



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

IGOR OGANAUSKAS

**DINÂMICA LITORÂNEA E EROSÃO COSTEIRA EM CORUMBAU, LITORAL
SUL DO ESTADO DA BAHIA: UMA AVALIAÇÃO UTILIZANDO O SMC-BRASIL**

Salvador - Bahia

2016

IGOR OGANAUSKAS

**DINÂMICA LITORÂNEA E EROSÃO COSTEIRA EM CORUMBAU, LITORAL
SUL DO ESTADO DA BAHIA: UMA AVALIAÇÃO UTILIZANDO O SMC-BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Graduação em Oceanografia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia, pela Universidade Federal da Bahia.

Orientadora: Profa. Dra. Iracema Reimão Silva

Salvador - Bahia

2016

TERMO DE APROVAÇÃO

IGOR OGANAUSKAS

DINÂMICA LITORÂNEA E EROSÃO COSTEIRA EM CORUMBAU, LITORAL SUL DO ESTADO DA BAHIA: UMA AVALIAÇÃO UTILIZANDO O SMC-BRASIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Oceanografia, como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Oceanografia, pela Universidade Federal da Bahia.

APROVADO EM: de de 2016

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Iracema Reimão Silva.
Profa. Dra. em Geologia, Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Junia Kacelenborgen Guimarães.
Profa. Dra. em Geologia, Universidade Federal da Bahia

Profa. Dra. Taís Kalil Rodrigues
Profa. Dra. em Geologia, Universidade Federal da Bahia

DEDICATÓRIA

A meus pais, que da fé nas leis morais trouxeram os valores fundamentais da minha formação.

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus nossa complexidade maior, de onde tudo se deriva rumo à eterna evolução. Na escala do tangível, sou grato à vida, aos oceanos e aos seus habitantes que esbanjam brilhos de beleza, assim como às florestas e às cachoeiras, o pulsar da natureza. Lua e Sol, gratidão aos astros que nos norteiam entre as peculiaridades de nossos caminhos, gratidão, gratidão, gratidão.

Na exiguidade do meu ser, sou infinitamente grato aos meus pais pelos fundamentos morais essenciais à minha caminhada evolutiva, assim como a toda minha família e à linda mulher que escolhi caminhar junto por indefinidos anos.

Gratidão à Galera do Vale, onde eu vivo a amizade, como também ao surfe, onde mora a minha felicidade.

Grato pela oportunidade e responsabilidade dessa formação acadêmica que me ampliou a visão de mundo, tanto quanto às vivências e às amizades construídas.

Gratidão aos meus professores, orientadores, em especial à professora Iracema, e examinadoras da Banca pelo suporte oferecido.

Um tanto distante eu não sabia remar, mas não é de agora que já sei dropar; as tempestades não param e o jeito é aprender a entubar.

Axé!!!

RESUMO

O objetivo geral da pesquisa que originou o presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi caracterizar a dinâmica de ondas e correntes costeiras na porção Norte da Ponta do Corumbau, gerando modelos de propagação de ondas, transporte, fluxo sedimentar e cota de inundação, na tentativa de entender o processo de erosão costeira que atualmente atinge a região e, também, contribuir para a gestão desse litoral. Através do SMC-Brasil, foram gerados 150 casos de propagação de ondas até a linha de costa e criados cinco perfis perpendiculares à costa, para calcular o transporte de sedimentos e a cota de inundação. A modelagem de ondas e correntes costeiras para Corumbau indicou um predomínio da componente SE-NW para o transporte litorâneo de sedimentos, com um aumento progressivo da intensidade do transporte efetivo no sentido NW, e a existência de uma zona de divergência na extremidade da Ponta do Corumbau. Esses fatores, associados à alta mobilidade da foz do Rio Corumbau, parecem ser responsáveis pela intensa erosão observada na porção norte da Ponta do Corumbau. Esse processo pode ser ainda mais acentuado caso ocorra um aumento da frequência de eventos climáticos extremos, como o aumento da frequência e magnitude de ondas e marés.

Palavras-chave: Erosão Costeira, Refração de Ondas, Correntes Costeiras

ABSTRACT

The general objective of the research that led to the present work of conclusion Course (TCC) was to characterization of coastal hydrodynamics (waves and currents) on the Northern shore of the Ponta do Corumbau, engendering numeric models of wave propagation, sedimentar transport and fluxes, and flood elevation, trying to understand the coastal erosion processes that actually reaches the region and add to the local coastal management. Through SMC-Brasil were generated 150 wave propagation cases until the coastline and were created 5 orthogonal coastal profiles to calculate the sediment transport and the flood elevation. Coastal waves and currents modeling in Ponta do Corumbau shows a major contribution of the SE-NW component to the sediments coastal transport, with a progressive increase in the effective transport intensity in SE to NW, and also shows a divergence zone in Ponta do Corumbau far end. These factors, associated with a high mobility of the Corumbau River mouth, seems to be responsible for the intense erosion observed on the Ponta do Corumbau North shore. In case of increasing extreme climate events frequency this processs could be accented due to the increasing wave and tides frequency and magnitude.

Key words: Coastal erosion, wave refraction, coastal currents.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da geologia e localização da área de estudo.....	14
Figura 2 – Foto aérea dos Recifes Itacolomis, em frente à Ponta do Corumbau.....	15
Figura 3 – Mapa dos principais depósitos encontrados na região da Ponta do Corumbau.....	20
Figura 4 – Foto aérea da foz do Rio Corumbau antes de 2006.....	21
Figura 5 – Foto aérea da foz do Rio Corumbau entre 2006 e 2015.....	21
Figura 6 – Imagens de satélite do Google Earth, mostrando a morfologia da linha de costa próxima à foz do Rio Corumbau, em 2006 e 2015.....	22
Figuras 7 (A e B) – Erosão na porção Norte da Ponta do Corumbau.....	23
Figura 8 – Gráfico: malhas, perfis, pontos de arrebentação e o ponto DOW escolhido.....	26
Figura 9 (A e B) – Ajuste de valores extremos por máximos anuais com períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos para altura (9A) e período das ondas (9B).....	28
Figura 10 (A e B) – Histogramas de frequência para marés astronômicas (10A) e marés meteorológicas (10B) na área.....	29
Figura 11 – Sentido e magnitude (altura em metros) das ondas, após processos de refração e difração nos Recifes Itacolomis.....	30
Figura 12 – Sentido e magnitude das correntes geradas pelas ondas na área de estudo.....	31
Figura 13 – Imagem de satélite do Google Earth com sentido do transporte litorâneo da área de estudo.....	33
Figura 14 – (A, B, C, D, E) – Cota de inundação e a sua recorrência em períodos de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos, através do ajuste de valores extremos por máximos anuais, para os cinco perfis estudados.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas de ondas do ponto P1: altura de onda mediana (Hs50%); o período de pico para as condições medianas (Tp50%); altura de onda em condições de tempestade (Hs12) e períodos de pico para as condições de tempestade (Tp12).....	27
Tabela 2 – Probabilidade de ocorrência e alturas das ondas em condições médias (Hs) e de tempestade (Hs12) para as principais frentes de onda nos cinco pontos analisados ao longo da área de estudo.....	32
Tabela 3 – Transporte litorâneo médio anual (série temporal de 1948 a 2008) positivo, negativo e efetivo para os cinco perfis estudados.....	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	13
3. ÁREA DE ESTUDO	14
3.1. LOCALIZAÇÃO.....	14
3.2. CLIMA.....	15
3.3. VEGETAÇÃO.....	16
3.4. PLATAFORMA CONTINENTAL.....	17
3.5. PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS.....	17
3.6. FIOGRAFIA DA REGIÃO COSTEIRA.....	18
4. METODOLOGIA	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. ESTATÍSTICA DE ONDAS E MARÉS PARA REGIÃO MARINHA.....	27
5.2. PROPAGAÇÃO DAS ONDAS EM ÁGUAS INTERMEDIÁRIAS E RASAS.....	29
5.3. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS.....	33
5.4. COTA DE INUNDAÇÃO.....	34
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

