http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/Analise020310.pdf>, não identificou nenhum sistema sinótico atuando sobre o litoral leste do Nordeste brasileiro. Da mesma forma, nenhum caso sinótico significativo para este litoral foi identificado nas dias em que ocorreram os eventos, disponíveis em: [http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/casos\\_sig\\_marco2010.pdf](http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/casos_sig_marco2010.pdf).

#### 7.9.11. Evento de Abril de 2010 (ver a figura 49 para localização)

Este evento foi observado no dia 13/04/2010, segundo o jornal “Alagoas em Tempo Real”, edição de 13/04/2010, com localização nas praias da Ponta Verde e da Pajuçara, na



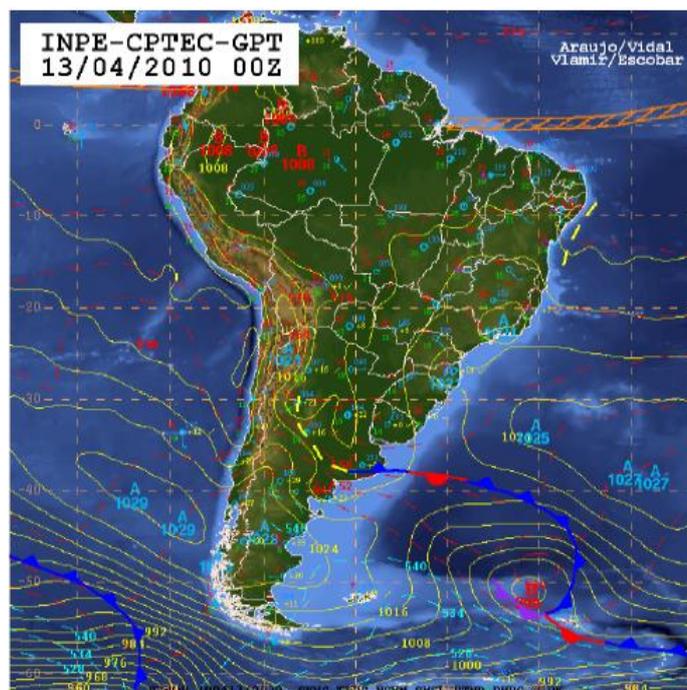


Figura 65 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 13/04/2010 às 00:00 h Z. Nesta imagem é possível observar a localização de linhas de instabilidade (linha pontilhada em amarelo), atuando ao longo do litoral entre o sul da Bahia e Pernambuco.

#### 7.9.12. Eventos de Junho de 2010 (ver a figura 49 para localização)

Os eventos erosivos ocorridos nos dias 14 e 15 de junho foram registrados pelos jornais “Gazeta de Alagoas”, edição de 16/06/2010 e, “Alagoas 24 Horas”, edição de 16/06/2010. Segundo estes jornais, a ressaca marítima, com vento forte de SE e altura de ondas de até 3 m de altura destruiu parcialmente barracas na praia do Francês, em Marechal Deodoro (Fig. 66).



Figura 66 - Destruição em barraca de praia causada pelas ressacas de 14 e 15/06/2010 (Jornal Alagoas 24 Horas, edição de 16/06/2010).

A direção do vento nos dias 14 e 15 de junho foi de SE para os dados da bóia oceânica e do modelo de previsão oceânica, enquanto que no aeroporto de Maceió foram registrados ventos de S (Tab. 5). As velocidades dos ventos, segundo os dados da bóia oceânica, foram de 6 e 4 m/s, no primeiro e segundo dia do evento, respectivamente, no modelo de previsão oceânica de 9 e 7 m/s e, no aeroporto de Maceió de 4 m/s (Fig. 54). Ainda, de acordo modelo de previsão oceânica, as ondas alcançaram 3,7 m no dia 14 e 3,5 m no dia 15, com período de 10 e 9 s, respectivamente e direção de ondulação de S (Tab. 6). As marés previstas para o porto de Maceió apresentaram alturas máximas de 2,4 no primeiro dia do evento erosivo e, de 2,2 m no segundo dia (Fig. 52).

De acordo com a “Análise de Eventos Extremos” disponível em: <<http://www7.cptec.inpe.br/~rupload/arquivo/nordestejunho2010.pdf>>. Entre os dias 13 e 17 de junho de 2010 um ciclone extratropical associado a uma onda frontal centrada em torno da latitude de 25°S, migrou lentamente para o sudeste, condição que deu origem a uma zona de convergência de umidade em direção ao Nordeste do Brasil e atuou principalmente entre os Estados de Sergipe e da Paraíba. Este padrão sinótico possibilitou a formação de um DOL próximo à costa do Nordeste brasileiro, desenvolvendo aí nuvens convectivas. Esta perturbação no fluxo de leste esteve assim, associada à propagação de uma frente fria, que embora tenha se afastado para o leste, sobre o Oceano Atlântico, deixou uma zona de convergência de umidade, além de causar perturbações ciclônicas (Fig. 67).

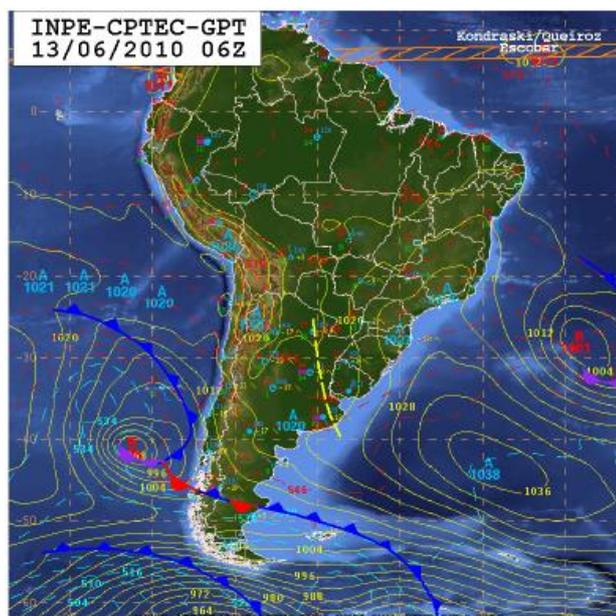


Figura 67 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 13/06/2010 às 06:00 h Z. Nesta imagem é possível observar a localização de uma frente fria, em torno de 20°S, no lado direito da imagem, com deslocamento para o leste e um centro de Baixa Pressão Atmosférica centrada aproximadamente entre 30°S e 30°W. Este padrão condicionou a formação de uma zona de convergência de umidade em direção à costa Nordeste Oriental.

#### 7.9.13. Evento de Julho de 2010 (ver a figura 49 para localização)

Os eventos erosivos ocorridos nos dias 11 e 12 de julho foram registrados pelos jornais “Visão de Alagoas”, edição do dia 13/07/2010, na Barra de Santo Antônio, onde, segundo este jornal, as marés altas foram responsáveis pela destruição de casas, e pelo jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 15 de julho, na praia da Jatiúca, em Maceió, quando foram registrados alguns prejuízos como, a derrubada de coqueiros e de postes de iluminação pública, além da destruição de pisos de barracas de praia.

A direção do vento nos dias 11 e 12 de julho variaram entre E e SSE em todas as fontes de informação aqui utilizadas (Tab. 5). As velocidades alcançaram 7 e 8 m/s, respectivamente, para o primeiro e o segundo dia do evento na bóia oceânica, os dados do modelo de previsão oceânica indicaram velocidades de 8 e 9 m/s, respectivamente, enquanto que os dados do aeroporto de Maceió, os ventos registrados foram de 3 m/s nos dois dias do evento (Fig. 54). As ondas, de acordo com o modelo de previsão oceânica, alcançaram alturas de 2,9 m no dia 11 e de 2,8 m no dia 12, com período de 8 s nos dois dias do evento e direção de ondulação de SE para o primeiro dia e de E para o segundo dia do evento (Tab. 6). As

marés previstas para o porto de Maceió apresentaram alturas máximas de 2,2 m no primeiro dia e, de 2,3 m no segundo dia do evento erosivo (Fig. 52).

As análises sinóticas para os dias do evento mostram apenas a amplificação da ASAS e a organização de áreas de instabilidade sobre a costa Nordeste Oriental brasileira (Fig. 68).

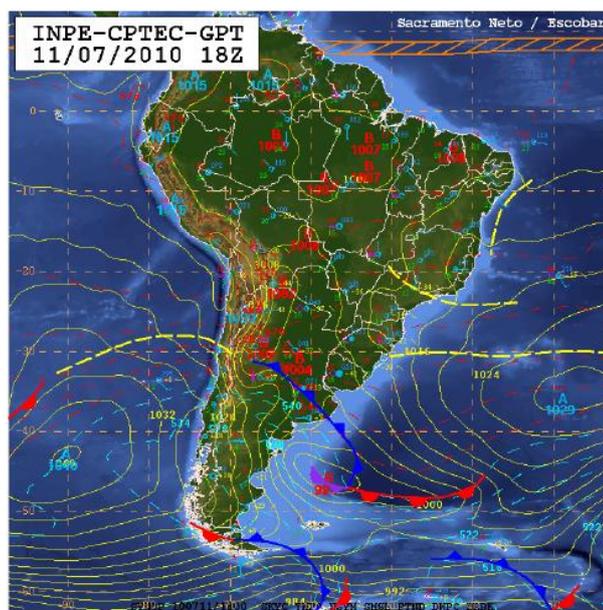


Figura 68 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 11/07/2010 às 18:00 h Z. Nesta imagem é possível observar áreas de instabilidade (linha pontilhada em amarelo), atuando sobre a costa Nordeste Oriental do Brasil.

#### 7.9.14. Eventos de Agosto de 2010 (ver a figura 49 para localização)

Os eventos erosivos ocorridos nos dias 11, 12 e 13 foram documentados pelo jornal “Gazeta de Alagoas” em duas edições, de 12/08/2010 e de 15/08/2010. A edição do dia 12 registrou o evento que ocorreu na praia da Jatiúca, na capital Maceió no dia 11 do mesmo mês, causando a destruição de calçadas e a derrubada de coqueiros na avenida Álvaro Otacílio (Fig. 69). A edição do dia 15 registrou os eventos que ocorreram nos dias 12 e 13 deste mês, nas praias de Barra de Santo Antônio, Barreiras do Boqueirão, Barra Grande e Maragogi, quando foi registrada a destruição de casa, bares, restaurantes e de ruas à beira-mar (Fig. 70).



Figura 69 - O mar agitado causou destruição na orla de Maceió (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 12/08/2010).



Figura 70 - Casas totalmente destruídas em Barreiras do Boqueirão, após os eventos erosivos ocorridos nos dias 12 e 13 de agosto de 2010 (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição do dia 15/08/2010).

A direção do vento mostrou concordância nos dados da bóia oceânica, e do modelo de previsão oceânica, indicando direção de SE. Entretanto, os dados registrados no aeroporto de Maceió indicaram ventos de S, SE e ESE, nos dias 11, 12 e 13, respectivamente (Tab. 5). A velocidade dos ventos nos dados registrados pela bóia oceânica foi de 9, 10 e 11 m/s nos dias 11, 12 e 13, respectivamente. No modelo de previsão oceânica esta velocidade foi de 9,7 e 8 m/s, nos dias 11, 12 e 13, respectivamente. Os dados do aeroporto de Maceió registraram velocidades de 4 m/s no primeiro dia do evento e de 5 m/s nos dois últimos dias (Fig. 54). As alturas das ondas previstas pelo modelo oceânico apresentaram alturas de 2,3, 2,4 e 2,9 m nos dias 11, 12 e 13, respectivamente, com direção de SE e períodos de 7 s nos dois primeiros dias

e de 8 s no último dia do evento (Tab. 6). As marés alcançaram altura máxima de 2,4 m nos dois primeiros dias do evento e de 2,3 m no último dia do evento erosivo (Fig. 52).

As informações disponíveis a partir da análise sinótica das 00:00 h Z do dia 11 de setembro mostram a presença de uma frente fria ao largo do litoral sul da Bahia (Fig. 71). Na análise sinótica das 00:00 h Z do dia 12 de setembro nota-se a presença do anticiclone pós-frontal centrado em 29°S e 40°W no Oceano Atlântico atuando até o leste da Bahia. O sistema frontal associado a este anticiclone avançou para latitudes mais baixas e apresentou seu ramo estacionário na altura do litoral norte da Bahia, sobre o Atlântico (Fig. 72). Este fenômeno de perturbação atmosférica pode ter sido responsável pela intensificação dos alísios de SE que atuaram sobre a costa Nordeste Oriental do Brasil no período em que ocorreram os eventos erosivos.

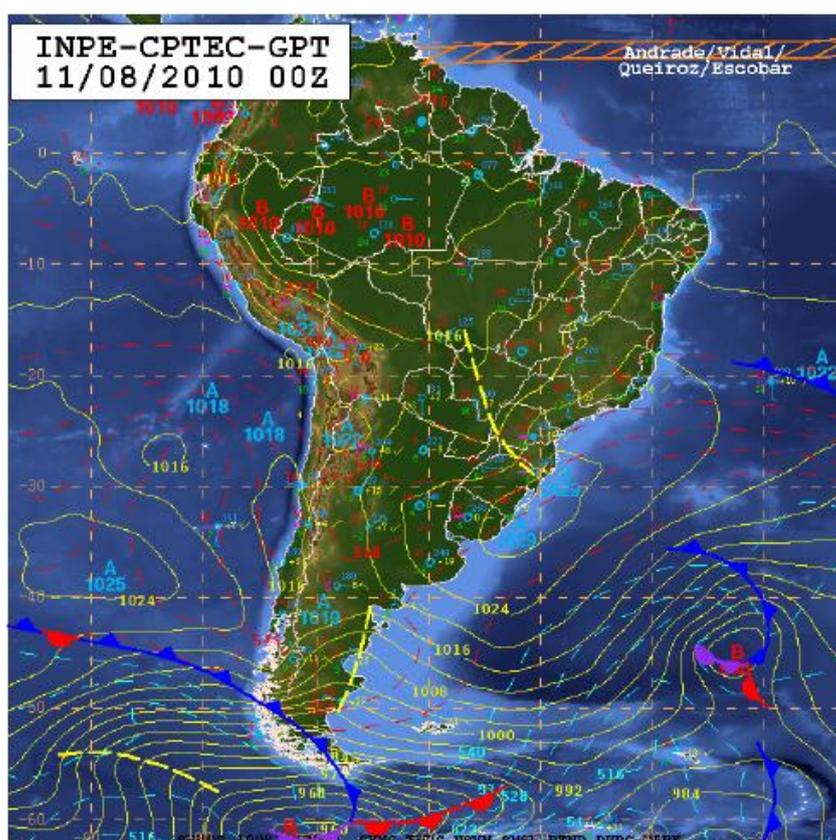


Figura 71 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 11/08/2010 às 00:00 h Z. Nesta imagem é possível observar, no seu lado direito, uma frente fria sobre o Oceano Atlântico, na altura do sul da Bahia, que pode ter sido responsável pela geração de ondas com alturas entre 2,5 e 3 m que atingiram a costa do Estado de Alagoas entre os dias 10 e 14 de agosto de 2010.

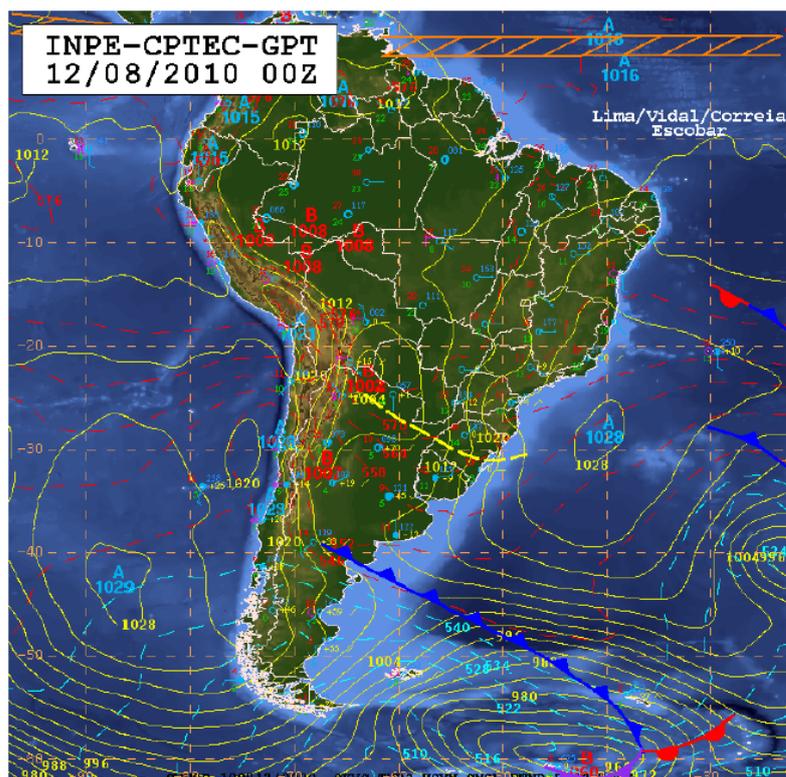


Figura 72 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 12/08/2010 às 00:00 h Z. Nesta imagem é possível observar, no seu lado direito, uma frente fria sobre o Oceano Atlântico, na altura do litoral norte da Bahia, que pode ter sido responsável pela geração de ondas com alturas entre 2,5 e 3 m que atingiram a costa do Estado de Alagoas entre os dias 10 e 14 de agosto de 2010.

#### 7.9.15. Eventos de Setembro de 2010 (ver a figura 49 para localização)

Os eventos erosivos ocorridos nos dias 10, 11, 12 e 14 de setembro de 2010 foram registrados pelos jornais “Correio do Povo de Alagoas”, edição do dia 13/09/2010, e “Gazeta de Alagoas”, edições dos dias 11/09/2010 e 15/09/2010. O jornal “Correio do Povo de Alagoas”, sem indicar o dia exato do evento, menciona a praia do Sobral, em Maceió, onde houve destruição de calçadas e estragos em uma barraca de praia (Fig. 73). Segundo este jornal, a Capitania dos Portos de Alagoas havia emitido um alerta, no último dia 09 deste mês, alertando para a ocorrência de ressaca marítima com ondas de até 2,5 m de altura que iria afetar o litoral de Alagoas entre os dias 11 e 12 de setembro.



Figura 73 - Ressaca marítima causa destruição do calçadão e de parte de uma barraca na praia do Sobral, em Maceió (jornal “Correio do Povo de Alagoas”, edição de 13/09/2010).

Segundo o jornal “Gazeta de Alagoas”, na madrugada do dia 10 de setembro, na praia da Sereia, em Maceió, houve grandes estragos em vários estabelecimentos à beira-mar como, a derrubada de barracas e de muros de arrimo (Fig. 74). De acordo com este jornal, o Centro de Hidrografia da Marinha também teria informado que este fenômeno seria causado pelo avanço de uma frente fria que estaria se movimentando ao largo do Oceano Atlântico, defronte ao litoral da Bahia.



Figura 74 - Bares à beira-mar na praia da Sereia, em Maceió, atingidos por ressaca marítima resultando em prejuízos econômicos (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 11/09/2010).

Segundo ainda o jornal “Gazeta de Alagoas”, de 15/09/2010, ventos fortes e ondas com mais de 2,5 m de altura causaram estragos na praia de Maragogi (Fig. 75) durante a madrugada e todo o dia 14 de setembro.



Figura 75 - Ressaca marítima causa destruição na praia de Maragogi (jornal “Gazeta de Alagoas”, edição de 15/09/2010).

As informações de velocidade dos ventos para estes eventos, originadas da bóia oceânica mostra que os mesmos atingiram as máximas de 9 m/s nos dias 10 e 11, e de 8 m/s no dia 12 e de 7 m/s no dia 14. O modelo de previsão oceânica mostrou velocidades de 9 m/s nos dias 10 e 11 e, de 11 e 8 m/s nos dias 12 e 14. Os dados registrados no aeroporto de Maceió indicaram velocidades de 6 m/s nos dias 10 e 11 e, de 5 e 4 m/s nos dias 12 e 14 (Fig. 54). Os dados analisados mostraram direções de vento de SE, exceto os dados do aeroporto de Maceió que registraram direções de S, SSE, ESE e novamente de SSE para os quatro dias em que ocorreram os eventos erosivos, respectivamente (Tab. 5). As ondas previstas apresentaram alturas variando entre 2,6 e 3 m ao longo desses quatro dias, com direção de SE e períodos variando entre 7 e 10 s (Tab. 6). As marés alcançaram altura máxima de 2,4 m no dia 10, 2,3 m no dia 11, 2,1 m no dia 12 e de 1,6 m no dia 14 de setembro de 2010 (Fig. 52).

As informações disponíveis a partir da análise sinótica dos dias em que ocorreram os eventos mostram uma frente fria atuando ao largo do Oceano Atlântico, distante do continente, deixando linhas de instabilidades que alcançavam o litoral Nordeste Oriental do Brasil, como pode ser visto na figura 76.

