

Juliana dos Santos Ribeiro

Vulnerabilidade costeira em praias do norte do
Espírito Santo e sul da Bahia

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências, Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Geológica

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Siegle

São Paulo

2014

Universidade de São Paulo
Instituto Oceanográfico

Vulnerabilidade costeira em praias do norte do Espírito Santo e sul da Bahia

Juliana dos Santos Ribeiro

Dissertação apresentada ao Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências,
Programa de Oceanografia, área de Oceanografia Geológica

Julgada em ____/____/____

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito

Prof(a). Dr(a).

Conceito



Sumário

Índice de Figuras.....	i
Índice de Tabelas.....	v
Agradecimentos.....	x
Resumo.....	xi
Abstract.....	xii
1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	4
3. Área de Estudo.....	5
4. Materiais e Métodos.....	8
4.1. Imagens de satélite.....	8
4.2. Coleta de dados em campo.....	8
4.3. Clima de ondas.....	11
4.4. Modelagem numérica – Delft3D.....	12
4.5. Indicadores ambientais.....	14
4.5.1. Morfologia da praia.....	17
4.5.2. Evidências de erosão.....	18

4.5.3.	Número de frentes frias	19
4.5.4.	Ângulo de incidência das ondas.....	20
4.5.5.	Estimativa de deriva potencial	21
4.5.6.	Força de ondas	23
4.5.7.	Regime de tempestade.....	23
4.5.8.	Elevação do terreno.....	26
4.5.9.	Taxa de ocupação.....	28
4.5.10.	Demais indicadores.....	29
4.6.	Índice de Vulnerabilidade Costeira.....	29
5.	Resultados.....	31
5.1.	Clima de ondas	31
5.2.	Indicadores Ambientais e Índice de Vulnerabilidade Costeira	34
5.2.1.	Número de frentes frias	35
5.2.2.	Pontal do Ipiranga.....	36
5.2.3.	Conceição da Barra.....	41
5.2.4.	Mucuri.....	51
5.2.5.	Nova Viçosa.....	60
5.2.6.	Caravelas	65
5.2.7.	Prado	71
5.2.8.	Cumuruxatiba	78
5.2.9.	Corumbau.....	84
5.2.10.	Arraial d'Ajuda.....	90
5.2.11.	Porto Seguro	97
6.	Discussão.....	102

7. Conclusões.....	106
Bibliografia.....	108
Apêndice – Tabelas de frequências relativas ao clima de ondas.....	116

Índice de Figuras

Figura 1: Mapa da área de estudo do projeto, destacando as dez localidades analisadas	7
Figura 2: Imagem mostrando a base fixa do sistema DGPS.....	9
Figura 3: Uso do DGPS em levantamento cinemático, realizado através de caminhamento. O receptor do DGPS que está em uma posição desconhecida é chamado de receptor móvel (<i>rover</i>).....	10
Figura 4: Exemplo da determinação da largura praias em Nova Viçosa (BA). Os traços azuis correspondem aos transectos utilizados para a medição (espaçados em 200 metros, aproximadamente) e a linha vermelha delimita a faixa de praia a ser contabilizada.....	18
Figura 5: Exemplo de apresentação dos dados de sistemas frontais no litoral disponibilizados pelo CPTEC. A área destacada corresponde à região considerada no estudo. O eixo “y” apresenta as estações de monitoramento, e o eixo “x” exibe os dias do mês de monitoramento. Fonte: Boletim Climanálise, setembro de 2012 (http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf12/set12.pdf).....	20
Figura 6: Intervalos de vulnerabilidade considerados no indicador “ângulo de incidência das ondas”. A cor vermelha, amarela e verde representa alta, média e baixa vulnerabilidade, respectivamente.	21
Figura 7: Exemplo de TIN, onde a cor verde representa elevação acima de 6 metros, a cor marrom representa elevação entre 3 e 6 metros e a cor azul representa elevação abaixo de 3 metros. O mapa apresentado corresponde à localidade de Conceição da Barra (ES).....	28
Figura 8: Gráficos representando as médias mensais de altura significativa, período e potência de onda, calculados dentro do período de 1979 a 2008.....	32
Figura 9: Gráficos representando as médias anuais de altura significativa, período e potência de onda para o período de 1979 a 2008.....	32

Figura 10: Histogramas direcionais sazonais das alturas e períodos de onda para os anos de 1979 a 2008.....	33
Figura 11: Histogramas direcionais totais das alturas e períodos de onda para os anos de 1979 a 2008.....	34
Figura 12: Número de sistemas frontais que atingiram a porção do litoral compreendida entre Vitória e Caravelas no período de 2003 a 2012.....	35
Figura 13: Número de sistemas frontais que atingiram Caravelas no período de 2003 a 2012.....	35
Figura 14: Número de sistemas frontais que atingiram a porção do litoral compreendida entre Caravelas e Ilhéus no período de 2003 a 2012.....	36
Figura 15: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Pontal do Ipiranga (ES). Valores positivos indicam que o sentido é para norte.....	37
Figura 16: Imagem de Pontal do Ipiranga indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área asfaltada.....	39
Figura 17: Imagem de uma casa localizada próxima à foz do rio Cricaré. A casa foi destruída pela erosão costeira, provavelmente no período anterior às obras de proteção da orla. Foto: Juliana S. Ribeiro.....	41
Figura 18: Imagens do ponto crítico de erosão em Conceição da Barra, ES. Fotos: Paulo H. G. O. Sousa	42
Figura 19: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Conceição da Barra (BA). Os dois pontos a norte representam os valores analisados para o setor norte, enquanto os dois pontos a sul, o setor sul. Valores positivos indicam que o sentido é para norte	44
Figura 20: Imagem de Conceição da Barra indicando a área analisada (separada por setores), a área de edificações (construções), a área asfaltada e a área de inundação (área alagada)	46
Figura 21: Imagens de uma das obras de contenção feita pela prefeitura em Mucuri (BA). Essa obra consiste em um “muro” de toras de madeira, que atenuam a energia das ondas que chegam à costa. A foto “a” mostra a vista norte dessa contenção, na maré baixa, enquanto que a foto “b” mostra a vista sul, na maré alta. Fotos: Juliana S. Ribeiro.....	52
Figura 22: Evidência de erosão costeira – soterramento de quiosque em Mucuri (BA). Foto: Juliana S. Ribeiro.....	53
Figura 23: Imagem dos destroços de uma das construções urbanas destruídas pela erosão costeira em Mucuri (BA). Fotos: Juliana S. Ribeiro	53

Figura 24: Vista do ponto crítico de erosão costeira em Mucuri (BA). A foto “a” mostra a vista sul, no topo da depressão do terreno. Nota-se a presença do muro de contenção de madeira, além de sacos de areia no terreno. A foto “b” mostra o detalhe da depressão, vista de baixo. Fotos: Juliana S. Ribeiro.....	54
Figura 25: Detalhes do ponto crítico de erosão costeira em Mucuri (BA). Na foto “a”, nota-se o risco iminente em que a construção urbana se encontra, devido à proximidade da depressão com o muro da casa. A foto “b” mostra, em detalhe, o poste de energia que perdeu quase toda a sustentação por causa da erosão. Fotos: Juliana S. Ribeiro	55
Figura 26: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Mucuri (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte.....	56
Figura 27: Imagem de Mucuri indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área asfaltada.....	58
Figura 28: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Nova Viçosa (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte.....	61
Figura 29: Imagem de Nova Viçosa indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área asfaltada.....	63
Figura 30: Evidência de erosão (raízes expostas) ao norte do trecho analisado em Caravelas (BA). Foto: Juliana S. Ribeiro	65
Figura 31: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Caravelas (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte.....	66
Figura 32: Imagem de Caravelas indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área asfaltada.....	69
Figura 33: Evidência de erosão em Prado (BA): presença de raízes expostas. O local da imagem de cima está localizado no trecho sul da praia, enquanto que o local da imagem de baixo está no trecho norte. Fotos: Juliana S. Ribeiro	72
Figura 34: Evidências de erosão no trecho sul percorrido em Prado (BA). Nota-se a presença de raiz exposta, destroços de urbanização e solapamento, além de sacos de areia colocados na tentativa de conter o avanço da erosão costeira. Fotos: Juliana S. Ribeiro.....	73
Figura 35: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Prado (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte.....	74

Figura 36: Imagem de Prado indicando a área analisada, a área de edificações (construções), a área asfaltada e a área de inundação (área alagada)	76
Figura 37: Evidências de erosão costeira (árvore com raiz exposta e destroços de urbanização) no trecho sul percorrido em Cumuruxatiba (BA). Foto: Juliana S. Ribeiro	78
Figura 38: Pequena intervenção estrutural para tentar conter o avanço da erosão costeira, em Cumuruxatiba (BA). Foto: Juliana S. Ribeiro	79
Figura 39: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Cumuruxatiba (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte, enquanto que valores negativos indicam sentido sul.....	80
Figura 40: Imagem de Cumuruxatiba indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área de inundação (área alagada).....	82
Figura 41: Evidências de erosão na Praia Ponta do Corumbau: raízes expostas, solapamento e destroços de urbanização. Foto: Juliana S. Ribeiro	85
Figura 42: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Curumbau (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte, enquanto que valores negativos indicam sentido sul.....	86
Figura 43: Imagem de Corumbau indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área de inundação (área alagada).....	88
Figura 44: Evidência de erosão costeira (vegetação atingida e terreno em depressão) em Arraial d’Ajuda (BA). Fotos: Juliana S. Ribeiro	91
Figura 45: Muro de pedras, estrutura de proteção costeira. Foto: Juliana S. Ribeiro	92
Figura 46: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Arraial d’Ajuda (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte, enquanto que valores negativos indicam sentido sul.....	92
Figura 47: Imagem de Arraial d’Ajuda indicando a área analisada, a área de edificações (construções), a área asfaltada e a área de inundação (área alagada).....	95
Figura 48: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Porto Seguro (BA). Valores negativos indicam que o sentido é para sul	98
Figura 49: Imagem de Porto Seguro indicando a área analisada, a área de edificações (construções), a área asfaltada e a área de inundação (área alagada).....	100

Índice de Tabelas

Tabela 1: Relação entre as bases da RBMC e as localidades para as quais elas foram utilizadas	10
Tabela 2: Detalhamento dos pontos em que foram obtidos os resultados da modelagem costeira	13
Tabela 3: Casos simulados no modelo numérico Delft3D	14
Tabela 4: Descrição dos indicadores utilizados para avaliar a vulnerabilidade à erosão das praias selecionadas. Fonte: adaptado de BUSH et al. (1999) e SOUSA (2013).....	15
Tabela 5: Frequência de ocorrência dos cenários de onda utilizados na modelagem numérica costeira	22
Tabela 6: Cenários e parâmetros de onda em água profunda utilizados para a determinação dos regimes de tempestade.....	24
Tabela 7: Detalhamento das estações do WXTide32 utilizadas para obtenção de dados do nível do mar.....	25
Tabela 8: Critérios para determinação dos regimes de tempestade	26
Tabela 9: Valores do filtro aplicado nos dados de altimetria do TOPODATA.....	27
Tabela 10: Valores máximos e mínimos dos parâmetros utilizados na análise do clima de ondas (altura significativa, período e potência de onda)	31
Tabela 11: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Pontal do Ipiranga (ES), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira	37
Tabela 12: Resultado da força de ondas em Pontal do Ipiranga (ES) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	38
Tabela 13: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Pontal do Ipiranga (ES).....	38

Tabela 14: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Pontal do Ipiranga (ES).....	38
Tabela 15: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Pontal do Ipiranga (ES).....	39
Tabela 16: Resultado da análise de indicadores ambientais em Pontal do Ipiranga (ES).....	40
Tabela 17: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa norte de Conceição da Barra (ES), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira	43
Tabela 18: Resultado da força de ondas na parte norte de Conceição da Barra (ES) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força	43
Tabela 19: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante na porção norte de Conceição da Barra (ES)	44
Tabela 20: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno na parte norte de Conceição da Barra (ES).....	45
Tabela 21: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização na parte norte de Conceição da Barra (ES)	45
Tabela 22: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa sul de Conceição da Barra (ES), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira	47
Tabela 23: Resultado da força de ondas na parte sul de Conceição da Barra (ES) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	47
Tabela 24: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante na porção sul de Conceição da Barra (ES)	48
Tabela 25: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno na parte sul de Conceição da Barra (ES)	48
Tabela 26: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização na parte sul de Conceição da Barra (ES).....	48
Tabela 27: Resultado da análise de indicadores ambientais no setor norte de Conceição da Barra (ES).....	49
Tabela 28: Resultado da análise de indicadores ambientais no setor sul de Conceição da Barra (ES).....	50
Tabela 29: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Mucuri (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira	56

Tabela 30: Resultado da força de ondas em Mucuri (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	57
Tabela 31: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Mucuri (BA).....	57
Tabela 32: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Mucuri (BA).....	57
Tabela 33: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Mucuri (BA).....	58
Tabela 34: Resultado da análise de indicadores ambientais em Mucuri (BA).....	59
Tabela 35: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Nova Viçosa (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira.....	60
Tabela 36: Resultado da força de ondas em Nova Viçosa (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	61
Tabela 37: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Nova Viçosa (BA).....	62
Tabela 38: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Nova Viçosa (BA).....	62
Tabela 39: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Nova Viçosa (BA).....	62
Tabela 40: Resultado da análise de indicadores ambientais em Nova Viçosa (BA).....	64
Tabela 41: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Caravelas (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira.....	66
Tabela 42: Resultado da força de ondas em Caravelas (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	67
Tabela 43: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Caravelas (BA).....	67
Tabela 44: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Caravelas (BA).....	68
Tabela 45: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Caravelas (BA).....	68
Tabela 46: Resultado da análise de indicadores ambientais em Caravelas (BA).....	70
Tabela 47: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Prado (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira.....	71

Tabela 48: Resultado da força de ondas em Prado (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	74
Tabela 49: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Prado (BA).....	75
Tabela 50: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Prado (BA).....	75
Tabela 51: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Prado (BA)	75
Tabela 52: Resultado da análise de indicadores ambientais em Prado (BA)	77
Tabela 53: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Cumuruxatiba (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira	79
Tabela 54: Resultado da força de ondas em Cumuruxatiba (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	80
Tabela 55: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Cumuruxatiba (BA).....	81
Tabela 56: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Cumuruxatiba (BA).....	81
Tabela 57: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Cumuruxatiba (BA)	82
Tabela 58: Resultado da análise de indicadores ambientais em Cumuruxatiba (BA)	83
Tabela 59: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Corumbau (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira	84
Tabela 60: Resultado da força de ondas em Corumbau (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	86
Tabela 61: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Corumbau (BA).....	87
Tabela 62: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Corumbau (BA).....	87
Tabela 63: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Corumbau (BA)	88
Tabela 64: Resultado da análise de indicadores ambientais em Corumbau (BA)	89
Tabela 65: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Arraial d’Ajuda (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira	90

Tabela 66: Resultado da força de ondas em Arraial d’Ajuda (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	93
Tabela 67: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Arraial d’Ajuda (BA).....	93
Tabela 68: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Arraial d’Ajuda (BA).....	94
Tabela 69: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Arraial d’Ajuda (BA)	94
Tabela 70: Resultado da análise de indicadores ambientais em Arraial d’Ajuda (BA)	96
Tabela 71: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Porto Seguro (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira	97
Tabela 72: Resultado da força de ondas em Porto Seguro (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força.....	98
Tabela 73: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Porto Seguro (BA)	99
Tabela 74: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Porto Seguro (BA).....	99
Tabela 75: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Porto Seguro (BA).	99
Tabela 76: Resultado da análise de indicadores ambientais em Porto Seguro (BA).....	101
Tabela 77: IVC’s das localidades estudadas, em ordem decrescente	102
Tabela 78: Resultado de vulnerabilidade (“A” representando alta, “M”, média, e “B”, baixa) de cada um dos treze indicadores analisados, em cada localidade estudada	103

Agradecimentos

Ao meu filho – o maior e melhor presente que a vida poderia me dar – por me inspirar, me fortalecer, me sensibilizar e por sempre dar um jeitinho, madrugadas afora, de estar presente com seus chutes e cambalhotas aqui dentro da barriga da mamãe.

À minha família, em especial à minha mãe, por todo o apoio e incentivo.

Ao meu orientador Eduardo Siegle pelos ensinamentos, apoio, confiança e paciência, além da amizade construída ao longo desses anos de convivência.

A todo o pessoal do Laboratório de Dinâmica Costeira (LDC), em especial ao Paulo, Filipe e Juliana Damasceno, pela ajuda na elaboração e impressão desse trabalho.

Ao Paulo, Nery, Diego, Renata (CI) e Cristiano (Coral Vivo) pela inestimável ajuda nos campos.

Ao Danilo, que sempre me salvou em qualquer situação, e ao Felipe pelo incentivo constante e pela ajuda com figuras.

A todos os funcionários e docentes do Instituto Oceanográfico da USP, minha casa científica. Obrigada pelos ensinamentos, apoio, acolhimento e carinho ao longo desses tantos anos de academia.

A todos os amigos de São Paulo, em especial às meninas que passaram pela Toca e aos integrantes da melhor turma de graduação da história (Turma V – IOUSP). Vocês são demais, obrigada, obrigada, obrigada!

Ao CNPq pelo auxílio financeiro durante o período do mestrado.

À Conservação Internacional (CI), que financiou parcialmente esse estudo através do projeto “Climate change vulnerability assessment of the Discovery Coast and Abrolhos Shelf, Brazil”.

Esse trabalho foi desenvolvido no contexto do INCT AmbTropic (INCT Ambientes Tropicais Marinhos: Heterogeneidade Espaço-Temporal e Respostas à Mudanças Climáticas).

Resumo

A erosão costeira é um processo de grande poder destrutivo e que afeta pelo menos 70% da zona costeira no mundo. Entender as causas e os processos que levam à erosão, bem como as regiões mais ou menos sensíveis a ela, é essencial para o correto manejo costeiro. O presente trabalho visa identificar as áreas vulneráveis à erosão através da aplicação de um Índice de Vulnerabilidade Costeira em praias do norte do Espírito Santo (Pontal do Ipiranga, Conceição da Barra) e sul da Bahia (Mucuri, Nova Viçosa, Caravelas, Prado, Cumuruxatiba, Corumbau, Arraial d'Ajuda, Porto Seguro). O cálculo do índice se deu pela análise de treze indicadores ambientais: número de frentes frias, regime de tempestade, força de ondas, ângulo de incidência das ondas, estimativa de deriva potencial, morfologia da praia, exposição às ondas, presença de rios e/ou desembocaduras, elevação do terreno, vegetação, taxa de ocupação, obras de engenharia costeira e evidências de erosão. Os resultados mostraram que os indicadores “morfologia da praia” e “exposição às ondas” parecem ser os principais contribuintes para a erosão costeira nos municípios em que foram observados grandes prejuízos na infraestrutura urbana e perigo iminente à população local. Já nos demais municípios que também apresentaram focos de erosão, a combinação entre os indicadores “estimativa de deriva potencial” e “regimes de tempestade” parece ser a principal influência ao processo erosivo. Com exceção de Pontal do Ipiranga (que obteve um resultado de baixa vulnerabilidade), todas as praias apresentaram um IVC correspondente à vulnerabilidade moderada à erosão. O estudo se mostra eficiente para a determinação do nível de vulnerabilidade relativo entre as praias estudadas.

Palavras-chave: erosão, Índice de Vulnerabilidade Costeira, modelagem numérica, ondas, análise semi-quantitativa, Costa do Descobrimento.

Abstract

Coastal erosion is a process with great destructive power and affects more than 70% of worldwide coastlines. In order to achieve an effective coastal management, it is important to find and understand not only the causes and process that leads to erosion, but also areas that are more or less vulnerable to it. This study aims to identify erosion vulnerable areas through application of a Coastal Vulnerability Index in Brazilian beaches in north Espírito Santo (Pontal do Ipiranga, Conceição da Barra) and south Bahia (Mucuri, Nova Viçosa, Caravelas, Prado, Cumuruxatiba, Corumbau, Arraial d'Ajuda, Porto Seguro). The index was calculated using 13 indicators: number of cold fronts, storm impact scale, wave power, angle of wave approach, longshore drift estimation, beach morphology, wave exposure, presence of inlets or river mouths, terrain elevation, vegetation, occupation rate, coastal engineering structures and erosion evidences. In places where great urban infrastructure destruction and imminent danger to local community were observed, both “beach morphology” and “wave exposure” seem to be the main contributors to coastal erosion. In other locations where erosion evidences were also observed, the combination between the indicators “longshore drift estimation” and “storm impact scale” seems to be the main influence to erosive process. IVC results showed that all the beaches are in a moderate vulnerability context, except in Pontal do Ipiranga, where the result was for low vulnerability. The study has proven to be effective in defining the relative vulnerability of the studied beaches.

Keywords: erosion, Coastal Vulnerability Index, numerical modeling, waves, semi-quantitative analysis, Brazilian Discovery Coast.

1. *Introdução*

A superfície terrestre é constituída por dois ambientes contrastantes: terra e mar. No encontro dessas duas feições está a zona costeira, região que apesar de representar menos que 0,05% da área terrestre emersa exerce um papel importantíssimo na atualidade, seja em termos econômicos, recreativos, políticos ou estratégicos (DAVIS & FITZGERALD, 2004). O fato de praticamente metade da população mundial viver em regiões costeiras (BIRD, 2008) ratifica a importância desse espaço e justifica a necessidade de se compreender os fenômenos e agentes que nele atuam.

A linha de costa é uma das regiões mais dinâmicas do planeta. Estima-se que mais de 70% da costa mundial esteja atualmente em processo de erosão (DAVIS & FITZGERALD, 2004). Uma vez que a urbanização é cada vez mais crescente na orla, o poder destrutivo dos processos costeiros erosivos tem se tornado cada vez mais uma preocupação constante dos gestores costeiros. A identificação de áreas mais ou menos vulneráveis a essas forças é essencial para um correto manejo costeiro (LINS-DE-BARROS, 2005).

Mazzer et al. (2008) apresenta, após a compilação de definições de diversos autores, o conceito de vulnerabilidade como sendo “um arranjo de atributos ou variáveis que caracterizam maior fragilidade, fraqueza ou passividade em relação à incidência de um evento/fenômeno de alta energia ou de potencial destrutivo”. Os estudos mundiais acerca da vulnerabilidade costeira tem se atido a diversos fenômenos, tais como elevação do nível do mar (HINKEL & KLEIN, 2009; RICHMOND et al., 2001), inundação (TIBBETTS & PROOSDIJ, 2013; BALICA et al., 2012) e erosão costeira (JANA & BHATTACHARYA, 2013; BORUFF et al., 2005; BUSH et al., 1999).

No Brasil, os estudos analisando a vulnerabilidade à erosão costeira vêm sendo realizados em diversas regiões. Camargo & Araújo (2003) compararam a vulnerabilidade nas praias da Ilha de Itamaracá (PE) em dois diferentes cenários (1997 e 2002) a fim de se

observar tendências na evolução. O estudo foi qualitativo e se baseou na observação de algumas características praias: a ocupação na zona de praia, a presença de estruturas de proteção costeira e a configuração da pós-praia e do estirâncio. No estado do Rio de Janeiro, Lins-de-Barros (2005) avaliou a vulnerabilidade à erosão no município de Maricá. O estudo focou na delimitação de áreas críticas e de potencial risco à erosão costeira, além da avaliação dos impactos socioeconômicos decorrentes de eventos erosivos passados. A análise qualitativa se baseou em certos indicadores, como características do cordão litorâneo, refração das ondas, evolução da linha de costa e danos sofridos durante uma forte tempestade. Ribeiro et al. (2013) utilizaram também da abordagem qualitativa para avaliar a evolução da vulnerabilidade à erosão costeira em Massaguaçu (SP), uma vez que a praia vem sofrendo, há anos, os efeitos intensos da erosão. O estudo utilizou dez variáveis, sendo que elas poderiam ser costeiras (como variação da linha de costa, largura praias e configurações ao largo) ou urbanas (como taxa de ocupação, permeabilidade do solo e presença de obras de engenharia costeira).

Já Mazzer et al. (2008) aplicou uma análise semi-quantitativa em algumas praias de Florianópolis (SC) utilizando dez variáveis. A partir da relação de duas variáveis (ligadas ao movimento da linha de costa) com outras oito, atribuiu-se um peso para cada variável e os valores foram utilizados para a determinação de um índice de vulnerabilidade. Sousa (2013) também utilizou a técnica semi-quantitativa em sua avaliação em duas localidades do litoral de São Paulo. O autor analisou um total de quinze variáveis, atribuindo um valor relativo ao nível de vulnerabilidade de cada uma delas para, posteriormente, calcular um índice de vulnerabilidade.

Realizado em colaboração com a CI (Conservação Internacional) dentro do projeto “Climate Change Vulnerability Assessment of the Discovery Coast and Abrolhos Shelf, Brazil”, o presente estudo também utilizou, através de variáveis e o posterior cálculo de um Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC), a análise semi-quantitativa. A escolha das variáveis utilizadas em um trabalho sobre vulnerabilidade costeira deve procurar abranger a hidrodinâmica e morfodinâmica da região e influências antrópicas, sempre levando em conta a escala de análise, o objetivo do trabalho, as características da região e a disponibilidade de dados (MAZZER, 2007). Desse modo, foram selecionadas 13 variáveis para esse estudo: morfologia da praia, exposição às ondas, evidências de erosão, número de frentes frias, ângulo de incidência das ondas, estimativa de deriva potencial, força de ondas, regime de tempestade, presença de rios

e/ou desembocaduras, elevação do terreno, vegetação, obras de engenharia costeira e taxa de ocupação. A análise se deu em dez localidades ao longo do norte do Espírito Santo e o sul da Bahia, abrangendo a região da Costa do Descobrimento.

A Costa do Descobrimento compreende a área que vai do município de Una (litoral sul da Bahia) até Linhares (norte do Espírito Santo) e é um dos oito sítios brasileiros que receberam o reconhecimento de Patrimônio Mundial Natural (UNESCO, 2014), tamanha sua importância ecossistêmica. A Mata Atlântica, floresta com a maior biodiversidade do mundo, se restringe às áreas costeiras brasileiras e está seriamente ameaçada. Dos 3,5 milhões de hectares de Mata Atlântica que existiam originalmente no Brasil, estima-se que menos de 0,5% ainda esteja remanescente, sendo que a Costa do Descobrimento abriga 78% dessa área intacta (UNESCO, 1999). Além da concentração de grande parte da pouca área remanescente de Mata Atlântica, a região também abriga a área de Abrolhos, o complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul (LEÃO, 2002). Mais de 500 mil pessoas vivem na região da Costa do Descobrimento e a maior parte dos empregos é gerada a partir dos sistemas naturais (cerca de 20% dessa população depende da pesca ou do turismo) (Pereira et al., 2013). A necessidade de se promover um correto manejo nessas áreas é iminente e imprescindível, e o presente estudo corrobora essa questão.

2. *Objetivos*

O objetivo geral do trabalho é determinar o atual estado de vulnerabilidade em dez localidades, situadas entre o norte do Espírito Santo e sul da Bahia, através da aplicação do modelo de vulnerabilidade baseado em indicadores ambientais. Esse tipo de aplicação contribui para o conhecimento e o correto manejo dessas áreas.

Os objetivos específicos são:

- Analisar características ambientais de cada praia para a definição de indicadores para a aplicação de um índice de vulnerabilidade costeira;
- Caracterizar a morfologia atual das praias de interesse;
- Caracterizar o clima de ondas predominante na região;
- Avaliar a propagação de ondas para águas rasas e o seu efeito na costa;
- Identificar o nível de vulnerabilidade de cada um dos indicadores propostos e compilar os resultados com o cálculo do IVC.

3. *Área de Estudo*

A área de estudo compreende a região entre a desembocadura do Rio Doce, no Espírito Santo, e a desembocadura do Rio Jequitinhonha, na Bahia. Foram analisadas 20 praias ao todo, compreendidas em 10 diferentes localidades: Pontal do Ipiranga (ES), Conceição da Barra (ES), Mucuri (BA), Nova Viçosa (BA), Caravelas (BA), Prado (BA), Cumuruxatiba (BA), Corumbau (BA), Arraial d'Ajuda (BA) e Porto Seguro (BA) (Figura 1).

A região de estudo está inserida na chamada Costa do Descobrimento, área com o maior percentual de Mata Atlântica remanescente no Brasil. Essa região é, no Brasil, a que mais contém espécies ameaçadas. A Mata Atlântica é um ecossistema com um alto e excepcional endemismo – 70% das espécies de árvores, 85% de primatas e 39% de mamíferos (UNESCO, 1999). O arquipélago de Abrolhos também está inserido na região, reforçando a importância ecossistêmica da área. Os corais de Abrolhos são os mais extensos da América do Sul, os mais exuberantes do Brasil e apresentam uma incontestável importância científica (LEÃO, 2002).