As zonas costeiras representam um dos maiores desafios para a gestão ambiental do país, devido a sua enorme extensão, a sua importância econômica e as responsabilidades burocráticas que envolvem todas as instâncias de poderes, inclusive a sociedade civil. Além disso, são vários comportamentos morfodinâmicos, bióticos e antropogênicos que também convergem para esse espaço, compondo a complexa problemática resultante dos diferentes tipos e padrões de ocupação humana, de uso do solo, dos recursos naturais e das formas de exploração econômica.

Para tamanho desafio, o Ministério do Meio Ambiente (MMA) e os demais órgãos competentes atuam com embasamentos legais, assim definidos na Constituição Federal de 1988, que define a Zona Costeira como "patrimônio nacional ressaltando-a como uma porção do território que merece uma atenção e cuidados especiais do poder público em relação às formas de ocupações e usos de seus recursos naturais, priorizando a preservação do meio ambiente. Tudo isso fundamentado na Lei N°7.661 que deu início ao Plano Nacional Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e da Política Nacional para os Recursos do Mar (PNRM), (MMA, 2016).

Porém a realidade é bem diferente, e as ações para um gerenciamento correto e de forma integrada dessas áreas estão em fase embrionária por toda sua extensão, tendo em vista a criação relativamente recente do Plano de Gestão Integrada da Orla Marítima (conhecido como Projeto Orla), uma ação conjunta entre o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, no âmbito da Secretaria do Patrimônio da União (SPU/MP).

O Projeto Orla busca o ordenamento dos espaços litorâneos sob o domínio da União para promover a aproximação das políticas ambiental e patrimonial, articular as esferas de governos estaduais, municipais e da sociedade. Entretanto, mesmo existindo essas iniciativas governamentais em guarnecer as administrações municipais que aderirem a esse projeto, de aparatos legais para a melhor forma de uso e ocupação do solo, ainda não existe uma fiscalização adequada às tão corriqueiras ocupações desordenadas, e muitas vezes ilegais, observadas em todo litoral do país. As construções de empreendimentos dos mais variados portes têm

demonstrado, em grande parte dos casos, a irracionalidade dos investimentos públicos e privados e o egoísmo dos investidores explicitado na total falta de coletividade dos recursos ambientais e paisagísticos, indevidamente apropriados: "são escolhidas áreas de grande valor cênico, mas que geralmente são instáveis fisicamente e quase sempre protegidas por legislação ambiental" (ALMEIDA et al, 2015).

A erosão de uma praia ocorre quando as perdas excedem os ganhos de sedimentos, o volume de sedimento na praia diminui e a mesma é rebaixada, podendo ou não haver perda da praia recreativa. Apesar da erosão costeira não ser responsável pela perda da praia recreativa, apenas pelo recuo da linha de costa, em costas muito habitadas, onde as construções são feitas muito próximo à praia, esse recuo gera a perda de propriedades e, em consequência disso, são construídas obras de proteção que terminam por eliminar a praia recreativa (PILKEY, 1991).

As mudanças na morfologia da praia podem ser: i) sazonais, quando ocorrem devido a variações na ação das ondas e na intensidade e direção de aproximação dos ventos, nas diferentes estações do ano; ii) de curto termo, quando ocorrem no período de poucos anos até uma década; e iii) de longo termo, quando essas mudanças são medidas ou avaliadas em uma escala de tempo de décadas ou séculos (KOMAR, 2000).

Variações na configuração da linha de costa, sua evolução e dinâmica, dependem também das condições de marés e correntes costeiras. Levando em conta, ainda, as condições morfológicas locais e o nível de uso e urbanização do litoral, os conhecimentos sobre o balanço sedimentar e as variações no comportamento da linha de costa são essenciais na elaboração de Planos de Gestão, visando o uso adequado da região costeira (SILVA *et al*, 2007).

A definição do clima de ondas permite a identificação das variações no nível de energia das ondas e de seu poder de ataque ao longo de uma linha de costa. As ondas apresentam um maior poder erosivo nos locais de convergência dos raios de onda e uma menor capacidade erosional nos locais de divergência, onde ocorrem, respectivamente, aumento e diminuição na energia das mesmas (BASCUM, 1954; KOMAR, 1976). Portanto, é de grande relevância a avaliação da distribuição de energia das ondas ao longo da costa, já que elas são as principais responsáveis pelo transporte de sedimentos litorâneos e pelos processos erosivos e de

acumulação (GOLDSMITH, 1976; GRIGGS & TRENHAILE, 1994). A distribuição está, fundamentalmente, relacionada ao processo de refração, que constitui o principal mecanismo controlador das mudanças na altura das ondas ao longo da costa (MUNK & TRAYLOR, 1947).

O Sistema de Modelagem Costeira (SMC), desenvolvido pelos pesquisadores do IH-Cantábria para o Ministério de Meio Ambiente Espanhol, é uma ferramenta que inclui um conjunto de metodologias e modelos numéricos, que permitem estudar os processos costeiros e quantificar as variações que sofrem o litoral como consequência de eventos naturais ou de atuações humanas na costa. Diante de um problema na costa, as ferramentas permitem definir quais estudos devem ser desenvolvidos, as escalas espaciais e temporais a serem utilizadas, e quais ferramentas numéricas devem ser aplicadas.