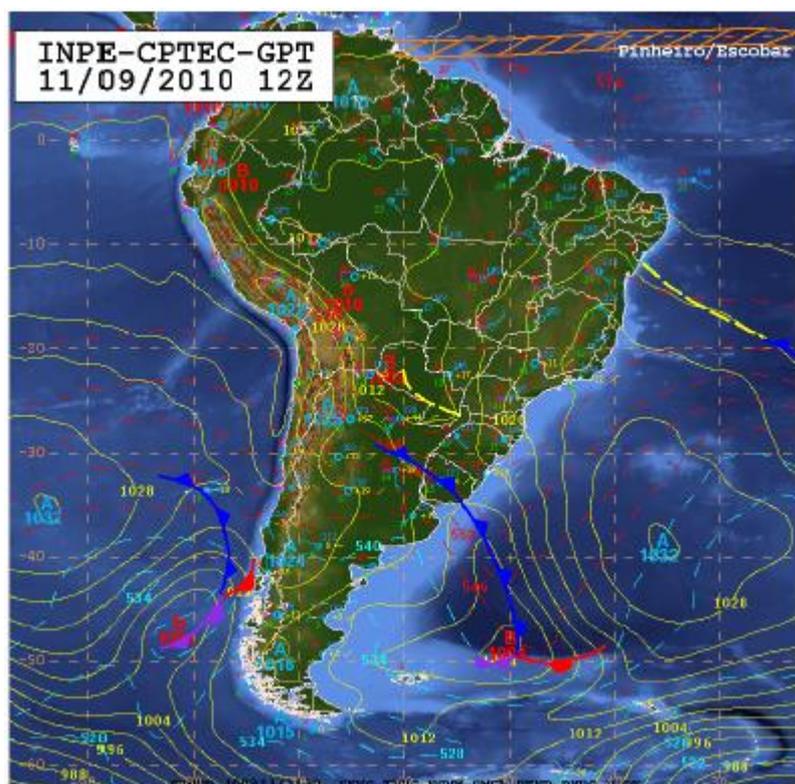


Figura 76 - Imagem INPE-CPTEC-GPT do dia 11/09/2010 às 12:00 h Z. Nesta imagem é possível observar, no seu lado direito, uma frente fria sobre o Oceano Atlântico, distante do litoral, além de áreas de instabilidades sobre a costa atuando sobre a costa leste do Nordeste do Brasil.

## **7.10. Possíveis Causas dos Eventos Erosivos Relacionados aos Parâmetros Meteorológicos e Oceanográficos Analisados Neste Capítulo**

A série de dados utilizada neste trabalho identificou 30 eventos erosivos ao longo de 6 anos de dados disponíveis (2005-2010). A distribuição anual dos eventos erosivos é assemelhada àquela apresentada por Dutra (2008) e Bittencourt *et al.* (2008 b) nas praias de Salvador, ou seja, de março a setembro. Entretanto, para o atual trabalho, com os máximos valores encontrados nos meses de agosto e setembro. Dessa forma, pode-se considerar uma característica sazonal para os episódios de erosão na costa do Estado de Alagoas, claramente percebida entre as estações de outono e inverno, como anteriormente também identificada por Dutra (2008) e Bittencourt *et al.* (2008 b). Estes meses apresentam as condições de maior energia de ondas e de ventos para a costa de Alagoas (Kållberg *et al.*, 2005), assim como representam as estações que experimentam uma maior frequência nos avanços de sistemas frontais, como resultado do maior contraste térmico entre as massas de ar (Kousky, 1979; Nimer, 1989), sendo que no litoral Nordeste Oriental do Brasil, o período chuvoso concentra-se nos meses de abril a junho, associado ao sistema de vento local e aos vestígios de sistemas frontais (Kousky, 1979).

Neste trabalho, buscou-se identificar as principais forçantes dinâmicas de origem meteorológica e oceanográfica responsáveis pela erosão costeira localizada, observada ao longo da costa do Estado de Alagoas.

A análise dos parâmetros aqui abordados apontam, quanto às marés, a condição de sizígia como sendo fundamental nos eventos erosivos registrados na costa de Alagoas, representando 93% dos casos. Se considerarmos apenas os eventos ocorridos sobre condições de marés de sizígia em períodos equinociais, ou seja, nos meses de março e setembro, estes corresponderam a 30% dos casos. A alta frequência de eventos durante o mês de agosto pode ser atribuída também a outras forçantes, uma vez que neste período a climatologia mensal dos ventos (Kållberg *et al.*, 2005) evidencia os maiores valores de intensidade, e estes valores máximos observados podem ter sido significativos na contribuição da ocorrência da erosão, visto que é durante o inverno que se observa a maior frequência de frentes frias na região de estudo (Chaves, 1999; Andrade, 2005), sempre acompanhadas com ondas de maiores alturas.

Assim, foi possível observar que os eventos ocorreram quase sempre em situações de intensificação dos ventos alísios de SE, e/ou existiram durante a formação de distúrbios ondulatórios de leste, ou cavados em altos níveis da atmosfera.

As situações sinóticas favoráveis à intensificação dos ventos alísios de SE na costa do Estado de Alagoas foram observadas por Figueiredo (2009), a partir dos seguintes padrões descritos por este autor:

1. Quando da localização de sistemas frontais na região sudeste do Brasil, ocorre uma confluência dos ventos oriundos da ASAS com os da alta pós-frontal. Esta aproximação dos dois centros de altas causa um aumento nos gradientes bórico e térmico sobre o Atlântico Sul, alterando assim o escoamento dos ventos alísios e, formando um cavado sobre o Nordeste do Brasil, onde a área com vento forte vai estar localizada à frente deste cavado;
2. Quando um sistema frontal atua na região sul do país associado a um ciclone, a alta pós-frontal se encontra sobre o continente, favorecendo o deslocamento da onda quente para leste na vanguarda da frente fria em superfície. Este processo causa a diminuição da pressão atmosférica nessa área e favorece ainda mais o rápido deslocamento da frente fria. Nesse escoamento, a massa de ar quente se desloca para leste, vindo a alimentar a frente quente do ciclone, causando uma diminuição ainda maior no campo bórico do sistema. Tal fato torna o gradiente de pressão maior entre a ASAS e o continente, resultando em uma aceleração no escoamento e, tornando assim maior a magnitude do vento. Esse padrão também é caracterizado por um cavado na região Nordeste do Brasil;
3. Quando há um prolongamento frontal localizado na região Nordeste, um ciclone baroclínico pode ser observado sobre o Atlântico Sul na latitude aproximada de 25°S e a extremidade da frente fria atinge o Nordeste do Brasil. Na frente ocorre a confluência dos ventos da ASAS com os da alta pós-frontal, provocando, assim, alterações do tempo na região Nordeste, devido ao desenvolvimento de convecção e, conseqüentemente, causando ventos intensos;

4. Quando o sistema sinótico ASAS atua próximo à costa leste do Brasil, com pressão no seu centro de aproximadamente 1030 hPa, pode causar uma intensificação dos ventos alísios.

A predominância dos ventos de SE, com velocidades entre 6 e 11 m/s, valores superiores à média da climatologia anual da velocidade média do vento em Maceió, com base nos dados do INMET (2006), que é de 2,3 m/s, é de aproximadamente 3 a 4 vezes superior à esta média. Tal fato propicia a predominância de ondas direcionadas preferencialmente de SE, com alturas no oceano variando aproximadamente entre 2 e 3,5 m, contribuindo para o empilhamento de água na costa, principalmente levando em consideração que as ondas de SE incidem perpendicularmente à linha de costa (Fig. 24).

Diferentemente dos eventos erosivos registrados para a cidade de Salvador, Bahia (Dutra, 2008; Bittencourt *et al.*, 2008 b), no Estado de Alagoas tais eventos ocorreram sempre na ausência de frentes frias atuando diretamente sobre a região costeira deste Estado.

Além dos fatores acima analisados, também foram importantes nos eventos erosivos o papel desempenhado por gradientes na altura de onda ao longo da linha de costa, conforme será discutido no capítulo 8.

## 8. FOCOS DE CONVERGÊNCIA DE RAIOS-DE-ONDA: EFEITOS SOBRE A GEOMORFOLOGIA COSTEIRA

As modificações causadas pela topografia de fundo da plataforma continental, bem como a orientação da linha de costa, são fatores fundamentais na distribuição da energia das ondas ao longo da costa (Goldsmith, 1976). Áreas com concentração ou dispersão de energia de ondas são visíveis nos diagramas de refração, causando convergência ou divergência dos raios-de-onda, respectivamente (Munk & Traylor, 1947; Bascom, 1954; Goldsmith, 1976). Dessa forma, o fenômeno da erosão costeira localizada pode resultar de descontinuidades no campo de ondas causadas pelo processo de refração de ondas, resultando, assim, em trechos costeiros que exibem altas taxas de erosão quando comparadas a áreas adjacentes (List, *et al.*, 2006).

Os ambientes costeiros caracterizados pela presença de recifes de coral ou de bancos de arenito são pouco estudados, quando comparados aos ambientes costeiros expostos, no que diz respeito às características das variações nos parâmetros de onda ao longo da linha de costa (Nunes & Pawlak, 2008). De acordo com Sanderson *et al.* (2000), espera-se que as praias localizadas na retaguarda desses recifes apresentem condições de baixa energia e respondam de forma diferente à tais variações, quando comparadas às praias expostas de alta energia. A dissipação e conseqüente atenuação da energia da onda é um importante fator no condicionamento das condições morfológicas da linha de costa localizada na retaguarda de um recife, uma vez que tais processos criam condições de baixa energia para este ambiente. Dessa forma, tais variações resultam principalmente na redução da altura da onda próximo à linha de costa (Roberts *et al.*, 1975; Suhayda & Roberts, 1977; Roberts *et al.*, 1988; Hegge *et al.*, 1996; Lugo-Fernández *et al.*, 1998 b; Storlazzi *et al.*, 2004; Sheppard *et al.*, 2005; Kench & Brander, 2006).

Os tipos e comportamento das ondas, assim como a sua energia, variam na superfície do recife em função de diferenças na sua morfologia e na exposição do mesmo à ação das ondas, sendo também sensíveis às variações na altura da maré (Roberts *et al.*, 1975; Suhayda & Roberts, 1977; Nelson, 1996; Kench, 1998; Lugo-Fernández *et al.*, 1998 a; Kench & Brander, 2006). Em relação a esse último aspecto, o comportamento das ondas ao transitarem sobre o recife vai variar com a profundidade da água sobre o mesmo (Suhayda & Roberts 1977, Samosorn & Woodroffe 2008), que influencia diretamente na altura da onda,

alcançando valores mínimos e máximos na maré baixa e na maré alta, respectivamente (Brander *et al.* 2004).

Dessa forma, espera-se que as diferenças no comportamento de distribuição da energia das ondas mencionadas acima se reflitam em diferentes magnitudes de corrente na retaguarda do recife, como apontado por Kench (1998), que devem atuar como forçantes para o transporte de sedimentos dentro do ambiente recifal, refletindo modificações na morfologia da linha de costa.

Um fator que pode representar uma significativa importância na variabilidade da altura da onda ao longo da costa são focos de convergência de onda, que geram, assim, gradientes na energia das ondas longitudinalmente à praia. A análise dos diagramas de refração confeccionados para o litoral de Alagoas mostra que existem muitas situações desse tipo (Santos *et al.*, 2009) que, como mencionado acima, podem resultar na formação de gradientes laterais na altura das ondas, que dão lugar a correntes de sentido divergentes paralelas à costa à partir do local de maiores alturas de ondas. Tais correntes podem, assim, promover a retirada de sedimento desses locais (ver p.ex. Speranski & Calliari, 2000).

Os trechos costeiros foram aqui analisados de acordo com os setores costeiros definidos no capítulo 8, item 8.2., como Setor I, Setor II e Setor III (Fig. 10). Entretanto, por uma dificuldade de escala, o Setor I foi dividido em dois trechos: o primeiro, estende-se da praia da Peroba até a Barra do Camaragibe (Fig. 44), enquanto que o segundo estende-se da Barra do Camaragibe ao Porto de Maceió (Fig. 44).

### **8.1.3. Trecho Costeiro entre as Praias de Peroba e da Barra do Camaragibe**

A figura 80 A mostra a existência de casas sobre a zona de lavagem das ondas com estruturas de proteção à erosão em sua frente na localidade de São Bento. Neste local nota-se a existência de um foco de convergência de raios-de-onda de E (Fig. 77).

Na figura 80 B, nas proximidades da desembocadura do rio Salgado, a rodovia AL-001 sofreu com constantes impactos das ondas no final da década passada e início da atual. Este trecho costeiro apresenta focos de convergência de raios-de-onda de E (Fig. 77), SE (Fig. 78) e de S (Fig. 79). Apesar de existirem recifes costeiros que protegem a linha de costa de

frentes-de-onda oriundas dessas direções, os mesmos são muito estreitos e, em condições de marés altas de sizígia, as ondas podem passar sobre estes recifes, podendo apresentar uma pouca significativa atenuação na energia das ondas (ver p.ex. Nelson, 1996; Kench & Brander (2006).

O trecho localizado entre Japaratinga e Barreiras do Boqueirão apresenta situações críticas de erosão que podem ter alguma relação com focos de convergência de raios-de-onda de E (Fig. 77), SE (Fig. 78) e de S (Fig. 79). A presença de recifes costeiros adjacentes à linha de costa neste trecho costeiro, porém, é possível que atenuem boa parte da energia das ondas incidentes; entretanto, a convergência de raios-de-onda, por outro lado, sobreleva consideravelmente a altura das ondas (Zenkovitch, 1967; Komar, 1998). Dessa forma, os exemplos de erosão costeira mostradas nas figuras 80 C, D, E e F, podem ser resultantes de focos de convergência de raios-de-onda de uma ou mais direções entre as que foram aqui citadas. A localidade de Barreiras do Boqueirão sofre periodicamente destruição de imóveis como discutido no capítulo 7 deste trabalho.

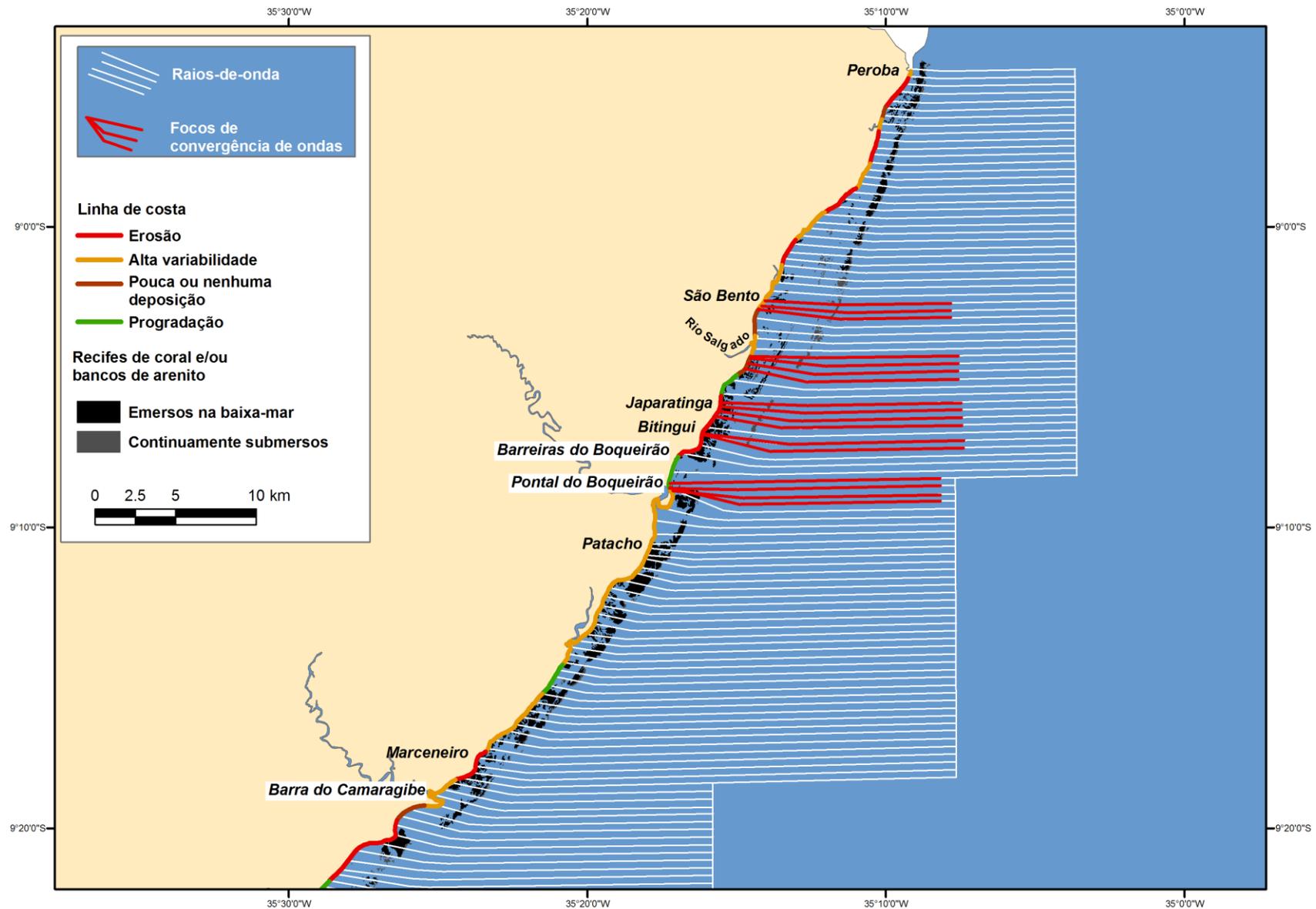


Figura 77 - Diagramas de refração para ondas de destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Peroba e Barra do Camaragibe.

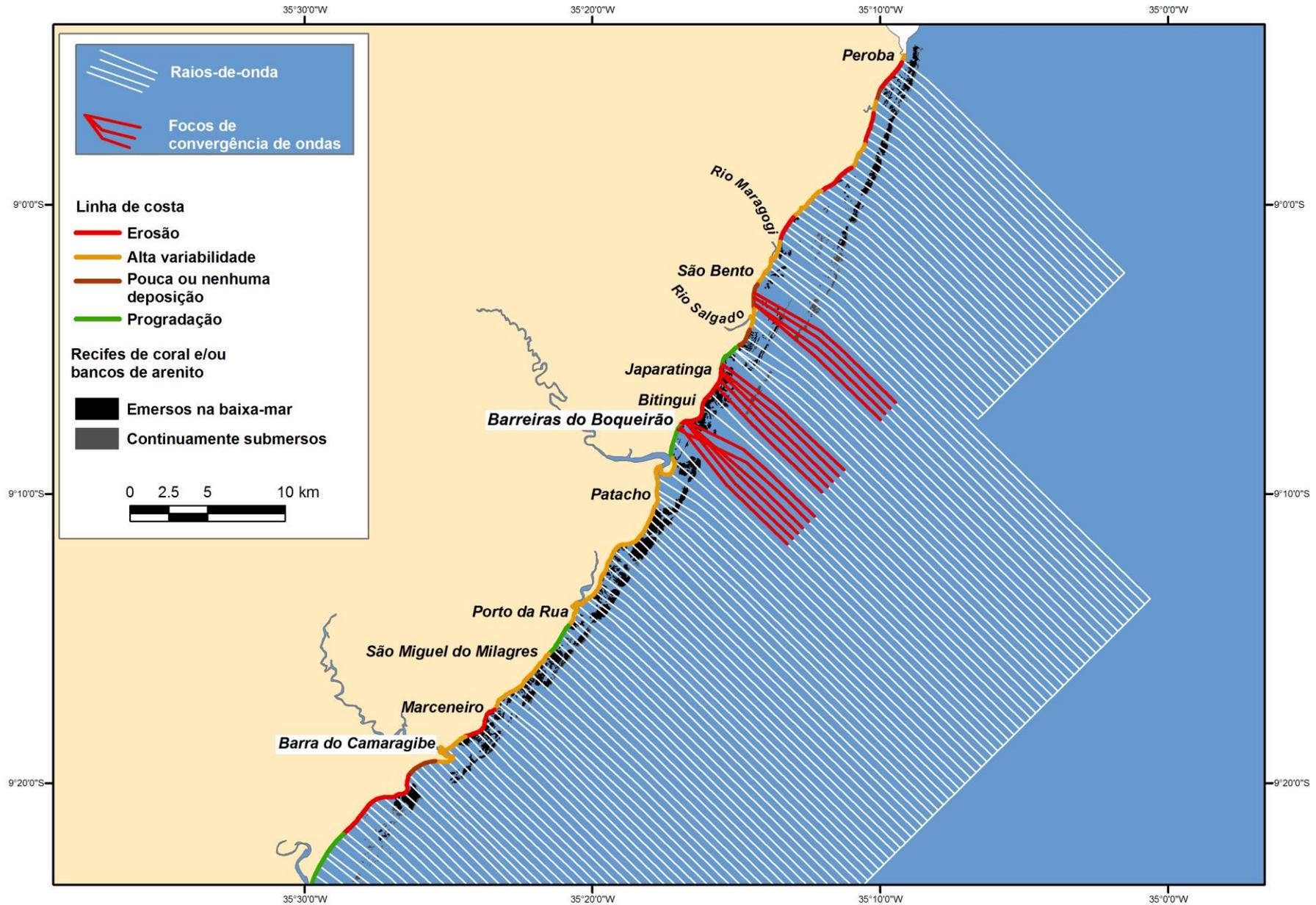


Figura 78 - Diagrama de refração para ondas de SE destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Peroba e Barra do Camaragibe.