De acordo com Silva (2008), a região está inserida no contexto de áreas com presença de recifes de corais, terraços de abrasão e bancos de arenito. Os recifes de corais localizados próximos à costa favorecem a deposição de sedimentos na costa defronte a eles, o que pode ser observado, por exemplo, em Corumbau. Ocorrendo principalmente entre Arraial d'Ajuda e Caraíva e formados por uma crosta ferruginosa que sobrevém na base do Grupo Barreiras, os terraços de abrasão se apresentam adjacentes à praia e muitas vezes servem de substrato para o crescimento de corais e algas. Os bancos de arenito também estão presentes adjacentes às praias, e na maioria das vezes permanecem submersos durante a maré alta.

A drenagem se dá principalmente pelos maiores rios presentes na região: Jequitinhonha, Doce e Mucuri. Outros rios principais incluem João de Tiba, Buranhém, Rio do Frade, Caraíva, Corumbau, Caí e Jucuruçu (PEREIRA et al., 2013; MMA, 1998). A presença de rios de grande vazão está relacionada à formação das planícies costeiras encontradas na área,

assim como o crescimento de recifes de corais que funcionam como obstáculo ao fluxo de sedimentos da região (ANDRADE et al., 2003). A granulometria das praias da Costa do Descobrimento é variável – indo de areias finas a muito grossas, mas com predominância de areia média a grossa (SILVA, 2008).

O clima é caracterizado pela presença de chuvas no verão e estação seca no inverno. No entanto, ocorrem precipitações (associadas às massas polares) tanto no inverno quanto no outono. As chuvas são bem distribuídas durante todo o ano, com precipitação total variando entre 1600 e 2000 mm/ano (ALBINO et al., 2006; SILVA et al., 2001). A temperatura média anual varia de 22 a 24°C, e a umidade relativa do ar é em torno de 80% durante todo o ano (MMA, 1998).

A circulação atmosférica da área de estudo é afetada pela migração sazonal da célula anti-ciclônica do Atlântico Sul. Desse modo, ocorre predomínio de ventos de leste-nordeste na primavera e verão e ventos de leste-sudeste no outono e inverno, com ocasional adição de um componente sul-sudeste devido ao avanço das massas de ar polar (AZEVEDO et al., 2005).

Em relação ao clima de ondas, Pianca et al. (2010) encontraram ondas dominantes de sul durante o outono (com alturas entre 1 e 2 m, períodos entre 6 e 8 s) e leste nas demais estações do ano (alturas entre 1 e 2 m, períodos entre 6 e 8 s - no inverno também houve presença de alturas entre 2 e 3 m e períodos de 8 a 10 s). Segundo os autores, as maiores ondas registradas foram de sudoeste, com altura de 4,9 m.

O regime de marés do litoral sul da Bahia pode ser classificado como de micromarés semidiurnas, sem diferença expressiva entre baixamares e preamares subsequentes. Entretanto, devido à baixa profundidade local, há um empilhamento da onda de maré (sobreelevação da maré) na área de Cumuruxatiba (DOMINGUEZ et al., 1998 *apud* SILVA, 2008). Já na região de Caravelas, a maré é do tipo meso-maré, com características semi-diurnas (LEÃO, 2002; BARROSO, 2009). O comprimento da plataforma continental é bem variável, indo de aproximadamente 45 a 220 km; a porção norte é a mais estreita e a região do banco de Abrolhos, a mais extensa.



Figura 1: Mapa da área de estudo do projeto, destacando as dez localidades analisadas

4. *Materiais e Métodos*

O estudo se baseou na análise de 13 indicadores ambientais (Tabela 4) para a análise da vulnerabilidade através do cálculo do Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC), obtido a partir da compilação dos resultados dos diferentes indicadores. A análise foi feita separadamente para cada uma das praias estudadas.

Para determinar o grau de vulnerabilidade de cada indicador foi necessária a utilização de imagens de satélite (para, dentre outros fins, possibilitar a avaliação visual de alguns parâmetros), a coleta de dados em campo, a definição do clima de ondas da região e a aplicação de um modelo numérico de propagação de ondas.

4.1. *Imagens de satélite*

Em função da pouca disponibilidade de imagens de alta resolução da região de interesse, as imagens utilizadas nesse estudo foram obtidas, em alta resolução, através do programa Google Earth Pro. O Google Earth Pro utiliza imagens do satélite QuickBird para compor seu banco de dados. O georreferenciamento do material foi realizado com base nas coordenadas disponíveis no próprio Google Earth Pro e com o uso do software ArcGIS 9.3 da ESRI (*Environmental Systems Research Institute*). As imagens foram georreferenciadas na projeção UTM (*Universal Transverse Mercator*), no fuso 24 S e no *datum* planimétrico WGS 1984.

4.2. *Coleta de dados em campo*

O trabalho de campo foi realizado em duas etapas, com visitas nos dias 15 a 23 de agosto de 2012 e 24 a 26 de fevereiro de 2013. No campo foram realizados levantamentos topográficos e observações visuais e fotográficas. Através do levantamento fotográfico, pôde-se

observar a erosão costeira e os impactos socioeconômicos gerados por esse processo, bem como as ações mitigadoras executadas para conter ou retardar tais prejuízos na infraestrutura urbana das áreas de interesse. O levantamento topográfico de alta precisão, permitiu a coleta de dados (com precisão variando de centímetros a milímetros) sobre as variações de relevo das praias estudadas.

Os dados topográficos foram levantados por meio de perfis com a utilização de um DGPS (*Differential Global Positioning System*), através de caminhamentos ao longo da zona praial ou utilizando como auxílio um carro de apoio (nos casos de levantamentos feitos além da zona de praia, na infraestrutura urbana). Utilizou-se um conjunto de DGPS da marca Trimble, composto por uma base Trimble 5700 (Figura 2) e um *rover* do tipo R3 (Figura 3). O caminhamento foi feito dentro de um raio aproximado de 5 km partindo da base fixa, exceto pela praia de Pontal do Ipiranga (em virtude da dificuldade de acesso no dia do campo, devido a obras na ponte da cidade, a distância da base teve que ser um pouco maior – 11,2 km, aproximadamente). Ambos os equipamentos foram programados para coletar dados topográficos a cada segundo; a base permaneceu ligada por no mínimo 7 horas durante cada levantamento, permitindo maior precisão no processamento dos dados.



Figura 2: Imagem mostrando a base fixa do sistema DGPS



Figura 3: Uso do DGPS em levantamento cinemático, realizado através de caminhamento. O receptor do DGPS que está em uma posição desconhecida é chamado de receptor móvel (*rover*)

Para realizar o tratamento dos dados do DGPS utilizou-se o programa Trimble Business Center. Os valores adquiridos pelo receptor móvel foram corrigidos (através de triangulação e ajuste) utilizando informações geográficas coletadas por duas bases da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo), além dos dados obtidos pela base fixa em cada levantamento. A relação das bases utilizadas da RBMC e das localidades para as quais elas foram utilizadas é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1: Relação entre as bases da RBMC e as localidades para as quais elas foram utilizadas

Base da RBMC	Localidades correspondentes
Teixeira de Freitas	Todas as localidades estudadas
Governador Valadares	Pontal do Ipiranga, Conceição da Barra, Mucuri e Nova Viçosa
Vitória da Conquista	Caravelas, Prado, Cumuruxatiba, Corumbau, Arraial d'Ajuda e Porto Seguro

Os valores de altura obtidos pelo DGPS estavam relacionados a um elipsóide de referência, e não ao nível médio do mar. Para corrigir isso, foi necessário ajustar os dados para

obter a altura ortométrica (que tem como referência o geóide). O geóide, uma das formas de representação da Terra, é limitado por uma superfície equipotencial do campo de gravidade terrestre que coincide com o nível médio não perturbado dos mares (IBGE, 2014b) – por isso a altura ortométrica representa a real altitude acima do nível do mar. O cálculo necessário para ajustar os dados obtidos pelo DGPS é descrito na Equação 1 (IBGE, 2014a):

$$H = h - N \quad (1)$$

onde H representa a altitude ortométrica, h a altitude elipsoidal (obtida através do DGPS) e N é a ondulação geoidal local. O valor de N foi obtido utilizando o Modelo de Ondulação Geoidal – MAPGEO2010 – concebido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP).

4.3. *Clima de ondas*

Dados medidos de ondas no Brasil ainda são bastante raros, e por isso a utilização de dados obtidos através de modelos de onda é corriqueira. Um dos modelos mais utilizados para esse fim, e o que foi utilizado nesse estudo, é o NWW3 (NOAA WAVEWATCH III) da agência norte-americana NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). O modelo de geração de ondas a partir de um campo de ventos, fornece resultados a cada três horas, e informações de reanálise estão disponíveis desde 1979. O modelo é global (aplicado de 77° S a 77° N), a profundidade mínima é de 25 metros e a resolução é de 1° (de latitude e longitude) (NOAA, 2012). Maiores detalhes sobre o modelo podem ser encontrados em Tolman (2009).

O clima de ondas da região de estudo foi determinado através dos dados do modelo NWW3, disponíveis em <<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/>>. Considerando a região de estudo e a quebra da plataforma, o ponto de coordenadas 18° S e 37° W foi selecionado para extrair os 30 anos de dados disponíveis do modelo.

As informações obtidas pelo NWW3 foram tratadas no programa MATLAB 7.0. Em adição as informações estatísticas básicas (como médias, máximos e mínimos) obtidas a partir da série temporal, a força de ondas foi estimada através da Equação 2 (Komar, 1976):

$$P = \frac{\rho g^2 H^2 T}{32\pi} \quad (2)$$

onde ρ é a densidade da água do mar (1027 kg/m^3), g é a aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m/s}^2$), H é a altura da onda (m) e T é o período (s). A potência é dada em W/m. Os resultados também foram analisados sazonalmente, através da separação por estações do ano (seguindo a convenção meteorológica, e não a astronômica; NCDC, 2013).

O tratamento dos dados também gerou tabelas de frequência, que relacionam a ocorrência de intervalos de altura e período com as diferentes direções de onda. Os dados médios de altura e período mais significativos da região (frequências maiores que 5%) foram utilizados para simular a propagação das ondas de águas profundas em águas rasas, utilizando o modelo Delft3D.

4.4. Modelagem numérica – Delft3D

Para a modelagem numérica costeira foi utilizado o programa Delft3D, desenvolvido pela *Deltares* (Holanda). Entre os diferentes módulos disponíveis no Delft3D, foi utilizado o seu módulo de propagação de ondas. O módulo é composto por dois modelos costeiros: a segunda geração do HISWA (Hindcast Shallow Water Waves) e a terceira geração do seu sucessor, o SWAN (Simulation Waves Nearshore) (DELTAIRES, 2013).

Como detalhado na seção 4.3, a modelagem foi feita a partir de nove cenários de onda selecionados a partir da análise do clima de ondas da região de estudo. Os casos simulados estão detalhados na Tabela 3.

Os resultados da modelagem costeira (altura significativa, direção e período de onda) foram coletados em determinados pontos adjacentes às localidades analisadas (Tabela 2).

Tabela 2: Detalhamento dos pontos em que foram obtidos os resultados da modelagem costeira

Ponto	Localidade adjacente	Coordenadas UTM		Profundidade (m)
		X (m E)	Y (m S)	
1	Pontal do Ipiranga	427001	7877666	6,35
2	Pontal do Ipiranga	426750	7879374	7,80
3	Conceição da Barra - Sul	424680	7943768	5,44
4	Conceição da Barra - Sul	424501	7944906	4,85
5	Conceição da Barra - Norte	424430	7945962	4,64
6	Conceição da Barra - Norte	424451	7946934	4,71
7	Mucuri	444400	8000246	3,70
8	Mucuri	444600	8000830	3,76
9	Nova Viçosa	460801	8019074	2,54
10	Nova Viçosa	462961	8019680	3,45
11	Caravelas	484900	8039778	2,34
12	Caravelas	485100	8038756	2,56
13	Prado	478213	8083802	4,30
14	Prado	478556	8081884	4,43
15	Cumuruxatiba	482200	8107513	3,86
16	Cumuruxatiba	482400	8108113	3,89
17	Cumuruxatiba	482400	8109094	3,35
18	Corumbau	488501	8130940	3,30
19	Corumbau	489101	8131466	3,68
20	Corumbau	489100	8132354	4,04
21	Corumbau	488601	8132856	3,47
22	Arraial d'Ajuda	494383	8179040	4,34
23	Arraial d'Ajuda	496230	8178016	5,94
24	Arraial d'Ajuda	496379	8177209	6,43
25	Arraial d'Ajuda	493851	8176149	4,04
26	Porto Seguro	497100	8186205	2,93
27	Porto Seguro	498906	8186984	3,82
28	Porto Seguro	497807	8187897	3,64

Tabela 3: Casos simulados no modelo numérico Delft3D

Cenários	Direção	Altura (m)	Período (s)
1	Leste	1,25	7,02
2	Leste	1,75	7,82
3	Leste	2,25	8,30
4	Sudeste	1,75	8,81
5	Sudeste	2,25	9,61
6	Sul	1,25	10,91
7	Sul	1,75	11,60
8	Sul	2,25	11,60
9	Sul	2,75	11,85

4.5. *Indicadores ambientais*

Utilizaram-se treze indicadores ambientais para se avaliar a vulnerabilidade resultante em cada localidade, sendo que doze deles foram retirados dos trabalhos de Bush et al. (1999) e Sousa (2013) (a exceção se deu com o indicador “Regimes de tempestade”, incluído no presente trabalho). Aplicaram-se certos parâmetros a eles para classificá-los como sendo de baixa, moderada ou alta vulnerabilidade (Tabela 4).

Para delimitar a área continental a ser analisada em cada praia, foi estabelecida uma área de influência em cada uma delas. O critério utilizado foi o mesmo em todas as localidades: as áreas foram traçadas com uma distância fixa de 500 m a partir da linha de costa (LC) referente a cada praia. A LC foi determinada através do limite entre a areia molhada e a areia seca.

Os indicadores aplicados na metodologia remetem tanto a fatores que provocam a erosão costeira (número de frentes frias, regime de tempestade, força de ondas, ângulo de incidência das ondas e estimativa de deriva potencial) quanto os que favorecem seu acontecimento (morfologia da praia, exposição às ondas, presença de rios e/ou desembocaduras, elevação do terreno, vegetação e taxa de ocupação) ou que indicam que o processo de erosão já está/esteve presente (obras de engenharia costeira e evidências de erosão). Os próximos parágrafos serão destinados a comentar um pouco de cada um desses indicadores.

Tabela 4: Descrição dos indicadores utilizados para avaliar a vulnerabilidade à erosão das praias selecionadas. Fonte: adaptado de BUSH et al. (1999) e SOUSA (2013).

Variáveis	Indicador ambiental	Vulnerabilidade baixa	Vulnerabilidade moderada	Vulnerabilidade alta
Costeiras	Morfologia da praia	Bom suprimento de areia e perfil praial extenso, com largura praial maior que 30 metros	Potencial interrupção de suprimento de areia e perfil praial médio a estreito, com largura praial de 15 a 30 metros	Praia estreita, suprimento de sedimento interrompido ou comprometido, com largura praial de até 15 metros
	Exposição às ondas	Presença de barreiras naturais (ilhas, recifes ou rochas de praia)	Pista de atuação do vento limitada (presença de barreiras arenosas ao largo)	Pista de atuação do vento extensa, sem obstáculos naturais que minimizem a energia das ondas
	Evidências de erosão	Sem indícios de erosão	Indícios de erosão	Erosão Severa
	Número de frentes frias	Redução	Estabilidade	Aumento
	Ângulo de incidência das ondas	0° a 15°, 75° a 105°, 165° a 180°	15° a 30°, 60° a 75°, 105° a 120°, 150° a 165°	30° a 60°, 120° a 150°
	Estimativa de deriva potencial	Convergência	Direção constante sem prejuízo no aporte sedimentar	Divergência ou direção constante com comprometimento do aporte sedimentar
	Força de ondas	Fraca	Moderada	Forte
	Regime de tempestade	Espraçamento	Sobrelevagem	Inundação
	Presença de rios e / ou desembocaduras	> 100m	Entre 50 e 100m	< 50m
	Continentais	Elevação do terreno	> 6 m	Entre 3 e 6 m
Vegetação		Densa com florestas desenvolvidas e sem evidências de erosão	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Nenhuma ou pouca vegetação
Obras de engenharia costeira		Ausência de estruturas costeiras	Estruturas pequenas ou pouco significantes	Presença de quebra-mares, esporões, molhes, etc.
Taxa de ocupação		< 30%	Entre 30 e 70%	> 70%

Dentre as causas da erosão costeira citadas por Bird (2008) está o aumento do ataque de ondas, a redução da oferta sedimentar, o aumento da energia de ondas, a interrupção do aporte de sedimento pela corrente de deriva litorânea e o aumento de tempestades. As frentes frias estão associadas a tempestades que, apesar de serem eventos de curta duração, causam grande modificação das feições costeiras. Durante as tempestades há um aumento na altura de

ondas, resultando numa maior remobilização de sedimentos tanto pela corrente de deriva litorânea quanto pela movimentação da inundação (DAVIS & FITZGERALD, 2004). Desse modo, o aumento do **número de frentes frias** estaria associado a uma maior vulnerabilidade costeira à erosão. Ainda em relação aos eventos de alta energia, o método utilizado foi além ao determinar o **regime de tempestade** existente em cada localidade. Os regimes, propostos por Sallenger (2000), levam em conta as forças atuantes na região e a geometria da costa. No caso de costas sem a presença de dunas, são três os possíveis regimes: espraçamento, sobrelavagem e inundação. De acordo com o autor, o regime de espraçamento é caracterizado pela restrição da ação das ondas à região da frente praial, que é erodida. Os sedimentos são transportados mar adentro, e nas semanas/meses que sucedem a tempestade os mesmos são remobilizados de volta à praia (a perda líquida de sedimentos é, então, mínima). No regime de sobrelavagem, a atuação do espraçamento excede a linha de defesa da praia, transportando sedimentos costa adentro (há perda líquida sedimentar da frente praial). Já no regime de inundação, a altura base do espraçamento excede a altura da linha de defesa da praia – toda a região praial fica submersa, aumentando de forma substancial a perda sedimentar do sistema.

O indicador **força de ondas** tenta contabilizar o caso do aumento da energia de ondas citado por Bird (2008), calculando a potência associada às ondas que comumente atingem a costa. Quanto mais potentes as ondas são, maior é a sua capacidade de mover sedimentos. Vale lembrar que, em cada região analisada, as configurações ao largo (**exposição às ondas**) modulam o ataque de ondas: obstáculos naturais, assim como ilhas, bancos de areias ou barreiras de corais atenuam a força das ondas que atingem a costa.

Os indicadores **ângulo de incidência das ondas** e **estimativa de deriva potencial** estão ligados à remobilização de sedimentos. A corrente de deriva litorânea é originada quando a costa é atingida por uma onda com angulação (BIRD, 2008), e é um dos principais e mais efetivos meios de mobilização de sedimento na costa (SIEGLE & ASP, 2007). É importante identificar os padrões das correntes de deriva atuantes na costa, a fim de identificar lugares onde há perda sedimentar. A intensidade dessas correntes muda de acordo com o ângulo de aproximação da onda, sendo máxima quando a angulação é em torno de 45° (MASSELINK et al., 2011; SIEGLE & ASP, 2007). Desse modo, também é importante identificar o ângulo de incidência das ondas para inferir situações em que a corrente de deriva pode se tornar mais intensa, remobilizando um maior volume de sedimentos.

A análise da **morfologia da praia** tem a ver com a estabilidade ou não dos diferentes padrões encontrados. Praias em que há processos acrescionais costumam ser largas e com perfil praial extenso e plano, e remetem à estabilidade. Já as submetidas a processos erosivos costumam apresentar os chamados perfis de tempestade: estreitos e com grandes inclinações (RIBEIRO et al., 2013; DAVIS & FITZGERALD, 2004).

A **elevação do terreno** é um fator que torna a zona costeira suscetível ou não à erosão. Baixas elevações deixam o terreno vulnerável ao ataque de ondas, sobrelavagem e inundação por tempestades ou por marés meteorológicas (BUSH et al., 1999). A análise da **presença de rios e/ou desembocaduras** também é importante, uma vez que esses sistemas são instáveis, migram, e se localizam em terrenos baixos (o que os faz vulneráveis à ação da erosão, como explicado no indicador anterior). Além do mais, os padrões de onda e corrente são geralmente muito dinâmicos nessas regiões (BUSH et al., 1999).

Muehe (2005) afirma que 80% das causas de erosão costeira podem ser explicadas pela interferência humana, seja ela pela urbanização da região da costa ou pela construção de estruturas rígidas sobre ela. Além disso, as estruturas costeiras são muito afetadas pelos processos erosivos. Sendo assim, a mensuração da **taxa de ocupação** urbana é essencial na análise de vulnerabilidade à erosão. Na mesma linha de pensamento, vale lembrar que a intensa urbanização está frequentemente associada à diminuição da área vegetada. A presença de **vegetação**, além de ser uma proteção natural do sistema, sugere estabilidade da costa, baixo potencial à erosão e pouca ou nenhuma intrusão salina (BUSH et al., 1999).

A análise do indicador **evidências de erosão**, como diz seu nome, é definido quando existem indícios de erosão costeira. O indicador **obras de engenharia costeira** também sugere a presença de processo erosivo, uma vez que tais intervenções não são necessárias em regiões estáveis ou acrescionais.

4.5.1. Morfologia da praia

A delimitação das vulnerabilidades quanto à morfologia das praias foi baseada em observações feitas em campo e medições realizadas nas imagens de satélite.

Nas praias que apresentaram focos de erosão considerou-se que o suprimento de sedimento estava interrompido ou comprometido. Sendo assim, elas foram classificadas como de vulnerabilidade alta. A exceção se deu com a parte sul do município de Conceição da Barra:

havia indícios de erosão antiga, mas a faixa praial atual é extensa devido a obras de engenharia costeira construídas nos últimos anos.

Nas demais praias utilizaram-se valores de largura praial para determinar a vulnerabilidade resultante. Foram delimitados alguns transectos ao longo das praias analisadas, distribuídos de modo que cada um deles ficasse a uma distância aproximada de 200 m do outro. Os transectos tinham como limite inferior a linha de costa e como limite superior a linha de vegetação/urbanização (Figura 4). A largura praial foi, então, determinada como sendo a largura desses transectos. Com base nessas informações, foram estabelecidos limites classificatórios para o indicador: praias com largura praial de até 15 metros foram classificadas como sendo de alta vulnerabilidade, praias com largura praial de 15 a 30 metros foram classificadas como sendo de vulnerabilidade moderada, e praias com largura praial acima de 30 metros foram classificadas como sendo de vulnerabilidade baixa. Para calcular um valor total de largura praial do local considerou-se o valor médio dos comprimentos dos transectos medidos.



Figura 4: Exemplo da determinação da largura praial em Nova Viçosa (BA). Os traços azuis correspondem aos transectos utilizados para a medição (espaçados em 200 metros, aproximadamente) e a linha vermelha delimita a faixa de praia a ser contabilizada

4.5.2. *Evidências de erosão*

Durante as visitas de campo, observou-se a presença ou ausência de vestígios de erosão costeira. As localidades que não apresentaram indícios de erosão foram classificadas com vulnerabilidade baixa. Quando danos não muito severos na vegetação foram observados,

como a presença de árvores com raízes expostas, a vulnerabilidade foi classificada como média. Já as localidades em que foi observado grave prejuízo da vegetação ou berma pelo ataque de ondas e/ou destruição de infraestrutura urbana, a vulnerabilidade foi considerada alta.

4.5.3. Número de frentes frias

O número de frentes frias ao longo da última década foi mapeado e contabilizado através dos boletins “Climanálise” emitidos pelo CPTEC - Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/INPE) desde 1996. No presente estudo, a análise foi realizada para a última década. (de 2003 a 2012). O monitoramento das frentes no litoral tem como referência 23 estações, sendo 20 delas dentro do território brasileiro (Figura 5). Para esse estudo, consideraram-se os sistemas frontais que atingiram o trecho do litoral compreendido entre Vitória (ES) e Ilhéus (BA) (área destacada na Figura 5). Uma vez que o trecho selecionado não discrimina todas as localidades desse estudo, houve a divisão de três setores diferentes para a contabilização das frentes frias (Vitória – Caravelas, Caravelas, e Caravelas – Ilhéus), e algumas cidades tiveram resultados conjuntos com outras. Sendo assim:

- As localidades de Pontal do Ipiranga, Conceição da Barra, Mucuri e Nova Viçosa tiveram seus resultados baseados na contabilização do trecho Vitória – Caravelas. Os sistemas frontais incluídos na contabilização foram aqueles que percorreram todo o trecho, e não só permaneceram estacionados em frente à estação de Vitória ou de Caravelas;
- A localidade de Caravelas teve seu resultado baseado na contabilização do setor Caravelas. Os sistemas frontais incluídos na contabilização foram aqueles que passaram pela estação de Caravelas ou ficaram ali estacionados;
- As localidades de Prado, Cumuruxatiba, Corumbau, Arraial d’Ajuda e Porto Seguro tiveram seus resultados baseados na contabilização do trecho Caravelas – Ilhéus. Os sistemas frontais incluídos na contabilização foram aqueles que percorreram todo o trecho, e não só permaneceram estacionados em frente à estação de Caravelas (esses casos foram contabilizados para a localidade de Caravelas) ou de Ilhéus (uma vez que Ilhéus está além dos limites da área de estudo).

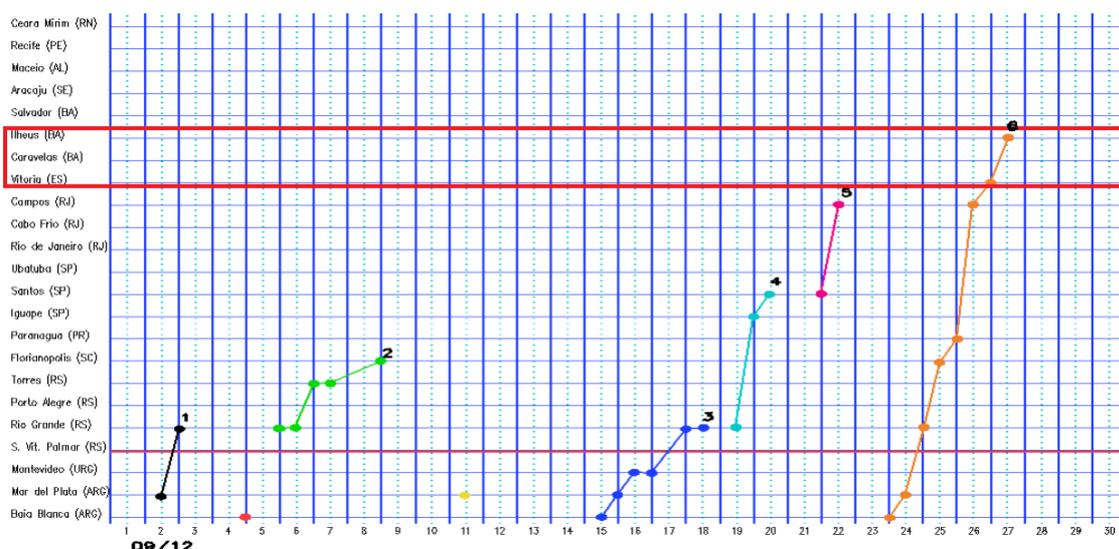


Figura 5: Exemplo de apresentação dos dados de sistemas frontais no litoral disponibilizados pelo CPTEC. A área destacada corresponde à região considerada no estudo. O eixo “y” apresenta as estações de monitoramento, e o eixo “x” exibe os dias do mês de monitoramento. Fonte: Boletim Climanalise, setembro de 2012 (<<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf12/set12.pdf>>).

4.5.4. Ângulo de incidência das ondas

Assumindo que a capacidade de transporte sedimentar pela corrente de deriva litorânea é máxima quando o ângulo de incidência da onda é de 45° e nula quando o mesmo é de 90° ou 0° , foram estabelecidos intervalos angulares para definir as diferentes vulnerabilidades quanto a esse indicador (Figura 6). As praias que apresentaram maior ocorrência de ângulos entre 30° e 60° ou 120° e 150° foram classificadas com alta vulnerabilidade, as que apresentaram ângulos entre 15° e 30° , 60° e 75° , 105° e 120° ou 150° e 165° com média e as com ângulos entre 0° e 15° , 75° e 105° ou 165° e 180° com baixa.

Para o cálculo do ângulo de incidência, fez-se a correção do ângulo resultante na modelagem costeira com a inclinação da linha de costa em cada localidade, de modo que o ângulo de incidência da onda considerado fosse o ortogonal à linha de costa. O número de retas de inclinação variou em cada praia, pois dependeu da mudança de orientação da orla. Nas localidades de (i) Pontal do Ipiranga, (ii) Mucuri, (iii) Nova Viçosa, (iv) Caravelas e (v) Prado foram consideradas somente uma reta de inclinação, em (vi) Conceição da Barra, duas, em (vii) Cumuruxatiba e (viii) Porto Seguro, três, e em (ix) Arraial d’Ajuda e (x) Corumbau, quatro.