Apesar de ser uma ferramenta recente, alguns estudos já validaram o SMC-Brasil em trechos do litoral brasileiro. Um dos estudos piloto do SMC-Brasil foi desenvolvido por Luca (2011), testando a ferramenta numérica e seu banco de dados para avaliar a vulnerabilidade à erosão costeira da Praia de Massaguaçu, litoral de São Paulo. Almeida (2013) aplicou essa ferramenta para estudar a dinâmica litorânea e a evolução da zona costeira da Praia de Piçarras, no litoral de Santa Catarina. Já Rodriguez (2014) utilizou o SMC-Brasil para modelar o clima de ondas e o transporte sedimentar das praias de Aracaju. Seus resultados justificaram o processo erosivo presente nesse litoral e forneceram subsídios para avaliar os impactos das mudanças climáticas naquelas praias. No litoral do Rio Grande do Norte, na Praia de Ponta Negra, Almeida e colaboradores (2015) aplicaram o SMC-Brasil para a modelagem do clima de ondas local, contribuindo para a gestão e planejamento de uso dessa praia. Nessa perspectiva, a pesquisa realizada representou uma oportunidade de testar e aplicar o SMC-Brasil para a Ponta do Corumbau, local onde casas estão sendo demolidas por ação natural da dinâmica costeira.

2. OBJETIVOS

O objetivo principal dessa pesquisa é caracterizar a dinâmica de ondas e correntes costeiras da região de Corumbau, utilizando o SMC-Brasil, gerando modelos de propagação de ondas, transporte, fluxo sedimentar e cota de inundação,

na tentativa de entender o processo de intensa erosão costeira atualmente verificado neste litoral.

3. ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização

A praia de Ponta do Corumbau, que está como objeto deste estudo, pertence ao município de Prado e faz parte do trecho do litoral sul da Bahia denominado de Costa do Descobrimento, estando próximo às coordenadas geográficas do pontal, sendo elas $16^{\circ}53'47''\text{S}$ e $39^{\circ}6'35''\text{W}$. A pesquisa abrange a porção norte da Ponta do Corumbau, próximo ao limite entre os municípios de Porto Seguro e Prado (Figura 1).

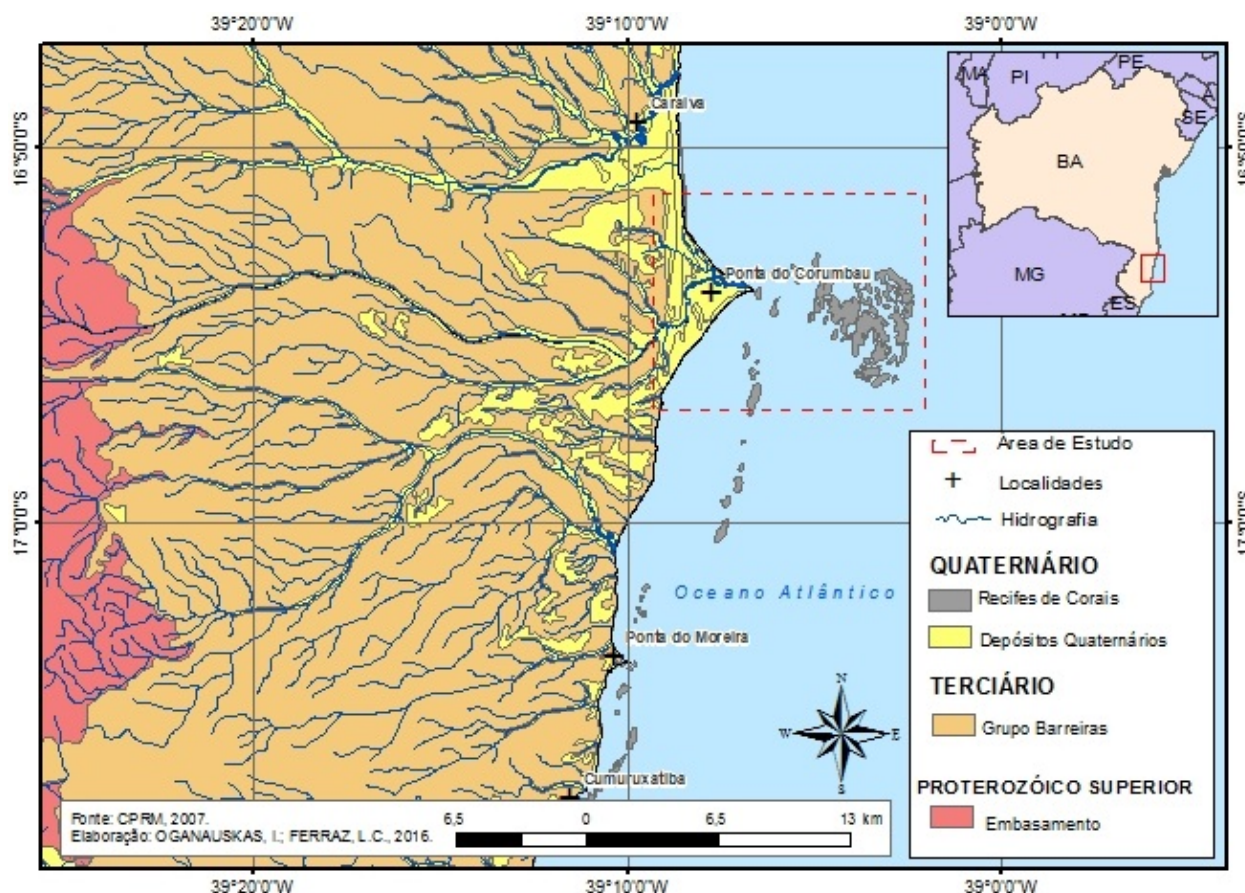


Figura 1 – Mapa da geologia e localização da área de estudo. Fonte: Elaborado pelo autor.

Corumbau é uma pequena vila de pescadores que preserva grande parte de suas condições naturais e se destaca pela beleza de suas praias, protegidas por um enorme banco recifal (Figura 2), e pela sua proximidade com a Reserva dos Índios Pataxós e o Parque Nacional Monte Pascoal. Nas últimas décadas, tem sido alvo da atividade turística, especialmente pela sua atratividade natural, sendo, contudo, limitada pela dificuldade de acesso e pelo alto custo de hospedagem que pode chegar a 5.000 reais a diária durante os períodos de alta estação.



Figura 2 – Foto dos recifes dos Itacolomis, em frente à Ponta do Corumbau (Foto de J. M. L. Dominguez).

3.2. Clima

Para essa região, a melhor classificação do clima parece ser a de Nimer (1989), que diz ser um clima quente super-úmido, sem estação seca, com chuvas bem distribuídas durante o ano, mas com maior intensidade no período de outono-inverno. A temperatura apresenta uma média anual em torno de 24,1°C, com valores máximos em torno de 28°C, entre os meses de novembro e abril, e mínimos em torno de 20°, entre maio e agosto.

A área de estudo está situada dentro do cinturão dos ventos alísios do Atlântico Sul (E-SE e NE), que está relacionado à célula de alta-pressão (anticiclone semi-

estacionário) existente na região (BIGARELLA, 1972; MARTIN et al., 1998). Outro importante elemento da circulação atmosférica, é o avanço periódico da Frente Polar Atlântica durante o outono e o inverno, gerando fortes chuvas e ventos de SSE (DOMINGUEZ et al., 1992; MARTIN et al., 1998).