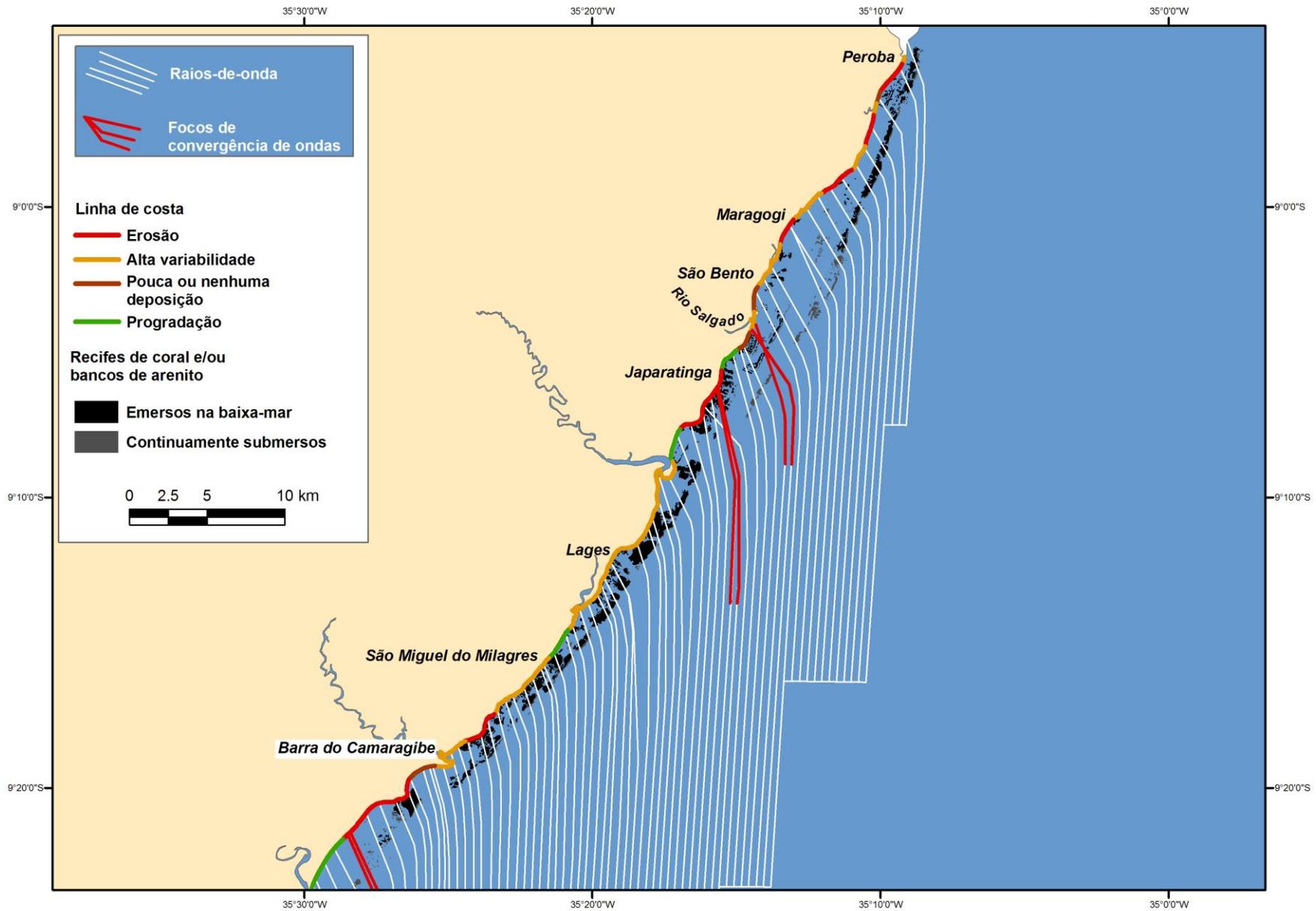


Figura 79 - Diagrama de refração para ondas de S destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Peroba e Barra do Camaragibe.

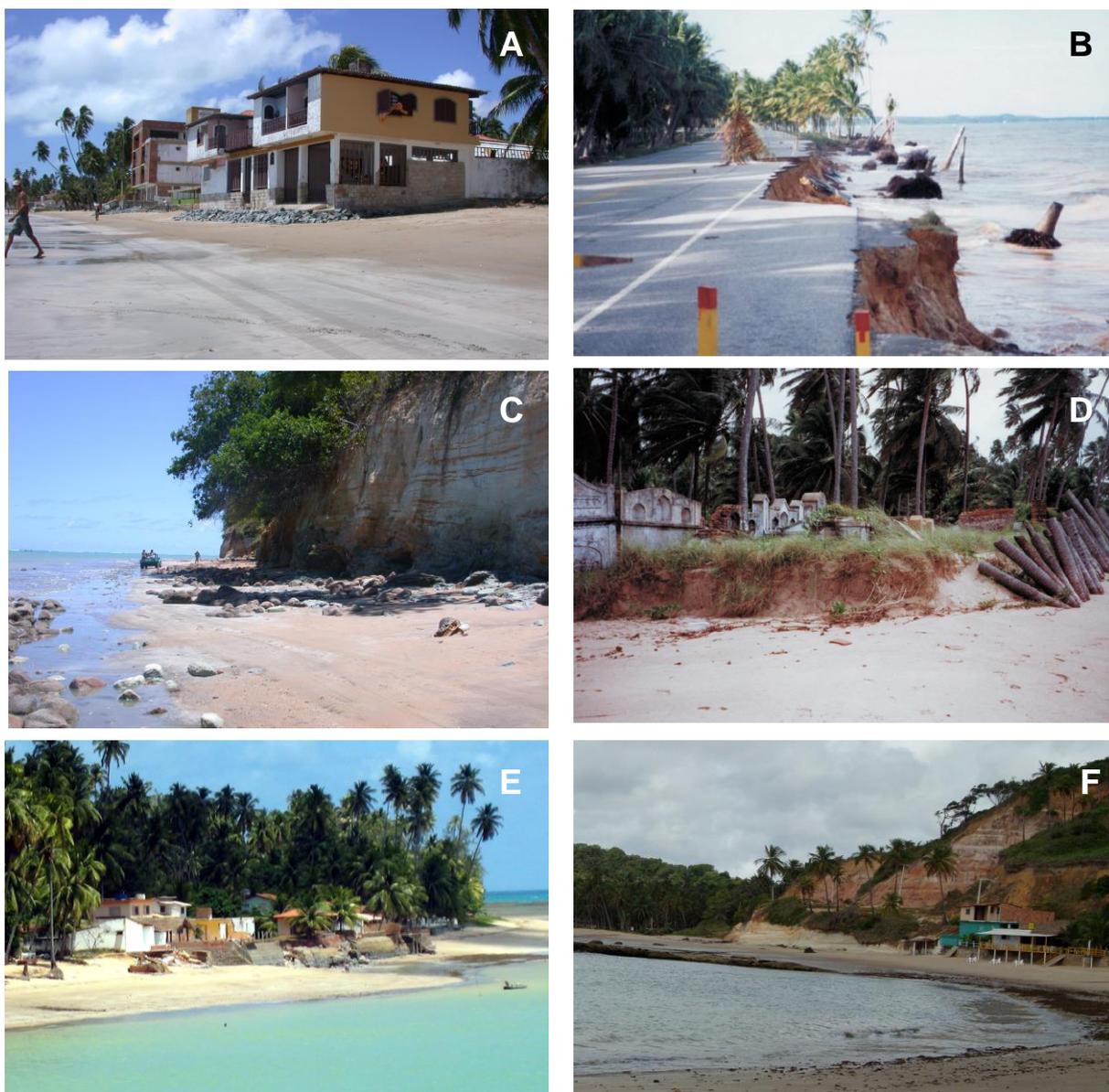


Figura 80 – Morfologias costeiras e/ou obras de proteção observadas em locais onde há focos de convergência de onda de uma ou mais direções (E, SE e S): A – Localidade ao norte do rio Salgado, onde observa-se vários imóveis sobre a linha de costa apresentando sempre uma obra de proteção à sua frente; B – Trecho da rodovia AL-001, a sul do rio Salgado. Neste local ocorreram vários eventos de destruição desta rodovia, no final da década passada e início da atual (extraído de Araújo et al., 2006, Fig. 15, p. 210); C – Falésia ativa e terraço de abrasão em Japaratinga; D – Escarpa erosiva em frente a um cemitério em Bitingui (extraído de Araújo et al., 2006, Fig. 14, p. 210); E – Imóveis destruídos ou parcialmente destruídos na praia de Barreiras do Boqueirão; e, F – Falésia ativa e terraço de abrasão na praia de Barreiras do Boqueirão, onde observa-se, no sopé das mesmas, bares e restaurantes sobre a linha de costa (ver figuras 77, 78 e 79 para localização).

### 8.2.3. Trecho Costeiro entre Barra do Camaragibe e Pajuçara

A figura 83 A apresenta erosão representada por uma falésia ativa nos sedimentos da Formação Barreiras na praia do Carro Quebrado. Como observado na figura 82 para ondas de S, existe aí um foco de convergência de raios-de-onda.

No Pontal da Barra podem ser observadas evidências de erosão na linha de costa, como na figura 83 B. Neste local, há foco de convergência de raios-de-onda de SE (Fig. 81).

Na localidade de Paripueira, a figura 82 C mostra destruição de estruturas de proteção nesta linha de costa. Um foco de convergência de raios-de-onda é aí observado para as frentes-de-onda oriundas de S (Fig. 82).

As figuras 83 D, da década de 80 do século passado e, a figura 83 E, do momento atual, mostram feições erosivas na praia do Pratagy. Nesta praia é possível observar um foco de convergência de raios-de-onda para as frentes-de-onda oriundas de S (Fig. 82), em um trecho aqui considerado como exposto à energia das ondas oceânicas. Dessa forma, as feições morfológicas observadas neste local, em duas diferentes datas, podem ser o resultado deste mesmo foco de convergência de onda.

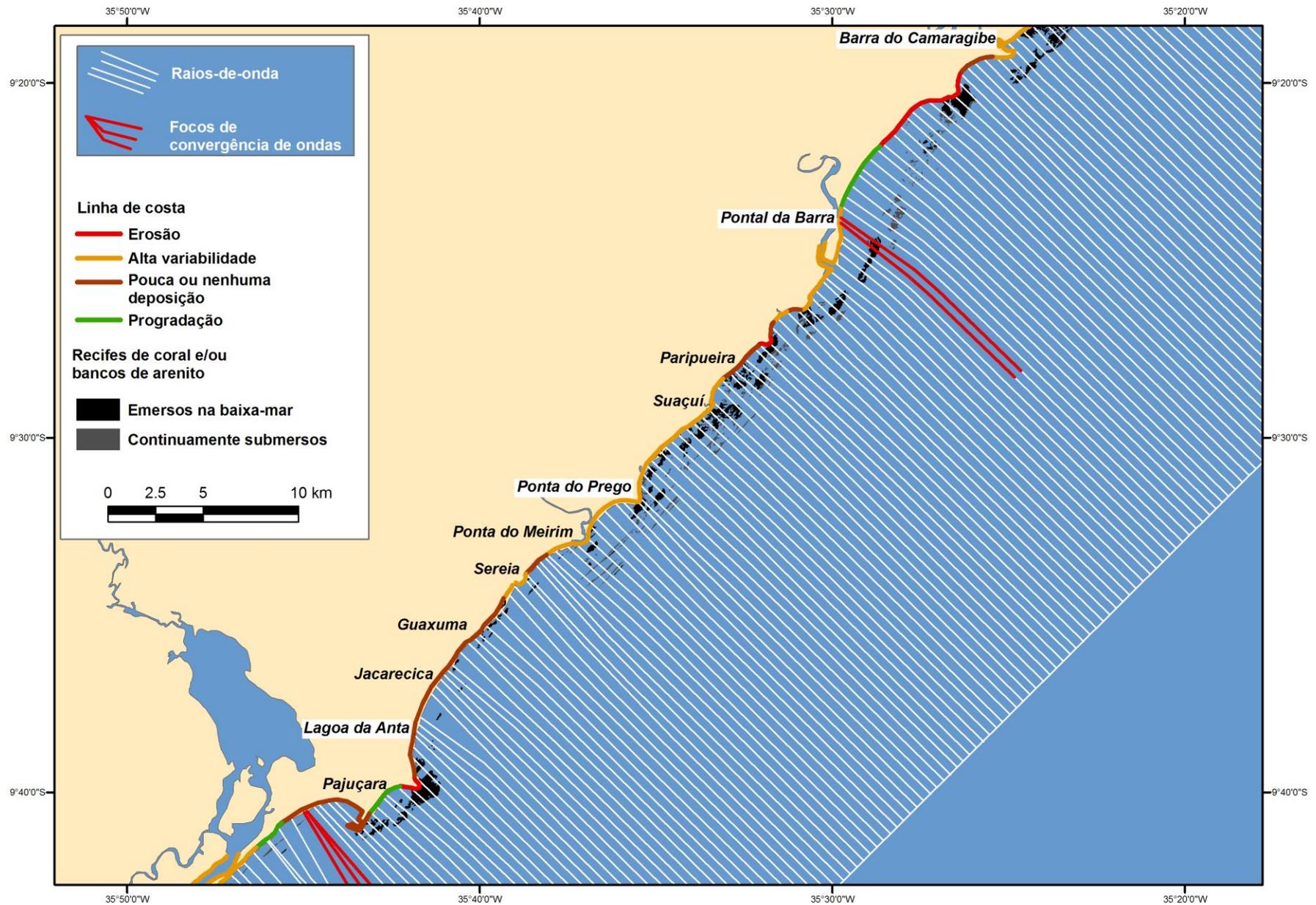


Figura 81 - Diagrama de refração para ondas de SE destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Barra do Camaragibe e Pajuçara.

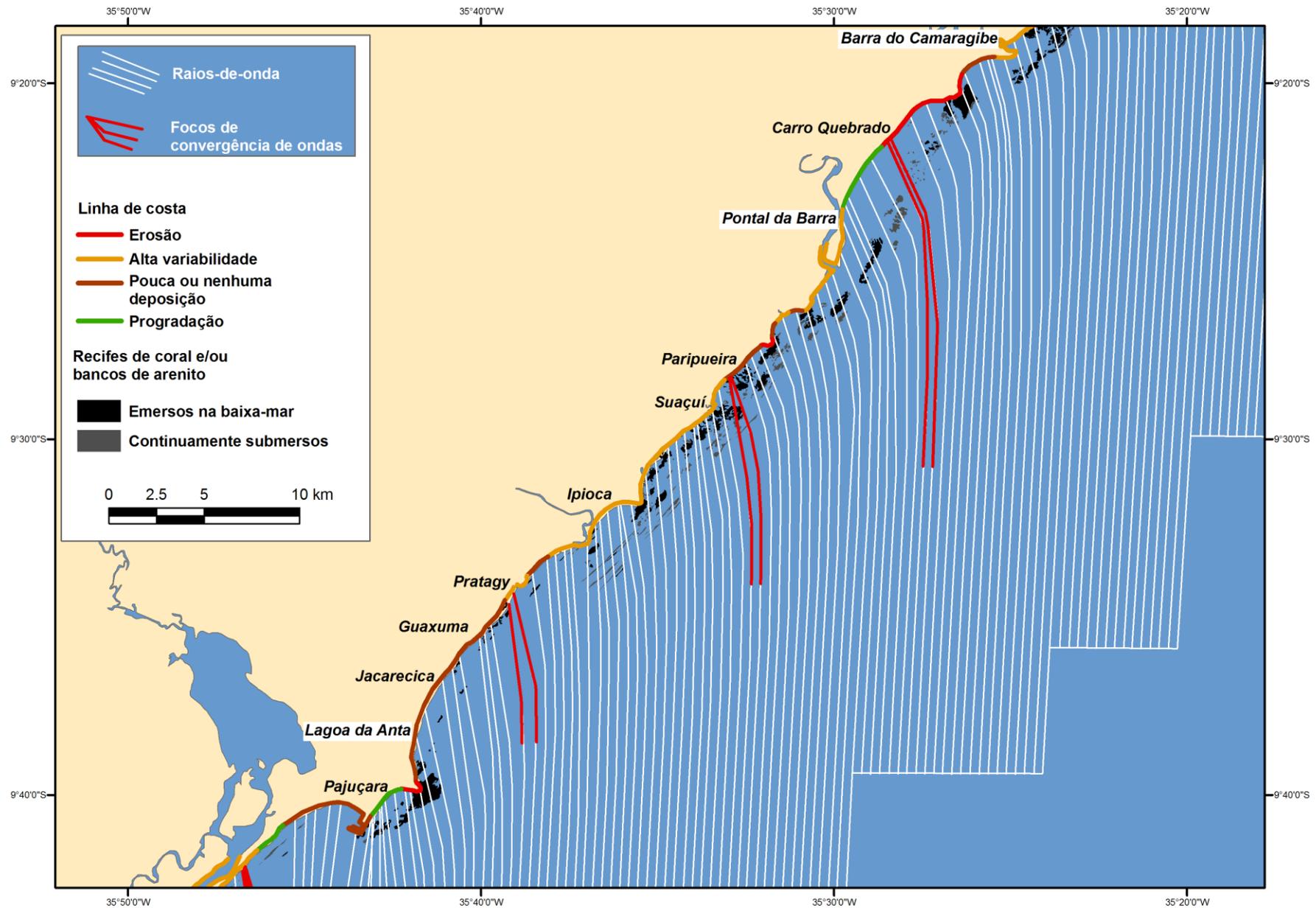


Figura 82 - Diagrama de refração para ondas de S destacando os focos de convergência de onda mencionados no texto – trecho costeiro entre Barra do Camaragibe e Pajuçara.



Figura 83 – Morfologias costeiras e/ou obras de proteção observadas em locais onde há focos de convergência de onda de uma ou mais direções (E, SE e S): A – Falésia ativa na Formação Barreiras na praia do Carro Quebrado; B – Obras de proteção destruídas na praia do Pontal da Barra; C – Estrutura de contenção destruída na praia de Paripueira ; D – Destruição parcial de imóvel na linha de costa da praia do Pratygy na década de 80 do século passado (Foto: R.T. Carvalho); e, E – Destruição de imóvel na linha de costa da praia do Pratygy na atualidade (ver figuras 81 e 82 para localização).

### 8.3. Trecho Costeiro entre Pajuçara e Pontal do Coruripe

A figura 87 A apresenta a destruição parcial do muro de contenção do calçadão da praia do Sobral. Como observado na figura 85 para ondas de SE, existe aí um foco de convergência de raios-de-onda. Este local sofre periodicamente destruição dessa estrutura como discutido no capítulo 7 deste trabalho.

A figura 87 B apresenta evidências de destruição do muro de contenção do calçadão na praia do Pontal da Barra, local que apresenta focos de convergência de raios-de-onda de E (Fig. 84) e de S (Fig. 86). Este trecho também apresenta, periodicamente, destruição deste muro como anteriormente discutido no capítulo 7 deste trabalho.

Foco de convergência de raios de onda de S (Fig. 86) é encontrado na localidade da Barra Nova, que apesar de estar localizada na parte protegida pelo pontal arenoso à sua frente sofre, durante as ressacas marítimas, como discutido no capítulo 7 deste trabalho, a penetração de ondas oceânicas. Este fenômeno, que deixa marcas nos imóveis localizados à beira-mar (Fig. 87 C), pode ser intensificado por estes focos de convergência de raios-de-onda.

A figura 87 D apresenta uma escarpa erosiva esculpida no terraço na praia do Saco da Pedra, onde ocorrem focos de convergência de raios-de-onda de S (Fig. 86).

Uma escarpa erosiva é observada em um pequeno trecho na praia da Gameleira (Fig. 87 F), associada a focos de convergência de raios-de-onda de SE (Fig. 85) e de S (Fig. 86).

Na praia da Lagoa do Pau observa-se construções sobre a linha de costa com o muro parcialmente danificado (Fig. 87 G). Neste local observa-se um foco de convergência de raios-de-onda de SE (Fig. 85).