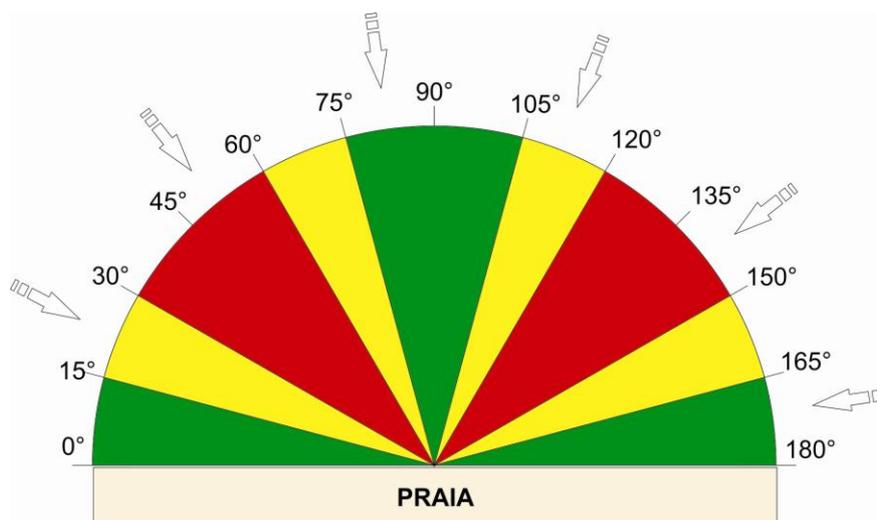


Figura 6: Intervalos de vulnerabilidade considerados no indicador “ângulo de incidência das ondas”. A cor vermelha, amarela e verde representa alta, média e baixa vulnerabilidade, respectivamente.

4.5.5. Estimativa de deriva potencial

A corrente de deriva litorânea pode ser estimada de forma simples através do modelo proposto por Longuet-Higgins (1970) e Komar (1998), utilizado em diversos estudos (como em Bittencourt et al., 2000, Siegle & Asp, 2007 e Sousa, 2013). O método pressupõe que (i) a corrente de deriva litorânea gerada pela aproximação de uma onda com angulação é proporcional ao produto do seno e cosseno desse ângulo (KOMAR, 1998) e (ii) a energia de onda é diretamente proporcional ao quadrado de sua altura (DAVIES, 1980). Desse modo, a deriva litorânea potencial (x) é calculada, de forma adimensional, através da Equação 3:

$$x = (\sin \alpha \cos \alpha) H^2 \quad (3)$$

onde α é o ângulo que a frente de onda se aproxima da costa e H é a altura de onda próximo a costa. Os parâmetros necessários para esse cálculo foram obtidos através da modelagem numérica costeira, nos pontos descritos na Tabela 2.

Apesar dos resultados de deriva potencial terem sido calculados para os cenários de onda mais comuns na região, fez-se necessário relativizá-los quanto à frequência de ocorrência dessas ondas. Sendo assim, os resultados foram multiplicados pela frequência de ocorrência da respectiva onda que o gerou (Tabela 5) sendo o seu somatório a deriva litorânea potencial líquida. Em função do controle sobre o transporte de sedimentos ao longo da costa, padrões divergentes geralmente estão associados com graves focos de erosão, enquanto padrões convergentes resultam em acúmulo de sedimento na região. Baseado nisso, foram analisados

pelo menos dois pontos costeiros em cada localidade da área de estudo (Tabela 2) e os critérios para a determinação da vulnerabilidade costeira quanto a esse indicador foram definidos como descrito a seguir:

- Quando o transporte se deu em direções opostas, considerou-se alta vulnerabilidade nos casos de divergência (correntes se afastando uma da outra), não importando a apresentação de outros tipos de configuração de deriva ou não, e baixa vulnerabilidade nos de convergência (correntes se encontrando) – somente nos casos em que a convergência era situação única nas configurações de deriva em direções opostas;
- Quando o transporte se deu na mesma direção, analisou-se o valor adimensional da deriva potencial. Nas situações em que os valores decresceram no sentido do transporte, pôde-se afirmar que não havia prejuízo no aporte sedimentar do local, e o resultado foi de vulnerabilidade média. Já nos casos em que os valores aumentaram no sentido do transporte, inferiu-se a existência de um foco de erosão no local (volume líquido de transporte sedimentar negativo) e o resultado foi de vulnerabilidade alta.

Tabela 5: Frequência de ocorrência dos cenários de onda utilizados na modelagem numérica costeira

Cenários	Frequência de ocorrência (%)
1	6,99
2	15,80
3	6,41
4	6,89
5	3,84
6	5,46
7	16,35
8	12,57
9	6,14

4.5.6. Força de ondas

A força de ondas utilizou os dados resultantes da modelagem costeira, e foi determinada através da fórmula da potência de onda para águas rasas (KOMAR, 1976), em que a potência (P_{rasas}) é dada em W/s (Equação 4):

$$P_{rasas} = \frac{\rho g H^2 \sqrt{gh}}{8} \quad (4)$$

onde ρ é a densidade da água do mar (1027 kg/m^3), g é a aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m/s}^2$), H é a altura da onda (m) e h é a profundidade local (m). Para relativizar a potência com a frequência de ocorrência da onda que a gerou, os resultados de força de onda foram multiplicados pela frequência de ocorrência da mesma (Tabela 5).

As ondas foram classificadas em fortes, médias ou fracas de acordo com os resultados de potência calculados, que foram divididos em três intervalos iguais: de 445 a 73620 (fracas), de 73621 a 146800 (moderadas) e de 146801 a 220000 (fortes). Foram nove cenários de ondas classificados em cada ponto; o resultado final considerou o intervalo (forte, médio ou fraco) que obteve a maior contagem de cenários.

4.5.7. Regime de tempestade

Os regimes de tempestade foram definidos de acordo com a metodologia proposta por Sallenger (2000). O autor definiu uma escala que caracteriza o impacto de tempestades em ilhas-barreira, baseado na relação entre as alturas críticas de feições geomorfológicas e a elevação do espraiamento (*run-up*) de ondas de tempestade. São definidos quatro regimes de impacto, aqui apresentados em ordem crescente de dano potencial: (i) espraiamento, (ii) colisão, (iii) sobrelavagem e (iv) inundação. Quando não há presença de campo de dunas na região analisada, como é o caso do presente estudo, o regime de colisão não se aplica – este depende da diferença de altura entre a base e o topo da duna. Assim, a proposta desse indicador é determinar o regime de tempestade dominante em cada localidade, podendo ele ser de espraiamento (baixa vulnerabilidade), sobrelavagem (média vulnerabilidade) ou inundação (alta vulnerabilidade).

Os cenários de tempestade simulados foram selecionados a partir da análise do clima de ondas da região, e consistiram em dados de altura, período e comprimento de onda (Tabela 6). Observou-se que 15% das ondas apresentavam alturas superiores a 2,5 m; esse foi o limite inferior escolhido para que se determinassem os casos simulados. Como o valor máximo de altura de onda encontrado na região foi de 6,03 m, foram definidos oito cenários de tempestade espaçados, com relação à altura, em aproximadamente 0,5 m uns dos outros. Uma vez que não foram encontradas ondas com alturas significativas de 5, 5,5 ou 6 m, utilizaram-se os dados de onda que mais se aproximaram dessas alturas específicas (4,98, 5,49 e 6,03, respectivamente). Em relação aos períodos de onda utilizados nos cenários, selecionou-se o maior período encontrado correspondente a cada altura de onda – uma vez que a análise tem como objetivo considerar as ondas mais energéticas, de tempestade. Quanto ao comprimento de onda, o mesmo foi calculado através da Equação 5 (Komar, 1976):

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (5)$$

onde L_0 é o comprimento de onda em água profunda (m), g é a aceleração da gravidade ($9,8 \text{ m/s}^2$) e T é o período (s).

Tabela 6: Cenários e parâmetros de onda em água profunda utilizados para a determinação dos regimes de tempestade

Cenário	Altura – H_0 (m)	Período – T_0 (s)	Comprimento de onda – L_0 (m)
1	2,50	16,32	187,01
2	3,00	17,19	193,56
3	3,50	16,43	110,31
4	4,00	15,27	487,54
5	4,50	17,68	363,68
6	4,98	8,41	421,04
7	5,49	11,14	460,89
8	6,03	10,95	415,42

Sallenger (2000) propõe, para o caso de praias sem a presença de dunas, a determinação de três parâmetros para a determinação dos regimes: D_{HIGH} (máxima altura do terreno da linha de defesa da praia), R_{HIGH} e R_{LOW} (máxima e mínima elevação do espraçamento, respectivamente). O D_{HIGH} foi definido a partir dos levantamentos topográficos; os demais parâmetros foram determinados de forma empírica. A Equação 6 mostra o cálculo do R_{HIGH} :

$$R_{HIGH} = R_{2\%} + \eta_{mean} \quad (6)$$

onde $R_{2\%}$ é o espraçamento com excedência de 2% e η_{mean} é o nível médio do mar que inclui tanto a maré astronômica quanto a meteorológica. O $R_{2\%}$ foi obtido através da Equação 7:

$$R_{2\%} = H_0 \{ 0,83 [\beta / (H_0 / L_0)^{1/2}] + 0,2 \} \quad (7)$$

onde H_0 é a altura de onda em água profunda, β é a inclinação da praia e L_0 é o comprimento de onda em água profunda. Já o η_{mean} foi obtido pelo cálculo da média das marés altas projetadas para o período do campo, disponíveis no programa WXTide32. Foram utilizados dados das marés de três estações localizadas próximas à área de estudo (Tabela 7). O período selecionado para as projeções foi de 24 a 26 de fevereiro de 2013 para Corumbau e de 15 a 23 de agosto de 2012 para as demais localidades.

Tabela 7: Detalhamento das estações do WXTide32 utilizadas para obtenção de dados do nível do mar

Nome da estação	Localização	
	Latitude	Longitude
Santa Cruz Cabrália, Brazil	16°17,00'S	39°02,00'W
Caravelas, Brazil	17°43,00'S	39°09,00'W
Vitória, Brazil	20°19,00'S	40°19,00'W

O R_{LOW} é determinado através da Equação 8:

$$R_{LOW} = R_{HIGH} - S_{2\%} \quad (8)$$

onde $S_{2\%}$ é a amplitude do espriamento com excedência de 2%, obtido pela Equação 9:

$$S_{2\%} = H_0 \{ 0,85 [\beta / (H_0 / L_0)^{1/2}] + 0,06 \} \quad (9)$$

O regime de inundação foi determinado através das relações entre os parâmetros calculados, como mostra a Tabela 8.

Tabela 8: Critérios para determinação dos regimes de tempestade

	$R_{\text{HIGH}} / D_{\text{HIGH}} < 1$	$R_{\text{HIGH}} / D_{\text{HIGH}} > 1$	
		$R_{\text{LOW}} / D_{\text{HIGH}} < 1$	$R_{\text{LOW}} / D_{\text{HIGH}} > 1$
Regime de espriamento	X		
Regime de sobrelavagem		X	
Regime de inundação			X

O regime de espriamento é aquele que ocorre quando, em uma tempestade, o espriamento fica confinado na face praial (vulnerabilidade baixa). No regime de sobrelavagem, o R_{HIGH} é maior e o espriamento alcança o topo da barreira de proteção praial (vulnerabilidade moderada). Já no regime de inundação, o R_{HIGH} é tão alto que a praia fica completamente submersa durante o evento de tempestade (vulnerabilidade alta) (SALLENGER, 2000).

4.5.8. *Elevação do terreno*

Para determinar a elevação do terreno de cada praia analisada, foi feito um levantamento topográfico com o uso de um DGPS nos meses de agosto de 2012 e fevereiro de 2013 (ver seção 4.2 para mais detalhes).

Os dados do DGPS apresentam precisão que varia de milímetros a centímetros. Entretanto, o equipamento apresenta limitação a obstáculos físicos (como serras, árvores ou mesmo a infraestrutura urbana) e a condições de chuva. É válido ressaltar que em algumas ocasiões durante os levantamentos, situações desse tipo ocorreram e por vezes limitaram a sua cobertura espacial. Ademais, na ausência de dados de elevação, sobretudo para as áreas

continentais, foi utilizada a base de dados do projeto TOPODATA, do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), para complementar as análises.

O projeto "TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil" foi criado pelo INPE e oferece dados topográficos e suas derivações básicas em cobertura nacional. Os dados são elaborados a partir dos dados SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) para a América do Sul, que foram disponibilizados pelo USGS (*U.S. Geological Survey*) em meados de 2003 (INPE, 2014).

Os dados de altimetria disponíveis no TOPODATA não são tão precisos quanto os obtidos através de DGPS. Na tentativa de minimizar essa diferença, aplicou-se um filtro nos dados do TOPODATA: subtraiu-se, dos valores de altura do banco de dados, um valor fixo de filtro, determinado através da média das diferenças entre as medições realizadas pelo DGPS e os valores do TOPODATA na localidade analisada (Tabela 9).

Depois que os dados foram filtrados, determinaram-se as curvas de nível para a região estudada. O próximo passo foi incluir os pontos medidos com o DGPS e criar uma rede triangular irregular (TIN – *Triangular Irregular Network*), utilizando o ArcGIS 9.3, para facilitar a análise altimétrica.

Tabela 9: Valores do filtro aplicado nos dados de altimetria do TOPODATA

Localidade	Valor do filtro correspondente (m)
Pontal do Ipiranga	0,54
Conceição da Barra	-0,72
Mucuri	1,23
Nova Viçosa	1,47
Caravelas	3,35
Prado	2,84
Cumuruxatiba	4,27
Corumbau	3,14
Arraial d'Ajuda	5,51
Porto Seguro	-0,50

A TIN é uma malha triangular que descreve uma superfície; é obtida através de interpolação de dados de elevação em formato 2D, como curvas de nível e pontos altimétricos, por exemplo. É feita uma triangulação dos vértices, que depois são conectados com uma série de linhas que formam uma rede de triângulos. Existem vários métodos de interpolação que podem ser aplicados; o software utilizado no estudo emprega a triangulação de Delaunay, que conecta os vértices de modo que o circuncírculo de cada triângulo da malha não possua nenhum vértice em seu interior (círculos vazios) (ESRI, 2008).

Cada TIN foi dividida em três intervalos de altura: menor que 3 metros (alta vulnerabilidade), entre 3 e 6 metros (média vulnerabilidade) e maior que 6 metros (baixa vulnerabilidade) (Figura 7). A partir dessa divisão foram traçados polígonos ao redor das regiões de mesma altura, e suas áreas foram calculadas para se obter a vulnerabilidade predominante em cada localidade analisada.

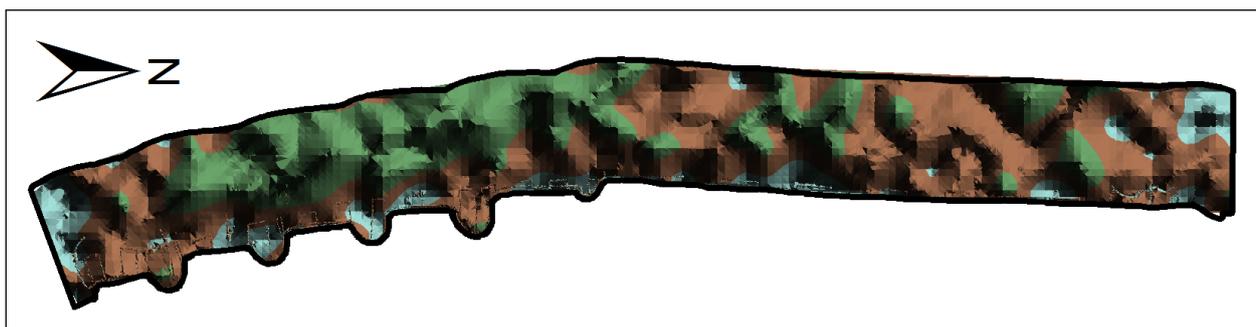


Figura 7: Exemplo de TIN, onde a cor verde representa elevação acima de 6 metros, a cor marrom representa elevação entre 3 e 6 metros e a cor azul representa elevação abaixo de 3 metros. O mapa apresentado corresponde à localidade de Conceição da Barra (ES).

4.5.9. Taxa de ocupação

A taxa de ocupação de cada localidade foi obtida através da relação entre a área ocupada (seja por asfaltamento ou por edificações) e aquela passível de ocupação (que corresponde à área continental não inundada). O resultado foi obtido com o emprego da Equação 10:

$$T = \left(\frac{A_e + A_a}{A_c - A_i} \right) \times 100 \quad (10)$$

onde T representa o valor da taxa de ocupação, A_e a área ocupada por edificações, A_a a área asfaltada, A_c a área continental e A_i a área de inundação (aquela ocupada por rios e/ou lagoas).

Vale ressaltar que a área asfaltada (ruas e rodovias) foi contabilizada na equação por representar indícios de ocupação e interferir na dinâmica do ambiente.

Para compor o item A_e , consideraram-se as habitações e demais edificações comerciais. As edificações estavam presentes ora sozinhas, ora em aglomerados (formando quadras). Lotes vazios não foram considerados.

4.5.10. Demais indicadores

Os demais indicadores analisados tiveram seus resultados baseados em observações em campo e/ou exame das imagens aéreas das localidades. Foram eles: (i) exposição às ondas, (ii) vegetação, (iii) obras de engenharia costeira e (iv) presença de rios e / ou desembocaduras. Para o último indicador citado, houve também a determinação de áreas de influência nos rios e desembocaduras para averiguar a que distância (menor do que 50 metros, entre 50 e 100 metros ou maior que 100 metros) elas se encontravam em relação às localidades estudadas. As áreas de influência foram geradas através do *software* ArcGIS 9.3.

4.6. Índice de Vulnerabilidade Costeira

Os resultados dos indicadores analisados foram compilados a fim de se calcular o IVC correspondente a cada localidade estudada. Assim, diferentes valores foram atribuídos aos resultados de vulnerabilidade dos indicadores: 0 para os resultados de vulnerabilidades baixas, 5 para os de moderadas e 10 para os de altas. Atribuídos os valores, o IVC foi calculado através da Equação 11:

$$IVC = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^v \left(\frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij} \right) \quad (11)$$

onde v é o número de variáveis, n_i é o número de indicadores da i -ésima variável e x_{ij} é o j -ésimo indicador da i -ésima variável. O valor do índice varia numa escala de 0 a 10,

determinando a baixa (0 – 2,9), média (3 – 6,9) ou alta (7 – 10) vulnerabilidade do local analisado.

5. Resultados

5.1. Clima de ondas

Durante o período analisado (1979-2008), a altura significativa média obtida foi de 1,96 m e, como esperado, a maior onda registrada se deu na primavera e a menor no verão. As médias para os períodos e potências de onda foram de 10,04 segundos e 42701 W/m, respectivamente, sendo que tanto os maiores quanto os menores valores foram registrados durante meses de inverno (Tabela 10).

Tabela 10: Valores máximos e mínimos dos parâmetros utilizados na análise do clima de ondas (altura significativa, período e potência de onda)

	Altura (m)		Período (s)		Potência (W/m)	
	Valor	Mês	Valor	Mês	Valor	Mês
Máximo	6,03	Setembro	23,27	Agosto	397880,0	Julho
Mínimo	0,75	Fevereiro	3,99	Junho	4861,8	Julho

Analisando as médias mensais dos parâmetros (Figura 8), observa-se que os meses de inverno (junho, julho e agosto) são os mais energéticos para os parâmetros altura e potência. Quanto ao período, as médias mensais apresentam-se maiores nos meses de abril, maio e junho, abrangendo partes do outono e inverno.

Os anos mais energéticos foram 1982, 2006 e 2007 para os parâmetros altura e potência. O período teve picos energéticos em 1984 (compartilhado com o parâmetro potência), 1986 e 1990 (Figura 9).

As direções de onda predominantes foram de leste, sudeste e sul na análise total do período (Figura 11). As alturas predominantes foram de 1,5 a 2,0 m para as três direções citadas, e os períodos mais comuns foram de 6 a 8 s, 8 a 10 s e 10 a 12 s para ondas de leste, sudeste e sul, respectivamente. Na análise sazonal (Figura 10), observa-se que as direções de

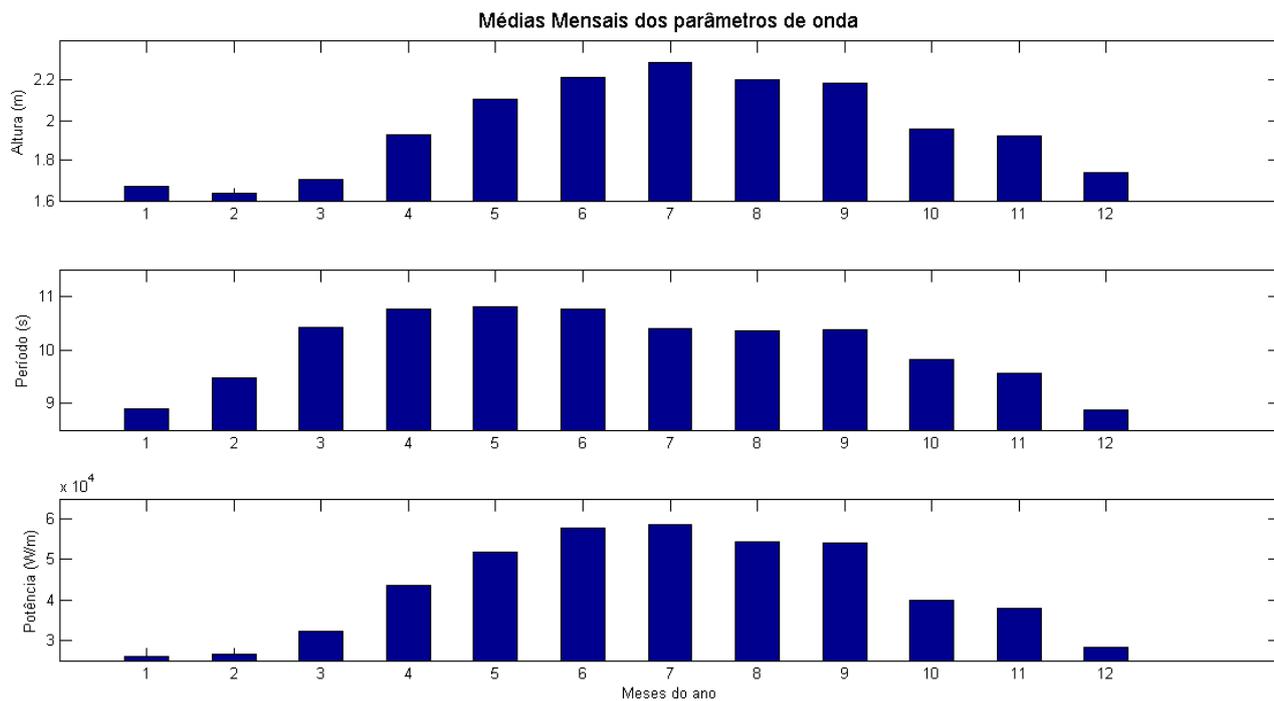


Figura 8: Gráficos representando as médias mensais de altura significativa, período e potência de onda, calculados dentro do período de 1979 a 2008

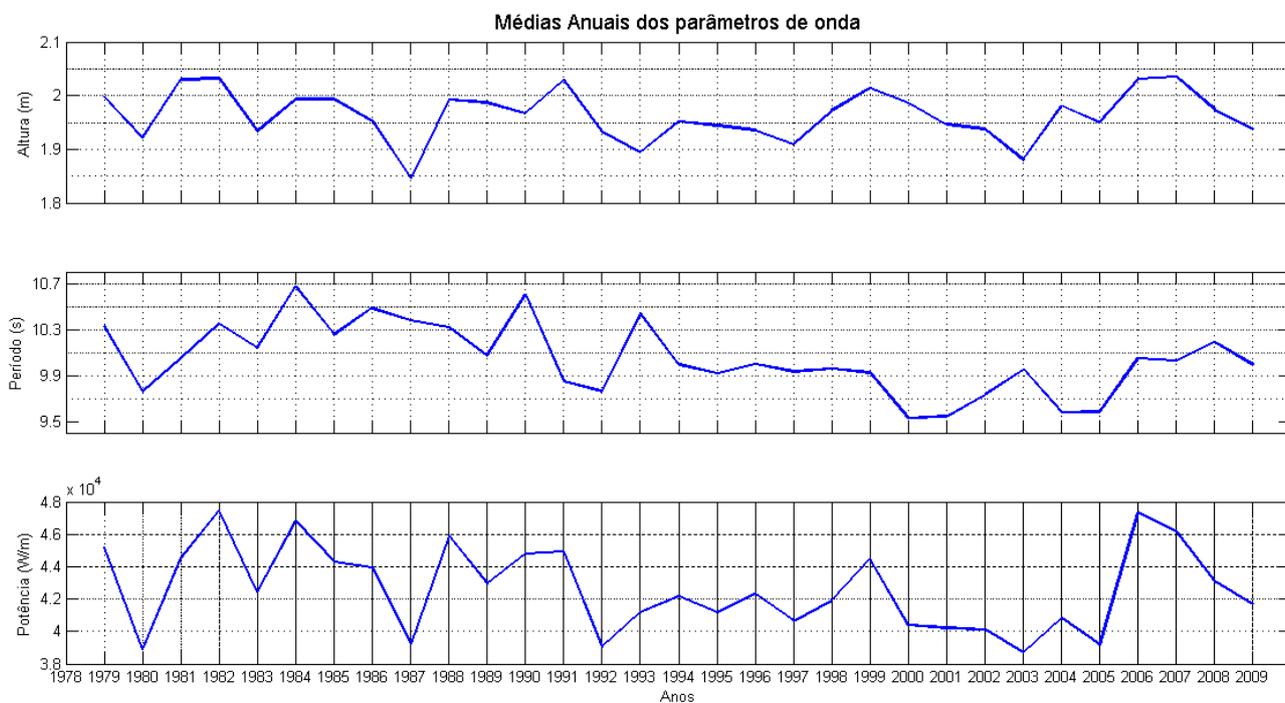


Figura 9: Gráficos representando as médias anuais de altura significativa, período e potência de onda para o período de 1979 a 2008

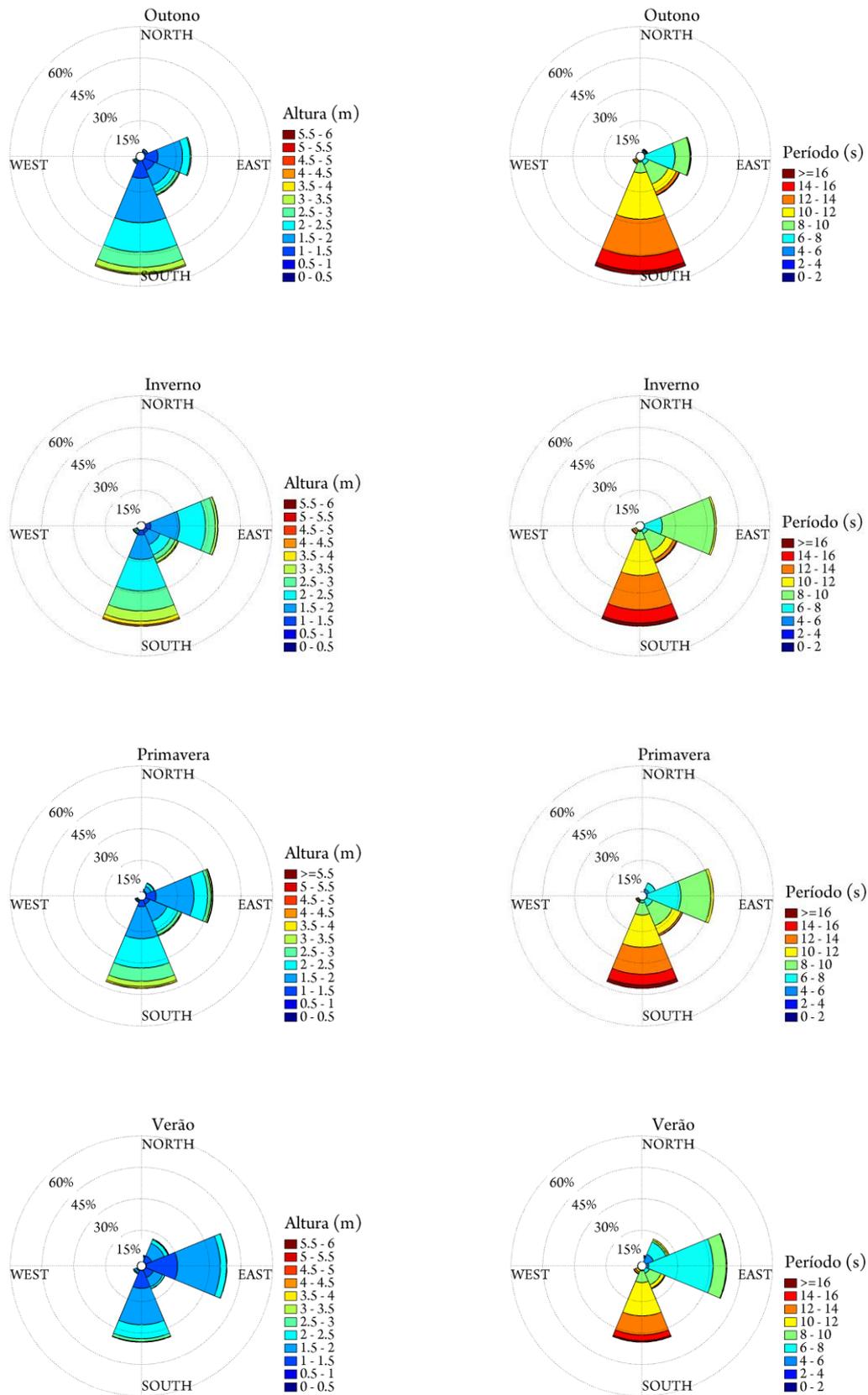


Figura 10: Histogramas direcionais sazonais das alturas e períodos de onda para os anos de 1979 a 2008

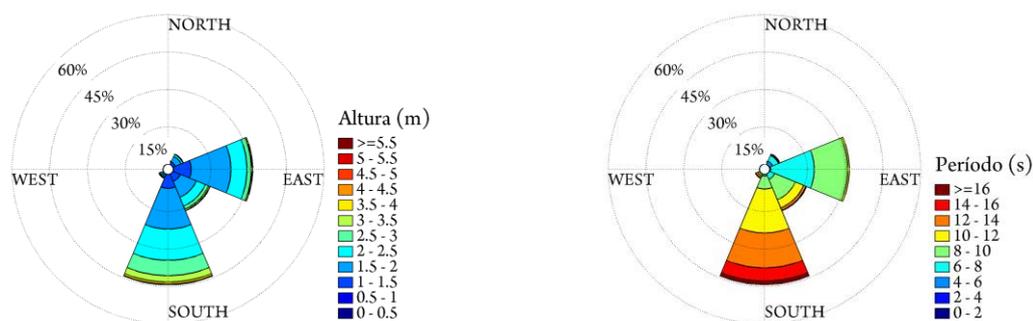


Figura 11: Histogramas direcionais totais das alturas e períodos de onda para os anos de 1979 a 2008

onda predominantes no verão são leste, sul e nordeste, enquanto que as demais estações do ano possuem a mesma predominância de direção que a apresentada na análise total do período (leste, sudeste e sul). Tanto no outono quanto na primavera as alturas de onda e períodos preponderantes coincidiram com os resultados obtidos na análise do período total. No verão, a altura de onda predominante foi de 1,5 a 2,0 m para as três direções principais, os períodos mais comuns foram de 6 – 8 s para ondas de nordeste e leste e 10 – 12 s para ondas de sul. Já no inverno as alturas e períodos predominantes observados foram, respectivamente, de 1,5 a 2,0 m e 8 – 10 s para ondas de leste e sudeste e de 2,0 a 2,5 m e 10 – 12 s para ondas de sul.