Ao longo de um ano, o anticiclone tende a permanecer estacionário, porém sazonalmente ele se expande e se contrai. Esse movimento controla a posição da zona de divergência (DZ) entre os ventos alísios sensu-stricto (E-SE) e os alísios de retorno (NE). Durante o inverno, a DZ desloca-se mais para o sul, aproximando-se dos 20°S, enquanto que no verão desloca-se para o norte, aproximando-se dos 13°S (Bigarella, 1972; Dominguez et al, 1992; Martin et al, 1998). É esse padrão de circulação atmosférica que gera as frentes de ondas que alcançam a costa do Descobrimento (DOMINGUEZ et al, 1992; MARTIN et al, 1998; BITTENCOURT et al, 2000, 2005).

3.3. Vegetação

A região da área de estudo possui uma vegetação considerada rica e diversificada, o que justifica a presença de algumas Unidades de Conservação, sendo composta, principalmente, pela Mata Atlântica, mata de restinga, mata ciliar e vegetação de terras úmidas (manguezais e brejos), além da vegetação das áreas antropizadas (áreas de reflorestamento e aquelas destinadas à agropecuária) (DOMINGUEZ, 2000).

As intervenções antrópicas promoveram a devastação generalizada da Mata Atlântica no extremo sul da Bahia, acelerada na década de 70, com a abertura da BR-101 e a decadência da cultura cacaueteira. Restam fragmentos da mata primária, tais como o Parque Nacional do Monte Pascoal, a Reserva do Pau-Brasil e a Estação Ecológica Vera Cruz. O desmatamento indiscriminado para a introdução da pecuária extensiva acelerou a erosão dos vales encaixados e assoreamento dos canais, alterando a dinâmica fluvial das redes de drenagens, sem considerar a perda de biodiversidade da floresta tropical.

3.4. Plataforma Continental

De uma maneira geral, toda a Costa do Descobrimento caracteriza-se por apresentar uma plataforma continental larga, com baixos gradientes na batimetria, e composta por dois grupos sedimentares distintos: um grupo siliciclástico, localizado na porção mais próxima à costa, e outro carbonático, constituído de sedimentos de origem biogênica, localizado a partir da fácies siliciclástica em direção às zonas mais profundas da plataforma (MELO et al., 1975). A plataforma continental contígua a essa região é marcada pela existência de vários altos submarinos, na sua maioria ocupados por recifes de corais. Leão & Kikuchi (1999) identificaram bancos recifais bordejando a costa em Porto Seguro, Santa Cruz Cabralia, Trancoso, Itaquena, Ponta do Corumbau e Cumuruxatiba .

3.5. Parâmetros Oceanográficos

Para área de estudo em questão, não existem medidas diretas representativas do regime de ondas, porém, segundo Hogben & Lumb (1967, apud NASCIMENTO, 2007) as principais direções de frentes-de-ondas que alcançam a costa do descobrimento estão diretamente correlacionadas às principais direções dos ventos que chegam nessa faixa costeira. São elas: ondas vindo de E (N090°) - 35%, NE (N045°) - 31%, SE (N135°) - 21% e SSE (N 157,5°) - 13%. Em toda costa nordeste brasileira, são mais frequentes as ondas do tipo "sea" do que as ondas do tipo "swell" comprovado pelas estatísticas de onda presentes em uma série temporal de 21 anos (1951-1972), apresentando valores médios de 5,0s de período e 1,0m de altura em alto mar para as duas primeiras direções, e 6,5s de período e 1,5m de altura em alto mar para as duas últimas Hogben & Lumb (1967, apud NASCIMENTO, 2007).

Segundo Dominguez et al. (1998), no litoral sul da Bahia as marés podem ser classificadas como micromarés semidiurnas, não apresentando desigualdades diurnas, ou seja, a diferença da amplitude de maré entre duas baixamares e preamares consecutivas é insignificante. Em Cumuruxatiba, região vizinha à área de estudo, ocorre uma sobrelevação da maré devido a efeitos de empilhamento da onda de maré, provocado pela redução da profundidade na região (Dominguez et

al.,1998). A altura média da preamar de sizígia registrada nas estações de Abrolhos e Cumuruxatiba são respectivamente de 2,13 a 2,23 metros (DHN, 2003).

A temperatura da água do mar varia de 27°C a 28°C, nos meses de janeiro a abril, e de 24°C a 26°C, nos meses de maio a dezembro (DHN, 1993).

A principal corrente oceânica presente ao longo da costa brasileira é a Corrente do Brasil, que flui para sul com uma velocidade média anual de 0,7 knots (DHN, 1993).

As marés meteorológicas são oscilações de menor magnitude se comparadas com as marés astronômicas, mas podem ser relevantes e influenciar de forma direta através do aumento ou abaixamento das preamares e baixamares, ao longo da costa em um local e instante específico. Essas marés são determinadas pelos fatores meteorológicos e oceanográficos (THOMPSON, 1981, TRUCCOLO, 2004; OLIVEIRA et al., 2006 e 2007, apud DUTRA, 2008)

3.6. Fisiografia da Região Costeira

O cenário fisiográfico da Costa do Descobrimento no estado da Bahia, é bastante complexo e composto por três principais unidades geológicas-geomorfológicas: o embasamento, os tabuleiros costeiros e as planícies quaternárias, sendo essas as principais condicionantes do relevo dessa região (BITTENCOURT et al, 1996).

A primeira faz referência ao embasamento composto por rochas de idade pré-cambriana (gnaisses, gnaisses migmatíticos, gnaisses kinzigíticos, quartzitos, xistos, filitos, metacarbonatos, conglomerados e granitóides), formando serras e morros que afloram na porção mais continental da costa. A segunda, considera a região dos Tabuleiros Costeiros constituídos pelos sedimentos terciários do Grupo Barreiras que preenchem a maior parte da área e estão em contato com a linha de costa em vários trechos, constituindo um relevo plano, interrompido por vales amplos, de fundo chato e de paredes íngremes. Esses depósitos são compostos por sedimentos fluviais e marinhos com baixo nível de consolidação, estando expostos à erosão costeira junto ao déficit no aporte fluvial e formando as falésias ativas entre Porto Seguro e Trancoso.

Por último, as Planícies Quaternárias, constituídas por terraços marinhos (holocênicos e pleistocênicos) e recifes de coral, apropriando-se das áreas mais baixas da região costeira, acompanhando a linha de costa e entrando nos grandes vales escavados nos Tabuleiros Costeiros. Ocorrem, associados ao Rio Corumbau (Figuras 4 e 5), depósitos flúvio-lagunares de terras úmidas e manguezais (Martin *et al.*, 1980). A linha de costa é marcada pela presença de recifes de corais que induziram, durante o Quaternário, a formação, defronte aos mesmos, de uma feição em cuspide construtiva na linha de costa, denominada Ponta do Corumbau (LEÃO & KIKUCHI 1999). (Figura 3).