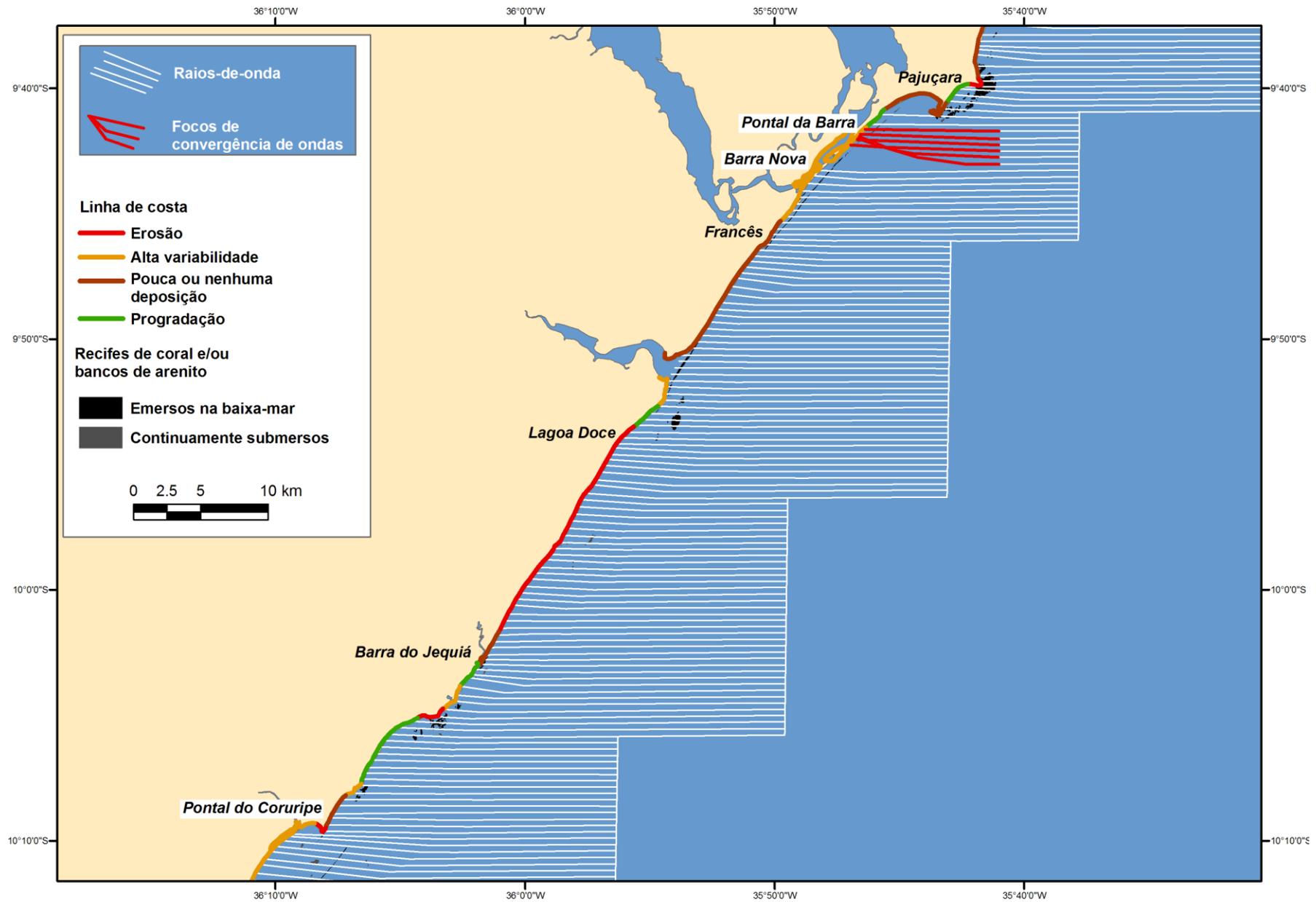


Figura 84 – Diagrama de refração para ondas de E destacando o foco de convergência de onda mencionado no texto – trecho costeiro entre Pajuçara e Pontal do Coruripe.

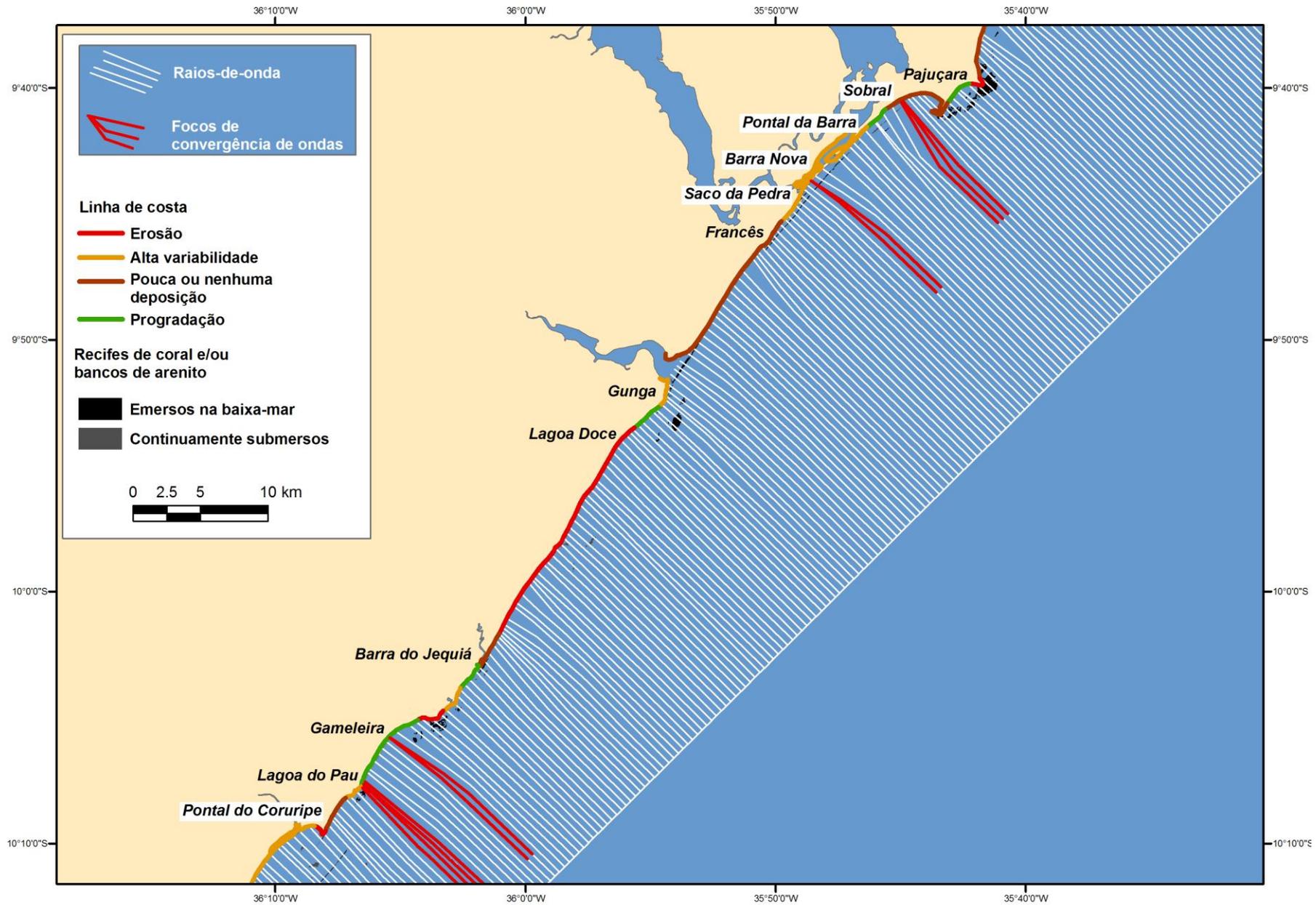


Figura 85 – Diagrama de refração para ondas de SE destacando os focos de convergência de onda mencionado no texto – trecho costeiro entre Pajuçara e Pontal do Coruripe.

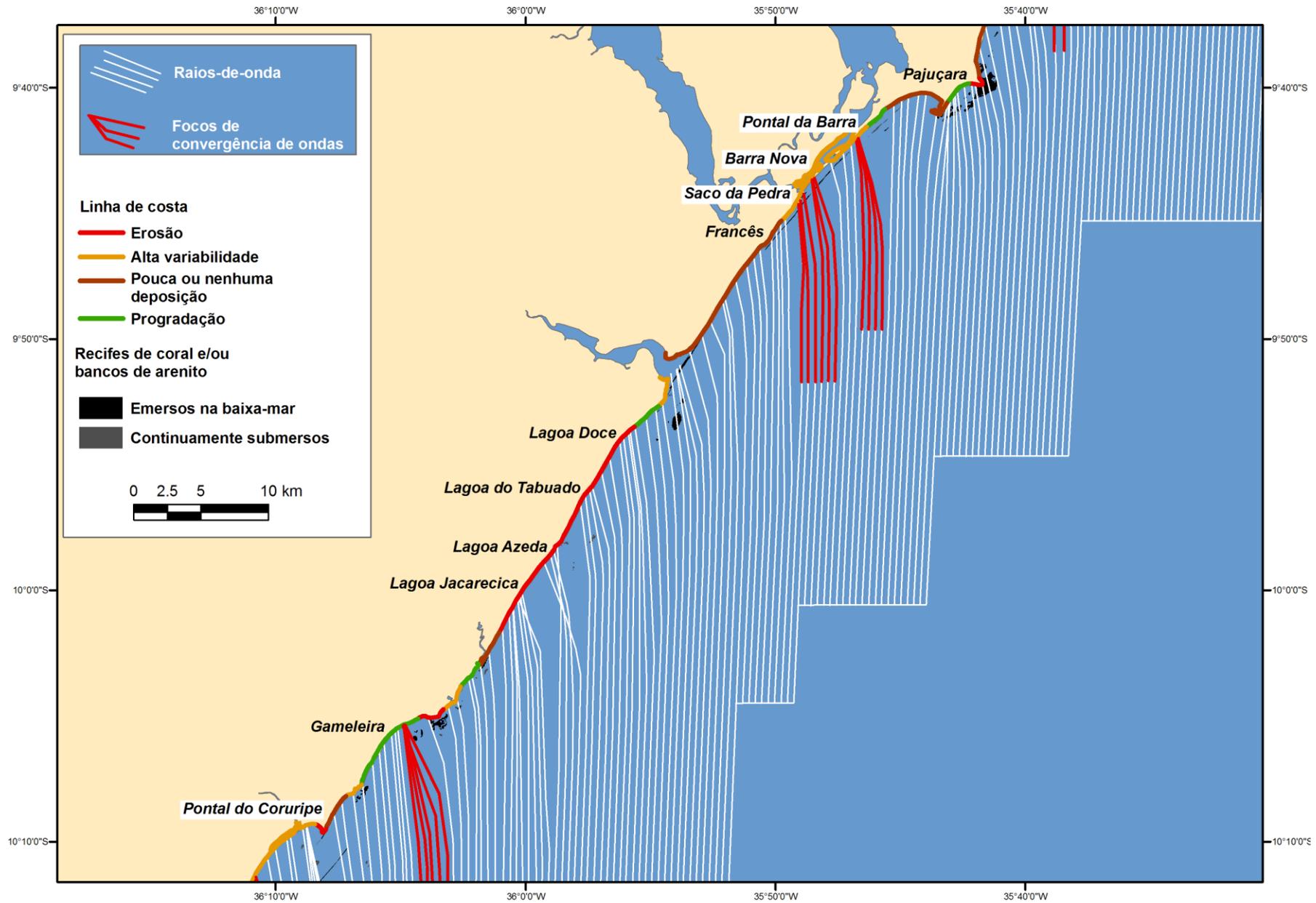


Figura 86 – Diagrama de refração para ondas de S destacando os focos de convergência de onda mencionado no texto – trecho costeiro entre Pajuçara e Pontal do Coruripe.



Figura 87 – Morfologias costeiras e obras de proteção observadas em locais onde há focos convergência de onda de uma ou mais direções (E, SE e S): A – Trecho costeiro na praia do Sobral mostrando destruição parcial do muro de arrimo que protege o calçadão B – Destruição de parte da estrutura de proteção da linha de costa na praia do Pontal da Barra; C – Casa destruída na localidade de Barra Nova; D – Escarpa erosiva no terraço arenoso e destruição de muros de arrimo na praia do Saco da Pedra; E – Escarpa erosiva no terraço arenoso na praia da gameleira; F – Muro destruído na praia da Lagoa do Pau (ver figuras 69, 70 e 71 para localização).

#### 8.4. Trecho Costeiro entre as Praias da Enseada do Batel e a Foz do Rio São Francisco

Neste setor são encontradas poucas ocorrências de anteparos costeiros à energia das ondas, que são: os bancos de arenito do Pontal do Coruripe, distantes da linha de costa, cerca de 4 km, o recife defronte à praia do Poço, distante cerca de 3 km da linha de costa, e o recife do Pontal do Peba, adjacente à linha de costa (Fig. 89).

Os principais efeitos sobre a linha de costa, em resposta a focos de convergência de raios-de-onda podem ser vistos na figura 88, onde na praia de Miai de Cima uma escarpa erosiva é encontrada, assim como um bar, localizado sobre a linha de costa apresentando parcial destruição. Este trecho está submetido a um foco de convergência de raios-de-onda de S (Fig. 89).



Figura 88 – Escarpa erosiva no terraço arenoso na praia de Miai de Cima.

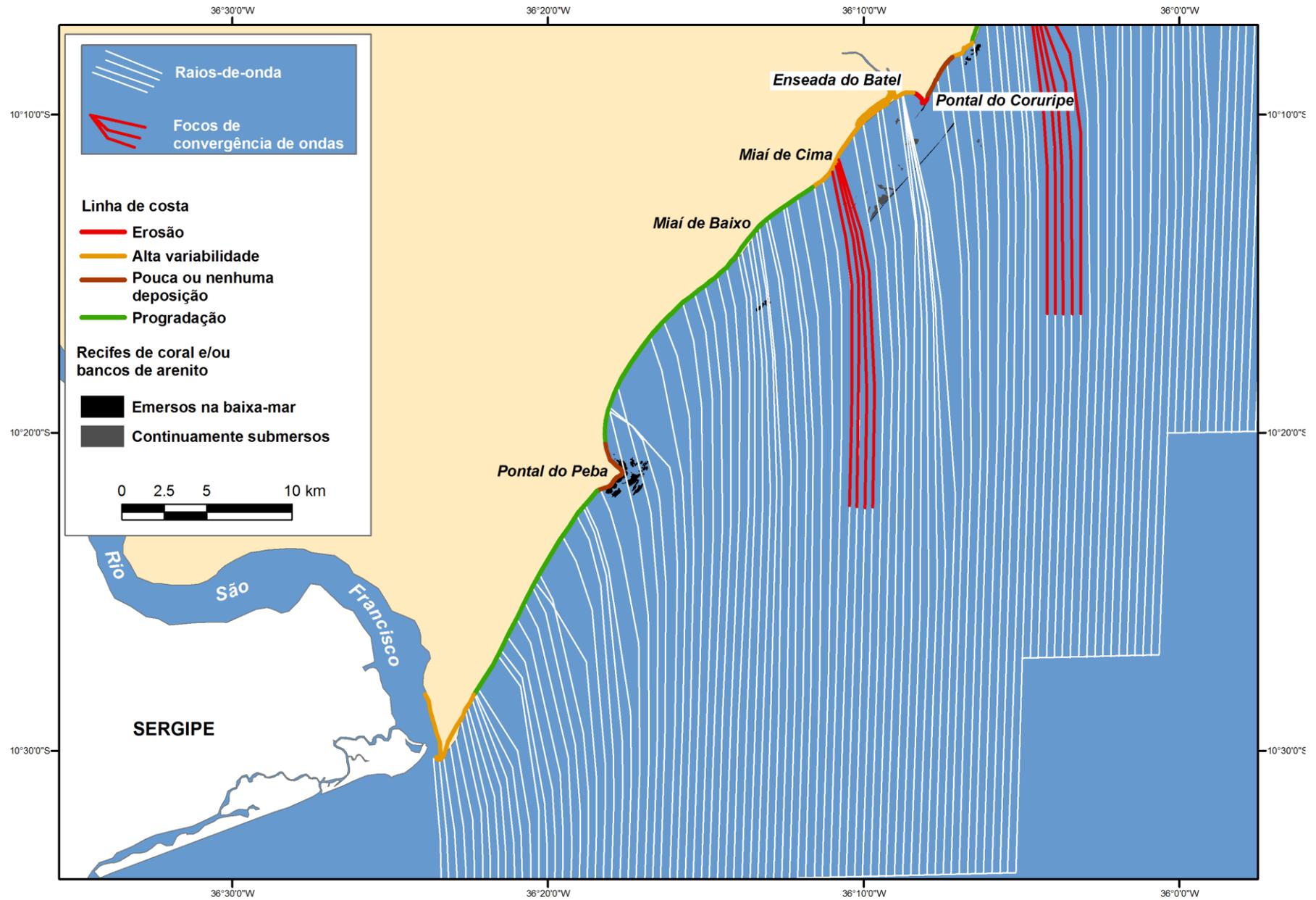


Figura 89 - Diagrama de refração para ondas de S destacando o foco de convergência de onda mencionado no texto – trecho costeiro entre Enseada do Batel e foz do rio São Francisco.

## **9. A OCUPAÇÃO HUMANA AO LONGO DA ORLA MARÍTIMA DO ESTADO DE ALAGOAS**

A partir do ano de 1530 o governo de Portugal estabeleceu uma política de povoamento para a colônia, dividindo o seu território em capitanias hereditárias. Entretanto, a colonização da capitania de Pernambuco, que se estendia desde a foz do rio Santa Cruz, em território pernambucano, até a foz do rio São Francisco e, com a vinda de Duarte Coelho sua família e companheiros para o Brasil em 1535 é que iniciou-se o processo de colonização das terras alagoanas. A primeira povoação dessas terras se deu em Penedo à margem do rio São Francisco, fundada no início do século XVI

### **9.1. Crescimento Populacional**

Em escala mundial, o litoral apresenta índices de densidade demográfica quase sempre superiores às das terras interioranas. A pressão exercida por um grande número de pessoas resulta em uma proliferação de formas de ocupação da zona costeira que, por exemplo, em muitos casos, terminam por destruir os valores estéticos que originalmente haviam atraído as pessoas para esta região (Komar, 1998; Small & Nicholls, 2003). Por outro lado, esta crescente ocupação tem resultado em significativas degradações ambientais ao longo da linha de costa (Nordstrom, 1994; Masselink & Hughes, 2003; Small & Nicholls, 2003; Santos *et al.* 2007; Silva *et al.* 2006), em alguns casos com desestruturações irreversíveis (Williams & Sothern, 1986; Komar, 1998; Suele & Nicholls, 2003).

Atualmente, cerca de 50% da população mundial vive a uma distância menor do que 6 km da costa, estimando-se que este número eleve-se para 75% até o ano de 2020 (Charlier & Bologna, 2003).

Assim como em outros países, o crescimento populacional e o desenvolvimento urbano associado são as principais causas de mudanças ambientais observadas nos ambientes costeiros brasileiros (IBAMA, 2002). No Brasil, cerca de um terço da população habita a beira-mar e quase a metade vive a menos de 200 km da linha de costa (MMA, 2002).

O Estado de Alagoas apresenta valores de densidade demográfica distintos entre os municípios da hinterlândia e os que fazem parte da sua zona costeira. De acordo com os

primeiros dados do censo de 2010 (IBGE, 2010), o Estado de Alagoas apresenta uma população de 3.120.922 habitantes, com uma densidade demográfica de 112 h/km<sup>2</sup>. Se considerarmos apenas a população que vive nos municípios que fazem parte da zona costeira deste Estado, temos uma população de 1.436.362 habitantes, com valor de densidade demográfica de 246 h/km<sup>2</sup>, isso equivalendo a mais do que o dobro da densidade demográfica do Estado, correspondendo a 46% da população vivendo nos municípios da zona costeira alagoana.

## **9.2. Urbanização ao Longo da Linha de Costa do Estado de Alagoas**

O Estado de Alagoas apresenta aproximadamente 45% da sua linha de costa urbanizada (Fig. 90), concentrando-se principalmente no Setor I (Fig. 92), representada por espaços destinados a atender a demanda turística do Estado, considerada a principal fonte de crescimento da economia regional (Medeiros de Araújo & Bramwell, 2002), assim como, por segundas residências, que são ocupadas principalmente durante os meses de verão, quando a população sazonal aumenta consideravelmente. Concentram-se também pequenos núcleos urbanos, assim como a área representada pela capital do Estado, a cidade de Maceió, sendo este o maior núcleo urbano desta costa, onde são observadas algumas atividades industriais e econômicas, como o pólo cloro-químico de Alagoas e as atividades portuárias desenvolvidas no Porto de Maceió, além das atividades de turismo. Linhas de costa semi-desertas representam aproximadamente 48% do seu total (Fig. 90), concentradas principalmente nos Setores II e III (Figs. 96 e 99), onde encontram-se sítios, fazendas, pequenas vilas de comunidades tradicionais, além de, (ocupados principalmente nos meses de verão), hotéis, pousadas, e segundas residências nas localidades de Barra Nova, Saco da Pedra, Francês, Barra de São Miguel, Pontal do Coruripe e Pontal do Peba. Por fim, apenas 7% dessa linha de costa apresenta características de praias desertas (Fig. 90), encontradas unicamente na planície deltaica do rio São Francisco, entre as praias do Pontal do Peba e a da foz deste rio (Fig. 99).

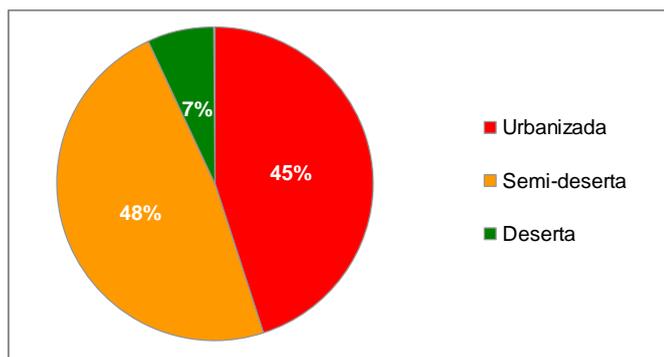


Figura 90 - Síntese dos tipos de ocupação da linha de costa do Estado de Alagoas.