5.2. Indicadores Ambientais e Índice de Vulnerabilidade Costeira

O resultado dos indicadores ambientais foi levantado de forma individual em cada localidade de estudo, com exceção do indicador “número de frentes frias”. Isso ocorreu devido a não coincidência da área contínua de levantamento do estudo com a resolução espacial dos dados de frentes frias disponíveis (ver seção 4.5.2 para mais detalhes). A fim de evitar a repetição da apresentação de dados, essa seção foi dividida em duas partes: a primeira apresenta os resultados do indicador “número de frentes frias”, cujo resultado foi comum a todas as localidades, enquanto a segunda apresenta o resultado de todos os doze indicadores, de forma individualizada.

5.2.1. *Número de frentes frias*

As Figuras 12 a 14 apresentam os gráficos correspondentes ao número de sistemas frontais que atingiram as regiões dos trechos Vitória – Caravelas, Caravelas, e Caravelas–Ilhéus, respectivamente. Todas as regiões apresentaram diminuição no número de frentes frias ao longo dos dez anos investigados, o que resultou em uma vulnerabilidade baixa para esse indicador em todas as localidades estudadas.

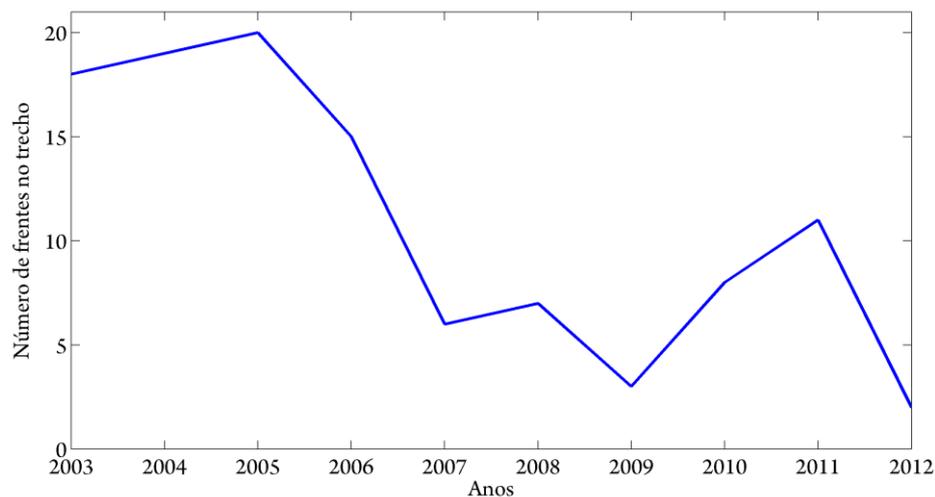


Figura 12: Número de sistemas frontais que atingiram a porção do litoral compreendida entre Vitória e Caravelas no período de 2003 a 2012.

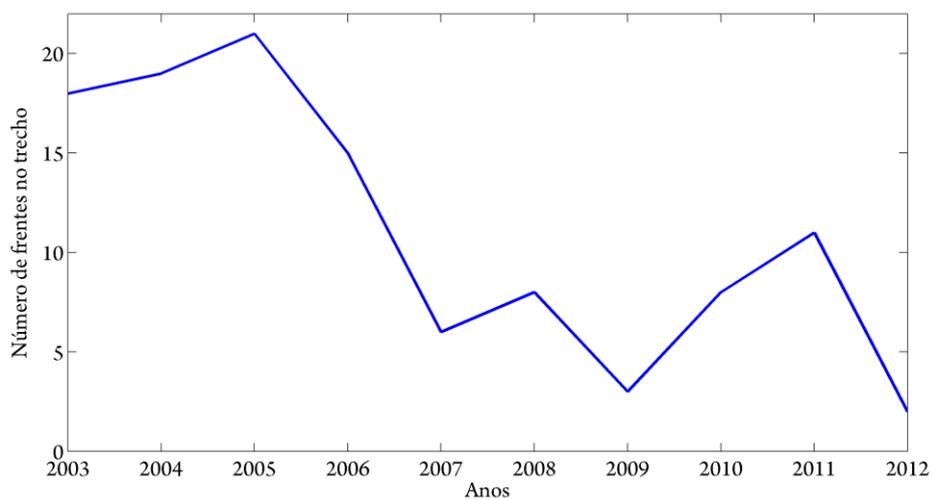


Figura 13: Número de sistemas frontais que atingiram Caravelas no período de 2003 a 2012.

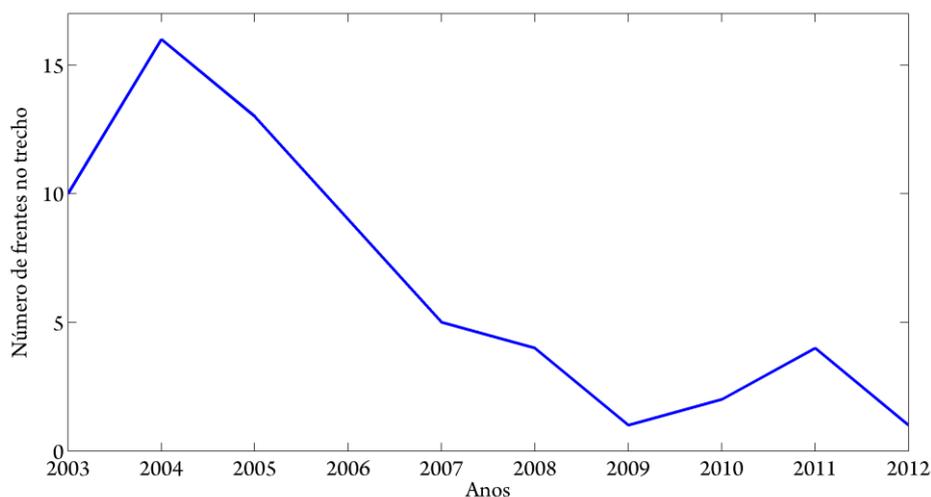


Figura 14: Número de sistemas frontais que atingiram a porção do litoral compreendida entre Caravelas e Ilhéus no período de 2003 a 2012.

5.2.2. *Pontal do Ipiranga*

O IVC resultante da análise de Pontal do Ipiranga foi de 2,57, indicando uma vulnerabilidade baixa à erosão (Tabela 16).

A morfologia da praia foi classificada como de baixa vulnerabilidade. A extensa largura praial da localidade foi observada em campo e confirmada através de medições da largura praial de Pontal do Ipiranga. Para esse cálculo, foram traçados 20 transectos ao longo da área analisada; o comprimento médio obtido foi de 39,49 metros.

Não foi observada, em campo ou em imagens de satélite, a presença de barreiras ao largo. Desse modo, o indicador “exposição às ondas” foi classificado como sendo de alta vulnerabilidade.

A região analisada apresenta vegetação densa, sem evidências de erosão. Não há presença de obras de engenharia costeira e o rio mais próximo à praia encontra-se numa distância superior a 100 metros.

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Pontal do Ipiranga apresentou 6 ângulos de alta vulnerabilidade, 6 ângulos de média e 6 de baixa (Tabela 11). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de baixa, média e alta vulnerabilidade para ondas provenientes, respectivamente, de Leste (cenários 1 a 3), Sudeste (cenários 4 e 5) e Sul (cenários 6 a 9). Uma vez que não houve predominância de nenhuma

vulnerabilidade específica e todas apresentaram o mesmo número de casos, considerou-se uma vulnerabilidade média para esse indicador.

Tabela 11: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Pontal do Ipiranga (ES), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	90,74	94,00	95,01	116,33	115,96	117,21	117,11	120,97	123,18
2	95,29	95,41	95,61	119,46	118,13	128,11	126,64	126,62	126,22

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 15), predominantemente para norte, recebeu como resultado uma alta vulnerabilidade (uma vez que, apesar da direção constante, houve aumento no valor do transporte sedimentar).

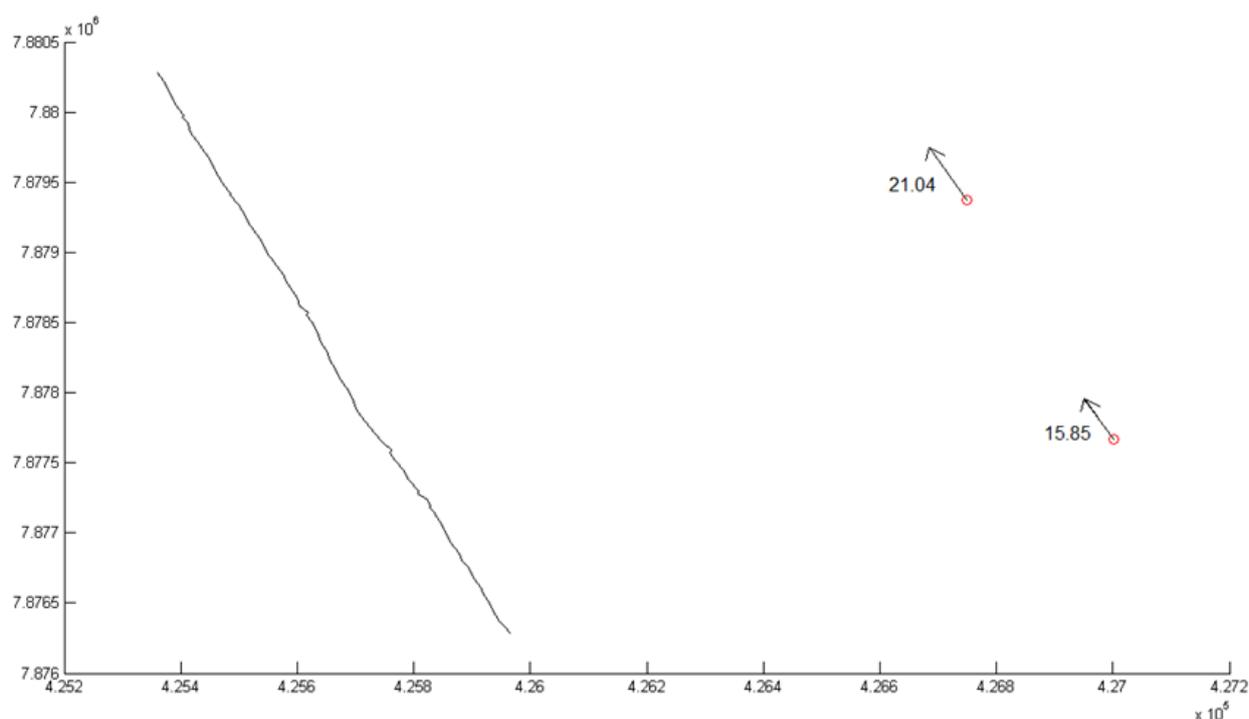


Figura 15: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Pontal do Ipiranga (ES). Valores positivos indicam que o sentido é para norte.

A força de ondas foi classificada como moderada (Tabela 12), uma vez que, no total, a localidade apresentou 8 cenários de onda fracos, 9 moderados e 1 forte. O regime de tempestade predominante na localidade é o de sobrelavagem (Tabela 13).

Tabela 12: Resultado da força de ondas em Pontal do Ipiranga (ES) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
1	5	4	0
2	3	5	1

Tabela 13: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Pontal do Ipiranga (ES)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	5,64	2,68	5,08	1,11	0,53	Sobrelavagem
2	5,46	2,61	5,08	1,08	0,51	Sobrelavagem
3	4,66	2,55	5,08	0,92	0,50	Espraiamento
4	6,33	2,44	5,08	1,25	0,48	Sobrelavagem
5	5,58	2,39	5,08	1,10	0,47	Sobrelavagem
6	5,50	2,32	5,08	1,08	0,46	Sobrelavagem
7	5,30	2,25	5,08	1,05	0,44	Sobrelavagem
8	4,83	2,19	5,08	0,95	0,43	Espraiamento

A grande maioria (70,42%) da área analisada está numa altura entre 3 e 6 metros, como mostra a Tabela 14.

Tabela 14: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Pontal do Ipiranga (ES)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	144185,17	7,12
Entre 3 e 6 metros	1426996,33	70,42
Maior do que 6 metros	455159,45	22,46

A região é pouco urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 8,93%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 15 e ilustradas na Figura 16.

Tabela 15: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Pontal do Ipiranga (ES)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	2026340,96
Área de inundação	0
Área de edificações	171327,72
Área asfaltada	9716,58



Figura 16: Imagem de Pontal do Ipiranga indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área asfaltada

Tabela 16: Resultado da análise de indicadores ambientais em Pontal do Ipiranga (ES)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Bom suprimento de areia e perfil praiial extenso, com largura praiial maior que 30 metros	Baixa	
Exposição às ondas	Pista de atuação do vento extensa, sem obstáculos naturais que minimizem a energia das ondas	Alta	
Evidências de erosão	Sem indícios de erosão	Baixa	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	15° a 30°, 60° a 75°, 105° a 120°, 150° a 165°	Moderada	
Estimativa de deriva potencial	Divergência ou direção constante com comprometimento do aporte sedimentar	Alta	2,57
Força de ondas	Moderada	Moderada	
Regime de tempestade	Sobrelavagem	Moderada	
Presença de rios e / ou desembocaduras	> 100m	Baixa	
Elevação do terreno	Entre 3 e 6 m	Moderada	
Vegetação	Densa com florestas desenvolvidas e sem evidências de erosão	Baixa	
Obras de engenharia costeira	Ausência de estruturas costeiras	Baixa	
Taxa de ocupação	< 30%	Baixa	

5.2.3. *Conceição da Barra*

Em Conceição da Barra, as praias estudadas foram a Praia da Barra e a Praia da Guaxindiba, abrangendo a área entre a foz dos rios Itaúnas (menor, localizado na porção norte) e Cricaré (maior, localizado na porção sul e também conhecido como rio São Mateus).

O local encontra-se em grave processo erosivo. Com o objetivo de reverter o processo, a prefeitura construiu uma sequência de quebra-mares que começa próximo à foz do rio Cricaré e se estende por uma distância de aproximadamente 2 km, o que revitalizou a maior parte da orla. Entretanto, existe ainda um forte ponto de erosão adjacente ao último quebra-mar da sequência (Figura 18), além de evidência de erosão antiga nas proximidades da foz do rio Cricaré (Figura 17).



Figura 17: Imagem de uma casa localizada próxima à foz do rio Cricaré. A casa foi destruída pela erosão costeira, provavelmente no período anterior às obras de proteção da orla. Foto: Juliana S. Ribeiro

Devido à grande diferença entre os perfis praias das praias de Conceição da Barra, a mesma foi dividida em dois setores: o setor norte, compreendendo a área entre a foz do rio Itaúnas até o início do primeiro quebra-mar ao norte, e o setor sul, compreendendo a área entre o primeiro quebra-mar ao norte até a foz do rio Cricaré.

Para o setor norte de Conceição da Barra, o IVC resultante foi de 4,31, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão costeira (Tabela 27).



Figura 18: Imagens do ponto crítico de erosão em Conceição da Barra, ES. Fotos: Paulo H. G. O. Sousa

No trecho analisado, observou-se a existência de erosão costeira através da grande destruição de infraestrutura urbana, evidenciada na Figura 18. O indicador “morfologia da praia” recebeu a classificação de alta vulnerabilidade devido à presença dessa erosão.

Não foi observada, em campo ou em imagens de satélite, a presença de barreiras ao largo. Desse modo, o indicador “exposição às ondas” foi classificado como sendo de alta vulnerabilidade.

A vegetação se apresenta de forma significativa, mas com evidências de erosão. Não há presença de obras de engenharia costeira e a área é margeada pelo rio Itaúnas.

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, o setor norte de Conceição da Barra não apresentou ângulos de alta vulnerabilidade. Em função da deriva litorânea, podem ser definidos 12 ângulos de média e 6 de baixa vulnerabilidade (Tabela 17). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de baixa, média e média vulnerabilidade para ondas provenientes, respectivamente, de Leste (cenários 1 a 3), Sudeste (cenários 4 e 5) e Sul (cenários 6 a 9). Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade média, esse foi o resultado aplicado ao indicador.

Tabela 17: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa norte de Conceição da Barra (ES), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	92,15	93,12	93,82	110,80	109,97	117,62	116,58	116,49	116,09
6	91,70	92,62	93,30	110,53	109,64	117,46	116,38	116,28	115,85

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 19), predominantemente para norte, recebeu como resultado vulnerabilidade média (uma vez que apresentou direção constante sem comprometimento do transporte sedimentar).

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 18). O regime de tempestade predominante nesse setor é o de sobrelavagem (Tabela 19).

Tabela 18: Resultado da força de ondas na parte norte de Conceição da Barra (ES) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
5	7	2	0
6	8	1	0

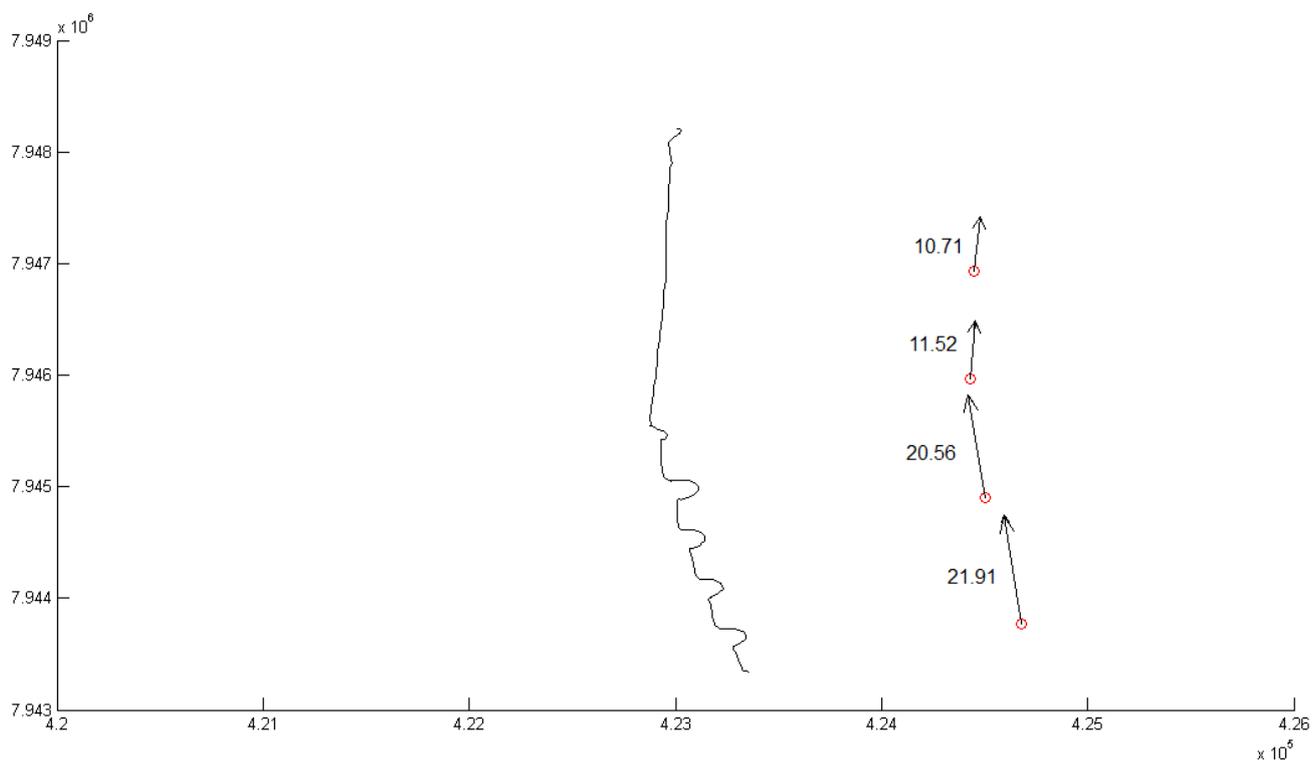


Figura 19: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Conceição da Barra (BA). Os dois pontos a norte representam os valores analisados para o setor norte, enquanto os dois pontos a sul, o setor sul. Valores positivos indicam que o sentido é para norte

Tabela 19: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante na porção norte de Conceição da Barra (ES)

Cenário	R_{HIGH}	R_{LOW}	D_{HIGH}	R_{HIGH}/D_{HIGH}	R_{LOW}/D_{HIGH}	Regime correspondente
1	5,15	2,18	3,18	1,62	0,69	Sobrelavagem
2	5,67	2,24	3,18	1,78	0,71	Sobrelavagem
3	5,87	2,31	3,18	1,85	0,73	Sobrelavagem
4	5,95	2,38	3,18	1,87	0,75	Sobrelavagem
5	6,79	2,43	3,18	2,14	0,77	Sobrelavagem
6	4,90	2,55	3,18	1,54	0,80	Sobrelavagem
7	5,78	2,60	3,18	1,82	0,82	Sobrelavagem
8	5,97	2,68	3,18	1,88	0,84	Sobrelavagem

A maior parte da área analisada (68,92%) está numa altura entre 3 e 6 metros, como mostra a Tabela 20.

Tabela 20: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno na parte norte de Conceição da Barra (ES)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	157092,15	11,54
Entre 3 e 6 metros	938139,36	68,92
Maior do que 6 metros	266027,99	19,54

A região é pouco urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 14,12%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 21 e ilustradas na Figura 20.

Tabela 21: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização na parte norte de Conceição da Barra (ES)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1360881,58
Área de inundação	155516,40
Área de edificações	142283,20
Área asfaltada	27969,00

No setor sul de Conceição da Barra, o IVC resultante foi de 5,63, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão costeira (Tabela 28).

Há evidências de erosão antiga no trecho analisado (destruição de infraestrutura urbana), evidenciada na Figura 17. Apesar desse fato, a morfologia da praia foi classificada com vulnerabilidade baixa devido à grande extensão da faixa praial. Essa configuração foi observada em campo e confirmada através de medições da largura praial no setor analisado (foram traçados 11 transectos ao longo da área avaliada; o comprimento médio obtido foi de 147,52

metros). A erosão encontrada no local não foi levada em conta nesse indicador por se tratar de uma erosão antiga.

Não foi observada, em campo ou em imagens de satélite, a presença de barreiras ao largo; o indicador “exposição às ondas” foi classificado com alta vulnerabilidade.

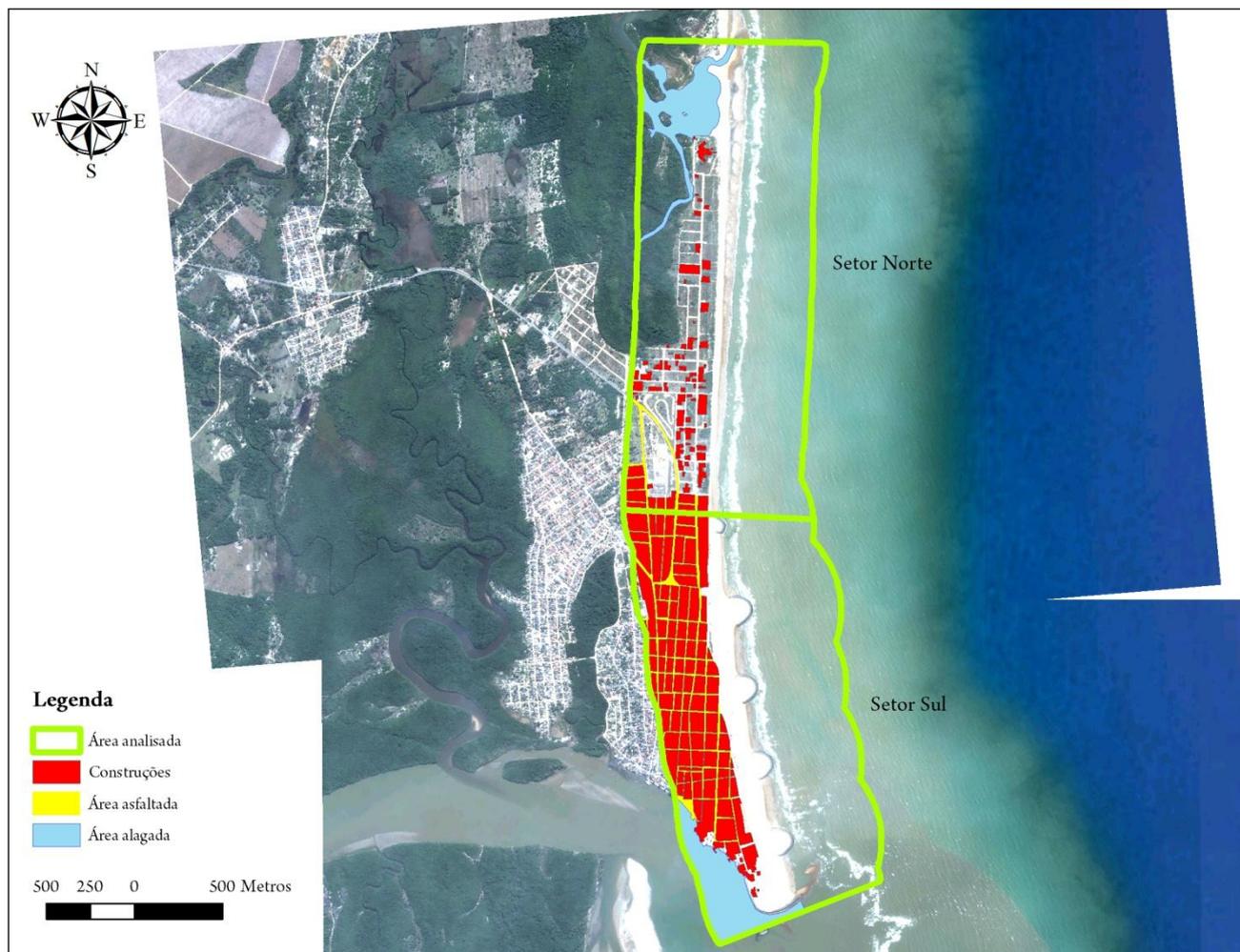


Figura 20: Imagem de Conceição da Barra indicando a área analisada (separada por setores), a área de edificações (construções), a área asfaltada e a área de inundação (área alagada)

A região analisada apresenta quase nenhuma vegetação; a área vegetada correspondeu a 0,56% da área passível de ocupação. Há presença de obras de engenharia costeira e a região é margeada pelo rio Cricaré.

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, o setor sul de Conceição da Barra apresentou 12 ângulos de alta vulnerabilidade, 6 ângulos de média e zero de baixa (Tabela 22). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de média,

alta e alta vulnerabilidade para ondas provenientes, respectivamente, de Leste (cenários 1 a 3), Sudeste (cenários 4 e 5) e Sul (cenários 6 a 9). Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade alta, esse foi o resultado aplicado ao indicador.