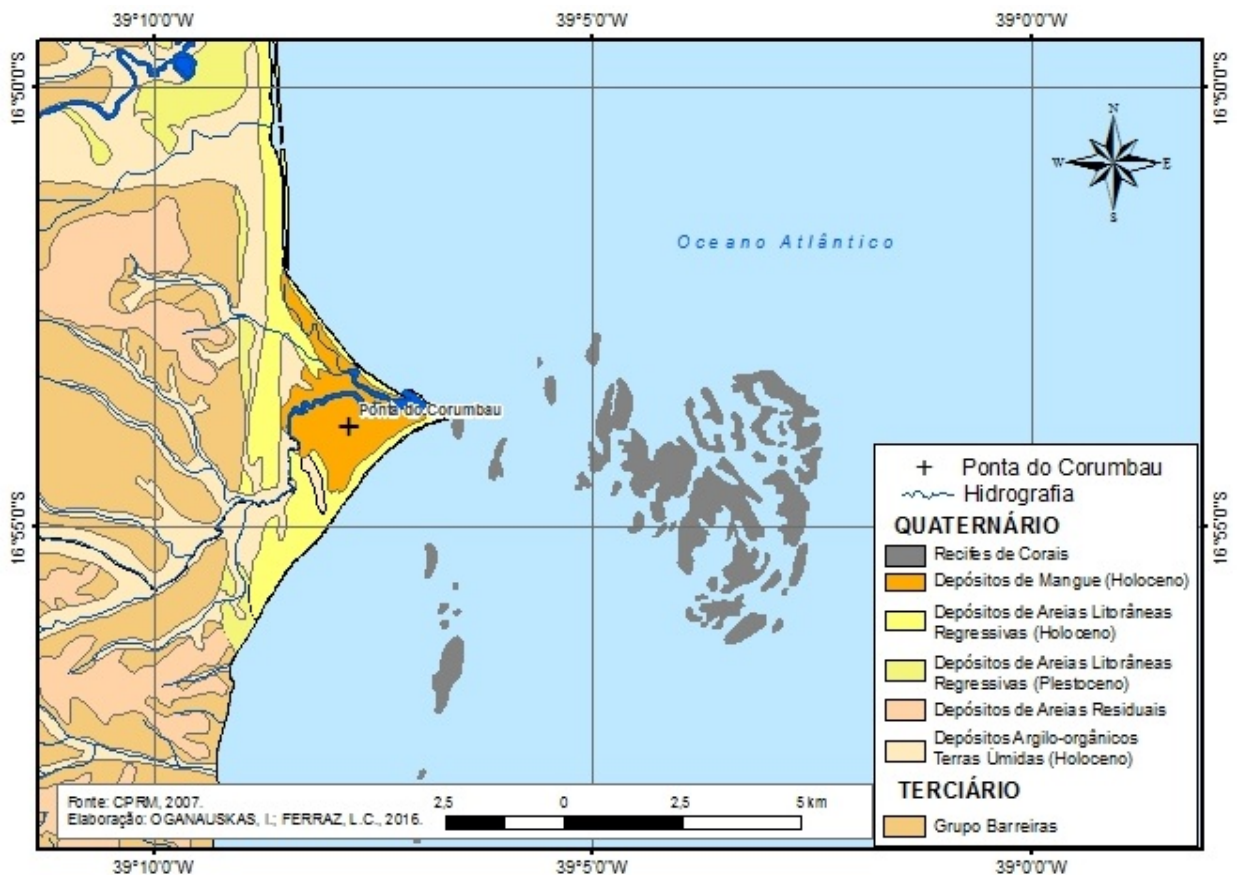


Figura 3 – Mapa dos principais depósitos encontrados na região da Ponta do Corumbau. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 4 – Foto aérea da foz do Rio Corumbau, antes de 2006.¹



Figura 5 – configuração mais recente ²

A porção Norte da Ponta do Corumbau, próximo à foz do rio Corumbau, está experimentando um processo de erosão severa. A comparação entre imagens de

¹ Disponível em: <http://www.ecoviagem.com.br/fotos-anuncios/brasil/bahia/prado/agencia-turismo/nv-agencia-de-viagens-e-turismo/41489med2852207-corumbau-vista-aerea.jpg>. Acesso em agosto 2016.

² Disponível em: <http://f.i.uol.com.br/fotografia/2016/03/04/592810-970x600-1.jpeg>. Acesso em agosto de 2016.

satélite de 2006 e 2015, e fotos aéreas mais aproximadas indicam uma grande alteração na morfologia de sua desembocadura (Figuras 4, 5 e 6) e migração da linha de costa, com perda de praia recreativa e danos a propriedades (Figuras 7 (A e B)).