As diferenças de densidade de urbanização ao longo da linha de costa nos três setores aqui definidos para este Estado refletem quatro principais fatores: (a) a distância da área mais populosa do Estado, ou seja, Maceió, até os seus extremos norte e sul. Do centro de Maceió até Porto de Pedras (limite geográfico aqui considerado devido à necessidade de travessia do rio Manguaba por meio de balsa, devido a inexistência de uma ponte sobre este rio) alcança 118 km e, daí até a divisa AL/PE são mais 34 km, o que dá um total de 152 km. E, do centro de Maceió até a localidade do Pontal do Peba são, 129 km (ver figuras 92, 96 e 99); (b) a distância do centro da cidade do Recife até a divisa PE/AL é de 112 km e, daí até Porto de Pedras são mais 34 km, totalizado 146 km (Fig. 92); (c) as facilidades de acesso através de rodovias pavimentadas que margeiam o litoral desses dois Estados são representadas pela AL-101 e a PE-060 (Figs. 92, 96 e 99); (d) a beleza cênica, principalmente nos setores I e II, com praias, na maior parte do ano, de águas límpidas e calmas, assim como pela presença dos recifes costeiros. Nesse contexto, as praias do Estado de Alagoas, de uma maneira geral, se encaixam no modelo de Wong (2003) para praias tropicais que apresentam perfeitas condições para o uso recreacional e o turismo costeiro, devido às suas condições ambientais favoráveis ao longo de praticamente todo o ano.

### 9.2.1. Urbanização da Linha de Costa no Setor I

O Setor I apresenta-se como aquele com maior nível de concentração urbana da linha de costa, representando aproximadamente 64% do seu total (Figs. 91 e 92). Esta ocupação concentra-se principalmente entre as praias de Peroba e do Porto de Pedras, onde são encontrados diversos equipamentos destinados a atender a demanda turística desta região, trecho costeiro este que faz parte da denominada Costa dos Corais (Maída & Ferreira, 1997; Castro & Pires, 2001; Leão *et al.*, 2003). Dentre estes equipamentos destacam-se hotéis do

tipo *resorts* (Fig. 93 A) e diversos hotéis de pequeno porte (Fig. 93 B), pousadas, bares e restaurantes. São encontrados também condomínios e segundas residências (Fig. 93 C). Pequenos centros urbanos também são encontrados neste trecho, como as cidades de Maragogi (Fig. 93 D), Japaratinga e Porto de Pedras (Fig. 92). Outros pequenos aglomerados urbanos estão aí localizados, como Barra Grande, São Bento (Fig. 93 E) e Pontal do Boqueirão, onde encontram-se principalmente segundas residências (Fig. 93 F). O trecho localizado entre Porto de Pedras e o Pontal da Barra (Figs. 92 e 94 A), apresenta menor urbanização neste setor, sendo encontrada uma única sede municipal à beira-mar neste trecho, representada pela cidade de São Miguel dos Milagres (Fig. 92). Pequenos núcleos urbanos são encontrados, como Porto da Rua e Barra do Camaragibe, localizados também à beira-mar (Fig. 92). Já o trecho localizado entre a Barra de Santo Antônio e a cidade de Maceió apresenta como principais núcleos urbanos as cidades de Barra de Santo Antônio e de Paripueira (Fig. 92). Pequenos núcleos urbanos, destinados principalmente a segundas residências e equipamentos reservados ao turismo são encontrados nas praias de Tabuba (Fig. 94 B), Costa Brava, Ipioca e na desembocadura do rio Meirim (Fig. 92). Entre as praias da Sereia e Maceió, a urbanização da linha de costa aumenta progressivamente de intensidade, devido principalmente à aproximação com a capital do Estado (Fig. 92). Neste trecho encontram-se diversos condomínios residenciais e de segundas residências (Fig. 94 C), hotéis tipo *resort* (Fig. 94 D), pousadas, clubes, dentre outros construídos à beira-mar. A cidade de Maceió apresenta a melhor estrutura urbana deste trecho costeiro, onde pode ser vista uma orla verticalizada que apresenta elevado valor paisagístico. Nesta cidade, são encontrados, ao longo da sua orla, calçadas, ciclovias, além de alguns bares e restaurantes próximos a zona de lavagem das ondas (Fig. 94 E). Apesar de toda a toda beleza paisagística que compõem esta orla, e da conveniência dessas estruturas (bares e restaurantes), a proximidade das mesmas com a zona de lavagem das ondas indica risco de ocupação.

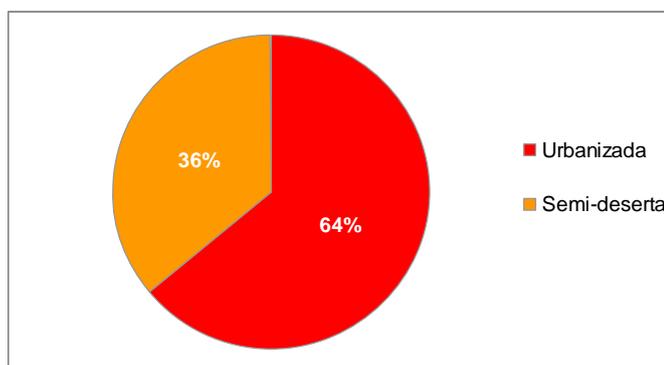


Figura 91 - Síntese dos tipos de ocupação da linha de costa do Setor I (Estado de Alagoas)

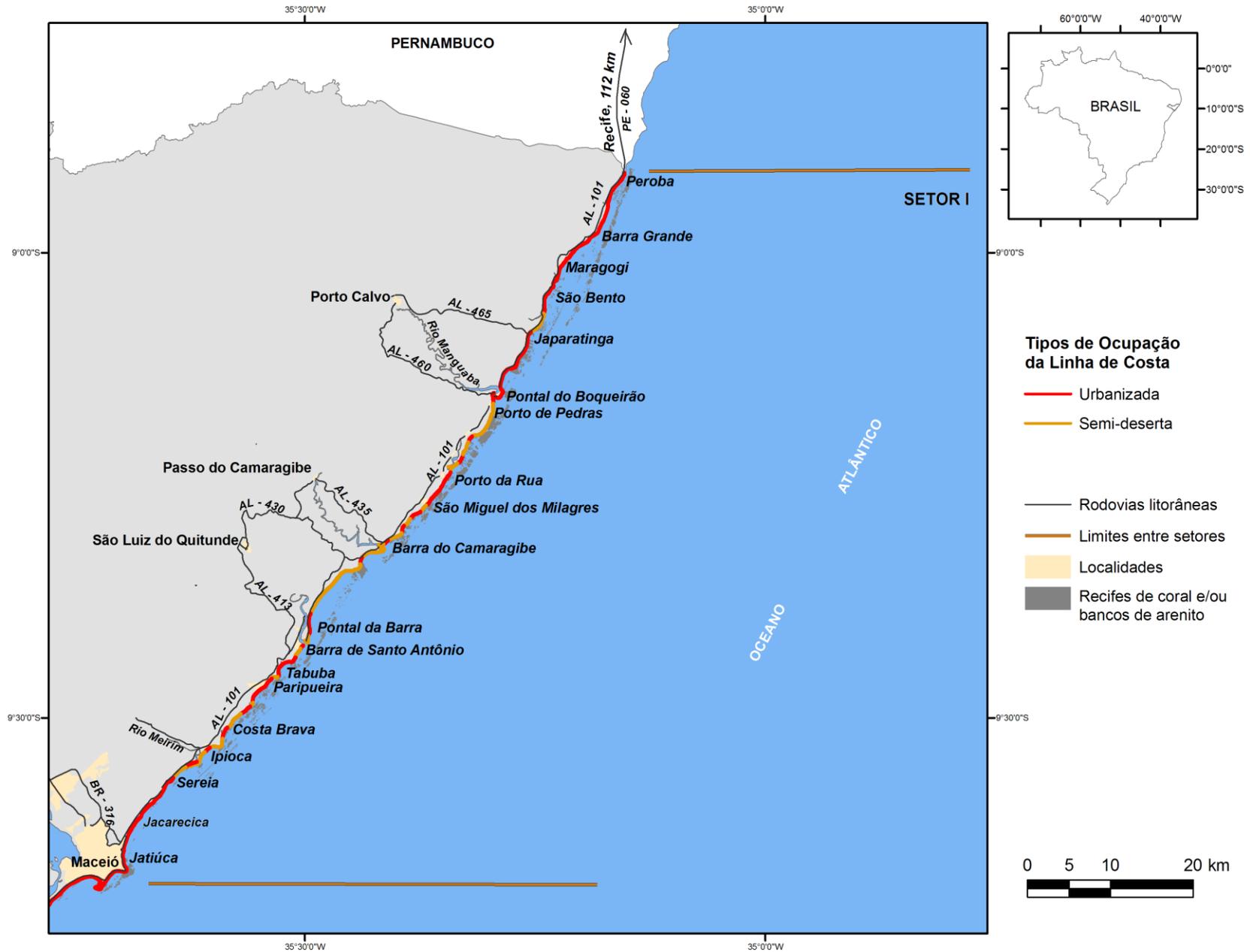


Figura 92 - Tipos de ocupação da linha de costa no Setor I (Estado de Alagoas).



Figura 93 - Linhas de costa urbanizadas do Setor I (Estado de Alagoas): A – Hotel tipo resort em Maragogi (Foto Miramar Maragogi); B – Hotel de pequeno porte localizado próximo a zona de lavagem das ondas (Foto G. Fernandes); C – Casa (segunda residência) construída próxima a zona de lavagem das ondas na praia de Maragogi (Foto G. Fernandes); D – Ocupação da linha de costa da cidade de Maragogi (Foto G. Fernandes); E – Ocupação da linha de costa da localidade de São Bento (Foto Engesoft); F – Ocupação da linha de costa no Pontal do Boqueirão (Foto L. Villanova) (ver figura 92 para localização).



Figura 94 - Linhas de costa urbanizadas do Setor I (Estado de Alagoas): A – Urbanização da linha de costa na praia do Pontal da Barra (Foto J.C. Pereira); B – Ocupação urbana na linha de costa da praia de Tabuba (Foto F. Lucas); C – Ocupação urbana na linha de costa na praia de Jacarecica (Foto Rafiuskss); D – Hotel tipo resort na praia de Jatiúca (Foto L.L. Azevedo); E – Padrão de ocupação da orla de Maceió (Foto D.B. Cavalcante) (ver figura 92 para localização).

### 9.2.2. Urbanização da Linha de Costa no Setor II

O Setor II apresenta cerca de 35% de linha de costa urbanizada (Figs. 95 e 96), com destaque para o trecho costeiro localizado entre o Porto de Maceió e o Pontal da Barra (Fig. 95), que apresenta entre a praia do Sobral e do Trapiche uma área densamente ocupada com prédios públicos, residências e um calçadão bordejando a linha de costa (Fig. 97 A). Entre as praias do Trapiche e do Pontal da Barra encontra-se uma urbanização menos densa, com um calçadão e uma ciclovia bordejando a linha de costa (Fig. 97 B). Outros trechos que apresentam urbanização na linha de costa podem ser vistos, por exemplo, na localidade da Barra Nova, Saco da Pedra, Francês, Barra de São Miguel e Pontal do Coruripe (Fig. 96), todos com características de balneários, onde predominam na linha de costa segundas residências, como é o caso da localidade da Barra Nova (Fig. 97 C), da praia do Francês, onde predominam na linha de costa barracas de praia (Fig. 97 D) e da praia da Barra de São Miguel, onde predominam segundas residências (Fig. 97 E). Pequenas aglomerações urbanas são vistas ainda nas praias da Lagoa Azeda e do Pontal do Coruripe (Fig. 96). Na praia da Lagoa Azeda predominam casas residenciais (Fig. 97 F), enquanto na praia do Pontal do Coruripe predominam segundas residências (Fig. 97 G).

A maior parte deste setor, ou seja, aproximadamente 65%, apresenta linhas de costa semi-desertas (Figs. 95 e 96), como é o caso das praias localizadas entre o Pontal da Barra e o Saco da Pedra, entre o as praias do Francês e da Barra de São Miguel, assim como o extenso trecho entre as praias do Gunga e do Pontal do Coruripe (Fig. 96). Nestas regiões, a linha de costa bordeja fazendas ou sítios.

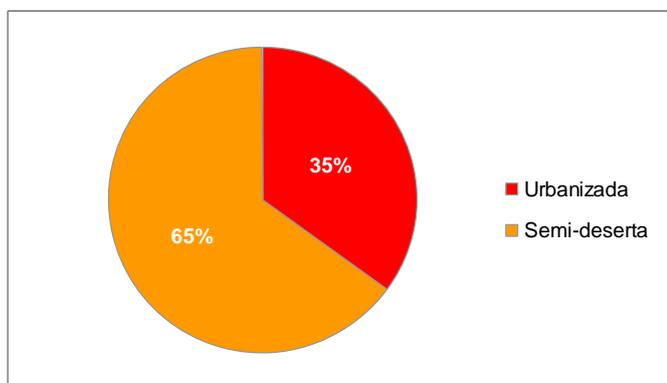


Figura 95 - Síntese dos tipos de ocupação da linha de costa do Setor II (Estado de Alagoas).

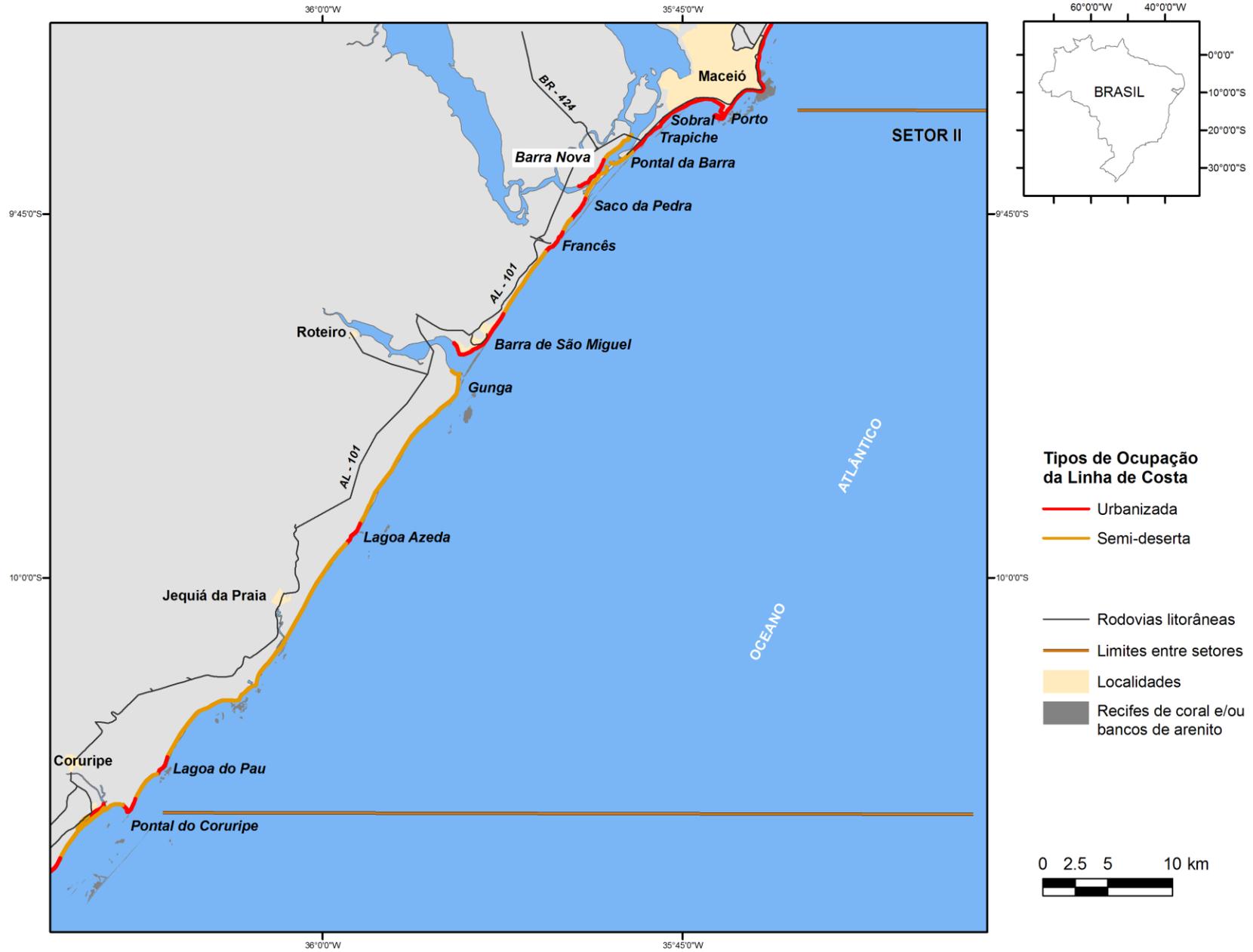


Figura 96 - Tipos de ocupação da linha de costa do Setor II (Estado de Alagoas).



Figura 97 – Linhas de costa urbanizadas do Setor II (Estado de Alagoas): A – Praia do Sobral apresentando linha de costa bordejada por um calçadão e uma ciclovia; B – Pontal da Barra apresenta um calçadão e uma ciclovia; C – Barra Nova apresentando predomínio de segundas residências; D – Praia do Francês ocupada por barracas de praia; E – Barra de São Miguel onde predominam segundas residências; F – Linha de costa ocupada por população fixa na Lagoa Azeda; G – Linha de costa ocupada por segundas residências no Pontal do Coruripe (ver figura 96 para localização).

### 9.2.2. Urbanização da Linha de Costa no Setor III

O Setor III, com 14% de sua extensão urbanizada (Fig. 98), apresenta o menor nível de urbanização ao longo da região costeira do Estado de Alagoas. Os principais núcleos urbanos aí encontrados (Fig. 99) localizam-se em Barreiras, Miai de Cima (Fig. 100 A), Miai de Baixo (Fig. 100 B), e Pontal do Peba (Fig. 100 C), que consistem em pequenas comunidades tradicionais, que exploram, em parte, o pequeno movimento turístico durante a temporada de verão. Observa-se ainda nestes locais algumas segundas residências.

Aproximadamente 51% da linha de costa deste setor apresenta características de praias semi-desertas, com a presença de sítios e fazendas à beira-mar (Fig. 98).

O trecho localizado entre o Pontal do Peba e a foz do rio São Francisco representa aproximadamente 35% de linha de costa deste setor e é caracterizado como deserto, visto que não ocorre nenhuma forma de ocupação humana nas proximidades da linha de costa (Fig. 98).

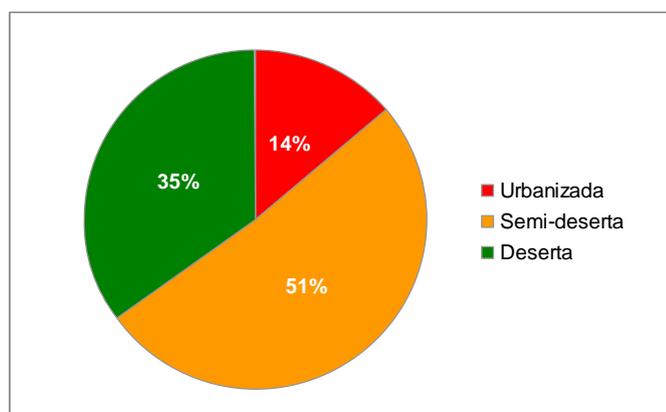


Figura 98 - Síntese dos níveis de ocupação urbana da linha de costa do Setor III (Estado de Alagoas).

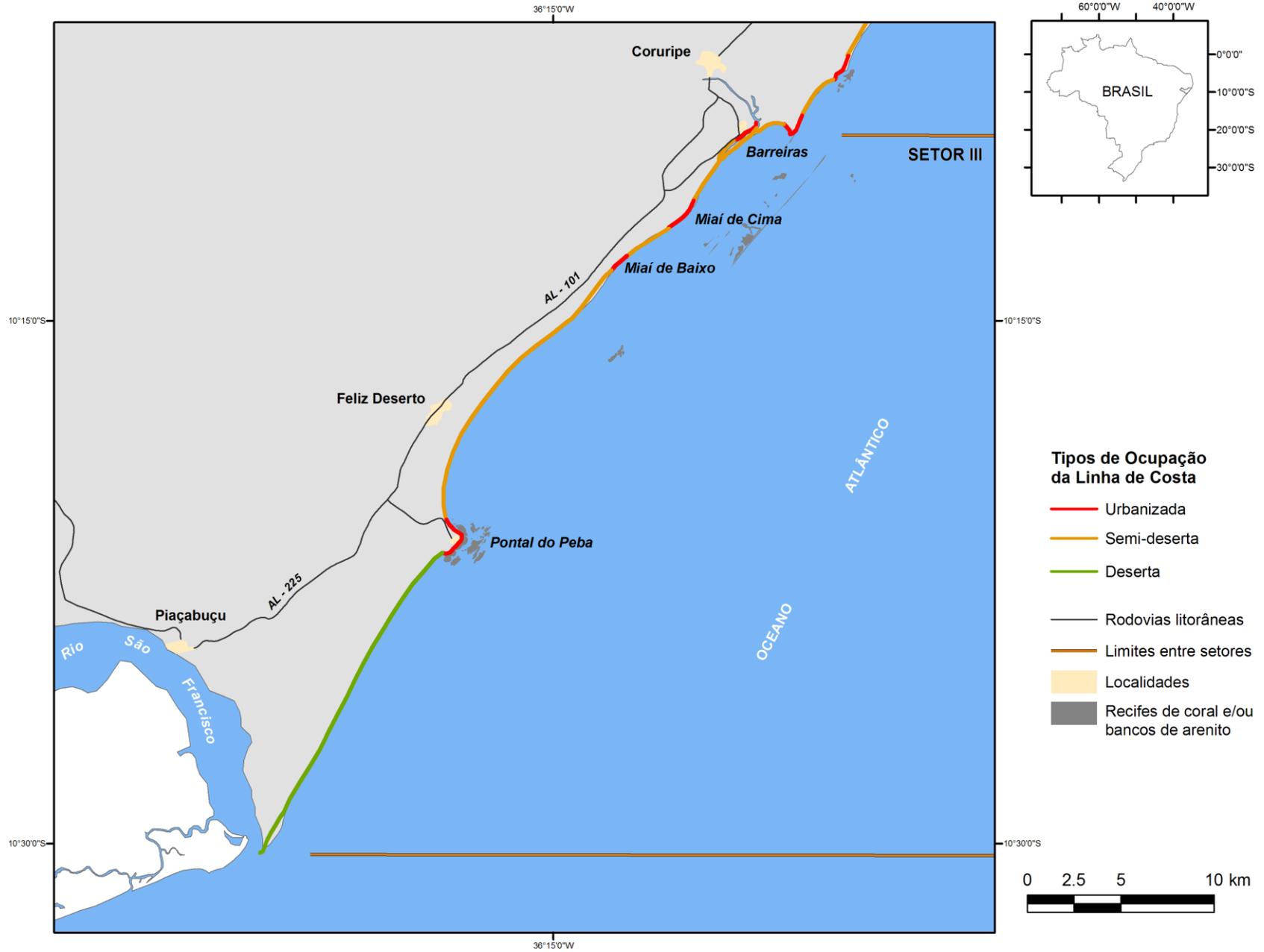


Figura 99 - Tipos de ocupação da linha de costa do Setor III (Estado de Alagoas).