Tabela 22: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa sul de Conceição da Barra (ES), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	106,72	107,72	108,42	126,13	125,23	134,34	133,17	133,09	132,66
4	106,44	107,46	108,19	125,41	124,59	132,57	131,51	131,43	131,03

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 19), predominantemente para norte, recebeu como resultado vulnerabilidade média (uma vez que apresentou direção constante sem comprometimento do transporte sedimentar). Relativamente, a força de ondas é classificada como fraca (Tabela 23). O regime de tempestade predominante na localidade é o de espraiamento (Tabela 24).

Tabela 23: Resultado da força de ondas na parte sul de Conceição da Barra (ES) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
3	8	1	0
4	8	1	0

A maior parte da área analisada (54,50%) está numa altura maior do que 6 metros, como mostra a Tabela 25.

A região é bastante urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 65,54%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 26 e ilustradas na Figura 20.

Tabela 24: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante na porção sul de Conceição da Barra (ES)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	3,23	2,23	4,35	0,74	0,51	Espraiamento
2	3,46	2,30	4,35	0,79	0,53	Espraiamento
3	3,59	2,37	4,35	0,82	0,54	Espraiamento
4	3,68	2,44	4,35	0,85	0,56	Espraiamento
5	4,00	2,50	4,35	0,92	0,57	Espraiamento
6	3,50	2,58	4,35	0,80	0,59	Espraiamento
7	3,84	2,65	4,35	0,88	0,61	Espraiamento
8	3,97	2,72	4,35	0,91	0,63	Espraiamento

Tabela 25: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno na parte sul de Conceição da Barra (ES)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	167982,03	14,85
Entre 3 e 6 metros	514614,43	45,50
Maior do que 6 metros	616418,15	54,50

Tabela 26: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização na parte sul de Conceição da Barra (ES)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1298968,48
Área de inundação	177322,29
Área de edificações	590301,30
Área asfaltada	144839,92

Tabela 27: Resultado da análise de indicadores ambientais no setor norte de Conceição da Barra (ES)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Praia estreita, suprimento de sedimento interrompido ou comprometido, com largura praial de até 15 metros	Alta	
Exposição às ondas	Pista de atuação do vento extensa, sem obstáculos naturais que minimizem a energia das ondas	Alta	
Evidências de erosão	Erosão Severa	Alta	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	15° a 30°, 60° a 75°, 105° a 120°, 150° a 165°	Moderada	
Estimativa de deriva potencial	Direção constante sem prejuízo no aporte sedimentar	Moderada	4,31
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Sobrelavagem	Moderada	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	Entre 3 e 6 m	Moderada	
Vegetação	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Moderada	
Obras de engenharia costeira	Ausência de estruturas costeiras	Baixa	
Taxa de ocupação	< 30%	Baixa	

Tabela 28: Resultado da análise de indicadores ambientais no setor sul de Conceição da Barra (ES)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Bom suprimento de areia e perfil praial extenso, com largura praial maior que 30 metros	Baixa	
Exposição às ondas	Pista de atuação do vento extensa, sem obstáculos naturais que minimizem a energia das ondas	Alta	
Evidências de erosão	Erosão Severa	Alta	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	30° a 60°, 120° a 150°	Alta	
Estimativa de deriva potencial	Direção constante sem prejuízo no aporte sedimentar	Moderada	5,63
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Espraiamento	Baixa	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	> 6 m	Baixa	
Vegetação	Nenhuma ou pouca vegetação	Alta	
Obras de engenharia costeira	Presença de quebra-mares, esporões, molhes, etc.	Alta	
Taxa de ocupação	Entre 30 e 70%	Moderada	

5.2.4. *Mucuri*

A visita à praia de Mucuri abrangeu a área desde a foz do rio Mucuri até um pouco além do último espigão construído.

O IVC resultante para Mucuri foi de 6,53, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão (Tabela 34), mas já praticamente atingindo o valor correspondente à alta vulnerabilidade.

A cidade busca soluções para a erosão costeira há vários anos. Há evidências dela ao longo de toda a extensão da praia, seja pela presença de estruturas simples de proteção costeira (Figura 21), pelo soterramento de casas/quiosques (Figura 22), pelas edificações já destruídas (Figura 23) ou mesmo sob alto risco (Figura 24 e Figura 25). O ponto mais crítico de erosão está no final da sequência de espigões, onde se formou uma imensa depressão do terreno (Figura 24). Nesse local havia uma casa em risco iminente, com canos expostos e um poste de luz prestes a cair (Figura 25). A morfologia da praia foi classificada com uma alta vulnerabilidade devido às evidências de erosão.

Não foi observada, em campo ou em imagens de satélite, a presença de barreiras ao largo. Desse modo, o indicador “exposição às ondas” foi classificado como sendo também de alta vulnerabilidade.

A área é margeada pelo rio Mucuri, e a região analisada apresenta pouca vegetação (correspondente a 14,46% da área total avaliada). Quanto à presença de estruturas de proteção costeira, há vários espigões construídos ao longo da orla (a sequência pode ser visualizada na imagem de satélite da Figura 27), além da presença de muros de toras de madeira (Figura 21).

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Mucuri não teve ângulos de alta vulnerabilidade; apresentou 6 ângulos de média vulnerabilidade e 12 de baixa (Tabela 29). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de baixa, baixa e média vulnerabilidade para ondas provenientes, respectivamente, de Leste (cenários 1 a 3), Sudeste (cenários 4 e 5) e Sul (cenários 6 a 9). Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade baixa, esse foi o resultado aplicado ao indicador.



Figura 21: Imagens de uma das obras de contenção feita pela prefeitura em Mucuri (BA). Essa obra consiste em um “muro” de toras de madeira, que atenuam a energia das ondas que chegam à costa. A foto “a” mostra a vista norte dessa contenção, na maré baixa, enquanto que a foto “b” mostra a vista sul, na maré alta. Fotos: Juliana S. Ribeiro



Figura 22: Evidência de erosão costeira – soterramento de quiosque em Mucuri (BA).
Foto: Juliana S. Ribeiro



Figura 23: Imagem dos destroços de uma das construções urbanas destruídas pela erosão costeira em Mucuri (BA). Fotos: Juliana S. Ribeiro



Figura 24: Vista do ponto crítico de erosão costeira em Mucuri (BA). A foto “a” mostra a vista sul, no topo da depressão do terreno. Nota-se a presença do muro de contenção de madeira, além de sacos de areia no terreno. A foto “b” mostra o detalhe da depressão, vista de baixo. Fotos: Juliana S. Ribeiro



Figura 25: Detalhes do ponto crítico de erosão costeira em Mucuri (BA). Na foto “a”, nota-se o risco iminente em que a construção urbana se encontra, devido à proximidade da depressão com o muro da casa. A foto “b” mostra, em detalhe, o poste de energia que perdeu quase toda a sustentação por causa da erosão. Fotos: Juliana S. Ribeiro

Tabela 29: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Mucuri (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
7	93,52	95,63	97,04	102,56	102,42	108,75	107,57	107,27	106,66
8	91,99	93,90	95,19	100,99	100,82	106,20	105,14	104,86	104,32

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 26), predominantemente para norte, recebeu como resultado vulnerabilidade média (uma vez que apresentou direção constante sem comprometimento do transporte sedimentar).

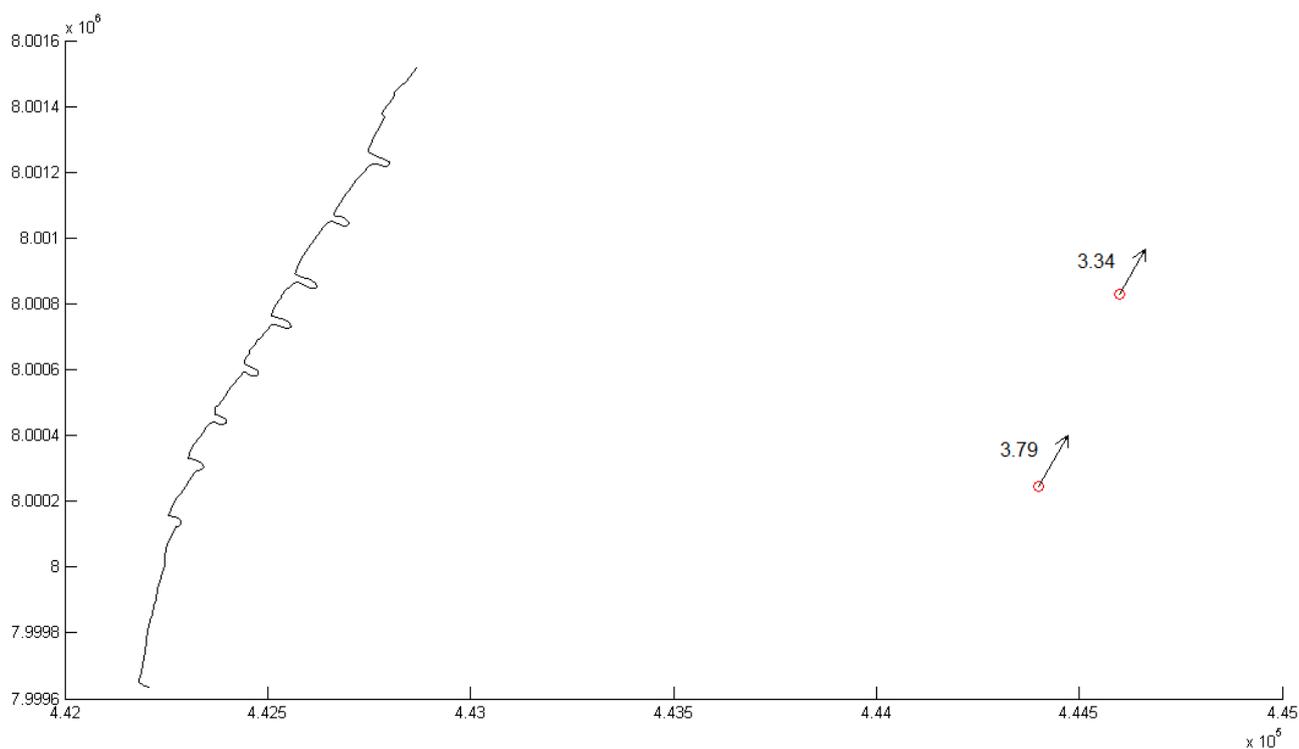


Figura 26: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Mucuri (BA).
Valores positivos indicam que o sentido é para norte

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 30). O regime de tempestade predominante na localidade é o de sobrelevagem (Tabela 31).

Tabela 30: Resultado da força de ondas em Mucuri (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
7	9	0	0
8	9	0	0

Tabela 31: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Mucuri (BA)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	5,17	2,18	3,37	1,53	0,65	Sobrelavagem
2	5,69	2,24	3,37	1,69	0,67	Sobrelavagem
3	5,89	2,31	3,37	1,75	0,69	Sobrelavagem
4	5,97	2,38	3,37	1,77	0,71	Sobrelavagem
5	6,82	2,43	3,37	2,03	0,72	Sobrelavagem
6	4,91	2,55	3,37	1,46	0,76	Sobrelavagem
7	5,79	2,60	3,37	1,72	0,77	Sobrelavagem
8	5,99	2,67	3,37	1,78	0,79	Sobrelavagem

A maioria da área analisada (66,95%) está numa altura entre 3 e 6 metros, como mostra a Tabela 32.

Tabela 32: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Mucuri (BA)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	267397,29	25,19
Entre 3 e 6 metros	710747,33	66,95
Maior do que 6 metros	83517,32	7,87

A região é bastante urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 67,49%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 33 e ilustradas na Figura 27.

Tabela 33: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Mucuri (BA)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1061660,67
Área de inundação	0
Área de edificações	630022,18
Área asfaltada	86466,60

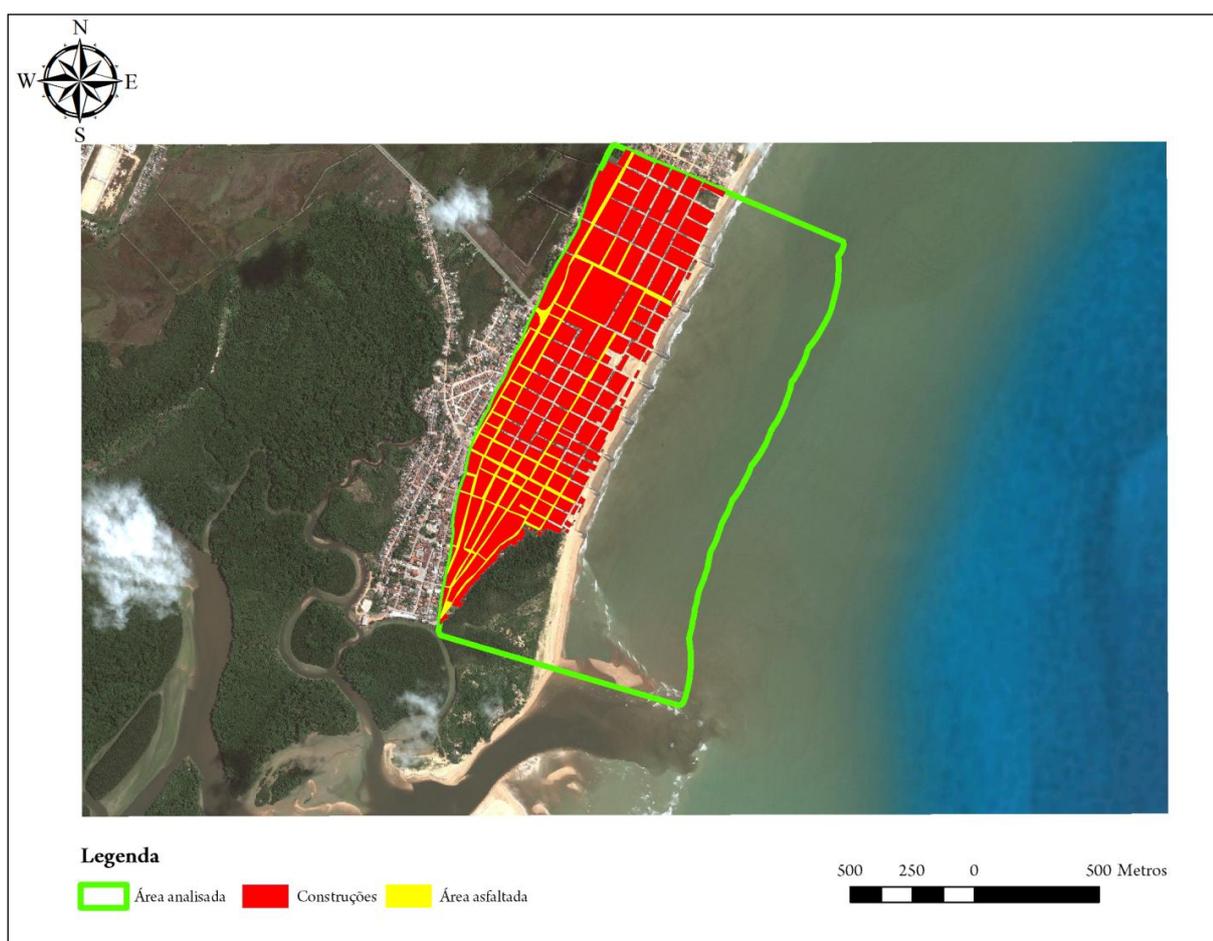


Figura 27: Imagem de Mucuri indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área asfaltada

Tabela 34: Resultado da análise de indicadores ambientais em Mucuri (BA)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Praia estreita, suprimento de sedimento interrompido ou comprometido, com largura praias de até 15 metros	Alta	
Exposição às ondas	Pista de atuação do vento extensa, sem obstáculos naturais que minimizem a energia das ondas	Alta	
Evidências de erosão	Erosão Severa	Alta	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	0° a 15°, 75° a 105°, 165° a 180°	Baixa	
Estimativa de deriva potencial	Direção constante sem prejuízo no aporte sedimentar	Moderada	6,53
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Sobrelavagem	Moderada	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	Entre 3 e 6 m	Moderada	
Vegetação	Nenhuma ou pouca vegetação	Alta	
Obras de engenharia costeira	Presença de quebra-mares, esporões, molhes, etc.	Alta	
Taxa de ocupação	Entre 30 e 70%	Moderada	

5.2.5. Nova Viçosa

O trecho visitado em Nova Viçosa se estendeu desde a foz do rio Peruípe até a frente do hotel Cheiro de Mar, abrangendo a Praia do Lugar Comum e a Praia do Pau Fincado. O IVC resultante para Nova Viçosa foi de 3,89, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão costeira (Tabela 40).

A morfologia da praia apresentou uma baixa vulnerabilidade, devido à extensa largura de praia – configuração observada em campo e confirmada através de medições. Para o cálculo da largura praial, foram traçados 18 transectos ao longo da área analisada; o comprimento médio obtido foi de 32,64 metros.

Há a presença de uma grande barreira arenosa, com extensão superior a 1,5 km, que fica descoberto durante a maré baixa. A região analisada apresenta pouca vegetação, não há presença de obras de engenharia costeira nem de indícios de erosão, e a área é margeada pelo rio Peruípe.

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Nova Viçosa apresentou todos os ângulos (total de 18) de baixa vulnerabilidade (Tabela 35). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de baixa vulnerabilidade para ondas provenientes de todas as direções (Leste nos cenários 1 a 3, Sudeste nos cenários 4 e 5 e Sul nos cenários 6 a 9). Uma vez que houve somente de ângulos de vulnerabilidade baixa, esse foi o resultado aplicado ao indicador.

Tabela 35: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Nova Viçosa (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9	87,71	89,88	91,26	93,95	94,42	97,82	97,75	97,76	97,77
10	78,29	83,16	86,13	92,22	92,82	96,79	96,54	96,39	96,42

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 28), predominantemente para norte, recebeu como resultado vulnerabilidade média (uma vez que apresentou direção constante sem comprometimento do transporte sedimentar).

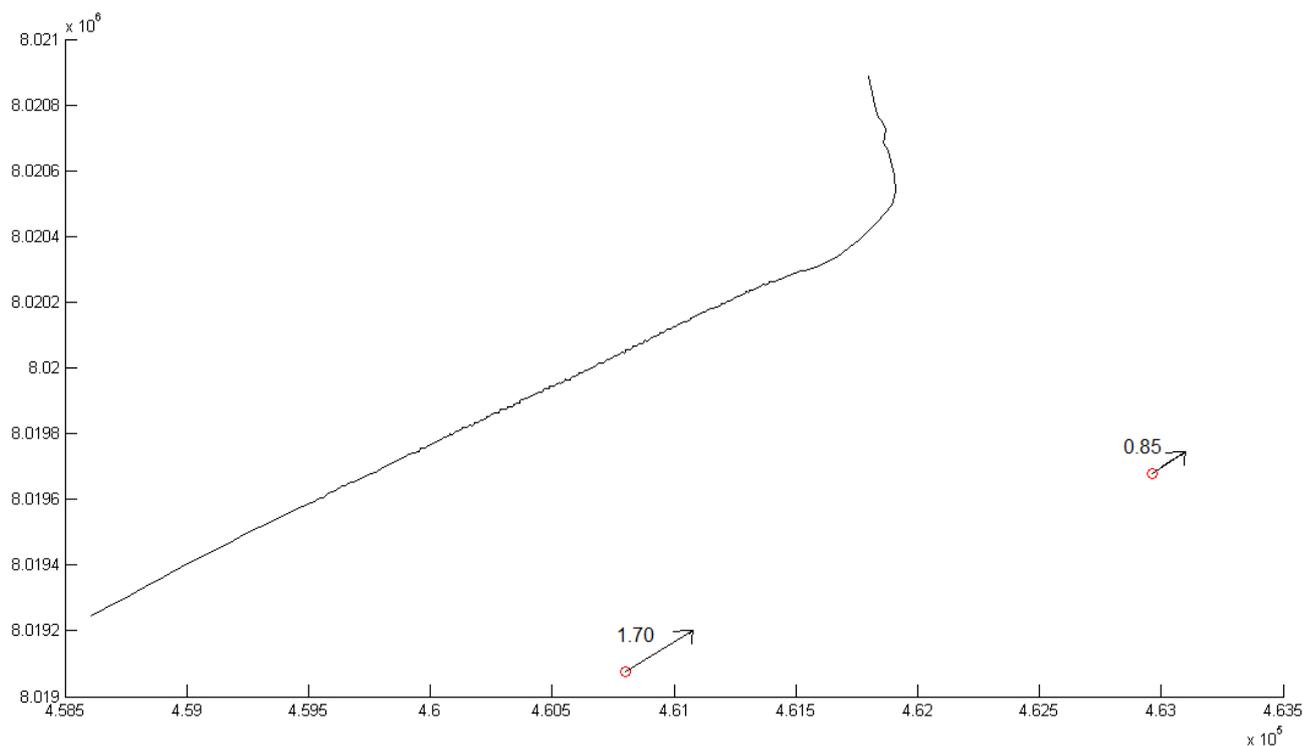


Figura 28: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Nova Viçosa (BA).
Valores positivos indicam que o sentido é para norte

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 36). O regime de tempestade predominante na localidade é o de sobrelevagem (Tabela 37).

Tabela 36: Resultado da força de ondas em Nova Viçosa (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
9	9	0	0
10	9	0	0

A grande maioria (78,76%) da área analisada está numa altura entre 3 e 6 metros, como mostra a Tabela 38.

A região é bem urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 40,05%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 39 e ilustradas na Figura 29.

Tabela 37: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Nova Viçosa (BA)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	4,01	2,21	3,50	1,14	0,63	Sobrelavagem
2	4,35	2,28	3,50	1,24	0,65	Sobrelavagem
3	4,51	2,34	3,50	1,29	0,67	Sobrelavagem
4	4,60	2,41	3,50	1,31	0,69	Sobrelavagem
5	5,13	2,47	3,50	1,47	0,71	Sobrelavagem
6	4,06	2,57	3,50	1,16	0,73	Sobrelavagem
7	4,62	2,63	3,50	1,32	0,75	Sobrelavagem
8	4,78	2,70	3,50	1,36	0,77	Sobrelavagem

Tabela 38: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Nova Viçosa (BA)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	235867,86	13,23
Entre 3 e 6 metros	1403562,86	78,76
Maior do que 6 metros	142597,63	8,00

Tabela 39: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Nova Viçosa (BA)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1782028,36
Área de inundação	0
Área de edificações	688587,25
Área asfaltada	25049,03

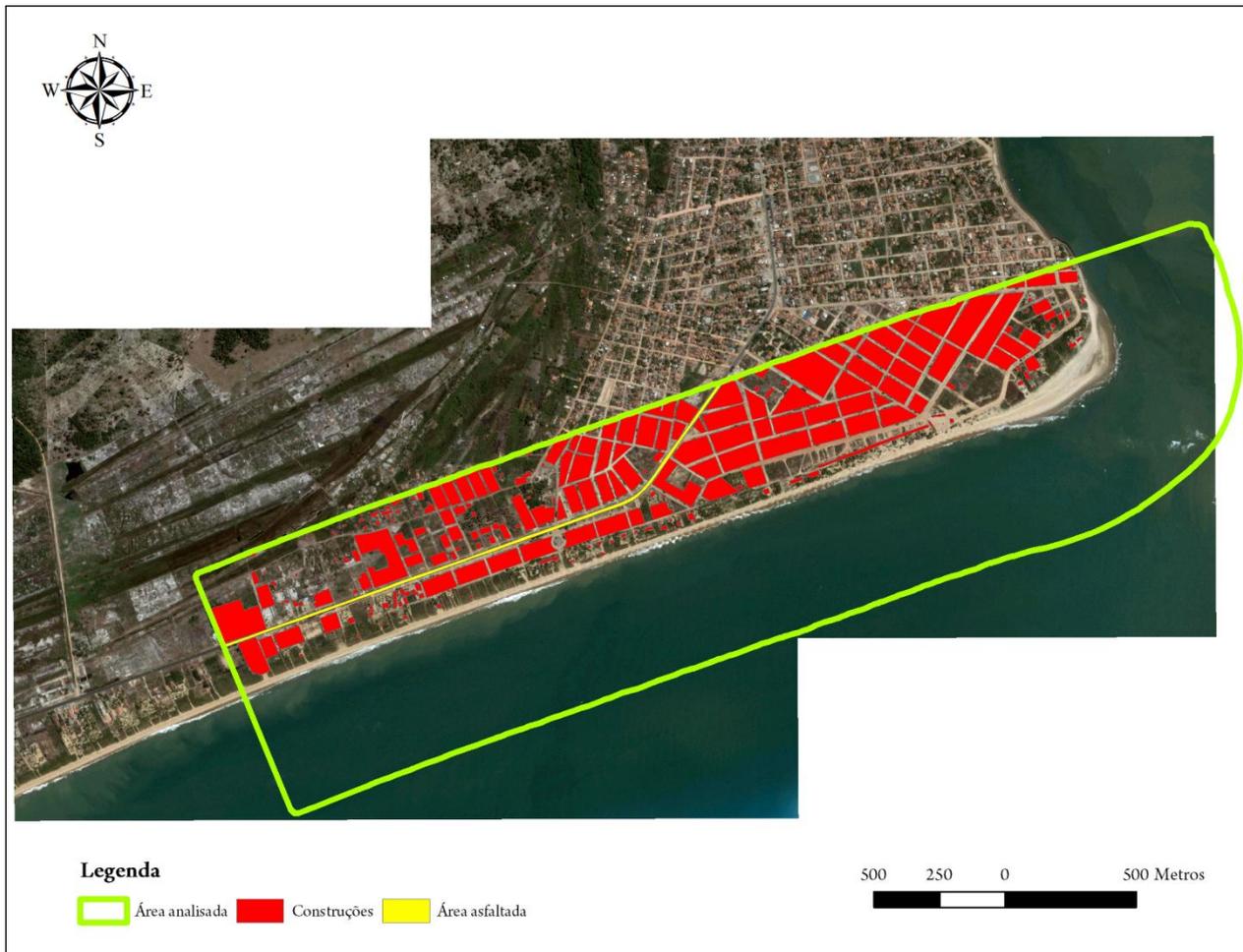


Figura 29: Imagem de Nova Viçosa indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área asfaltada

Tabela 40: Resultado da análise de indicadores ambientais em Nova Viçosa (BA)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Bom suprimento de areia e perfil praial extenso, com largura praial maior que 30 metros	Baixa	
Exposição às ondas	Pista de atuação do vento limitada (presença de barreiras arenosas ao largo)	Moderada	
Evidências de erosão	Sem indícios de erosão	Baixa	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	0° a 15°, 75° a 105°, 165° a 180°	Baixa	
Estimativa de deriva potencial	Direção constante sem prejuízo no aporte sedimentar	Moderada	3,89
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Sobrelevagem	Moderada	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	Entre 3 e 6 m	Moderada	
Vegetação	Nenhuma ou pouca vegetação	Alta	
Obras de engenharia costeira	Ausência de estruturas costeiras	Baixa	
Taxa de ocupação	Entre 30 e 70%	Moderada	

5.2.6. Caravelas

Na região de Caravelas, as praias analisadas foram a Praia da Barra e a Praia do Grauçá.

O IVC resultante para Caravelas foi de 4,10, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão costeira (Tabela 46).

A morfologia da praia foi classificada como de alta vulnerabilidade, uma vez que há indícios de erosão na parte norte do trecho analisado (Figura 30). Não há presença de obras de engenharia costeira e a região é margeada pelo rio Caravelas. Foi observada, em campo e em imagens de satélite, a presença de barreiras ao largo. A vegetação se apresenta de forma significativa, mas com evidências de erosão.



Figura 30: Evidência de erosão (raízes expostas) ao norte do trecho analisado em Caravelas (BA). Foto: Juliana S. Ribeiro

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Caravelas não teve ângulos de alta vulnerabilidade; apresentou 5 ângulos de média vulnerabilidade e 13 de baixa (Tabela 41). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de baixa, baixa e um empate entre baixa e média vulnerabilidade para ondas provenientes, respectivamente, de Leste (cenários 1 a 3), Sudeste (cenários 4 e 5) e Sul (cenários 6 a 9).

Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade baixa, esse foi o resultado aplicado ao indicador.

Tabela 41: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Caravelas (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	74,56	77,72	78,80	97,92	97,88	102,22	101,67	101,34	101,04
12	87,42	90,47	91,70	103,10	103,33	106,61	106,30	106,13	105,95

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 31), predominantemente para norte, recebeu como resultado vulnerabilidade média (uma vez que apresentou direção constante sem comprometimento do transporte sedimentar).