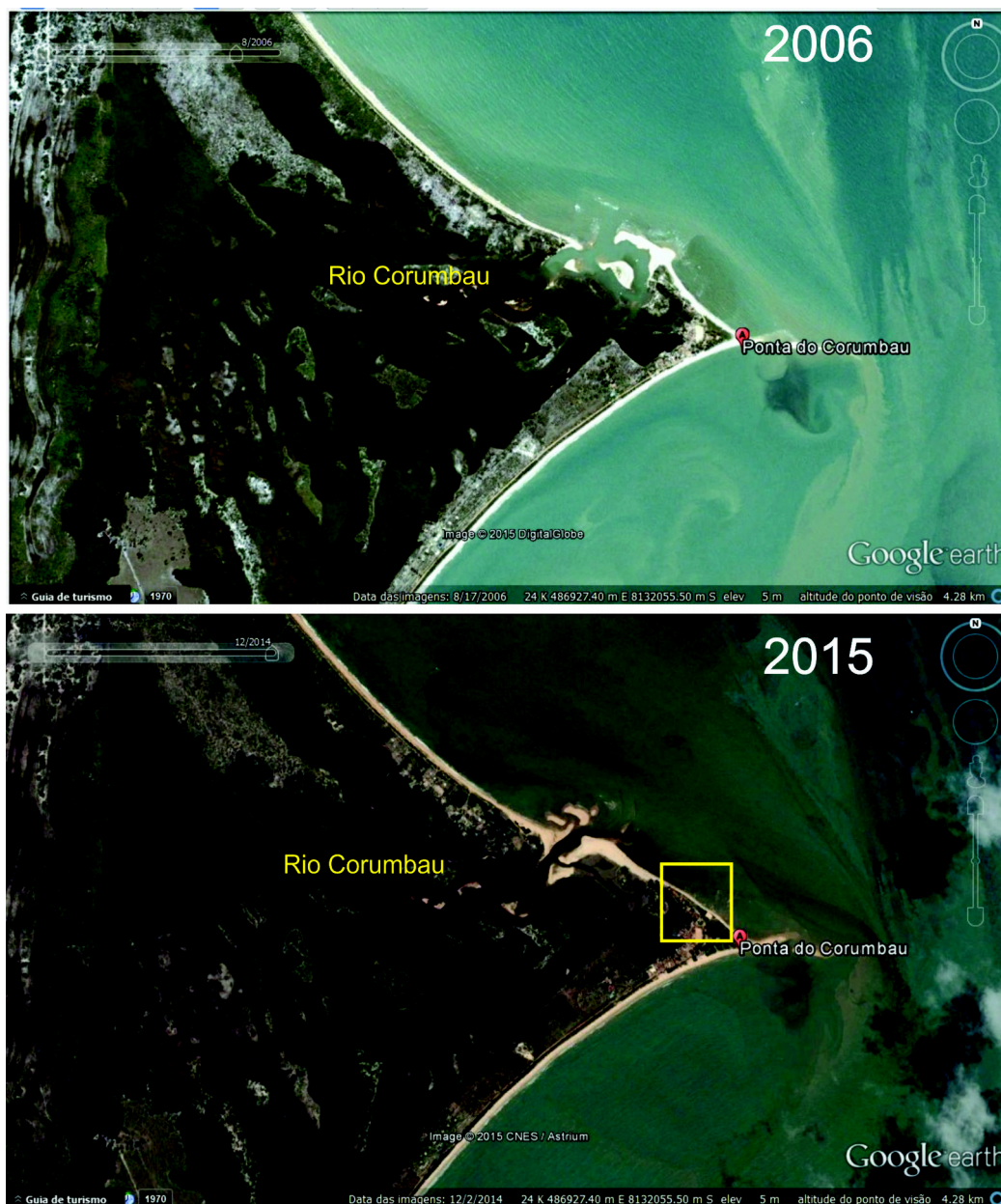


Figura 6 – Imagem de satélite do Google Earth, mostrando a morfologia da linha de costa próxima à foz do Rio Corumbau, em 2006 e 2015. O retângulo amarelo indica o trecho sob erosão.



Figuras 7 (A e B) – Erosão na porção Norte da Ponta do Corumbau. Fotos do autor, dezembro de 2015.

4. Metodologia

4.1. O SISTEMA DE MODELAGEM COSTEIRA (SMC-BRASIL)

O Sistema de Modelagem Costeira (SMC-Brasil) permite a elaboração de modelos de ondas e correntes a partir de dados com série temporal de 60 anos, de 1948 a 2008, com resolução horária, obtidos por meio de modelagem numérica em uma malha global com o programa *Wave Watch III (WWIII)*, utilizando como forçante a reanálise atmosférica do *National Center for Environmental Prediction/National Center for Atmospheric Research (NCEP/NCAR)*, o qual gera um banco de dados de ondas em água profunda, denominado *Global Ocean Waves (GOW)* (IH-CANTÁBRIA, 2013). O SMC também inclui bases de dados dos parâmetros mete-oceanográficos no país (ondas, correntes, ventos, nível do mar) (GIOC, 2003).

O Sistema de Modelagem Costeira (SMC) é estruturado em módulos:

(i) O módulo Pré-Processo é o módulo que permite caracterizar e processar informações de entrada para os diferentes modelos numéricos;

(ii) O módulo Acordes (Análisis a corto plazo de playas) acessa as ferramentas numéricas que permitem analisar a morfodinâmica de um sistema costeiro, em uma escala espaço-temporal de curto prazo;

(iii) O módulo Arpa (Análisis a largo plazo de playas) permite analisar a morfodinâmica de praias em uma escala espaço-temporal de médio e longo prazo;

(iv) O módulo de Modelagem de Terreno permite modificar os contornos do fundo (batimetria) e laterais (estruturas), o qual é fundamental para avaliar diferentes cenários de um projeto de engenharia; e

(v) O módulo TIC (Tutor de Engenharia de Costas) apresenta o apoio teórico, conceitual e de informação básica para os diferentes modelos numéricos do sistema (GONZÁLEZ *et al*, 2007).

Posteriormente, esse sistema foi adaptado e transferido para a administração pública brasileira através do projeto intitulado “Transferência de metodologias e ferramentas de apoio à gestão do litoral brasileiro”. A versão brasileira inclui novos desenvolvimentos graças aos avanços científicos na engenharia costeira e aos avanços nas tecnologias computacionais, nos últimos anos, que permitiram criar uma versão mais avançada e prática. O SMC-Brasil 3.0 é composto por duas ferramentas numéricas, o SMC e o SMC-TOOLS, os quais são expostos a seguir:

- O SMC-TOOLS permite acessar o módulo IH-DATA, o qual inclui as bases de dados das cartas náuticas do litoral brasileiro (imagens, dados de batimetrias no formato XYZ), dados de ondas (com série de 60 anos, de 1948 a 2008) e dados de nível do mar (maré astronômica e meteorológica). Dentro dessa ferramenta, os dados de ondas podem ser caracterizados através de uma análise estatística de suas variáveis ambientais, a partir do módulo IH-AMEVA, que também permite realizar a transformação de ondas dos pontos GOW/DOW em relação à costa, avaliar o transporte de sedimentos e fluxo médio de energia e a cota de inundação (IHDYNAMICS). Os módulos processam as séries temporais de dinâmicas marinhas e sedimentares que são necessárias como entrada dos modelos do SMC.

O SMC reúne uma série de modelos numéricos que permitem analisar a estabilidade de uma praia e inclui dois módulos: o módulo de análise de curto prazo de praia (Acordes), formado pelos programas MOPLA e PETRA e o módulo de análise de médio e longo prazo da praia (Arpa), formado pelo modelo de praia em equilíbrio. Também inclui um módulo de regeneração do terreno para a atualização de topografia e batimetria.

A modelagem de ondas utilizou a base de dados batimétricos obtida a partir do módulo IH-DATA (BACO) do SMC-TOOLS, um dos módulos do SMC-Brasil, que utiliza dados fornecidos pelas cartas náuticas brasileiras (IH-CANTÁBRIA, 2013). Para a análise estatística de ondas, o SMC disponibiliza um banco de dados denominado *Downscaled Ocean Waves (DOW)*, obtido a partir da propagação (*downscaling*) para águas intermediárias e rasas dos dados de ondas fornecidos pelo banco de dados GOW, referentes a uma série temporal de 1948 a 2008, como citado anteriormente (IH-CANTÁBRIA, 2013).

As séries de estados de mar, armazenadas no banco de dados do programa em pontos (nós das malhas de propagação) denominados de “pontos DOW”, são as condições de contorno para a propagação das séries até pontos localizados na costa.