Figura 100 – Trechos costeiros que apresentam urbanização da linha de costa no Setor III: A – Miai de Cima; B – Miai de Baixo; C – Pontal do Peba (ver figura 99 para localização).

### 9.3. Adaptações à Erosão da Linha de Costa

A partir da metade do século XX, o isolamento entre as regiões litorâneas e interioranas do Brasil começa a ser transposto com a construção de eixos rodoviários entre estas regiões. Entre as décadas de 1950 e 1980 os eixos rodoviários se consolidam, assim como os eixos secundários, que levam a locais distantes de centros urbanos, voltados exclusivamente para a função turística ou de segundas residências (Panizza *et al.*, 2009). Na atualidade, o litoral brasileiro vive, além de um incremento do turismo e do veraneio doméstico, uma rápida inserção no turismo internacional, ocasionando assim uma veloz ocupação e adensamento de localidades até então isoladas e preservadas (MMA, 2002).

Como mencionado anteriormente, com a intensa urbanização do litoral, surgem os problemas relacionados com a erosão costeira, que causam, dentre outros, impactos sócio-econômicos que resultam em prejuízos financeiros decorrentes dos danos em construções situadas inadequadamente no espaço dinâmico das praias.

Nesse sentido, os prejuízos causados pelo fenômeno da erosão costeira tendem a ser resolvidos de forma desordenada e, em algumas vezes, sem critérios técnicos. Os proprietários de imóveis localizados no perfil ativo das praias de Alagoas realizam diversos tipos de obras de proteção, como adaptação a este fenômeno. Os tipos mais comuns encontrados ao longo desta linha de costa são muros de arrimo, enrocamentos, dissipadores de energia, dentre outros.

A figura 101 mostra a relação bem próxima entre os locais com tendência erosiva, urbanizados e a existência de obras de proteção na linha de costa do Estado de Alagoas. Dessa forma, por exemplo, o trecho localizado entre as praias de Peroba e da Barra de Santo Antônio apresenta grande intensidade de obras de proteção costeira devido à grande ocupação urbana da sua linha de costa associada aos fenômenos de erosão e de alta variabilidade da linha de costa. Já no trecho situado entre Saco da Pedra e a foz do rio São Francisco, é notável a diminuição na quantidade de obras de proteção costeira, em função das condições ambientais e da ocupação dessa linha de costa (Fig. 101).

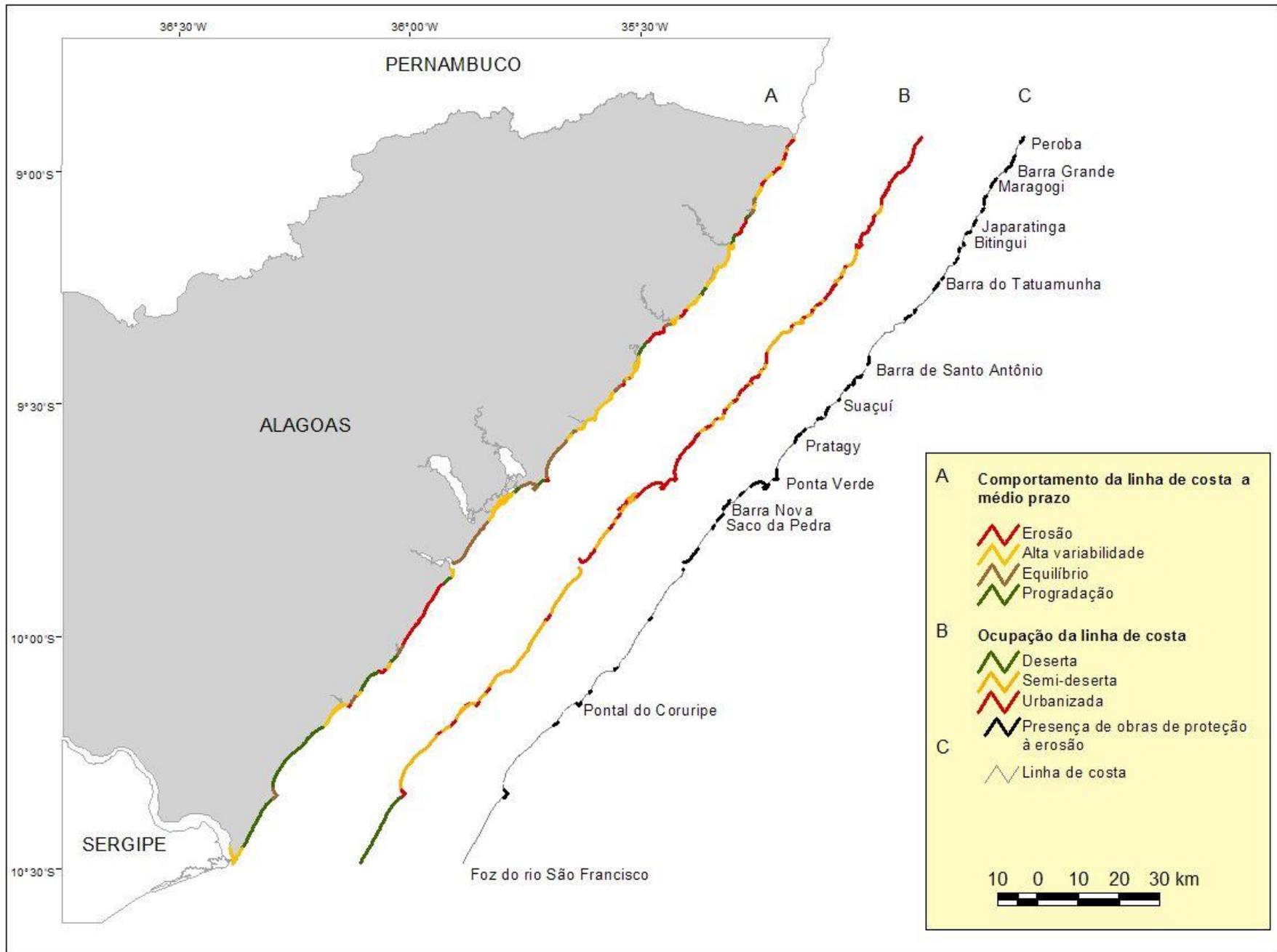


Figura 101 – A – Comportamento; B – ocupação e C – estruturas de proteção costeira observadas ao longo da linha de costa de Alagoas.

Na praia de Peroba observam-se diversas obras de proteção, principalmente muros em frente a imóveis (Fig. 102 A). Outro tipo de proteção observada em alguns pontos deste litoral foram sacos preenchidos por cimento que são colocados na frente dos imóveis à beira-mar, como pode ser visto na localidade de Barra Grande (Fig. 102 B). São também encontrados imóveis com proteção de toras de coqueiro e aterro na retaguarda dessa estrutura, como na praia de Maragogi (Fig. 102 C). A figura 102 D apresenta um tipo de estrutura feita com pedras amarradas a pedaços de madeira, em disposições paralela e perpendicular à linha de costa na praia de Bitingui. Em um trecho de falésias em Japaratinga foi utilizado um dissipador de energia denominado de *bagwall* (Fig. 102 E), para proteger a rodovia AL-101 que passa, neste trecho, na borda da falésia. Este tipo de estrutura de proteção também foi observado nas praias da Ponta Verde (Fig. 103 A) e da Barra Nova (Fig. 103 B). Muros de proteção foram observados na praia do Saco da Pedra (Fig. 103 C). Um tipo de dissipador de energia similar ao *bagwall* foi visto na praia do Pontal do Coruripe (Fig. 103 D).



Figura 102 – Estruturas de proteção costeira observadas ao longo da linha de costa do Estado de Alagoas: A – Muros de arrimo na praia de Peroba; B – Sacos preenchidos por cimento na praia de barra Grande; C – Estruturas de proteção construídas com toras e aterro na praia de Maragogi; D – Estruturas de proteção na praia de Bitingui; Dissipador de energia na praia de Japaratinga (ver figura 101 para localização).



Figura 103 – Estruturas de proteção costeira observadas ao longo da linha de costa do Estado de Alagoas: A – Dissipador de energia na praia da Ponta Verde; B – Dissipador de energia na praia da Barra Nova; C – Muros de proteção na praia do saco da Pedra; D – Estrutura de proteção na praia do Pontal do Coruripe; (ver figura 101 para localização).

Entretanto, muitas estruturas construídas ao longo desta linha de costa, muitas vezes, não apresenta a resposta esperada e acaba cedendo à energia das ondas e marés. Neste contexto, é possível ver tais exemplos em diversas praias, como em Peroba, onde podem ser vistos muros destruídos ao longo da linha de costa (Fig. 104 A), na Barra do Tatuamunha, onde uma casa foi destruída, apesar da tentativa de conter o avanço do mar com toras de coqueiros (Fig. 104 B), assim como em Barra de Santo Antônio (Fig. 104 C) e na praia do Suaçuí (Fig. 104 D), onde observa-se que os muros construídos à frente das casas não resistiram à energia do mar. Da mesma forma, pode-se observar na praia do Pratygy, onde o avanço do mar deixou isolado, sobre a face da praia, o muro de contenção, ameaçando destruir a casa na sua retaguarda (Fig. 104 E).



Figura 104 – Exemplos de destruição de estruturas de proteção ao longo da linha de costa do Estado de Alagoas: A – Muros de arrimo na praia de Peroba; B – Estrutura de proteção feita com toras de coqueiros na praia da barra do Tatuamunha; C – Muro de proteção na praia da Barra de Santo Antônio; D – Estrutura de proteção na praia do Pratagy; (ver figura 101 para localização).

A destruição das construções representa prejuízos econômicos aos proprietários destes imóveis, bem como compromete a beleza cênica das praias.

## 10. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Apesar das incertezas presentes na modelagem numérica, no presente trabalho foi possível reproduzir, de uma maneira geral, os padrões de dispersão de sedimentos costeiros para os cenários do Holoceno Tardio (cerca de 5.100 anos A.P.) e do Atual ao longo do Estado de Alagoas. Tais padrões mostraram a existência de uma série de pontos nodais onde há divergência ou convergência no sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos para os dois cenários aqui reproduzidos. Foi possível identificar uma significativa diferença na posição de uma zona de divergência no sentido da deriva litorânea efetiva de sedimentos na metade norte da costa de Alagoas entre as modelagens para os dois cenários. No cenário para o Holoceno Tardio esta zona de divergência situava-se nas proximidades de Tatuamunha, migrando (cerca de 20 km) para uma posição mais a nordeste no cenário Atual, situando-se então, nas proximidades de Japaratinga (Fig. 15), posicionamento este que corrobora o sugerido anteriormente por Dominguez *et al.* (1992), Martin *et al.* (1998) e Bittencourt *et al.* (2002, 2005). Os demais pontos nodais permaneceram nas mesmas posições nos cenários do Holoceno Tardio e do Atual. Tais resultados apontam para uma tendência que parece ter se mantido em longo prazo na costa alagoana, onde importantes zonas de divergência e de convergência no sentido do transporte litorâneo efetivo de sedimentos atuaram ao longo deste período de tempo, corroborando com o proposto por Dominguez *et al.* (1992), através de registros estratigráficos, de que os padrões de dispersão de sedimentos na costa leste-nordeste brasileira parecem ter se mantido, de uma maneira geral, constantes desde o Pleistoceno.

A modelagem numérica conseguiu explicar apenas os diferentes trechos ao longo da linha de costa com evidências de erosão contínua, associando-os a zonas de divergência no sentido do transporte litorâneo efetivo de sedimentos, como é o caso dos trechos costeiros de Japaratinga e da Pituba (Fig. 15), assim como o trecho sob deposição na planície costeira de Maceió, associando-o a uma zona de convergência no sentido deste transporte. (Fig. 15) Conseguiu explicar também os trechos em que há erosão contínua entre as praias da Ponta da Gameleira e do Carro Quebrado (Fig. 15), relacionando-os a um aumento na intensidade potencial da deriva efetiva de sedimentos, quando esse valor é quase trinta vezes superior ao se passar da Ponta da Gameleira para Carro Quebrado (Fig. 15). Da mesma forma, para o trecho entre a Lagoa Jacarecica e a Lagoa Doce, o que pode estar relacionado ao aumento de quase dezesseis vezes superior ao se passar de Barra do Jequiá para a Lagoa Jacarecica (Fig. 15). Estes padrões condicionam uma tendência que resulta em um déficit crônico de

sedimentos nestas áreas (Zenkovitch, 1967; Stapor & May, 1983; Stone *et al.*, 1992; Cipriani & Stone, 2001; Bittencourt *et al.*, 2005). Os sentidos da deriva litorânea efetiva de sedimentos foram confirmados pela existência de indicadores geomórficos encontrados ao longo desta linha de costa, exceto defronte à Barra do Jequiá. Nesse caso, é provável que o pontal arenoso aí existente, de relativamente pequenas dimensões, expresse apenas uma tendência contemporânea (Fig. 23).

Tais resultados demonstram também um refinamento em relação àqueles propostos por Bittencourt *et al.* (2002) que identificaram apenas três células de deriva litorânea atuantes ao longo do litoral de Alagoas. No presente trabalho, foi possível discriminar treze sub-células de deriva litorânea para o trecho costeiro em estudo. O que deve ser atribuído à maior escala de aproximação aqui utilizada. Entretanto, tal modelo não consegue explicar os pequenos trechos sob erosão e progradação constatados no presente, bem como os trechos sob alta variabilidade. Provavelmente porque outros fatores estão envolvidos nesses processos, como por exemplo, flutuações decadais no clima de ondas, bem como as limitações inerentes à modelagem numérica.

As informações obtidas a partir da modelagem numérica de larga escala ( $10^3$  anos), assim como aquelas obtidas a partir do monitoramento histórico das variações do posicionamento da linha de costa, em médio prazo, ou seja, na escala de décadas (últimos 55 anos) realizadas neste trabalho, apontaram para a existência de extensos trechos costeiros em que a linha de costa apresenta tendência a erosão ou está condicionada a alta variabilidade, totalizando aproximadamente 58%. Dessa forma, pode-se considerar que estes trechos da costa alagoana apresentam um elevado risco à ocupação humana, principalmente no que se refere à urbanização de áreas próximas à linha de costa. Foi notado que as áreas mais urbanizadas dessa linha de costa estão situadas nestes trechos. Aproximadamente 30% das propriedades à beira-mar em Alagoas foram construídas no topo do cordão arenoso frontal, resultando na remoção da vegetação e parcial ou total destruição deste cordão. Este fato resultou na construção de muitas estruturas de proteção que são observadas na linha de costa deste Estado. Tais estruturas foram construídas à frente destes imóveis, sendo comumente encontradas em praias que apresentam tendências de longo prazo à erosão, como em Japaratinga, Bitingui e Lagoa Azeda (Fig. 15), ou ainda, em médio prazo à erosão ou a alta variabilidade, como nos trechos costeiro entre as praias de Peroba e São Bento, entre o Pontal do Boqueirão e Porto da Rua, nas praias do Marceneiro e da Barra do Camaragibe, entre as

praias da Barra de Santo Antônio e a Ponta Verde, entre o Pontal da Barra e o Saco da Pedra, ainda nas praias da Lagoa Azeda, Pituba e do Pontal do Coruripe (Figs. 27 e 42). Com algumas raras exceções, encontradas também em praias que apresentam-se com pouca ou nenhuma deposição, como em Barra do Camaragibe, Tabuba, Paripueira, Garça Torta, Jatiúca, Sobral, Francês, Barra de São Miguel e do Pontal do Peba (Figs. 27, 42 e 47). Dessa forma, é evidente que os proprietários desses imóveis tradicionalmente constroem os mesmos em áreas muito próximas às zonas de lavagem das ondas em marés de sizígia, como anteriormente mencionado por Araújo *et al.* (2006).

A partir de uma pesquisa realizada em jornais locais durante o período compreendido entre os anos de 2005 e 2010, buscando informações sobre registros de ocorrências de eventos erosivos ao longo das praias, foram registrados 30 eventos erosivos ocorridos ao longo da costa de Alagoas. Estes eventos aconteceram em 12 diferentes locais durante o período acima mencionado, sendo registradas algumas repetições, como aquelas ocorridas principalmente nas praias de Barreiras do Boqueirão, Barra Nova, Barra de Santo Antônio e do Sobral (Fig.49). As informações registradas nesses jornais mostraram que esses eventos erosivos coincidiram com os dias de marés de sizígia apresentando, quase sempre, valores superiores à média mensal dessas marés para o porto de Maceió. Foi notada também a ocorrência de eventos em condições de marés de sizígia equinociais. Estes eventos apresentaram maior frequência de ocorrência nos meses de outono e de inverno, demonstrando assim, um caráter sazonal, como anteriormente observado na costa da cidade de Salvador por Dutra (2008) e Bittencourt *et al.* (2008 b). A maioria desses eventos ocorreram sob condições de perturbações atmosféricas que resultaram na intensificação dos ventos alísios de SE (Climanálise, 2005; 2006 a; 2006 b; 2007 c; 2007 d), e/ou durante a formação de distúrbios ondulatórios de leste, ou cavados em altos níveis da atmosfera (Climanálise, 2007 b; 2007 c; 2008 a; 2008 b; 2009). É importante salientar que não foi registrada nenhuma ocorrência de passagem de frente fria diretamente sobre a costa do Estado de Alagoas, como anteriormente observado por Dutra (2008) e por Bittencourt *et al.* (2008 b) em relação a eventos erosivos em Salvador - BA. Entretanto, quando a frente fria esteve localizada sobre o oceano Atlântico na altura do litoral da Bahia, ocorreram alguns desses eventos, possibilitado pela existência de perturbações atmosféricas sobre o litoral de Alagoas, como proposto por Kousky (1979). Pôde ser notado também que a predominância de ventos e ondas direcionados preferencialmente de SE, com as ondas apresentando alturas em alto-mar variando aproximadamente entre 2 e 3,5

m, podem ter contribuído para o empilhamento de água na costa, principalmente se levarmos em consideração que tais ventos e ondas incidem perpendicularmente a esta linha de costa.

Os diagramas de refração de ondas também mostraram a existência de diversos locais em que ocorrem focos de convergência de ondas provenientes de E, SE e S. Estes focos podem também ser um dos fatores responsáveis pela erosão localizada observada em alguns pontos desta costa, uma vez que este fato pode ser um agravador da erosão nesta área visto que, como mencionado anteriormente, eles são capazes de sobrelevar a altura das ondas nestes locais (Zenkovič, 1967; King, 1972; Speranski & Calliari, 2000; Benedet *et al.*, 2007). Locais em que ocorreram registros de eventos erosivos registrados nos jornais, com seis ocorrências ou mais cada, como é o caso das praias de Barreiras do Boqueirão, da Barra de Santo Antônio, do Sobral e da Barra Nova (Fig. 49), coincidem com áreas em que ocorrem focos de convergência de ondas de SE.

De uma maneira geral, em termos de grande escala temporal e espacial, pode-se considerar que a região costeira do Estado de Alagoas apresenta um déficit crônico de sedimentos, o que pode ser confirmado pela existência de extensos trechos costeiros que apresentam uma planície costeira quaternária muito estreita e, em alguns casos, inexistente (Barbosa *et al.*, 1986 a e b). Dessa forma, a localização de zonas de divergência no sentido do transporte efetivo de sedimentos condicionam esses trechos costeiros a áreas onde ocorre uma contínua retirada de sedimentos da face da praia, o que os tornam áreas frágeis ao ataque das ondas. É importante salientar que esta situação deve ser ainda mais agravada devido à inexistência de importantes fontes de sedimentos para esta costa (Dominguez, 2009). Excetuando o Setor III sob influência do rio São Francisco, os demais setores apresentam pequenos rios com baixas vazões, assim como sistemas lagunares ou lagoas que são responsáveis pela captura de sedimentos nesses ambientes.