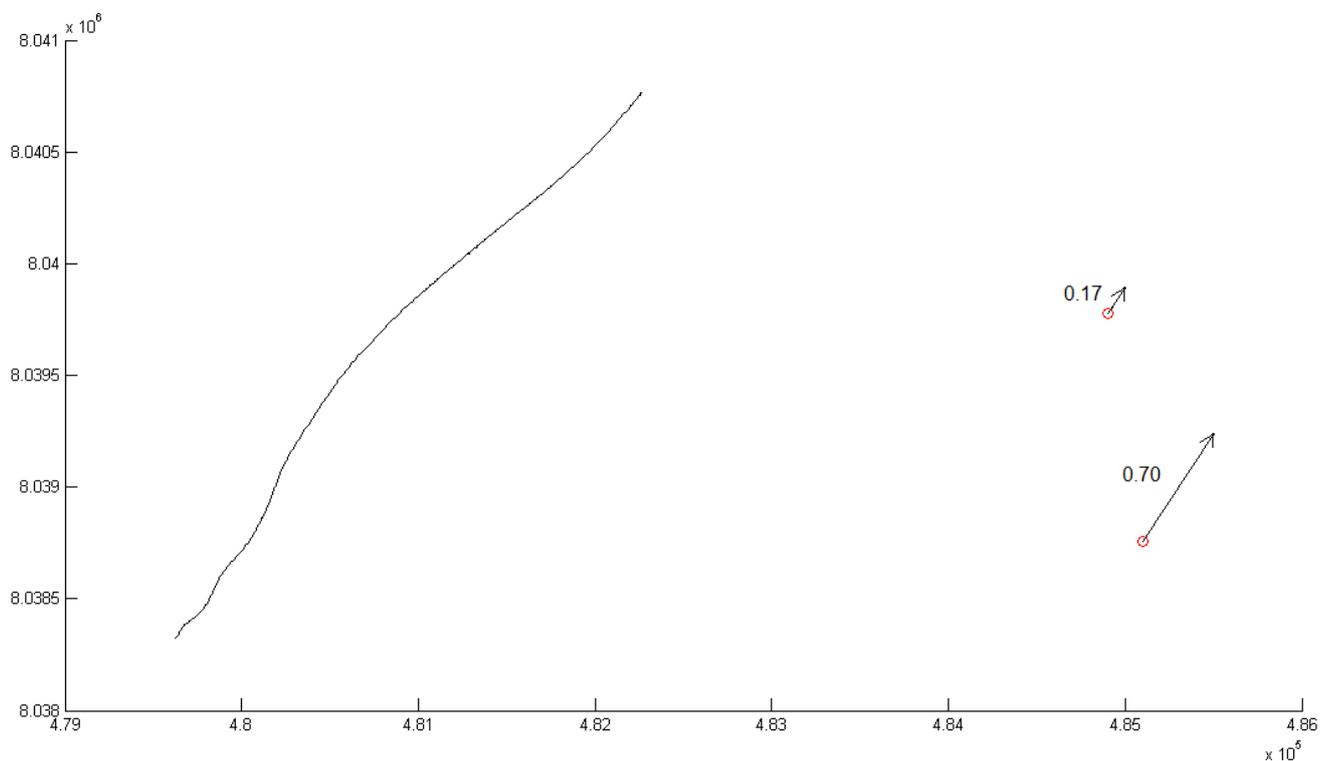


Figura 31: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Caravelas (BA).
Valores positivos indicam que o sentido é para norte

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 42). O regime de tempestade predominante na localidade é o de inundação (Tabela 43).

A maioria da área analisada (52,87%) está numa altura menor do que 3 metros, como mostra a Tabela 44.

A região é pouco urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 9,75%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 45 e ilustradas na Figura 32.

Tabela 42: Resultado da força de ondas em Caravelas (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
11	9	0	0
12	9	0	0

Tabela 43: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Caravelas (BA)

Cenário	R_{HIGH}	R_{LOW}	D_{HIGH}	R_{HIGH}/D_{HIGH}	R_{LOW}/D_{HIGH}	Regime correspondente
1	4,57	2,20	2,00	2,28	1,10	Inundação
2	5,01	2,26	2,00	2,50	1,13	Inundação
3	5,19	2,33	2,00	2,59	1,16	Inundação
4	5,27	2,40	2,00	2,63	1,20	Inundação
5	5,96	2,45	2,00	2,98	1,23	Inundação
6	4,48	2,56	2,00	2,24	1,28	Inundação
7	5,20	2,62	2,00	2,60	1,31	Inundação
8	5,37	2,69	2,00	2,68	1,34	Inundação

Tabela 44: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Caravelas (BA)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	975849,12	52,87
Entre 3 e 6 metros	827942,99	44,86
Maior do que 6 metros	41885,44	2,269

Tabela 45: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Caravelas (BA)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1845677,20
Área de inundação	3601,14
Área de edificações	161273,87
Área asfaltada	18256,25

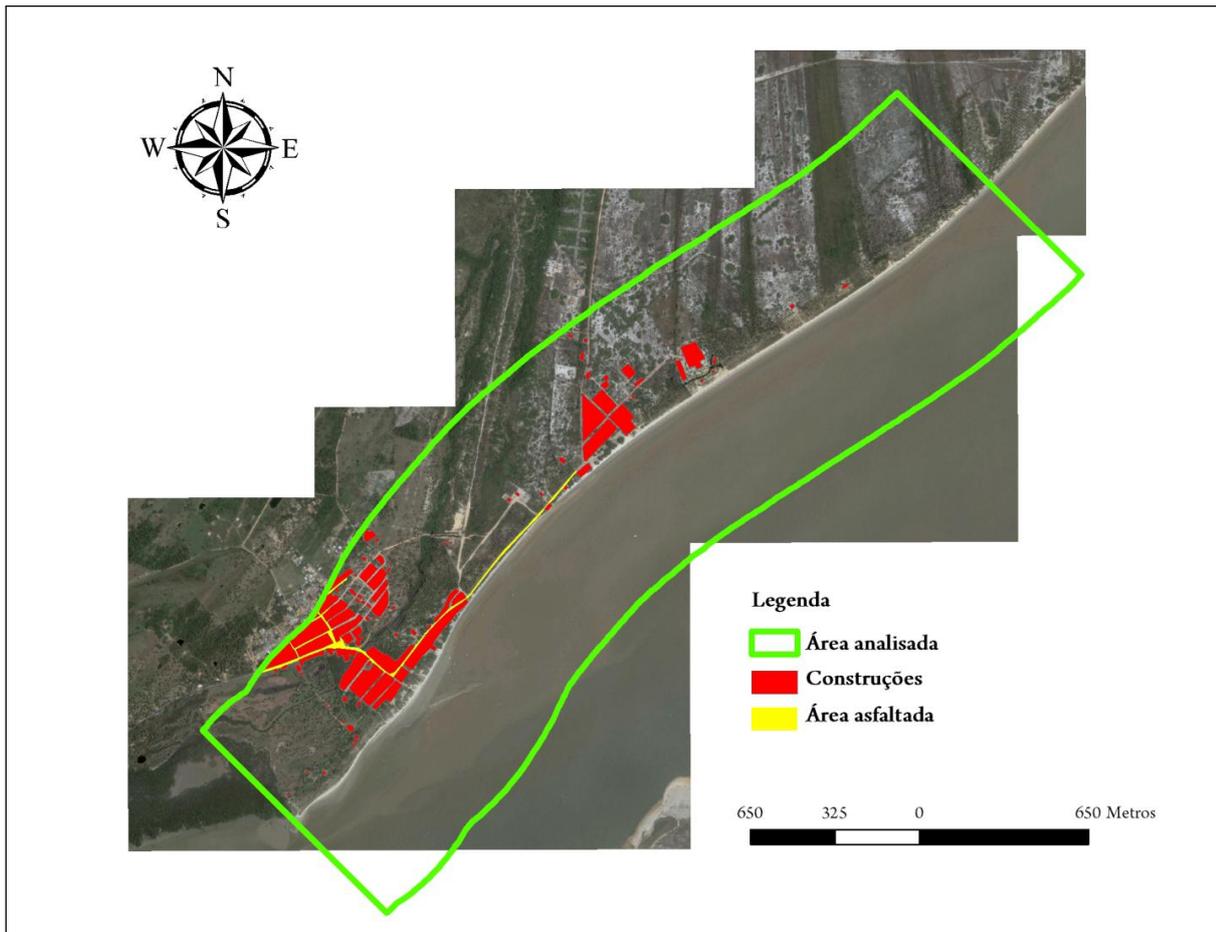


Figura 32: Imagem de Caravelas indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área asfaltada

Tabela 46: Resultado da análise de indicadores ambientais em Caravelas (BA)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Praia estreita, suprimento de sedimento interrompido ou comprometido, com largura praial de até 15 metros	Alta	
Exposição às ondas	Presença de barreiras naturais (ilhas, recifes ou rochas de praia)	Baixa	
Evidências de erosão	Indícios de erosão	Moderada	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	0° a 15°, 75° a 105°, 165° a 180°	Baixa	
Estimativa de deriva potencial	Direção constante sem prejuízo no aporte sedimentar	Moderada	4,10
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Inundação	Alta	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	< 3 m	Alta	
Vegetação	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Moderada	
Obras de engenharia costeira	Ausência de estruturas costeiras	Baixa	
Taxa de ocupação	< 30%	Baixa	

5.2.7. Prado

O trecho percorrido em Prado compreendeu a Praia do Centro e a Praia da Lagoa Pequena. O IVC resultante foi de 5,56, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão costeira (Tabela 52).

Foram encontrados focos de erosão ao longo de todo o trecho percorrido, na forma de raízes expostas, destroços de urbanização e solapamento (Figura 33 e Figura 34). Por esse motivo, a morfologia da praia teve como resultado uma alta vulnerabilidade.

A vegetação se apresenta de forma significativa, mas com evidências de erosão. Há presença de pequenas obras de proteção costeira (sacos de areia e muros de proteção), e o rio mais próximo à área analisada encontra-se numa distância menor que 50 m. Não foi observada, em campo ou em imagens de satélite, a presença de barreiras ao largo; o indicador “exposição às ondas” foi classificado como sendo de alta vulnerabilidade.

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Prado não teve ângulos de alta vulnerabilidade; apresentou 7 ângulos de média vulnerabilidade e 11 de baixa (Tabela 47). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de baixa, baixa e um empate entre baixa e média vulnerabilidade para ondas provenientes, respectivamente, de Leste (cenários 1 a 3), Sudeste (cenários 4 e 5) e Sul (cenários 6 a 9). Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade baixa, esse foi o resultado aplicado ao indicador.

Tabela 47: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Prado (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
13	95,61	94,24	93,39	114,41	111,74	113,28	111,68	111,32	110,56
14	88,25	88,30	88,50	105,94	102,69	103,69	101,95	101,44	100,58

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 35), predominantemente para norte, recebeu como resultado vulnerabilidade alta (uma vez que, apesar da direção constante, houve aumento no valor do transporte sedimentar).



Figura 33: Evidência de erosão em Prado (BA): presença de raízes expostas. O local da imagem de cima está localizado no trecho sul da praia, enquanto que o local da imagem de baixo está no trecho norte.
Fotos: Juliana S. Ribeiro



Figura 34: Evidências de erosão no trecho sul percorrido em Prado (BA). Nota-se a presença de raiz exposta, destroços de urbanização e solapamento, além de sacos de areia colocados na tentativa de conter o avanço da erosão costeira. Fotos: Juliana S. Ribeiro

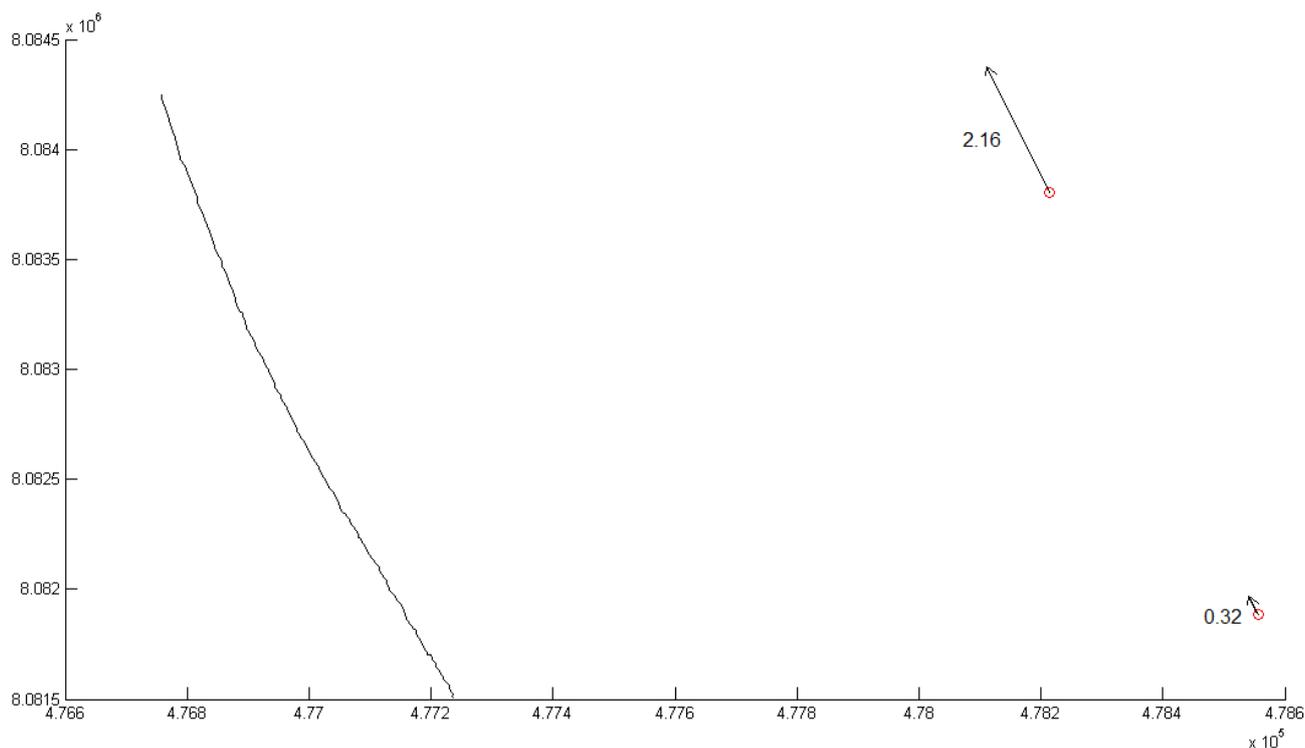


Figura 35: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Prado (BA).
Valores positivos indicam que o sentido é para norte

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 48). O regime de tempestade predominante na localidade é o de sobrelevagem (Tabela 49).

Tabela 48: Resultado da força de ondas em Prado (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
13	9	0	0
14	9	0	0

A maioria da área avaliada (58,76%) está numa altura entre 3 e 6 metros, como mostra a Tabela 50.

A região é parcialmente urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 36,91%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 51 e ilustradas na Figura 36.

Tabela 49: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Prado (BA)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	5,26	2,18	2,98	1,76	0,73	Sobrelavagem
2	5,80	2,24	2,98	1,95	0,75	Sobrelavagem
3	6,00	2,31	2,98	2,02	0,77	Sobrelavagem
4	6,08	2,38	2,98	2,04	0,80	Sobrelavagem
5	6,95	2,43	2,98	2,33	0,82	Sobrelavagem
6	4,97	2,55	2,98	1,67	0,85	Sobrelavagem
7	5,89	2,60	2,98	1,98	0,87	Sobrelavagem
8	6,08	2,67	2,98	2,04	0,90	Sobrelavagem

Tabela 50: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Prado (BA)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	339543,37	23,88
Entre 3 e 6 metros	835577,88	58,76
Maior do que 6 metros	246870,42	17,36

Tabela 51: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Prado (BA)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1421991,96
Área de inundação	181441,36
Área de edificações	370061,44
Área asfaltada	87890,99



Figura 36: Imagem de Prado indicando a área analisada, a área de edificações (construções), a área asfaltada e a área de inundação (área alagada)

Tabela 52: Resultado da análise de indicadores ambientais em Prado (BA)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Praia estreita, suprimento de sedimento interrompido ou comprometido, com largura praiial de até 15 metros	Alta	
Exposição às ondas	Pista de atuação do vento extensa, sem obstáculos naturais que minimizem a energia das ondas	Alta	
Evidências de erosão	Erosão Severa	Alta	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	0° a 15°, 75° a 105°, 165° a 180°	Baixa	
Estimativa de deriva potencial	Divergência ou direção constante com comprometimento do aporte sedimentar	Alta	5,56
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Sobrelavagem	Moderada	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	Entre 3 e 6 m	Moderada	
Vegetação	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Moderada	
Obras de engenharia costeira	Estruturas pequenas ou pouco significantes	Moderada	
Taxa de ocupação	Entre 30 e 70%	Moderada	

5.2.8. Cumuruxatiba

Em Cumuruxatiba, o levantamento de campo abrangeu várias praias: Praia do Rio do Peixe Pequeno, Praia do Píer, Praia do Centro e Praia da Represa. O IVC resultante para Cumuruxatiba foi de 4,03, indicando uma vulnerabilidade à erosão costeira moderada (Tabela 58).

Observaram-se evidências de erosão em praticamente todo o trajeto percorrido, como raízes expostas, depressão do terreno e destroços de casas (Figura 37). Por esse motivo, a morfologia da praia foi classificada com uma vulnerabilidade alta. A vegetação se apresenta de forma significativa, mas com evidências de erosão; observou-se a presença de algumas pequenas intervenções estruturais para tentar conter o avanço dela (como o muro de proteção ilustrado na Figura 38). Há a presença de barreiras ao largo (rochas de praia) e de várias pequenas desembocaduras.



Figura 37: Evidências de erosão costeira (árvore com raiz exposta e destroços de urbanização) no trecho sul percorrido em Cumuruxatiba (BA). Foto: Juliana S. Ribeiro



Figura 38: Pequena intervenção estrutural para tentar conter o avanço da erosão costeira, em Cumuruxatiba (BA). Foto: Juliana S. Ribeiro

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Cumuruxatiba não teve ângulos de alta vulnerabilidade; apresentou 9 ângulos de média vulnerabilidade e 18 de baixa (Tabela 53). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de baixa vulnerabilidade para ondas provenientes de todas as direções simuladas (Leste nos cenários 1 a 3, Sudeste nos cenários 4 e 5 e Sul nos cenários 6 a 9). Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade baixa, esse foi o resultado aplicado ao indicador.

Tabela 53: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Cumuruxatiba (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	66,53	66,57	66,60	80,07	78,08	85,74	84,16	83,77	82,97
16	82,72	82,74	82,68	95,40	93,38	100,67	99,01	98,64	97,84
17	97,92	97,93	97,69	112,40	110,22	117,41	115,61	115,18	114,30

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 39), predominante para sul, recebeu como resultado uma alta vulnerabilidade (uma vez que apresentou divergência no padrão de transporte).

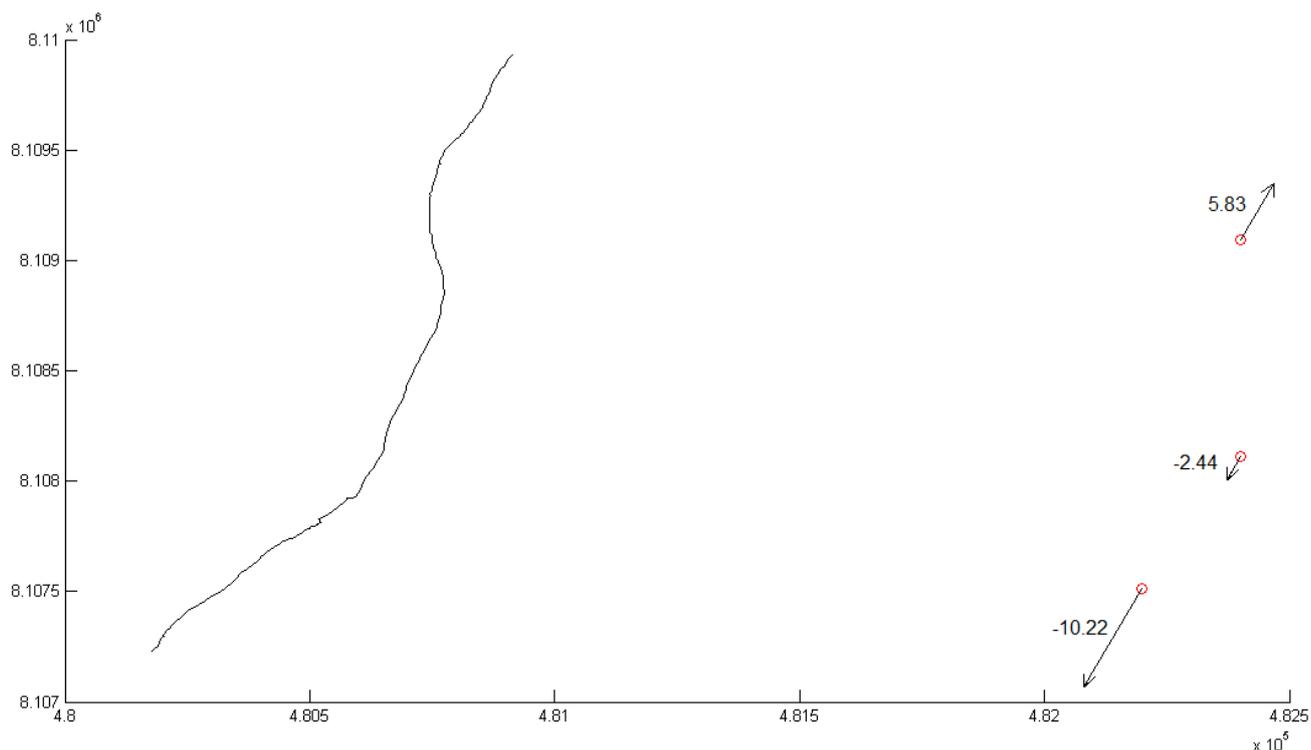


Figura 39: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Cumuruxatiba (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte, enquanto que valores negativos indicam sentido sul

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 54). O regime de tempestade predominante na localidade é o de inundação (Tabela 55).

Tabela 54: Resultado da força de ondas em Cumuruxatiba (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
15	8	1	0
16	8	1	0
17	8	1	0

A maior parte da área analisada (68,04%) está numa altura maior do que 6 metros, como mostra a Tabela 56. Vale ressaltar que esse resultado não representa fielmente a elevação do terreno na faixa de praia, que é totalmente baixa e plana. O alto valor de elevação da área analisada é devido à presença de grandes morros adjacentes à faixa praias.

Tabela 55: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Cumuruxatiba (BA)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	3,89	2,21	1,31	2,98	1,69	Inundação
2	4,22	2,28	1,31	3,23	1,74	Inundação
3	4,38	2,35	1,31	3,35	1,79	Inundação
4	4,47	2,42	1,31	3,42	1,85	Inundação
5	4,97	2,48	1,31	3,80	1,89	Inundação
6	3,98	2,57	1,31	3,05	1,97	Inundação
7	4,51	2,63	1,31	3,45	2,01	Inundação
8	4,66	2,71	1,31	3,57	2,07	Inundação

Tabela 56: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Cumuruxatiba (BA)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	276187,47	19,36
Entre 3 e 6 metros	179671,82	12,60
Maior do que 6 metros	970468,55	68,04

A região é pouco urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 26,41%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 57 e ilustradas na Figura 40.

Tabela 57: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Cumuruxatiba (BA)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1426328,21
Área de inundação	15091,89
Área de edificações	372702,40
Área asfaltada	0

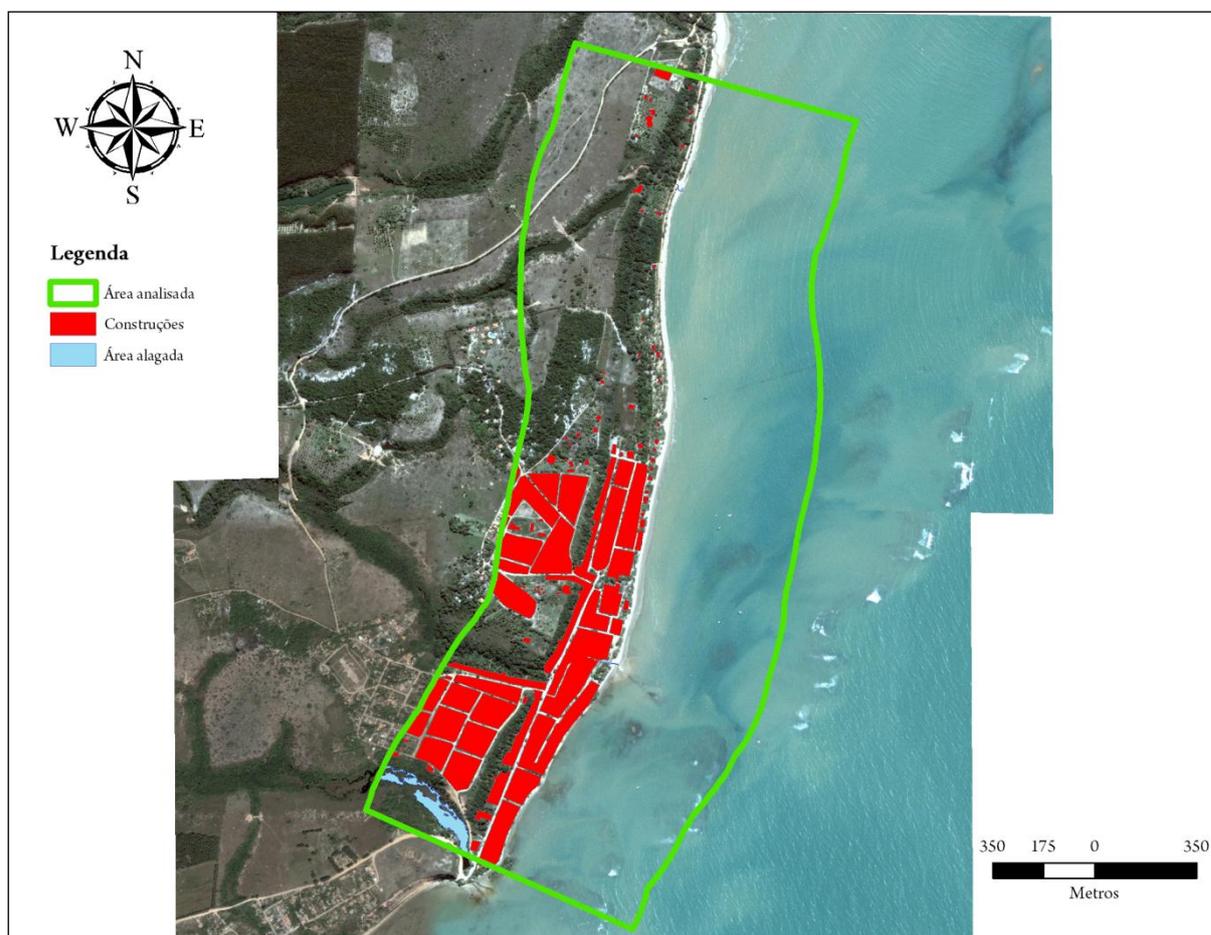


Figura 40: Imagem de Cumuruxatiba indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área de inundação (área alagada)

Tabela 58: Resultado da análise de indicadores ambientais em Cumuruxatiba (BA)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Praia estreita, suprimento de sedimento interrompido ou comprometido, com largura praial de até 15 metros	Alta	
Exposição às ondas	Presença de barreiras naturais (ilhas, recifes ou rochas de praia)	Baixa	
Evidências de erosão	Erosão Severa	Alta	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	0° a 15°, 75° a 105°, 165° a 180°	Baixa	
Estimativa de deriva potencial	Divergência ou direção constante com comprometimento do aporte sedimentar	Alta	4,03
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Inundação	Alta	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	> 6 m	Baixa	
Vegetação	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Moderada	
Obras de engenharia costeira	Estruturas pequenas ou pouco significantes	Moderada	
Taxa de ocupação	< 30%	Baixa	

5.2.9. Corumbau

A visita a Corumbau abrangeu a Praia Ponta do Corumbau e a Praia da Aldeia do Bugião. O IVC resultante para a localidade foi de 5,21, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão costeira (Tabela 64).

A região é cortada pelo Rio Corumbau, que separa as comunidades Ponta do Corumbau (ao sul) e Aldeia do Bugião (ao norte). Observou-se evidências de erosão, como solapamento, raízes expostas e destroços de construções urbanas, na parte norte da Praia Ponta do Corumbau (Figura 41) e na parte sul da Praia da Aldeia do Bugião; por esse motivo o indicador “morfologia da praia” recebeu o resultado de vulnerabilidade alta. Há a presença de barreiras ao largo: barreira de corais e um grande pontal de areia, de extensão aproximada de 630 metros. A vegetação se apresenta de forma significativa, mas com evidências de erosão. Não foram observadas estruturas de proteção costeira.

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Corumbau apresentou 24 ângulos de alta vulnerabilidade, 5 ângulos de média e 7 de baixa (Tabela 59). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de alta vulnerabilidade para ondas provenientes de todas as direções simuladas (Leste nos cenários 1 a 3, Sudeste nos cenários 4 e 5 e Sul nos cenários 6 a 9). Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade alta, esse foi o resultado aplicado a esse indicador.

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 42) recebeu como resultado uma alta vulnerabilidade, uma vez que houve divergência no padrão de transporte sedimentar.