A análise estatística de ondas para a região marinha da área de estudo, em termos de condições médias e extremas, foi realizada para um ponto DOW localizado na latitude 16,909°S e longitude 38,991°W, com cota batimétrica de 17m, utilizando o módulo AMEVA do SMC-Brasil. Esse ponto foi escolhido por ser o ponto DOW mais profundo disponível no banco de dados para a área de estudo. Assim, foram geradas informações sobre altura de ondas em situações médias e de tempestade, maré meteorológica, maré astronômica, período e direções de ondas. Após a identificação das direções das frentes de ondas mais frequentes para a região, foram criadas duas malhas com espaçamento de 25 x 25m para propagação de ondas vindas dos quadrantes de leste (E) e de sudeste (SE), que são as mais significativas para o local estudado.

A partir do módulo MOPLA 3.0 do SMC-Brasil foi realizada a propagação de ondas até a linha de costa, para situações de preamar, maré intermediária e baixamar, para 150 conjuntos de altura e direção de ondas que representam o clima de ondas no ponto DOW escolhido. Nos pontos da linha de costa, o programa reconstrói a série temporal de dados (horária de 1948 a 2008), a partir dos casos propagados.

A partir do módulo MOPLA 3.0 foram elaborados cinco perfis perpendiculares à costa, ao longo do litoral estudado. O programa identifica em cada perfil a zona de quebra das ondas. Foram também calculados parâmetros estatísticos de ondas e marés (direção, período e altura de ondas em situações médias e de tempestade,

marés meteorológicas e astronômicas), para cinco pontos localizados no início da zona de arrebenção em cada um dos perfis. Posteriormente, foi realizada a análise de frequência dos eventos extremos da série temporal de ondas, ajustando-se uma curva de distribuição de probabilidades GEV aos valores máximos anuais de período e altura de onda, para se obter os períodos de retorno (intervalos de recorrência), respectivamente, dos períodos e das alturas de ondas de diferentes magnitudes.

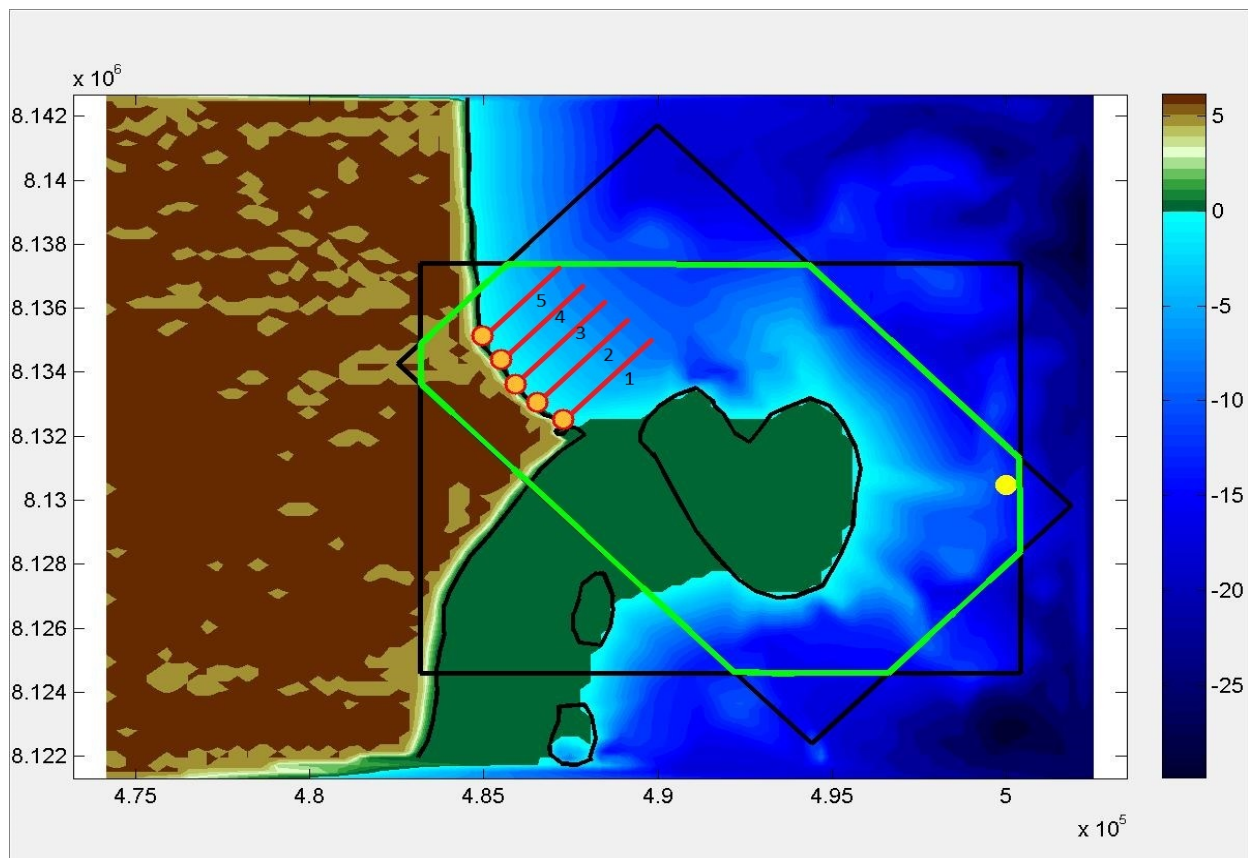


Figura 8 – Malhas, perfis, pontos de arrebenção e o ponto DOW escolhido.

Ao longo desses perfis, foi calculado o transporte de sedimentos, considerando uma granulação de areia média, com os seguintes parâmetros: tamanho médio do sedimento (areia média; $D_{50} = 0,4$ mm), peso específico do sedimento ($Rho-s = 2650$ kg/m³) e porosidade do sedimento ($n = 0,4$). Para esse cálculo, foi considerada a média anual de toda a série temporal estudada, com base nas equações de Bayram e colaboradores (2007). Essa formulação supõe que o sedimento é

suspenso pela ação da quebra das ondas e transportado por qualquer tipo de corrente longitudinal (BAYRAM *et al.*, 2007).