Os resultados aqui encontrados demonstram a necessidade de elaboração de medidas de planejamento urbano para a orla marítima do Estado de Alagoas. Estas medidas devem coibir a construção de estruturas rígidas próximas à linha de preamar de sizígia, com é observado atualmente nesta costa, visto que a construção de estruturas rígidas imóveis em um ambiente altamente móvel configura-se como um grande problema para a urbanização da linha de costa (Terich, 1987). Dessa forma, a erosão costeira é um aspecto significativo para ser considerado na gestão de zonas costeiras, onde a identificação de áreas de risco à erosão é

fundamental para evitar danos materiais e manter a qualidade recreacional das praias (Cooper & Pontee, 2006).

## 11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA (Agência Nacional de Águas). 2010. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. Disponível em: <<http://www.saofrancisco.cbh.gov.br/baciasf.aspx>>. Acessado em 22 de novembro de 2010.
- Anders, F.J. & Byrnes, M.R. 1991. Accuracy of shoreline changes rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore & Beach*, **59(1)**: 17-26.
- Andrade, K.M. 2005. Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, 185 p.
- Anfuso, G. & Del Pozo, M.J.A. 2005. Towards management of coastal erosion problems and human structure impacts using GIS tools: case study in Ragusa Province, Southern Sicily, Italy. *Environmental Geology*. **48**: 646-659.
- Anfuso, G.; Domínguez, L.; Gracia, F.J. 2007. Short and médium-term evolution of a coastal sector in Cádiz, SW Spain. *Catena*, **70**: 229-242.
- Appendini, C.M. & Fischer, D.W. 1998. Hazard management planning for severe storm erosion. *Shore & Beach*, **66**: 5-8.
- Araújo, T.C.M.; Santos, R.C.A.L.; Seoane, J.C.S.; Manso, V.A.V. 2006. Alagoas. In: Muehe D. (org.). *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. MMA, Brasília, pp.: 197-212.
- Arienti, L.M. 2006. Roteiros geológicos: Depósitos de fluxos gravitacionais da Formação Maceió – Bacia de Alagoas, NE do Brasil. *Boletim de Geociências da Petrobrás*, **14**: 357-385.
- Avila, L. & Pasch, R. J., 1992. Atlantic tropical systems of 1991. *Monthly Weather Review*, **120**: 2688-2696.

- Bacocoli, G. 1971. Os deltas marinhos holocênicos brasileiros – uma tentativa de classificação. *Boletim Técnico da Petrobrás*, **14**: 5-38.
- Barbosa, L.M.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L. 1986 b. The Quaternary coastal deposits of the State of Alagoas: Influence of the relative sea-level changes. *In*: J.O. Rabassa (ed.), Quaternary of South America and Antarctic Peninsula. Balkema, Rotterdam, 269-290.
- Barbosa, L.M.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L. 1986 a. Geologia do Quaternário Costeiro do Estado de Alagoas. *In*: Brasil – Departamento Nacional de Produção Mineral. Mapa Geológico do Estado de Alagoas, Mapas e Cartas de Síntese, Recife, pp.: 73-76.
- Barletta, R.C. & Calliari, L.J. 2003. An assesment of the atmospheric and wave aspects determining beach morphodynamic characteristics along the central coast of RS State, southern Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI, **35**: 300-308.
- Barletta, R.C. & Calliari, L.J. 2002. Determinação da intensidade das tempestades que atuam no litoral do Rio Grande do Sul, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, **28(2)**: 117-124.
- Basco, D.R. 1991. Boundary conditions and long-term shoreline change rates for the southern Virginia ocean coastline. *Shore & Beach*, **59**: 8-13.
- Bascom, W.J. 1954. The control of stream outlets by wave refraction. *Journal of Geology*, **62**: 600-605.
- Behrhorst, V. 1976. Shore and beach management in Louisiana. *Shore & Beach*, **44**: 3-5.
- Benavente, J.; Del Rio, L.; Gracia, F.J.; Martinez-del-Pozo, J.A. 2006. Coastal flooding hazard related to storms and coastal evolution in Valdelagrana spit (Cadiz Bay Natural Park, SW Spain). *Continental Shelf Research*, **26**: 1061-1076.

- Benedet, L.; Finkl, C.W.; Hartog, W.M. 2007. Processes controlling development of erosional hot spots on a beach nourishment project. *Journal of Coastal Research*, **23(1)**: 33-48.
- Bernardo, S.O. & Molion, L.C.B. 2000. Variabilidade do vento para a cidade de Maceió-AL. *In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Rio de Janeiro, Anais.*
- Bird, E.C.F. 2008. *Coastal geomorfology: an introduction*. John Wiley & Sons, 411 p.
- Bird, E.C.F. 1996. *Beach Management*. J. Wiley, 260 p.
- Bird, E.C.F. 1985. *Coastline changes. A Global view*. Chichester J. Wiley, 219 p.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Medeiros, K.O.P.; Guimarães, J.K.; Dutra, F.R.L.S. 2008 b. Severe coastal erosion hotspot in city of Salvador, Bahia, Brazil. *Shore & Beach*, **76(1)**: 8-14.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Leão, Z.M.A.N.; Kikuchi, R.K.P; Dominguez, J.M.L. 2008 a. Deficit of sand in a sediment transport model favors coral reef development in Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **80**: 1-10.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L.; Silva, I.R.; Medeiros, C.O. 2007 b. Past and current sediment dispersion pattern estimates through numerical modeling of wave climate: an example of the Holocene delta of the Doce River, Espírito Santo, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **79**: 333-341.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Fontes, L.C.S.; Sousa, D.L., Silva, I.R., Da Silva F.R. 2007 a. Wave refraction, river damming, and episodes of severe shoreline erosion: the São Francisco river mouth Northeastern Brazil. *Journal of Coastal Research*, **23**: 930-938.

- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L.; Silva, I.R. 2005. Longshore transport on the northeastern Brazilian coast and implications to the location of large scale accumulative and erosive zones: An overview. *Marine Geology*, **219**: 219-234.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L.; Silva, I.R. 2003. Uma aproximação de primeira ordem da relação entre o clima de ondas e a localização, de longa duração, de regiões de acumulação flúvio-marinha e de erosão da costa norte do Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, **33(2)**: 159-166.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L.; Dominguez, J.M.L.; Silva, I.R.; Sousa, D.L. 2002. A significant longshore transport divergence zone at the Northeastern Brazilian coast: implications on coastal Quaternary evolution. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **74**: 505-518.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L.; Silva, I.R. 2000. Patterns of sediment dispersion coastwise the State of Bahia – Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **72**: 272-287.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L.; Ferreira, Y.A. 1983. Evolução paleogeográfica quaternária da costa do Estado de Sergipe e da costa sul do Estado de Alagoas. *Revista Brasileira de Geociências*, **13**: 93-97.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L.; Ferreira, Y.A. 1982. Dados preliminares sobre a evolução do delta do rio São Francisco (SE/AL) durante o Quaternário: influências das variações do nível do mar. In: K. Suguio *et al.* (eds.), *Anais do IV Simpósio do Quaternário no Brasil (CTCQ/SBG)*, Rio de Janeiro, pp. 49-58.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Vilas Boas, G.S.; Flexor, J.M.; Martin, L. 1979. Geologia dos depósitos quaternários no litoral do Estado da Bahia. In: H.A.V. Inda (Ed.) *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*. Textos Básicos, vol 1, 2-21 p.
- Boak, E.H. & Turner, I.L. 2005. Shoreline definition and detection: a review. *Journal of Coastal Research*, **21(4)**: 688-703.

- Brandão O. 1949. *Canais e lagoas*. Rio de Janeiro, S.C.P., 196 p.
- Brander, R.W.; Kench, P.S.; Hart, D. 2004. Spatial and temporal variations in wave characteristics across a reef platform, Warraber Island, Torres Strait, Australia. *Marine Geology*, **207**: 169-204.
- Branner J.C. 1904. The stones reefs of Brazil, their geological and geographical relations, with a chapter on coral reefs. *Bulletin of Museum of Comparative Zoology*, Geological Series, **7**: 1-285.
- Braz Filho, P.A. 1980. Prospecto Turfa (Baixo Rio São Francisco). CPRM/SUREG/SA, 27 p.
- Caldwell, P.C.; Vitousek, S.; Aucan, J.P. 2009. Frequency and duration of coinciding high surf and tides along the North Shore Oahu, Hawaii, 1981-2007. *Journal of Coastal Research*, **25(3)**: 734-743.
- Calliari, L.J. & Farias, A.F.G. 2003. Bancos de lama na praia do Cassino: formação, implicações geomorfológicas, ambientais e riscos costeiros, estudo de caso. *In: II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa*, Recife.
- Calliari, L.J.; Tozzi, H.A.M.; Klein, A.H.F. 1998. Beach morphology and coastline erosion associated with storm surges in Southern Brazil – Rio Grande to Chuí, RS. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **70(2)**: 231-247.
- Calvet, F.; Cabrera, M.C.; Carracedo, J.C.; Mangas, J.; Pérez-Torrado, F.J.; Recio, C.; Trave, A. 2003. Beachrocks from the island of La Palma (Canary Island, Spain). *Marine Geology*, **197**: 75-93.
- Camargo, R. & Harari, J. 1994. Modelagem numérica de ressacas na plataforma sudeste do Brasil a partir de cartas sinóticas de pressão atmosférica na superfície. *Boletim do Instituto Oceanográfico*, **42(1)**: 19-34.

- Camerino J.S. 1963. *Noções de geografia geral do Estado de Alagoas*. Edição do Departamento Estadual de Cultura, Maceió, 85 p.
- Camfield, F.E. 1991. When erosion is not erosion. *Proceedings of the Fourth Annual National Beach Preservation Technology Conference, Florida Shore and Beach Preservation Association*, pp. 194-201.
- Carvalho, T.M.M. & Coelho, C.O.A. 1998. Coastal risk perception: a case study in Aveiro District, Portugal. *Journal of Hazardous Materials*, **61**: 263-270.
- Castro, C.B. & Pires, D.O. 2001. Brazilian coral reefs: what we already know and what is still missing. *Bulletin of Marine Science*, **69**: 357-371.
- Cazzoli, S.G.; Tessler, M.G.; Rodriguez, M. 2001. Caracterização do transporte sedimentar junto à foz do rio Itanhaém sob ação do anticiclone tropical continental e dos ciclones extra-tropicais. *Pesquisas em Geociências*, **28(2)**: 141-149.
- CERC (Coastal Engineering Research Center) 1984. Shore Protection Manual. U.S. Army Corps of Engineers. Washington, D.C. V.I, 597 p.; V.II, 603 p.
- Charlier, R.H. & Bologna, A.S. 2003. Coastal zone under siege – is there realistic relief. *Journal of Coastal Research*, **19**: 884-889.
- Chaves, R.R. 1999. Variabilidades da precipitação na Região Sul do Nordeste e sua associação com padrões atmosféricos. Dissertação de Mestrado, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, 159 p.
- Cipriani, L.E. & Stone, G.W. 2001. Net longshore sediment transport and textural changes in beach sediments along the southwest Alabama and Mississippi barrier islands, USA. *Journal of Coastal research*, **17**: 443-458.
- Climanálise. 2009. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Junho de 2009. Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.

- Climanálise. 2008 b. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Julho de 2007.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Climanálise. 2008 a. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Junho de 2008.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Climanálise. 2007 d. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Setembro de 2007.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Climanálise. 2007 c. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Agosto de 2007.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Climanálise. 2007 b. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Junho de 2007.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Climanálise. 2007 a. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Março de 2007.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Climanálise. 2006 b. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Setembro de 2006.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Climanálise. 2006 a. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Agosto de 2006.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Climanálise. 2005. Boletim de Monitoramento e Análise Climática – Agosto de 2005.  
Cachoeira Paulista, SP, Brasil, INPE/CPTEC.
- Coleman, J.M. & Wright, L.D. 1975. Modern river deltas: variability of processes and sandy bodies. *In: Broussard M.L. (ed.). Deltas – Models for exploration. Houston Geologic Society, Texas, 99-149.*
- Coleman, J.M. & Wright, L.D. 1972. Delta morphology in relation to the discharge/wave power climate. *In: Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Geologia. Belém, 145-155.*

- Cooray, P.G. 1968. A note on the occurrence of beachrock along the west coast of Ceylon. *Journal of Sedimentary Research, Notes*, **38**: 650-654.
- Cooper, N.J. & Pontee, N.I. 2006. Appraisal and evolution of the littoral 'sediment cell' concept in applied coastal management: Experiences from England and Wales. *Ocean & Coastal Management*, **49**: 498-510.
- Coutinho, P.N. & Farias, C.C. 1979. Contribuição à origem dos recifes do nordeste. *In: Atas do Simpósio de Geologia do Nordeste*. Natal, p. 236-240.
- Cowell, P.J. & Thom, B.G. 1994. Morphodynamics of coastal evolution. *In: Carter R.W.G. & Woodroffe C.D. Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics*. Cambridge University Press, United Kindom, 33-86 p.
- Crowell, M.; Leatherman, S.P.; Buckley, M. 1993. Shore-line change rate analysis: long term versus short term data. *Shore & Beach*, **61(2)**: 13-20.
- Crowell, M.; Leatherman, S.P.; Buckley, M. 1991. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. *Journal of Coastal Research*, **7(3)**: 839-852.
- Dantas, J.R.A. & Calheiros, M.E.V. 1986. Estratigrafia e geotectônica. *In: Brasil – Departamento Nacional de Produção Mineral. Mapa Geológico do Estado de Alagoas, Mapas e Cartas de Síntese*, Recife, pp.: 7-50.
- Davies, J.L. 1972. *Geographical Variation in Coastal Development*. New York, Logman Inc., 204p.
- De Vriend, H.J.; Capobianco, M.; Chesher, T.; De Swart, H.E.; Latteux, B.; Stive, M.J.F. 1993. Approaches to long-term modelling of coastal morphology: a review. *Coastal Engineering*, **21**: 225-269.
- DHN. 1998. *Tábuas das marés*. Marinha do Brasil – Diretoria de Hidrografia e Navegação. 185 p.

- DHN. 1993. *Atlas de Cartas-Piloto. Oceano Atlântico, de Trinidad ao Rio da Prata* – Diretoria de Hidrografia e Navegação 13 p.
- Dickinson, W.R. 1999. Holocene sea level record on Funafuti and potential impact of global warming on central pacific atolls. *Quaternary Research*, **51**: 124-132.
- Dolan, R.; Hayden, B.; May, P.; Suzette, R. 1980. The reliability of shoreline change measurements from aerial photographs. *Shore & Beach*, **48**: 22-29.
- Dominguez, J.M.L. 2009. The coastal zone of Brazil. *In*: Dillenburg, S. & Hesp, P. *Geology and geomorphology of holocene coastal barriers of Brazil*. Springer Berlin, 17-51.
- Dominguez, J.M.L. 1996. The São Francisco strandplain: a paradigm for wave-dominated deltas? *In*: De Baptist M. & Jacobs P. (eds.). *Geology of Siliciclastic Shelf Seas*. London: Geological Society of London Special Publications **117**, 217-231.
- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Leão, J.M.A.N.; Azevedo, A.E.G. 1990. Geologia do Quaternário costeiro do Estado de Pernambuco. *Revista Brasileira de Geociências*, **20**: 2008-215.
- Dominguez, J.M.L. 1987. Quaternary sea level changes and the depositional architecture of beach-ridges strandplains along the east coast of Brazil. Ph.D. Dissertation, University of Miami, 288 p.
- Dominguez, J.M.L. & Bittencourt, A.C.S.P. 1996. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion in Northeastern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68**: 355-371.
- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L. 1992. Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*, **80**: 213-232.

- Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltaicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA) e Paraíba do Sul (RJ). *Revista Brasileira de Geociências*, **4**: 227-237.
- Domurat, G.W. 1987. Beach nourishment – a working solution. *Shore & Beach*, **55**: 92-95.
- Douglas, B.C. & Crowell, M. 2000. Long-term shoreline position prediction and error propagation. *Journal of Coastal Research*, **16(1)**: 145-152.
- Doyle, L.J.; Sharma, D.C.; Hine, A.C.; Pilkey Jr., O.H.; Neal, W.J.; Pilkey Sr., O.H.; Martin, D.; Belknap, D.F. 1984. *Living with the West Florida Shore*. Durham, North Carolina: Duke University Press, 222 p.
- Dutra, F.R.L.S. 2008. Marés meteorológicas e os episódios de erosão severa no litoral de Salvador/BA. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. 166 p.
- Edge, B.L.; Czlapinski, R.E.; Schlueter, R.E. 1987. A comprehensive approach to beach management. *Shore & Beach*, **55**: 122-127.
- Eversole, D. & Fletcher, C.H. 2003. Longshore sediment transport rates on a reef-fronted beach: field data and empirical models Kaanapali Beach, Hawaii. *Journal of Coastal Research*, **19**: 649-663.
- Fedorova, E.L. 2009. Análise estatística e sinótica dos ventos máximos diários para a cidade de Maceió-AL e a criação de um software sinótico operacional. *Dissertação de Mestrado*, UFAL, 77 p.
- Figueiredo, E.L. 2009. Análise estatística e sinótica dos ventos máximos diários para a cidade de Maceió-AL e a criação de um software sinótico operacional. *Dissertação de Mestrado*, UFAL, 77 p.
- Fedorova, N.B.L. 1999. Identificação da advecção de ar quente através da análise dos dados dos satélites. *Revista Brasileira de Geofísica*, **17(1)**: 67-78.

- Finkl C.W. & Charlier R.H. 2005. The coastal zone, sparring space for environmental science academic programs. *In: Proceedings 2<sup>nd</sup> International Congress “Seas and Oceans 2005”*, vol. 2, pp. 83-87.
- França, A.M.C. 1979. Geomorfologia da margem continental leste brasileira e da bacia oceânica adjacente. *In: Chaves H.A.F. (ed.). Projeto REMAC - Geomorfologia da margem continental leste brasileira e da bacia oceânica adjacente. Relatório final, PETROBRÁS/DNPM/CPRM/DHN/CNPq, n° 7, 89-127.*
- Frihy, O.E. 1988. Nile Delta shoreline changes: aerial photographic study of a 28 yaers period. *Journal of Coastal Research*, **4(4)**: 597-606.
- Frihy, O.E.; El Ganaini, M.A.; El Sayed, W.R.; Iskander, M.M. 2004. The role of fringing coral reef in beach protection of Hurghada, Gulf of Suez, Red Sea of Egypt. *Ecological Engineering*, **22**: 17-25.
- Goldsmith, V. 1976. Wave climate models for the continental shelf: critical links between shelf hydraulics and shoreline processes. *In: R.A. Davis Jr. ed. Beach and Nearshore Sedimentation*, SEPM Special Publication, **24**: 39-69.
- Goldsmith, V. & Golik, A. 1980. Sediment transport model of the Southeastern Mediterranean Coast. *Marine Geology*, **37**: 147-175.
- Gourlay, M.R. 1994. Wave transformation on a coral reef. *Coastal Engineering*, **23**: 17-42.
- Granja, H.M. & Carvalho, G.S. 1995. Is the coastline “protection” of Portugal by hard engineering structures effective? *Journal of Coastal Research*, **11**: 1229-1241.
- Griggs, G.B. & Trenhaile, A.S. 1994. Coastal cliffs and plataforms. *In: Coastal evolution – Late Quaternary shoreline morphodynamics*, R.W.G. Carter & C.D. Wooddroffe (Eds.). Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain, 425-450.
- Guimarães, J.K. 2010. Evolução do delta do rio São Francisco – estratigrafia do Quaternário e relações morfodinâmicas. *Tese de Doutorado*. UFBA, 128 p.

- Guimarães, J.K. & Dominguez, J.M.L. 2005. Relação morfodinâmica entre orientação da linha de costa e deriva litorânea na evolução do delta do rio São Francisco. *In: X Congresso da Abequa, Guarapari-ES. CD-Room.*
- Hartt C.F. 1870. *Geology and Physical Geography of Brazil*. Fields, Osgood & Co, Boston, 620 pp.
- Hastenrath, S. 1988. *Climate and circulation of the tropics*. New York Atmospheric Sciences Library, 455p.
- Hegge, B.; Eliot, I.; Hsu, J. 1996. Sheltered sandy beaches of southwestern Australia. *Journal of Coastal Research*, **12**: 748-760.
- Holton, J.R. 2004. *An introduction to dynamic meteorology*. Elsevier Academic Press, San Diego, California, 4<sup>th</sup> Edition, 535 p.
- Hogben, N. & Lumb, F.E. 1967. *Ocean waves statistics*. London England: National Physical Laboratory, Ministry of Technology, 263 pp.
- IBAMA. 2002. *GEO Brasil 2002 – perspectivas do meio ambiente no Brasil*. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Diretoria de Licenciamento e Qualidade Ambiental do IBAMA. Edições IBAMA. Brasília, 440 p.
- IBGE. 2010. População – Dados preliminares. Cidades @. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Publicação Online: [www.ibge.gov.br/cidadesat/](http://www.ibge.gov.br/cidadesat/), acessado em 01 de dezembro de 2010.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). 2006. Ministério da Agricultura, Pecuária Abastecimento. Brasília. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>, Acessado em 13 de outubro de 2006.
- Innocentini, V.; Arantes, F.O.; Ferreira, R.J.; Micheletto, R.G. 2005. Agitação marítima no litoral Nordeste do Brasil associada aos distúrbios africanos de leste. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **20(3)**: 367-374.