Tabela 59: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Corumbau (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
18	38,56	38,81	33,39	68,20	61,46	87,91	83,89	82,36	79,64
19	13,70	14,10	8,71	41,05	30,40	59,61	52,41	50,36	47,28
20	118,98	119,13	117,06	133,79	126,60	139,43	134,38	133,05	131,61
21	131,42	131,74	131,16	141,41	137,98	144,85	141,92	141,00	140,15



Figura 41: Evidências de erosão na Praia Ponta do Corumbau: raízes expostas, solapamento e destroços de urbanização. Foto: Juliana S. Ribeiro

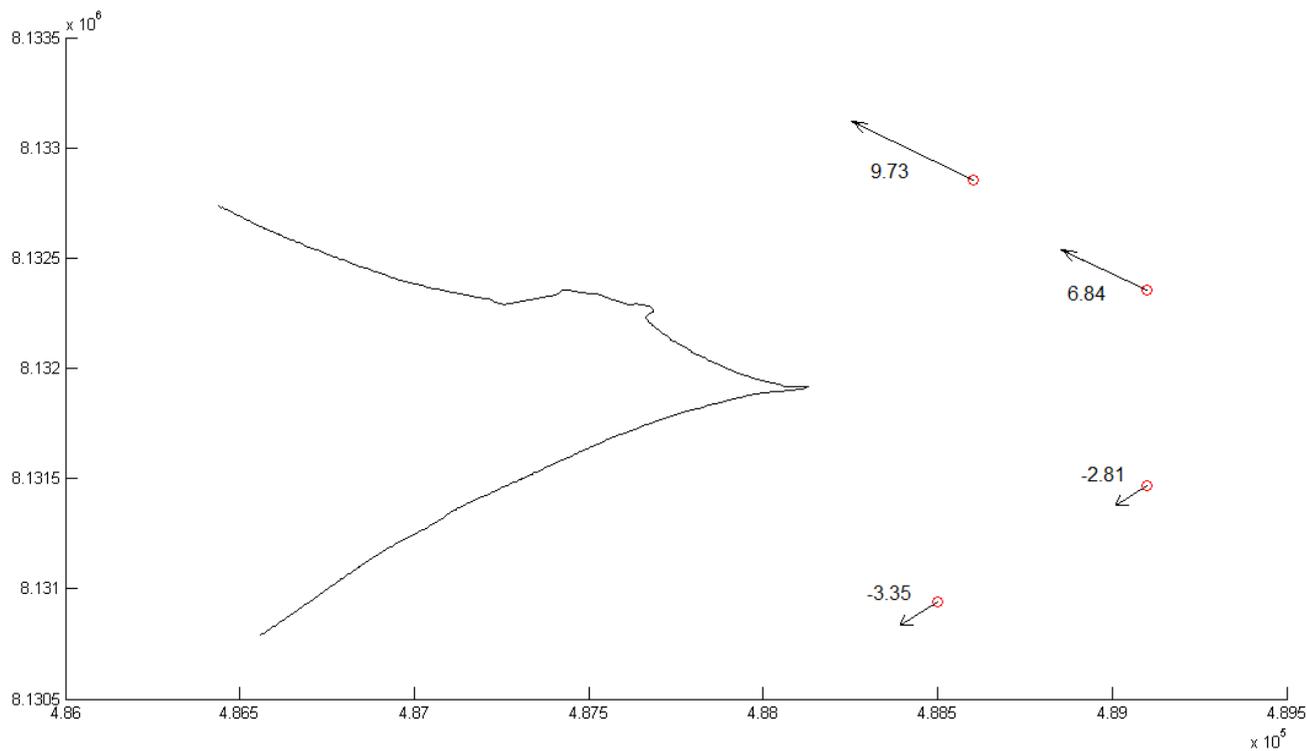


Figura 42: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Curumbau (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte, enquanto que valores negativos indicam sentido sul

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 60). O regime de tempestade predominante na localidade é o de inundação (Tabela 61).

Tabela 60: Resultado da força de ondas em Corumbau (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
18	9	0	0
19	9	0	0
20	9	0	0
21	9	0	0

A maior parte da área analisada (69,11%) está numa altura menor do que 3 metros, como mostra a Tabela 62.

Tabela 61: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Corumbau (BA)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	4,98	2,19	2,23	2,23	0,98	Sobrelavagem
2	5,48	2,25	2,23	2,46	1,01	Inundação
3	5,67	2,32	2,23	2,55	1,04	Inundação
4	5,75	2,39	2,23	2,58	1,07	Inundação
5	6,55	2,44	2,23	2,94	1,09	Inundação
6	4,77	2,55	2,23	2,14	1,15	Inundação
7	5,61	2,61	2,23	2,52	1,17	Inundação
8	5,79	2,68	2,23	2,60	1,20	Inundação

Tabela 62: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Corumbau (BA)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	1029272,71	69,11
Entre 3 e 6 metros	401639,75	26,97
Maior do que 6 metros	58392,08	3,92

A região é pouco urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 2,13%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 63 e ilustradas na Figura 43.

Tabela 63: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Corumbau (BA)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1489304,60
Área de inundação	158495,01
Área de edificações	28412,38
Área asfaltada	0

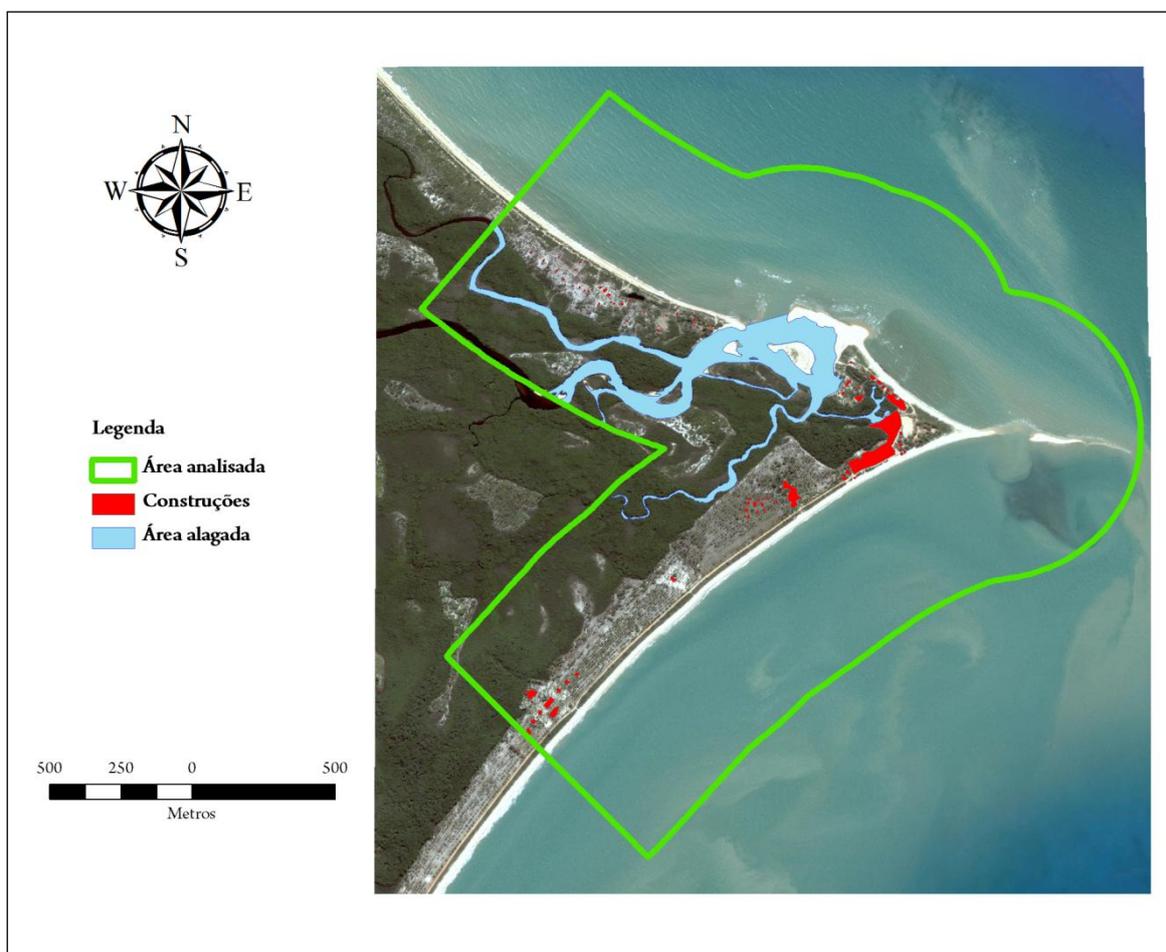


Figura 43: Imagem de Corumbau indicando a área analisada, a área de edificações (construções) e a área de inundação (área alagada)

Tabela 64: Resultado da análise de indicadores ambientais em Corumbau (BA)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Praia estreita, suprimento de sedimento interrompido ou comprometido, com largura praial de até 15 metros	Alta	
Exposição às ondas	Presença de barreiras naturais (ilhas, recifes ou rochas de praia)	Baixa	
Evidências de erosão	Erosão Severa	Alta	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	30° a 60°, 120° a 150°	Alta	
Estimativa de deriva potencial	Divergência ou direção constante com comprometimento do aporte sedimentar	Alta	5,21
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Inundação	Alta	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	< 3 m	Alta	
Vegetação	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Moderada	
Obras de engenharia costeira	Ausência de estruturas costeiras	Baixa	
Taxa de ocupação	< 30%	Baixa	

5.2.10. Arraial d'Ajuda

Em Arraial d'Ajuda, foram estudadas as praias de Mucugê, dos Pescadores e Araçaípe. O IVC resultante para a localidade foi de 5,90, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão costeira (Tabela 70).

Foram observadas evidências de erosão costeira ao longo de praticamente todo o trecho percorrido, com vegetação afetada e depressões no terreno (Figura 44). Por esse motivo, o indicador “morfologia da praia” foi classificado com alta vulnerabilidade.

A vegetação se apresenta de forma significativa, mas com evidências de erosão. Há a presença de barreiras ao largo e de pequenas obras de contenção costeira (muros de proteção, ilustrados na Figura 45). A desembocadura do rio Mucugê está localizada dentro do trecho analisado.

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Arraial d'Ajuda apresentou 3 ângulos de alta vulnerabilidade, 12 ângulos de média e 21 de baixa (Tabela 65). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de baixa, um empate entre baixa e média, e baixa vulnerabilidade novamente para ondas provenientes, respectivamente, de Leste (cenários 1 a 3), Sudeste (cenários 4 e 5) e Sul (cenários 6 a 9). Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade baixa, esse foi o resultado aplicado a esse indicador.

Tabela 65: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Arraial d'Ajuda (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
22	98,50	99,01	99,27	112,16	110,93	117,61	116,03	115,59	114,79
23	67,40	68,34	68,91	85,10	83,72	91,38	89,59	89,14	88,23
24	98,34	99,31	99,88	116,04	114,57	122,69	120,79	120,34	119,40
25	85,34	86,16	86,71	98,75	97,65	103,58	102,01	101,63	100,88

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 46), predominante para norte, recebeu como resultado uma alta vulnerabilidade (uma vez que houve divergência no padrão de transporte sedimentar).



Figura 44: Evidência de erosão costeira (vegetação atingida e terreno em depressão) em Arraial d'Ajuda (BA). Fotos: Juliana S. Ribeiro



Figura 45: Muro de pedras, estrutura de proteção costeira. Foto: Juliana S. Ribeiro

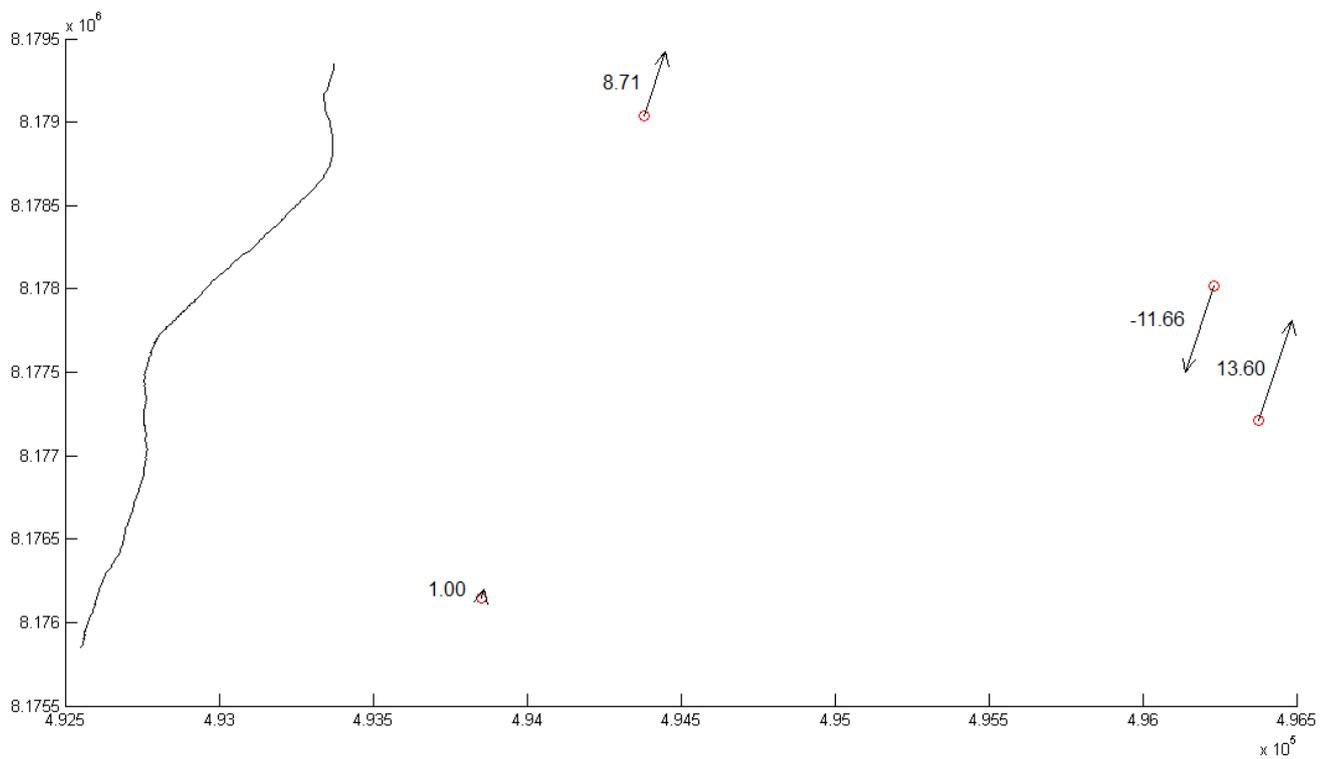


Figura 46: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Arraial d'Ajuda (BA). Valores positivos indicam que o sentido é para norte, enquanto que valores negativos indicam sentido sul

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 66). O regime de tempestade predominante na localidade é o de inundação (Tabela 67).

Tabela 66: Resultado da força de ondas em Arraial d'Ajuda (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
22	8	1	0
23	7	1	1
24	7	1	1
25	8	1	0

Tabela 67: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Arraial d'Ajuda (BA)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	5,00	2,19	2,05	2,44	1,07	Inundação
2	5,50	2,25	2,05	2,68	1,10	Inundação
3	5,69	2,32	2,05	2,78	1,13	Inundação
4	5,78	2,39	2,05	2,82	1,16	Inundação
5	6,58	2,44	2,05	3,21	1,19	Inundação
6	4,79	2,55	2,05	2,33	1,24	Inundação
7	5,63	2,61	2,05	2,74	1,27	Inundação
8	5,81	2,68	2,05	2,83	1,31	Inundação

A maior parte da área analisada (44,83%) está numa altura menor do que 3 metros, como mostra a Tabela 68.

A região é bastante urbanizada, apresentando uma taxa de ocupação de 52,50%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 69 e ilustradas na Figura 47.

Tabela 68: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Arraial d'Ajuda (BA)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	826077,90	44,83
Entre 3 e 6 metros	563915,26	30,60
Maior do que 6 metros	452554,81	24,56

Tabela 69: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Arraial d'Ajuda (BA)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1842547,85
Área de inundação	10888,21
Área de edificações	893725,49
Área asfaltada	67920,49

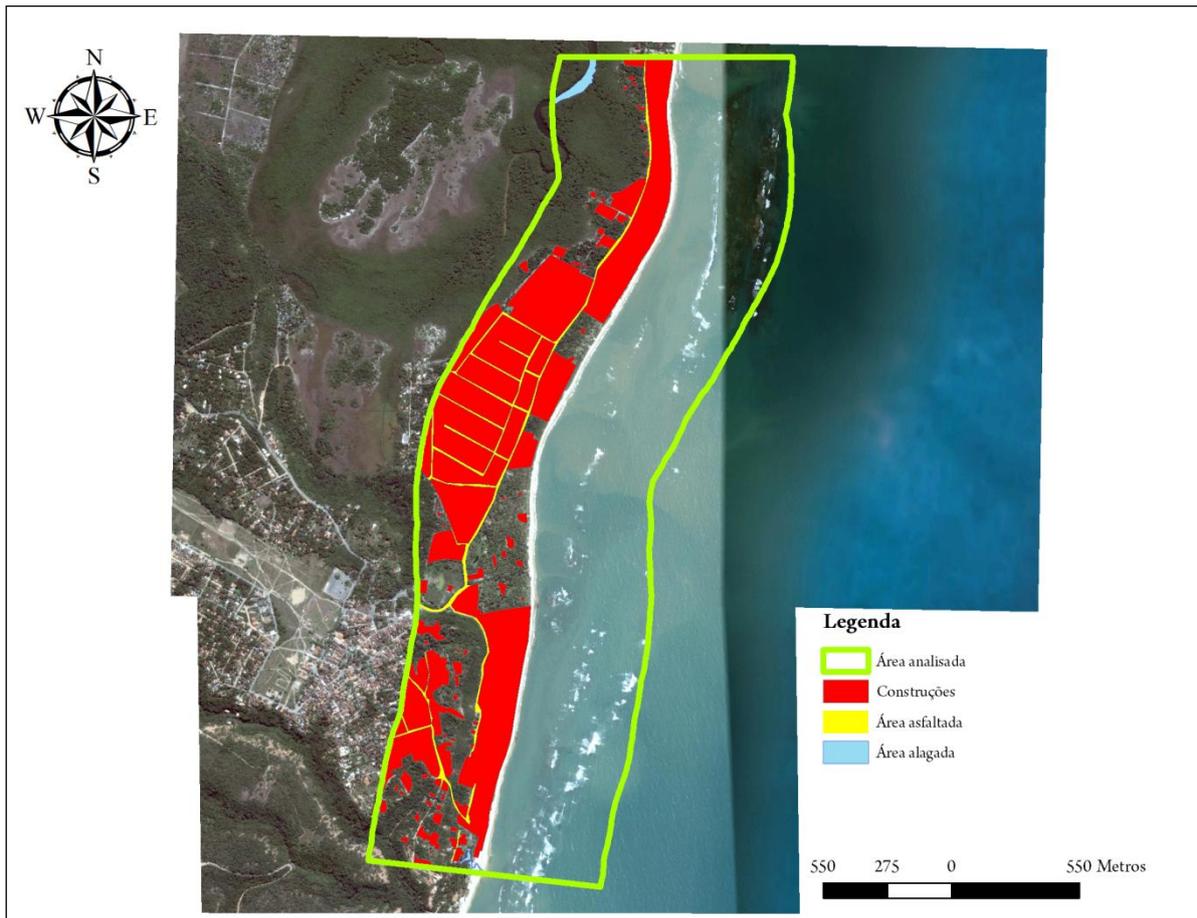


Figura 47: Imagem de Arraial d'Ajuda indicando a área analisada, a área de edificações (construções), a área asfaltada e a área de inundação (área alagada)

Tabela 70: Resultado da análise de indicadores ambientais em Arraial d'Ajuda (BA)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Praia estreita, suprimento de sedimento interrompido ou comprometido, com largura praial de até 15 metros	Alta	
Exposição às ondas	Presença de barreiras naturais (ilhas, recifes ou rochas de praia)	Baixa	
Evidências de erosão	Erosão Severa	Alta	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	0° a 15°, 75° a 105°, 165° a 180°	Baixa	
Estimativa de deriva potencial	Divergência ou direção constante com comprometimento do aporte sedimentar	Alta	5,90
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Inundação	Alta	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	< 3 m	Alta	
Vegetação	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Moderada	
Obras de engenharia costeira	Estruturas pequenas ou pouco significantes	Moderada	
Taxa de ocupação	Entre 30 e 70%	Moderada	

5.2.11. Porto Seguro

A praia analisada em Porto Seguro foi a de Taperapuã. O IVC resultante para Porto Seguro foi de 4,10, indicando uma vulnerabilidade moderada à erosão costeira (Tabela 76).

A morfologia da praia foi classificada como sendo de vulnerabilidade moderada devido ao perfil praiial médio. Essa configuração observada em campo e confirmada através de medições da largura praiial de Porto Seguro -- foram traçados 17 transectos ao longo da área analisada; o comprimento médio obtido foi de 28,18 metros.

Não foram observados indícios de erosão costeira ao longo do trecho percorrido, e a vegetação se apresentou de forma significativa. Há a presença de barreiras ao largo (observadas através das imagens de satélite), além da desembocadura do rio dos Mangues. Não foram observadas obras de engenharia costeira no trecho analisado.

Quanto aos ângulos incidentes das ondas, Porto Seguro apresentou 6 ângulos de alta vulnerabilidade, 12 ângulos de média e 9 de baixa (Tabela 71). Considerando as direções de onda propagadas em cada cenário, os resultados foram de média, baixa e média vulnerabilidade para ondas provenientes, respectivamente, de Leste (cenários 1 a 3), Sudeste (cenários 4 e 5) e Sul (cenários 6 a 9). Uma vez que houve predominância de ângulos de vulnerabilidade média, esse foi o resultado aplicado a esse indicador.

Tabela 71: Ângulos de incidência (em graus) das ondas que atingem a costa de Porto Seguro (BA), nos diferentes cenários simulados na modelagem costeira

Ponto / Cenário	1	2	3	4	5	6	7	8	9
26	67,67	66,55	67,42	83,98	83,44	91,18	89,17	88,17	87,13
27	62,15	64,19	64,96	98,71	95,34	120,28	113,01	109,95	108,40
28	43,27	43,58	42,88	56,38	52,38	79,24	72,17	69,41	66,45

A estimativa de deriva potencial calculada (Figura 48), predominantemente para sul, recebeu como resultado uma alta vulnerabilidade (uma vez que, apesar da direção constante, houve aumento no valor do transporte sedimentar).

A força de ondas foi classificada como fraca (Tabela 72). O regime de tempestade predominante na localidade é o de inundação (Tabela 73).

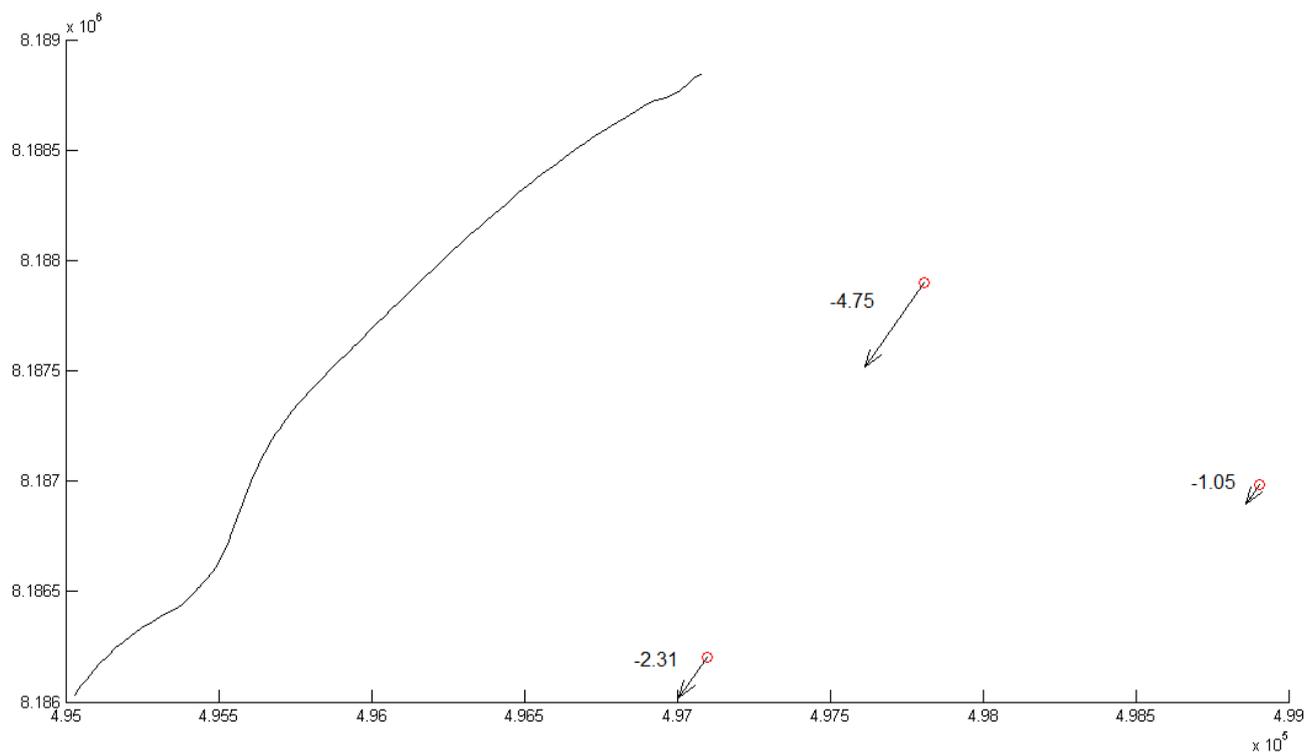


Figura 48: Resultado da estimativa de deriva litorânea potencial para Porto Seguro (BA).
Valores negativos indicam que o sentido é para sul

Tabela 72: Resultado da força de ondas em Porto Seguro (BA) – a contagem se refere ao número de cenários que se encaixam nos intervalos de força

Ponto	Contagem		
	Fraca	Moderada	Forte
26	9	0	0
27	9	0	0
28	9	0	0

A maioria da área analisada (54,04%) está numa altura entre 3 e 6 metros, como mostra a Tabela 74.

A região tem um alto índice de urbanização, apresentando uma taxa de ocupação de 48,69%. As variáveis utilizadas para o cálculo dessa taxa, juntamente com seus resultados, estão discriminadas na Tabela 75 e ilustradas na Figura 49.

Tabela 73: Parâmetros utilizados para o cálculo do regime de tempestade predominante em Porto Seguro (BA)

Cenário	R _{HIGH}	R _{LOW}	D _{HIGH}	R _{HIGH} /D _{HIGH}	R _{LOW} /D _{HIGH}	Regime correspondente
1	4,87	2,19	2,39	2,04	0,92	Sobrelavagem
2	5,34	2,25	2,39	2,24	0,94	Sobrelavagem
3	5,54	2,32	2,39	2,32	0,97	Sobrelavagem
4	5,62	2,39	2,39	2,35	1,00	Inundação
5	6,38	2,44	2,39	2,67	1,02	Inundação
6	4,69	2,55	2,39	1,96	1,07	Inundação
7	5,49	2,61	2,39	2,30	1,09	Inundação
8	5,68	2,68	2,39	2,38	1,12	Inundação

Tabela 74: Áreas e porcentagens correspondentes a cada faixa de elevação do terreno em Porto Seguro (BA)

Faixa de elevação	Área correspondente (m ²)	Porcentagem correspondente (%)
Menor do que 3 metros	385002,47	21,10
Entre 3 e 6 metros	985960,40	54,04
Maior do que 6 metros	453345,16	24,85

Tabela 75: Variáveis utilizadas para o cálculo da taxa de urbanização em Porto Seguro (BA)

Variável	Área correspondente (m ²)
Área continental	1824308,10
Área de inundação	8654,24
Área de edificações	782256,51
Área asfaltada	101888,07



Figura 49: Imagem de Porto Seguro indicando a área analisada, a área de edificações (construções), a área asfaltada e a área de inundação (área alagada)

Tabela 76: Resultado da análise de indicadores ambientais em Porto Seguro (BA)

Indicador ambiental	Resultado da análise	Vulnerabilidade resultante	IVC resultante
Morfologia da praia	Potencial interrupção de suprimento de areia e perfil praial médio a estreito, com largura praial de 15 a 30 metros	Moderada	
Exposição às ondas	Presença de barreiras naturais (ilhas, recifes ou rochas de praia)	Baixa	
Evidências de erosão	Sem indícios de erosão	Baixa	
Número de frentes frias	Redução	Baixa	
Ângulo de incidência das ondas	15° a 30°, 60° a 75°, 105° a 120°, 150° a 165°	Moderada	
Estimativa de deriva potencial	Divergência ou direção constante com comprometimento do aporte sedimentar	Alta	4,10
Força de ondas	Fraca	Baixa	
Regime de tempestade	Inundação	Alta	
Presença de rios e / ou desembocaduras	< 50m	Alta	
Elevação do terreno	Entre 3 e 6 m	Moderada	
Vegetação	Bem estabelecida, com gramíneas e arbustos	Moderada	
Obras de engenharia costeira	Ausência de estruturas costeiras	Baixa	
Taxa de ocupação	Entre 30 e 70%	Moderada	

6. *Discussão*

A compilação dos resultados de vulnerabilidade para cada indicador está apresentada na Tabela 78 e os valores do índice, em ordem decrescente, na Tabela 77. As localidades apresentaram vulnerabilidade média (entre 3 e 7), com exceção de Pontal do Ipiranga, que teve como resultado uma baixa vulnerabilidade (IVC menor que 3).

Tabela 77: IVC's das localidades estudadas, em ordem decrescente

Localidade	IVC correspondente
Mucuri	6,53
Arraial d'Ajuda	5,90
Conceição da Barra 1 - sul	5,63
Prado	5,56
Corumbau	5,21
Conceição da Barra 2 - norte	4,31
Caravelas	4,10
Porto Seguro	4,10
Cumuruxatiba	4,03
Nova Viçosa	3,89
Pontal do Ipiranga	2,57

O município de Mucuri (BA) foi o que se apresentou com maior vulnerabilidade à erosão (IVC igual a 6,53), com valor bem próximo ao limite inferior da classe de vulnerabilidade alta. Esse resultado corrobora com o que foi visto em campo: a falta de eficácia das obras de proteção costeira presentes na orla do município. Apesar do IVC encontrado não ter se encaixado na faixa de alta vulnerabilidade, não se pode negligenciar a grave situação erosional em que a cidade se encontra. As obras de proteção costeira culminaram em um efeito

Tabela 78: Resultado de vulnerabilidade (“A” representando alta, “M”, média, e “B”, baixa) de cada um dos treze indicadores analisados, em cada localidade estudada

	Pontal do Ipiranga	Conceição da Barra (sul)	Conceição da Barra (norte)	Mucuri	Nova Viçosa	Caravelas	Prado	Cumuruxatiba	Corumbau	Arraial d’Ajuda	Porto Seguro
Morfologia da praia	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	M
Exposição às ondas	A	A	A	A	M	B	A	B	B	B	B
Evidências de erosão	B	A	A	A	B	M	A	A	A	A	B
Número de frentes frias	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Ângulo de incidência das ondas	M	A	M	B	B	B	B	B	A	B	M
Estimativa de deriva potencial	A	M	M	M	M	M	A	A	A	A	A
Força de ondas	M	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
Regimes de tempestade	M	B	M	M	M	A	M	A	A	A	A
Presença de rios e / ou desembocaduras	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Elevação do terreno	M	B	M	M	M	A	M	B	A	A	M
Vegetação	B	A	M	A	A	M	M	M	M	M	M
Obras de engenharia costeira	B	A	B	A	B	B	M	M	B	M	B
Taxa de ocupação	B	M	B	M	M	B	M	B	B	M	M

já muito conhecido em obras desse tipo: a erosão dos trechos adjacentes. Apesar do intuito das obras ter sido a proteção costeira elas acabaram gerando grande destruição à infraestrutura urbana nos trechos correspondentes aos últimos espigões da sequência, uma vez que a presença delas diminui consideravelmente o volume de sedimento que chega nos trechos adjacentes por meio, principalmente, da corrente de deriva litorânea. Uma possível alternativa para a cidade seria a remodelação das obras (de espigões para outros tipos de estruturas de proteção) combinada com alimentação artificial da praia.

O caso de Mucuri contrasta com o de Conceição da Barra (ES). Apesar de obras de engenharia costeira também estarem presentes nesta localidade, seu IVC foi menor do que o encontrado em Mucuri. Na comparação entre os resultados da parte norte e sul de Conceição da Barra, percebe-se o efeito positivo que as obras tiveram no ambiente: concentradas na parte sul, as obras alargaram o perfil praial e elevaram a cota do terreno. O fato não exclui a necessidade de melhorias no planejamento e manejo da orla de Conceição da Barra, uma vez que o mesmo efeito cascata observado nas obras de Mucuri (déficit sedimentar) está presente na cidade, porém em menor magnitude.

Arraial d'Ajuda, Prado, Corumbau, Caravelas e Cumuruxatiba também já sofrem com os efeitos destrutivos da erosão costeira – receberam a classificação de alta vulnerabilidade (ou média, no caso de Caravelas) quanto ao indicador “evidências de erosão”. A combinação dos efeitos entre a deriva litorânea e os regimes de tempestade parece ser a principal contribuição para o atual processo erosivo das localidades. Com exceção do regime de tempestade em Prado e da deriva litorânea em Caravelas, o resultado de vulnerabilidade dos dois indicadores citados anteriormente foi máximo. A divergência do transporte de sedimentos somada à facilidade de transporte de sedimentos úmidos em relação aos secos parecem ser os principais contribuintes do atual processo erosivo dessas localidades.

Percebe-se que os menores IVCs encontrados foram em praias que não apresentaram indícios de erosão, com exceção de Caravelas e Cumuruxatiba. Apesar de apresentarem focos de erosão, essas cidades obtiveram um valor relativamente baixo de IVC, devido à vegetação densa, pouca exposição às ondas e baixa taxa de urbanização.

Há uma divergência na comparação entre os resultados de deriva litorânea calculados neste trabalho e os encontrados por Bittencourt et al. (2000) – em Prado, Corumbau e Porto Seguro, as direções das correntes de deriva litorânea não coincidem. Esse fato é explicado por

terem sido utilizados diferentes climas de onda em cada trabalho. Apesar do conjunto de dados aplicado no presente trabalho ser mais completo do que o empregado por Bittencourt et al. (2000), a influência dos ventos alíseos na região não aparece nos cenários predominantes do clima de ondas. A seleção de determinados cenários dominantes para o presente estudo pode ter limitado essa análise.

Apesar da clara vulnerabilidade e necessidade de atenção em algumas cidades (especialmente em Mucuri), não houve resultados de alta vulnerabilidade para o índice costeiro. Uma solução para esse impasse seria a aplicação de pesos nos diferentes indicadores analisados. Entretanto, tendo em vista a variabilidade de influência dos indicadores em cada localidade, essa não seria uma tarefa trivial.

7. Conclusões

O estudo se baseou no cálculo de um Índice de Vulnerabilidade Costeira (IVC) em praias de dez diferentes localidades. A partir da análise de 13 indicadores ambientais, que abrangeram aspectos morfodinâmicos, hidrodinâmicos e antrópicos das regiões de interesse, determinou-se a vulnerabilidade resultante para cada região analisada. O trabalho foi aplicado em praias ao longo da Costa do Descobrimento, região de enorme importância ecossistêmica e econômica, abrangendo cidades localizadas desde a parte norte do Espírito Santo até o sul da Bahia. Com exceção de Pontal do Ipiranga (que obteve um resultado de baixa vulnerabilidade), todas as praias apresentaram um IVC correspondente à vulnerabilidade moderada à erosão, reforçando a ideia de que essa região merece atenção e monitoramento contínuo. Importantes conclusões acerca do trabalho também incluem:

- Em 70% das praias analisadas foi observado algum tipo de indício de erosão, sendo que 85% destas apresentaram grandes prejuízos à morfologia praial e/ou à infraestrutura urbana;
- O clima de ondas da região apresentou predominância de direções leste, sul e sudeste, nessa ordem de magnitude;
- A direção norte foi a mais comum na deriva litorânea calculada para a região;
- O número de frentes frias na última década diminuiu em toda a região analisada;
- A cidade de Mucuri (BA) recebeu a avaliação de vulnerabilidade mais alta, o que corrobora as observações feitas em campo (das cidades visitadas, Mucuri foi a mais afetada pela forte erosão costeira);
- Nos municípios em que foram observados grandes prejuízos na infraestrutura urbana e perigo iminente à população local (Mucuri e Conceição da Barra),

os indicadores “morfologia da praia” e “exposição às ondas” parecem ser os principais contribuintes para a erosão costeira;

- Nos demais municípios que também apresentaram evidências de erosão, a principal influência à erosão parece ser a combinação entre os indicadores “estimativa de deriva potencial” e “regimes de tempestade”;
- O indicador “ângulo de incidência das ondas” influencia principalmente a erosão observada em Corumbau e na parte sul de Conceição da Barra;
- O estudo se mostrou eficiente para a determinação de praias mais ou menos vulneráveis à erosão em um contexto de comparação. Entretanto, sugere-se a atribuição de diferentes pesos aos indicadores para melhor diferenciação entre localidades com vulnerabilidades alta e moderada.

Bibliografia

ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO, K. A. 2006. Erosão e progradação do litoral brasileiro - espírito santo. In: MUEHE, D., (org). Erosão e progradação do litoral brasileiro. Brasília: MMA, p. 229-264.

ANDRADE, A. C. S.; DOMINGUEZ, J. M. L.; MARTIN, L.; BITTENCOURT, A. C. S. P. 2003. Quaternary evolution of the Caravelas strandplain - Southern Bahia State - Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 75, n. 3, p. 357-382.

AZEVEDO, I. F.; GUERRA, J. V.; CABRAL, A. P. 2005. Evolução geomorfológica de pontais arenosos associados à foz de rios na orla da planície costeira de Caravelas - BA. In: X Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA). Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/0025_resumo_abequaii.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2014.

BALICA, S. F.; WRIGHT, N. G.; MEULEN, F. 2012. A flood vulnerability index for coastal cities and its use in assessing climate change impacts. *Nat Hazards*, v. 64, p. 73–105.

BARROSO, C. P. 2009. Dinâmica de bancos e pontais arenosos associados à desembocadura do estuário de Caravelas, BA. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 117p.

BIRD, E. 2008. *Coastal Geomorphology – An Introduction*. 2a. edição. Chichester: John Wiley & Sons Ltd. 411p.

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*, v. 72, p. 271-287.

BORUFF, B. J.; EMRICH, C.; CUTTER, S. L. 2005. Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties. *Journal of Coastal Research*, v. 21, n. 5, p. 932-942.

BUSH, D. M.; WILLIAM, J. N.; YOUNG, R. S.; PILKEY, O. H. 1999. Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation. *Ocean & Coastal Management*, v. 42, p. 647-670.

CAMARGO, J. M. R.; ARAÚJO, T. C. M. 2003. Evolução da vulnerabilidade à erosão das praias da ilha de Itamaracá – PE, como subsídio para um monitoramento da morfologia praial. In: IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA). Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/gerenciamento_159.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2014.

DAVIES, J. L. 1980. *Geographical variation in coastal development*. 2. ed. London: Longman, 212 p.

DAVIS, R. A., Jr.; FITZGERALD, D. M. 2004. *Beaches and Coasts*. Malden: Blackwell Science Ltd. 419 p.

DELTARES. 2013. *Delft3D-WAVE: Simulation of short-crested waves with SWAN – User Manual*. Disponível em: <http://oss.deltares.nl/documents/183920/185723/Delft3D-WAVE_User_Manual.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2014.

ESRI, Environmental Systems Research Institute. 2008. *ArcGis 9.2 Desktop Help - About TIN surfaces*. Disponível em: <<http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.2/index.cfm?TopicName=About%20TIN%20surfaces>>. Acesso em: 03 fev. 2014.

HINKEL, J.; KLEIN, R. J. T. 2009. Integrating knowledge to assess coastal vulnerability to sea-level rise: The development of the DIVA tool. *Global Environmental Change*, v. 19, p. 384-395.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014a. Modelo de Ondulação Geoidal – Apresentação. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/modelo_geoidal.shtm>. Acessado em 24 de janeiro de 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2014b. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Modelo de Ondulação Geoidal - O que é o Geóide? Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geodesia/oquee_geoide.shtm>. Acessado em 24 de janeiro de 2014.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. 2014. TOPODATA - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>>. Acesso em: 03 fev. 2014.

JANA, A.; BHATTACHARYA, A. K. 2013. Assessment of Coastal Erosion Vulnerability around Midnapur-Balasore Coast, Eastern India using Integrated Remote Sensing and GIS Techniques. *J. Indian Soc. Remote Sens.*, v. 41, p. 675–686.

KOMAR, P. D. 1976. Theories of wave motions. In: KOMAR, P. D. *Beach processes and sedimentation*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, p. 36-74.

KOMAR, P. D. 1998. *Beach processes and sedimentation*. 2. ed. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. 544 p.

LEÃO, Z. M. A. N. 2002. Abrolhos, BA - O complexo recifal mais extenso do Atlântico Sul. In: SCHOBENHAUS, C.; CAMPOS, D. A.; QUEIROZ, E. T.; WINGE, M.; BERBERT-BORN,

M. L. C. (Edits.) Sítios Geológicos e Paleontológicos do Brasil. 1. ed. Brasília: DNPM/CPRM - Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos (SIGEP), p. 345-359.

LINS-DE-BARROS, F. M. 2005. Risco, vulnerabilidade física à erosão costeira e impactos sócio-econômicos na orla urbanizada do município de Maricá, Rio de Janeiro. Revista Brasileira de Geomorfologia, Ano 6, n. 2, p. 83-90.

LONGUET-HIGGINS, M. S. 1970. Longshore currents generated by obliquely incident sea waves. J. Geophys. Res., v. 75, p. 6778-6789.

MASSELINK, G., HUGHES, M. G.; KNIGHT, J. 2011. Introduction to coastal processes & geomorphology. 2a. edição. Londres: Hodder Education. 416 p.

MAZZER, A. M. 2007. Proposta metodológica para análise de vulnerabilidade da orla marítima à erosão costeira: aplicação em praias arenosas da costa sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, Santa Catarina - Brasil). Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, 168 p.

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

MMA, Ministério do Meio Ambiente. 1998. Presentation of the Brazilian Discovery Coast as natural and cultural property to be nominated for inscription to the World Heritage List. Disponível em: <<http://whc.unesco.org/uploads/nominations/892rev.pdf>>. Acesso em: 3 mar. 2014.

MUEHE, D. 2005. Aspectos gerais da erosão costeira no Brasil. Mercator - Revista de Geografia da UFC, n. 7, p. 97-110.

NCDC, National Climatic Data Center. 2013. Meteorological Versus Astronomical Summer -- What's The Difference? Disponível em: <<http://www.ncdc.noaa.gov/news/meteorological-versus-astronomical-summer%E2%80%94what%E2%80%99s-difference>>. Acesso em: 04 dez. 2013.

NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration. 2012. NWW3 implementations. Disponível em: <<http://polar.ncep.noaa.gov/waves/implementations.shtml?>>. Acesso em: 19 jan. 2014.

PEREIRA, R.; DONATTI, C. I.; NIJBROEK, R.; PIDGEON, E.; HANNAH, L. 2013. Climate change vulnerability assessment of the Discovery Coast and Abrolhos Shelf, Brazil. Relatório da Conservação Internacional, 79 p.

PIANCA, C.; MAZZINI, P. L. F.; SIEGLE, E. 2010. Brazilian offshore wave climate based on NWW3 reanalysis. Brazilian Journal of Oceanography, v.58, n.1, p. 53-70.

RIBEIRO, J. S.; SOUSA, P. H. G. O.; VIEIRA, D. R.; SIEGLE, E. 2013. Evolução da vulnerabilidade à erosão costeira na praia de Massaguaçu (SP), Brasil. Revista da Gestão Costeira Integrada, v. 13, n. 3, p. 253-265.

RICHMOND, B. M.; FLETCHER, C. H., III; GROSSMAN, E. E.; GIBBS, A. E. 2001. Islands at Risk: Coastal Hazard Assessment and Mapping in The Hawaiian Islands. Environmental Geosciences, v.8, n. 1, p. 21-37.

SALLENGER, A. H., Jr. 2000. Storm Impact Scale for Barrier Islands. Journal of Coastal Research, v. 16, n. 3, p. 890-895.

SIEGLE, E.; ASP, N. E. 2007. Wave refraction and longshore transport patterns along the southern Santa Catarina coast. Brazilian Journal of Oceanography, v. 55, 109-120.

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*, v 31, n. 3, p. 335-340.

Silva, I. R. 2008. Subsídios para a Gestão Ambiental das Praias da Costa do Descobrimento, Litoral Sul do Estado da Bahia, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, v.8, n. 2, p. 47-60.

SOUSA, P. H. G. O. 2013. Vulnerabilidade à erosão costeira no litoral de São Paulo: interação entre processos costeiros e atividades antrópicas. Tese de doutorado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico, 166 p.

TIBBETTS, J. R.; PROOSDIJ, D. 2013. Development of a relative coastal vulnerability index in a macro-tidal environment for climate change adaptation. *J. Coast Conserv.*, v. 17, p. 775–797.

TOLMAN, H. L. 2009. User manual and system documentation of WAVEWATCH III™ version 3.14. NOAA / NWS / NCEP / MMAB Technical Note 276, 194 pp + Appendices. Disponível em: <http://polar.ncep.noaa.gov/mmab/papers/tn276/MMAB_276.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2014.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. 1999. World heritage nomination - IUCN technical evaluation: Brazilian Discovery Coast (Brazil). Disponível em: <http://whc.unesco.org/archive/advisory_body_evaluation/892.pdf>. Acesso em: 3 mar. 2014.

UNESCO, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. 2014. Promoção de sítios de valor excepcional no Brasil. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/pt/brasilia/natural-sciences/environment/promoting-sites-of-exceptional-value/>>. Acesso em: 3 mar. 2014.

*Apêndice – Tabelas de frequências relativas ao
clima de ondas*

Tabela de direção *versus* altura de onda, relativa ao período total analisado (1979 – 2008).
 As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Altura / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-0.5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5-1.0m	0.00998	0.02994	0.0998	0.03992	0.090929	0	0	0	0	0.27057
1.0-1.5m	0.379242	1.108893	6.986028	3.183633	5.464626	0.191839	0.004436	0.003327	0	17.32202
1.5m-2.0m	0.654247	2.41517	15.79619	6.892881	16.34509	0.694167	0.002218	0.008871	0	42.80883
2.0-2.5m	0.231759	0.867155	6.409403	3.844533	12.56931	0.584387	0	0.005544	0	24.51209
2.5-3.0m	0.076514	0.169661	1.729874	1.388334	6.143269	0.353737	0	0	0	9.861388
3.0-3.5m	0.033267	0.033267	0.462409	0.538922	2.600355	0.114216	0	0	0	3.782435
3.5-4.0m	0.016633	0.007762	0.086494	0.163007	0.786205	0.041029	0	0	0	1.101131
4.0-4.5m	0.001109	0	0.022178	0.01996	0.237303	0.006653	0	0	0	0.287203
4.5-5.0m	0	0	0.011089	0	0.022178	0	0	0	0	0.033267
5.0-5.5m	0	0	0.005544	0.001109	0.002218	0	0	0	0	0.008871
5.5-6.0m	0	0	0.012198	0	0	0	0	0	0	0.012198
TOTAL (%)	1.40275	4.631847	31.6212	16.0723	44.26148	1.986028	0.006653	0.017742	0	100

Tabela de direção *versus* período da onda, relativa ao período total analisado (1979 – 2008).
 As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Período / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-2s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4s	0	0.001111	0	0	0	0	0	0	0	0.001111
4-6s	0.376692	1.504545	0.407805	0.052226	0.045559	0.006667	0	0.007778	0	2.401271
6-8s	0.323355	2.487944	17.33004	2.311265	0.676712	0.032224	0	0.001111	0	23.16266
8-10s	0.017779	0.298909	13.17755	8.868369	5.192568	0.077783	0.001111	0.001111	0	27.63518
10-12s	0.125564	0.252239	0.737827	3.538014	17.65673	0.763384	0.004445	0.004445	0	23.08265
12-14s	0.276685	0.075561	0.031113	1.057848	14.0176	0.851168	0.001111	0.003334	0	16.31442
14-16s	0.21557	0.020001	0.003334	0.247794	5.330355	0.235571	0	0	0	6.052626
16-18s	0.058893	0.001111	0	0.030002	1.236749	0.023335	0	0	0	1.35009
TOTAL (%)	1.394537	4.641421	31.68767	16.10552	44.15628	1.990133	0.006667	0.017779	0	100

Tabela sazonal de direção *versus* altura de onda, relativa aos meses de outono do período total analisado (1979 – 2008).
As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Altura / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-0.5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5-1.0m	0.004401	0.079215	0.066012	0.057211	0.118822	0	0	0	0	0.325661
1.0-1.5m	0.629318	0.712934	6.218369	5.087356	8.233948	0.15843	0	0.004401	0	21.04476
1.5m-2.0m	0.404876	0.858161	11.6798	7.855477	21.16798	0.642521	0.004401	0.004401	0	42.61761
2.0-2.5m	0.096818	0.167231	3.621881	3.445848	14.16186	0.580909	0	0	0	22.07455
2.5-3.0m	0.017603	0.048409	0.536901	1.32905	7.327378	0.506095	0	0	0	9.765436
3.0-3.5m	0	0	0.035207	0.444484	2.680104	0.096818	0	0	0	3.256612
3.5-4.0m	0	0	0	0.066012	0.598513	0.022004	0	0	0	0.686529
4.0-4.5m	0	0	0	0.026405	0.171632	0.008802	0	0	0	0.206839
4.5-5.0m	0	0	0	0	0.022004	0	0	0	0	0.022004
5.0-5.5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.5-6.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (%)	1.153017	1.865951	22.15817	18.31184	54.48224	2.015579	0.004401	0.008802	0	100

Tabela sazonal de direção *versus* período da onda, relativa aos meses de outono do período total analisado (1979 – 2008).
As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Período / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-2s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-6s	0.198614	0.507569	0.163305	0.061791	0.04855	0.004414	0	0.008827	0	0.993071
6-8s	0.070618	0.55612	14.27373	2.233305	0.617911	0.061791	0	0	0	17.81348
8-10s	0	0.282473	7.251622	10.11608	5.25224	0.0971	0	0	0	22.99951
10-12s	0.092687	0.255992	0.436951	4.113519	22.16092	0.728252	0.004414	0	0	27.79274
12-14s	0.397228	0.1942	0.083859	1.438849	17.68107	0.860661	0	0	0	20.65587
14-16s	0.291301	0.070618	0.013241	0.357505	6.977976	0.251578	0	0	0	7.962219
16-18s	0.083859	0.004414	0	0.044136	1.633049	0.017655	0	0	0	1.783113
TOTAL (%)	1.134307	1.871386	22.22271	18.36519	54.37172	2.02145	0.004414	0.008827	0	100

Tabela sazonal de direção *versus* altura de onda, relativa aos meses de inverno do período total analisado (1979 – 2008).
As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Altura / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-0.5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5-1.0m	0	0	0.083616	0.030806	0.030806	0	0	0	0	0.145227
1.0-1.5m	0.008802	0.044008	2.407253	1.562294	2.218017	0.048409	0	0	0	6.288782
1.5m-2.0m	0.035207	0.083616	13.55455	6.01153	11.56978	0.528099	0	0.004401	0	31.78718
2.0-2.5m	0.008802	0.013202	12.41033	5.307398	15.20926	0.783347	0	0.017603	0	33.74994
2.5-3.0m	0	0	4.57246	2.534877	9.474981	0.58531	0	0	0	17.16763
3.0-3.5m	0	0	1.219029	1.263037	4.889319	0.246446	0	0	0	7.617832
3.5-4.0m	0	0	0.140826	0.484091	1.747128	0.092417	0	0	0	2.464463
4.0-4.5m	0	0	0	0.048409	0.629318	0.017603	0	0	0	0.695331
4.5-5.0m	0	0	0.008802	0	0.066012	0	0	0	0	0.074814
5.0-5.5m	0	0	0	0	0.008802	0	0	0	0	0.008802
5.5-6.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (%)	0.05281	0.140826	34.39687	17.24244	45.84342	2.301633	0	0.022004	0	100

Tabela sazonal de direção *versus* período da onda, relativa aos meses de inverno do período total analisado (1979 – 2008).
As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Período / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-2s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-6s	0.048514	0.070565	0.070565	0.105848	0.057334	0	0	0.022052	0	0.374879
6-8s	0.00441	0.035283	8.591338	1.95378	0.564523	0.008821	0	0	0	11.15815
8-10s	0	0.035283	24.90959	9.222016	4.061921	0.044103	0	0	0	38.27291
10-12s	0	0	0.895299	3.969304	17.00626	0.815912	0	0	0	22.68678
12-14s	0	0	0.00441	1.552439	16.35353	1.084943	0	0	0	18.99533
14-16s	0	0	0	0.418982	6.39058	0.308724	0	0	0	7.118285
16-18s	0	0	0	0.057334	1.292229	0.044103	0	0	0	1.393667
TOTAL (%)	0.052924	0.141131	34.4712	17.2797	45.72638	2.306607	0	0.022052	0	100

Tabela sazonal de direção *versus* altura de onda, relativa aos meses de primavera do período total analisado (1979 – 2008).
As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Altura / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-0.5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5-1.0m	0	0	0.084542	0	0.013349	0	0	0	0	0.097891
1.0-1.5m	0.164635	0.565097	4.747708	2.206995	3.065765	0.017798	0	0	0	10.768
1.5m-2.0m	0.689686	2.371629	17.79834	8.823529	15.25318	0.502803	0	0	0	45.43917
2.0-2.5m	0.364866	1.455015	6.55869	5.597579	14.05179	0.507253	0	0	0	28.5352
2.5-3.0m	0.080093	0.289223	1.588502	1.517309	6.282816	0.222479	0	0	0	9.980422
3.0-3.5m	0.013349	0.035597	0.582896	0.436059	2.545163	0.10679	0	0	0	3.719854
3.5-4.0m	0	0.013349	0.200231	0.097891	0.760879	0.048945	0	0	0	1.121296
4.0-4.5m	0	0	0.080093	0.00445	0.142387	0	0	0	0	0.226929
4.5-5.0m	0	0	0.035597	0	0	0	0	0	0	0.035597
5.0-5.5m	0	0	0.022248	0.00445	0	0	0	0	0	0.026698
5.5-6.0m	0	0	0.048945	0	0	0	0	0	0	0.048945
TOTAL (%)	1.312628	4.72991	31.7478	18.68826	42.11533	1.406069	0	0	0	100

Tabela sazonal de direção *versus* período da onda, relativa aos meses de primavera do período total analisado (1979 – 2008).
 As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Período / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-2s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4s	0	0.00446	0	0	0	0	0	0	0	0.00446
4-6s	0.392472	1.525288	0.231915	0.040139	0.044599	0.00892	0	0	0	2.243332
6-8s	0.303274	3.104094	16.0958	3.255731	1.235394	0.049059	0	0	0	24.04335
8-10s	0	0.035679	14.21818	10.14628	5.869236	0.044599	0	0	0	30.31398
10-12s	0.01338	0.026759	1.279993	4.321648	15.45803	0.48167	0	0	0	21.58148
12-14s	0.249755	0.035679	0	0.829542	12.81331	0.619927	0	0	0	14.54821
14-16s	0.298814	0.00892	0	0.133797	5.155651	0.187316	0	0	0	5.784497
16-18s	0.044599	0	0	0.00446	1.41379	0.01784	0	0	0	1.480689
TOTAL (%)	1.302292	4.740879	31.82589	18.7316	41.99001	1.40933	0	0	0	100

Tabela sazonal de direção *versus* altura de onda, relativa aos meses de verão do período total analisado (1979 – 2008).
As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Altura / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-0.5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5-1.0m	0.035939	0.040431	0.166217	0.071878	0.202156	0	0	0	0	0.516622
1.0-1.5m	0.718778	3.149146	14.7035	3.881402	8.373765	0.548068	0.017969	0.008985	0	31.40162
1.5m-2.0m	1.504942	6.428571	20.26505	4.860737	17.39892	1.109614	0.004492	0.026954	0	51.59928
2.0-2.5m	0.462713	1.859838	2.978437	0.98832	6.752022	0.462713	0	0.004492	0	13.50854
2.5-3.0m	0.211141	0.345912	0.188679	0.148248	1.392633	0.09434	0	0	0	2.380952
3.0-3.5m	0.121294	0.098832	0.004492	0	0.238095	0.004492	0	0	0	0.467206
3.5-4.0m	0.067385	0.017969	0.004492	0	0.022462	0	0	0	0	0.112309
4.0-4.5m	0.004492	0	0.008985	0	0	0	0	0	0	0.013477
4.5-5.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.0-5.5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.5-6.0m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL (%)	3.126685	11.9407	38.31986	9.950584	34.38005	2.219227	0.022462	0.040431	0	100

Tabela sazonal de direção *versus* período da onda, relativa aos meses de verão do período total analisado (1979 – 2008).
As informações foram extraídas do ponto ao largo com coordenadas 18° S e 37° W

Período / Direção	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Registro não identificado	TOTAL (%)
0-2s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-4s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4-6s	0.876759	3.961153	1.178005	0	0.031473	0.013489	0	0	0	6.060879
6-8s	0.926217	6.335147	30.59665	1.802976	0.287757	0.008992	0	0.004496	0	39.96223
8-10s	0.071939	0.849782	6.204757	5.948474	5.602266	0.125894	0.004496	0.004496	0	18.8121
10-12s	0.400162	0.732881	0.337215	1.722045	15.94802	1.02963	0.013489	0.017985	0	20.20143
12-14s	0.463109	0.071939	0.03597	0.395666	9.118295	0.836293	0.004496	0.013489	0	10.93926
14-16s	0.274268	0	0	0.076435	2.747179	0.193337	0	0	0	3.291219
16-18s	0.107909	0	0	0.013489	0.597995	0.013489	0	0	0	0.732881
TOTAL (%)	3.120363	11.9509	38.35259	9.959085	34.33299	2.221123	0.022481	0.040466	0	100