- Jonhson, J.W. 1956. Dynamic of nearshore sediment movement. *The American Association of Petroleum Geologists*, **40(9)**: 2211-2232.
- Kållberg, P.; Berrisford, P.; Hoskins, B.; Simmons, A.; Uppala, S.; Lamy-Thépaut, S.; Hine, R. 2005. ERA-40 Atlas. ERA-40 Project Report Series. England, 191 p.
- Kelly, S.W. 2000. *The utilization of seawalls in response to shoreline erosion: consequences, socio-economic, political and legal forces, and alternatives*. Donald Bren School of Environmental Science and management, Santa Barbara, 29 p.
- Kench, P.S. 1998. Physical processes in an Indian Ocean atoll. *Coral Reefs*, **17**: 155-168.
- Kench, P.S. & Brander, R.W. 2006. Wave processes on coral reefs flats: implications for reef geomorphology using Australian case studies. *Journal of Coastal Research*, **2**: 1181-1186.
- King, C.A.M. 1972. *Beaches and coasts*. Edward Arnold, London, 570 p.
- Kokot, R.R. 1997. Littoral drift, evolution and management in Punta Médanos, Argentina. *Journal of Coastal Research*, **13**: 192-197.
- Komar, P.D. 2000. Coastal erosion – Underlying factors and human impacts. *Shore & Beach*, **68**: 3-16.
- Komar, P.D. 1998. *Beach processes and sedimentation*. Prentice Hall, Inc, Upper Saddle River, New Jersey, 429 p.
- Komar, P.D.; Torstenson, R.W.; Shihi, S-M. 1991. Bandon, Oregon: coastal development and the potential for extreme ocean hazards. *Shore & Beach*, **59**: 14-22.
- Kousky, V.E. 1982. Meteorologia sinótica. São José dos Campos; INPE-2605-MD/21, 107 p.
- Kousky, V.E. 1980. Diurnal rainfall variation in Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, **108**: 488-498.

- Kousky, V.E. 1979. Frontal influences on Northeast Brazil. *Monthly Weather on Review*, **107**: 1140-1153.
- Kvammen, K.R. 1971. Shoreline development and preservation. *Shore & Beach*, **39(1)**: 18-22.
- Leatherman, S.P.; Dean, R.G.; Kana, T.; Anders, F. 1997 b. Goldsmith Inlet and adjacent areas, north shore of Long Island, New York: erosion problems and suggested modifications. *Shore & Beach*, **65**: 13-16.
- Leatherman, S.P.; Douglas, B.C.; Crowell, M. 1997 a. Beach erosion trends and shoreline forecasting. *Journal of Coastal Research*, **13**: iii-iv.
- Leão, Z.M.A.N. 1996. The coral reefs of Bahia: morphology, distribution and the major environmental impacts. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68** 339-452.
- Leão, Z. M. A. N. 1994. The coral reefs of Southern Bahia. In: Hetzel B. & Castro C.B.. Corals of Southern Bahia. Nova Fronteira, Rio de Janeiro, Pp.: 151-159.
- Leão, Z.M.A.N; Kikuchi, R.K.P.; Testa, V. 2003. Coral and coral reefs of Brazil. *Latin American Coral Reefs*, 9-52.
- Lima, R.C.A.; Coutinho, P.N.; Manso, V.A.V. 2005. Variações da linha de costa a médio prazo na planície costeira de Maceió – AL. *X Congresso da ABEQUA*, Guarapari, CD Room.
- Lins-de-Barros, F.M. 2005. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Marica, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, **6**: 83-90.
- List, J.H.; Farris, A.S.; Sullivan, C. 2006. Reversing storm hotspots on sandy beaches: spatial and temporal characteristics. *Marine Geology*, **226**: 261-279.

- Lizárraga-Arciniega, R.; Appendini-Albretchen, C.M.; Fischer, D.W. 2001. Planning for beach erosion: a case study, playas de Rosarito, B. C. Mexico. *Journal of Coastal Research*, **17(3)**: 636-644.
- Lugo-Fernández, A.; Roberts, H.H.; Wiseman Jr, W.J. 1998 b. Tide effects on wave attenuation and wave set-up on a caribbean coral reef. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **47**: 385-393.
- Lugo-Fernández, A.; Roberts, H.H.; Suhayda, J.N. 1998 a. Waves transformations across a Caribbean fringing-barrier coral reef. *Continental Shelf Research*, **18**: 1099-1124.
- Mabesoone, J.M. 1964. Origin and age of the sandstone reefs of Pernambuco (northeastern Brazil). *Journal of Sedimentary Petrology*, **34**: 715-726.
- Magoon, O.T. 1988. Resolution of coastal conflicts. *Shore & Beach*, **57**: 6-9.
- Maída, M. & Ferreira, B.P. 1997. Coral reefs of Brazil: an overview. *Proc 8<sup>th</sup> Int Coral Reef Sym*, **1**: 263-274.
- Marrone, E. & Camargo, R. 1994. Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: o evento do dia 18 de agosto de 1993. *Nerítica*, **8(1/2)**: 73-85.
- Martin, L.; Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P. 2003. Fluctuating Holocene sea level in eastern and southeast in Brazil: evidence from multiple fossil and geometric indicators. *Journal of Coastal Research*, **19**: 101-124.
- Martin, L.; Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P. 1998. Climatic control of coastal erosion during a sea-level fall episode. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **70**: 249-266.
- Martin, L.; Suguio, K.; Flexor, J.M.; Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P. 1996. Quaternary sea-level history and variation in dynamics along the central brazilian coast: consequences on coastal plain construction. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **68(3)**: 303-329.

- Martin, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Vilas-Boas, G.S. 1982. Primeira ocorrência de corais pleistocênicos da costa brasileira: datação do máximo da penúltima transgressão. *Ciência da Terra*, **1**: 16-17.
- Martin, L.; Flexor, J.M.; Vilas-Boas, G.S.; Bittencourt, A.C.S.P.; Guimarães, M.M.M. 1979. Courb de variation du niveau relative de la mer au cours des 7000 dernières années sur un secteur homogène du litoral brésilien (nord de Salvador). In: Suguio, K.; Fairchild, T.; Martin, L.; Flexor, J.M. (Eds.) *Internation Symposium on coastal evolution in the Quaternary*, São Paulo. Proceedings: 264-274.
- Masselink, G. & Hughes, M.G. 2003. *Introduction to coastal processes and geomorphology*. Arnold, London, 354 p.
- Medeiros, K.O.P. 2005. Relação entre episódios de erosão severa na costa atlântica de Salvador com fenômenos meteorológicos, marés e zonas de convergência de ondas: subsídio para o gerenciamento costeiro. Monografia de Graduação. Universidade Federal da Bahia, 36 p.
- Medeiros, C.N.; Petta, R.A.; Duarte, C.R. 2005. Estudo do meio físico para avaliação da vulnerabilidade à ocupação humana do município de Paramirim (RN), utilizando técnicas de geoprocessamento. *Geociências*, **24**: 239-253.
- Medeiros de Araújo, L. & Bramwell, B. 2002. Partnership and regional tourism in Brazil. *Annals of Tourism Research*, **29**: 1138-1164.
- MMA. 2005. Mapa das Unidades de Conservação. Ministério do Meio Ambiente. Publicação online, disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>, acessado em 25 de março de 2008.
- MMA. 2003. *Atlas dos recifes de coral nas unidades de conservação brasileiras*. Ministério do Meio Ambiente – Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília, 180 p.

- MMA. 2002. *Projeto Orla: fundamentos para gestão integrada*. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Qualidade Ambiental nos Assentamentos Humanos. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão – Secretaria do Patrimônio da União. Brasília, 78 p.
- Moore, L. 2000. Shoreline mapping techniques. *Journal of Coastal Research*, **16(1)**: 111-124.
- Mota, G.V. 1997. Estudo observacional de distúrbios ondulatórios de leste no Nordeste Brasileiro. *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, 146 p.
- Muehe, D. 2006. *Erosão e progradação no litoral brasileiro*. Brasília: MMA. 476 p.
- Munk, W.H. & Traylor, M.A. 1947. Refraction of ocean waves: a process linking underwater topography to beach erosion. *The Journal of Geology*, **6(1)**: 1-26.
- Muñoz-Peréz, J.J.; Tejedor, L.; Medina, R. 1999. Equilibrium beach profile model for reef-protected beaches. *Journal of Coastal Research*, **15**: 950-957.
- Nascimento, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Santos, A.N.; Dominguez, J.M.L. 2007. Deriva litorânea ao longo da Costa do Cacau, Bahia: repercussões na geomorfologia costeira. *Revista Pesquisas em Geociências*, **34**: 45-56.
- Nelson, R.C. 1996. Hydraulic roughness of coral reef platforms. *Applied Ocean Research*, **18**: 265-274.
- Neves, C.F. & Muehe, D. 1995. Potential impacts of sea-level rise on the metropolitan region of Recife, Brazil. *Journal of Coastal Research*, Special Issue, **14**: 116-131.
- Nimer, E. 1986. *Climatologia do Brasil*. IBGE, Rio de Janeiro, 421 p.
- Nordstrom, K.F. 1994. Developed coasts. In: Carter, R.W.G. & Woodroffe, C.D. *Coastal Evolution: Late Quaternary shoreline morphodynamics*. Cambridge University Press, United Kingdom, 477-509 p.

- Nummedal, G. & Stephen, M.F. 1978. Wave climate and littoral sediment transport, Northeast Gulf of Alaska. *Journal of Sedimentary Petrology*, **48(2)**: 359-371.
- Nunes, V. & Pawlak, G. 2008. Observations of bed roughness of a coral reef. *Journal of Coastal Research*, **24**: 39-50.
- Oke, T.R. 1987. *Boundary layer climates*. London, Methuen, 372 p.
- Oreskes, N.; Shrader-Frechette, K.; Belitz, K. 1994. Verification, validation, and confirmation of numerical models in the earth sciences. *Science*, **263**: 641-646.
- Owens, E.H. 1977. Temporal variations in beach and nearshore dynamics. *Journal of Sedimentary Petrology*, **47(1)**: 168-190.
- Panizza, A.C.; Rocha, Y.T.; Dantas, A. 2009. O litoral brasileiro: exploração, ocupação e preservação – um estudo comparativo entre regiões litorâneas dos Estados de São Paulo e Rio Grande do Norte. *Revista RA'E GA*, **17**: 7-16.
- Phillips, M.R. & Jones, A.L. 2006. Erosion and tourism infrastructure in the coastal zone: problems, consequences and management. *Tourism Management*, **27**: 517-524.
- Pilkey Jr., O.H. 1994. Mathematical modeling of beach behavior doesn't work. *Journal of Geological Education*, **42**: 358-360.
- Pilkey, O.H. 1991. Coastal erosion. *Episodes*, **14(1)**: 46-51.
- Ponte, F.C. 1969. Estudo morfo-estrutural da bacia Sergipe-Alagoas. *Boletim Técnico da Petrobrás*, **12**: 439-474.
- Pore, N.A. 1973. Marine conditions and automated forecast for the Atlantic Coastal storm of February 18-20. *Monthly Weather Review*, **101(4)**: 363-370.
- Prado Júnior, C. 1986. *Formação do Brasil contemporâneo*. Editora Brasiliense, São Paulo, 19ª edição, 390 p.

- Pugh D.T. 1987. *Tides, surges and mean sea-level*. John Wiley & Sons, Chichester, 472 p.
- Ranasinghe, R. & Turner, I.L. 2006. Shoreline response to submerged structures: A review. *Coastal Engineering*, **53**: 65-79.
- Ranasinghe, R.; Turner, I.L.; Symonds, G. 2006. Shoreline response to multi-functional artificial surfing reefs: A numerical and physical modeling study. *Coastal Engineering*, **53**: 589-611.
- Rao, V.B.; Lima, M.C.; Franchito, S.H. 1993. Seasonal and interannual variations of rainfall over eastern Northeast Brazil. *Journal of Climatology*, **6**: 1754-1763.
- Reid, C. & Mmathews, E.R. 1906. Coast erosion. *The Geographical Journal*, **28(5)**: 487-495.
- Roberts, H.H.; Wilson, P.A.; Lugo-Fernandéz, A. 1992. Biologic and geologic responses to physical processes: examples from modern reef systems of the Caribbean-Atlantic region. *Continental Shelf Research*, **12**: 809-834.
- Roberts, H.H.; Murray, S.P.; Suhayda, J.N. 1975. Physical processes in a fringing reef system. *Journal of Marine Research*, **33**: 233-260.
- Roberts, H.H.; Lugo, A.; Carter, B.; Simms, M. 1988. Across-reef flux and shallow subsurface hydrology in moderns coral reefs. *Proc 6<sup>th</sup> Int Coral Reef Sym*, 509-515.
- Sam Smith, A.W. 1995. Beaches and tourism – an example of the results of a dramatic beach erosion episode: Gold Coast, Queensland, Australia. *Shore & Beach*, **63**: 7-8.
- Sam Smith, A.W. & Jackson, L.A.A. 1990. An application of coastal management tactics Gold Coast, Queensland, Australia. *Shore & Beach*, **58**: 3-8.
- Samosorn, B. & Woodroffe, C.D. 2008. Nearshore wave environments around a sandy cay on a plataform reef, Torres Strait, Australia. *Continental Shelf Research*, **28**: 2257-2274.

- SANDAG. 1995. Shoreline preservation strategy for the San Diego region. San Diego Association of Governments. *Shore & Beach*, **63**: 17-30.
- Sanderson, P.G. & Eliot, I. 1999. Compartmentalisation of beach face sediments along the southwestern coast of Australia. *Marine Geology*, **162**: 145-164.
- Sanderson, P.G.; Eliot, I.; Hegge, B.; Maxwell, S. 2000. Regional variation of coastal morphology in southwestern Australia: a synthesis. *Geomorphology*, **34**: 73-88.
- Santos, A.N.; Nascimento, L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Livramento, F.C. 2009. Focos de convergência de ondas no litoral do Estado de Alagoas – Brasil e seus efeitos na geomorfologia costeira. *In: XII Congresso da ABEQUA, La Plata, Anais*, 155.
- Santos, A.N.; Bittencourt, A.C.S.P.; Nascimento, L.; Dominguez, J.M.L. 2007. A ocupação urbana na orla da Costa das Baleias, Estado da Bahia: suscetibilidade a danos econômicos em função da dinâmica costeira. *Revista Geociências*, **26(2)**: 173-180.
- Saraiva, J.M.B.; Bredan, C.; Carneiro, C. 2003. Monitoring of storm surges on Cassino beach, RS. *Journal of Coastal Research*, **19**: 323-337.
- Scrosoppi, H. 1917. *Lições de Chorographia do Brasil*. Casa Duprat, São Paulo, 457 p.
- SEMARH (Secretaria do Meio Ambiente e dos Recursos). 2010. Recursos Hídricos do Estado de Alagoas. Disponível em: <<http://www.semarh.al.gov.br/recursoshidricos>>, acessado em 08 de março de 2009.
- Serau, A.K. & Calliari, L.J. 2003. Changes of an oceanic beach face in the extreme South of Brazil, during the passage of coastal storm. *In: A.H.F. Klein; C.W. Finkl; L.R. Rörig; G.G. Santana; F.L. Dihel; Calliari, L.J. Proceedings of the Brazilian Symposium on Sandy Beaches: Morphodynamics, Ecology, Uses, Hazards and Management. Journal of Coastal Research, Itajaí*, **35**: 194-201.

- Sheppard, C.; Dixon, D.J.; Gourlay, M.; Sheppard, A.; Payet, R. 2005. Coral mortality increases wave energy reaching shores protected by reef flats: examples from the Seychelles. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **64**: 223-234.
- Silva, I.R.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Mello e Silva, S.B. 2007. Potencial de danos econômicos face à erosão costeira relativo às praias da Costa do Descobrimento – litoral sul do Estado da Bahia. Submetido para a publicação à Revista Pesquisa.
- Silva, I.R.; Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L. 2001. Principais padrões de dispersão de sedimentos ao longo da Costa do Descobrimento – Sul do Estado da Bahia. *Revista Brasileira de Geociências*, **31**: 335-340.
- Silvester, R. 1968. Sediment transport long-term netmovement. *In: The Encyclopedia of Geomorphology*, (Ed.) Fairbridge, R.W. Reinhold Book Corp. pp. 958-989.
- Smith, G.L. & Zarillo, G.A. 1990. Calculating long-term shoreline recession rates using aerial photography and beach profiling techniques. *Journal of Coastal Research*, **6(1)**: 111-120.
- Small, C. & Nicholls, R.J. 2003. A global analysis of human settlement in coastal zones. *Journal of Coastal Research*, **19**: 584-599.
- Smith, J.J. & Leatherman, S.P. 2000. Erosion anomaly on Easter Jones Beach Island, New York: genesis and management implications. *Shore & Beach*, **68**: 29-32.
- Smith, G.L. & Zarillo, G.A. 1990. Calculating long term shoreline recession rates using aerial photographic and beach profiling techniques. *Journal of Coastal Research*, **6(1)**: 111-120.
- Souza, Z.L. & Barbosa, L.M. 2005. Análise comparativa (1960 – 2004) com base na cartografia do Pontal do Peba - AL. *In: X Congresso da ABEQUA*. Guarapari, CD-Room.

- Speranski, N.S. & Calliari, L.J. 2000. Bathymetric lens and coastal erosion in southern Brazil. *In: International Coastal Symposium, Rotorua, New Zealand. Program and abstracts* p.81.
- Stapor, F.W. & May, J.P. 1983. The cellular nature of the littoral drift along the northeast Florida coast. *Marine Geology*, **51**: 217-237.
- Stoddart, D.R. & Cann, J.R. 1965. Nature and origin of beach rock. *Journal of Sedimentary Research*, **35**: 243-247.
- Stone, G.W.; Stapor, F.W., May, J.P.; Morgan, J.P. 1992. Multiple sediment sources and a cellular, non-integrated, longshore drift system: northwast Florida and southeast Alabama coast, USA. *Marine Geology*, **105**: 141-154.
- Storlazzi, C.D.; Ogston, A.S.; Bothner, M.H.; Field, M.E.; Presto, M.K. 2004. Wave and tidally-driven flow and sediment flux across a fringing coral reef: Southern Malokai, Hawaii. *Continental Shelf Research*, **24**: 1397-1419.
- Suguio, K. & Martin, L. 1981. Significance of Quaternary sea level fluctuations for delta construction along the brazilian coast. *Geo-Marine Letters*, **1(3/4)**: 181-185.
- Suguio, K; Martin, L.; Dominguez, J.M.L. 1982. Evolução do “delta” do rio Doce durante o Quaternário: Influência das variações do nível do mar. *In: Suguio, K.; de Méis, M.R.M.; Tessler, M.G. (eds.). IV Simpósio Quaternário do Brasil, Atas: 93-116.*
- Suguio, K.; Martin, L.; Dominguez, J.M.L.; Bittencourt, A.C.S.P.; Flexor, J.M. 1985. flutuações do nível relativo do mar durante o Quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. *Revista Brasileira de Geociências*, **15**: 273-286.
- Suhayda, J.N. & Roberts, H.H. 1977. Wave action and sediment transport on fringing reefs. *Proc 3<sup>th</sup> Int Coral Reef Sym*, 65-70.
- Tanner, W.F. 1960. Expanding shoals in area of wave refraction. *Science*, **132**: 1012-1013.

- Terich, T.A. 1987. *Living with the shore of Puget Sound and the Georgia Strait*. Durham, North Carolina: Duke University Press, 162 p.
- Tolman, H. L. 1992: Effects of numerics on the physics in a third-generation wind-wave model. *Journal of Physical Oceanography*, **22**: 1095-1111.
- Truccolo, E.C.; Franco, D.; Schettini, C.A.F. 2004. The low frequency sea level oscillations in the northern coast of Santa Catarina, Brazil. *Journal of Coastal Research*, SI **39**: 547-552.
- Vianello, R.L. & Alves, A.R. 1991. *Meteorologia básica e aplicações*. Universidade Federal de Viçosa. 105 p.
- Vousdoukas, M.I.; Velegraskis, A.F.; Plomaritis, T.A. 2007. Beachrock occurrence, characteristics, formation mechanisms and impacts. *Earth-Science Reviews*, **85**: 23-46.
- White, G.F. 1978. Natural hazards management in the coastal zone. *Shore & Beach*, **46**: 15-17.
- Wicker, C.F. 1966. Problems of the New Jersey beaches. *Shore & Beach*, **34**: 3-7.
- Williams, S.F.; Dodd, K.; Gohn, K.K. 1997. *Coasts in crisis*. U.S. Geological Survey Circular 1075, versão online, disponível em: <http://www.olemiss.edu/sciencenet/saltnet/usgs/circ97-1075.pdf>92p. Acessado em 10 de março de 2007.
- Williams, A.T. & Sothorn, E.J. 1986. Recreational pressure on the Glamorgan Heritage Coast, South Wales, United Kingdom. *Shore & Beach*, **54(1)**: 30-37.
- Wong, P.P. 2003. Where have all the beaches gone? Coastal erosion in the tropics. *Singapore Journal of the Tropical Geography*, **24**: 111-132.
- Zenkovitch, V.P. 1967. *Processes of coastal development*. Oliver & Boyd, London, 738 p.