A mesma série temporal de ondas foi considerada para o cálculo da cota de inundação média, para os cinco perfis, através da soma dos componentes da maré astronômica, da maré meteorológica e do espraiamento (*run-up*) das ondas, bem como para a cota de inundação na ocorrência dos eventos extremos, com períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. ESTATÍSTICA DE ONDAS E MARÉS PARA A REGIÃO MARINHA

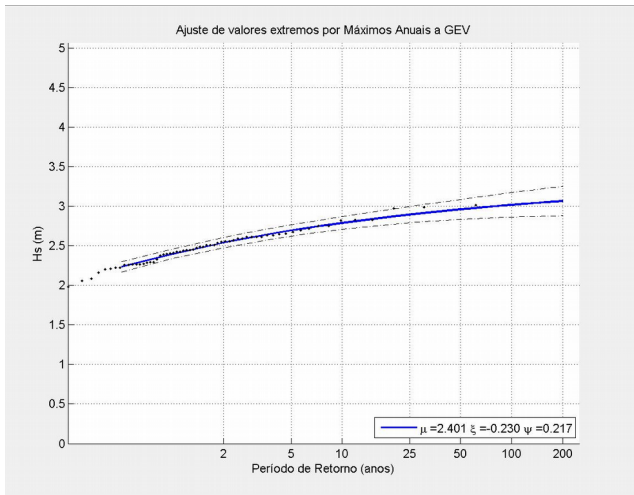
Os dados gerados pelo SMC-Brasil para o ponto DOW escolhido indicaram que as ondas provenientes de E, ESE e SE representam, respectivamente, 28%, 65% e 7% das ondas incidentes nesse ponto. A altura de onda em condições de tempestade (H_{s12}), aquela superada apenas 12 horas no ano, para as ondas de E foi de 2,61m; para ESE foi de 2,48m e, para as de SE, de 2,17m. Para as condições medianas, a altura de onda mediana ($H_{s50\%}$), aquela superada em 50% do tempo, foi de 1,28m para ondas provenientes de E; de 1,30m para ondas provenientes de ESE e de 1,26m para ondas de SE. Os períodos para as condições de tempestade (T_{p12}) foram de 13,5s para ondas de tempestade provenientes de E; 14,5s para ondas de ESE e de 13,3s para ondas de SE. Para as condições medianas, os períodos ($T_{p50\%}$) foram de 7,87s para ondas de E, de 6,88s para ondas de ESE e de 5,96s para ondas provenientes de SE (Tabela 1).

Tabela 1: Estatísticas de ondas do ponto P1: altura de onda mediana (Hs50%); o período de pico para as condições medianas (Tp50%); altura de onda em condições de tempestade (Hs12) e períodos de pico para as condições de tempestade (Tp12).

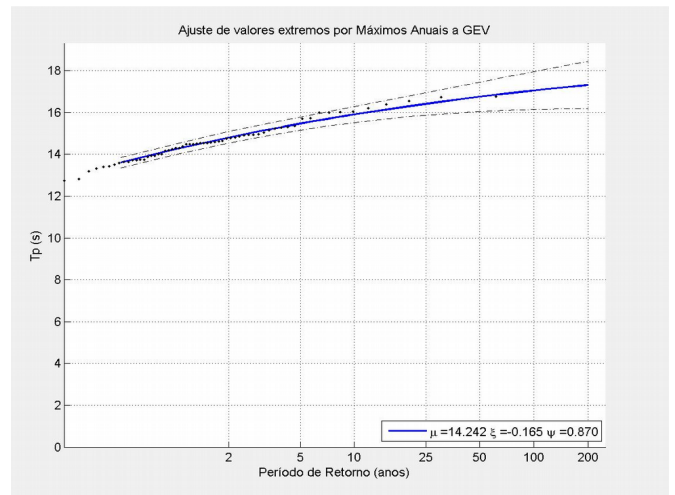
Direção	Probabilidade de ocorrência (%)	Hs50% (m)	Tp50% (s)	Hs12 (m)	Tp12 (s)
E	28	1,28	7,87	2,61	13,5
ESE	65	1,30	6,88	2,48	14,5
SE	7	1,26	5,96	2,17	13,3

O ajuste de valores extremos por máximos anuais indicou que, para a região marinha estudada, ondas, por exemplo, com altura de 2,8m (Figura 9A) e com período de aproximadamente 16s (Figura 9B), têm um período de retorno de 10 anos. Em período de retorno de 200 anos, ocorrem ondas com altura de 3,0m e período de 17s, aproximadamente.

O regime de marés na região é do tipo mesomaré semi-diurna, com duas marés altas e duas baixas a cada dia. Os resultados mostram que o regime de oscilação do nível do mar é, principalmente, governado pela maré astronômica, com oscilações (para condições de meia maré) entre $\pm 1,25\text{m}$ (Figura 10A), enquanto que as marés meteorológicas oscilam entre $\pm 0,2\text{m}$ (Figura 10B).

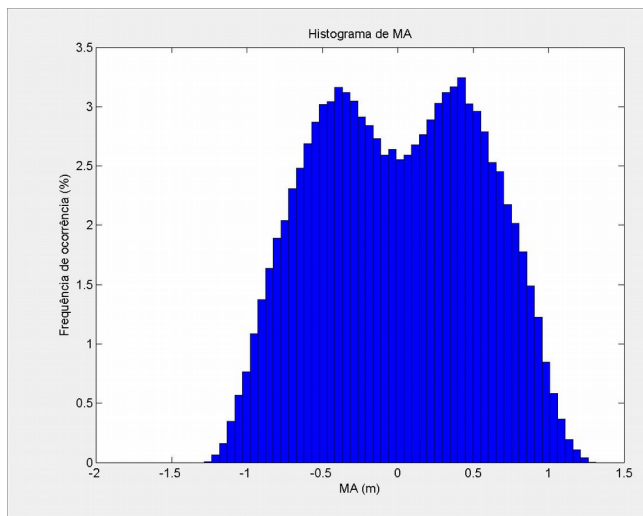


9A

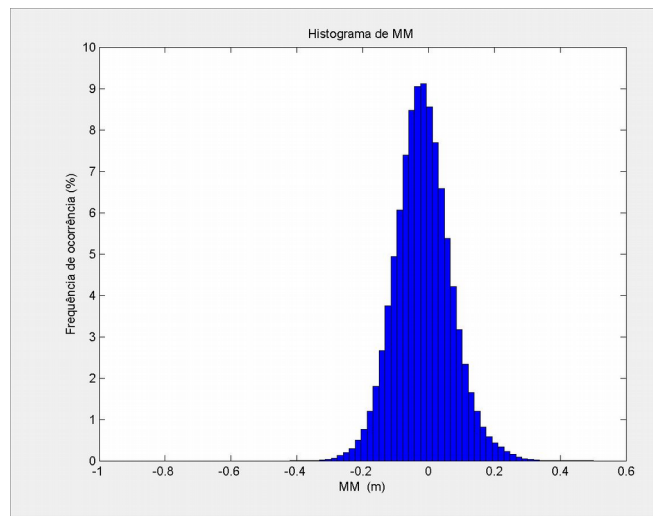


9B

Figura 9 (A e B) – Ajuste de valores extremos por máximos anuais com períodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos para altura (9A) e período das ondas (9B).



10A



10B

Figura 10 (A e B) – Histogramas de frequência para marés astronômicas (10A) e marés meteorológicas (10B), na área de estudo.

5.2. PROPAGAÇÃO DAS ONDAS EM ÁGUAS INTERMEDIÁRIAS E RASAS

Após os processos de refração e difração das principais frentes de ondas que incidem no litoral estudado, é possível observar, na Figura 11, que as ondas chegam às praias da porção norte da Ponta do Corumbau com alturas inferiores a 1m.

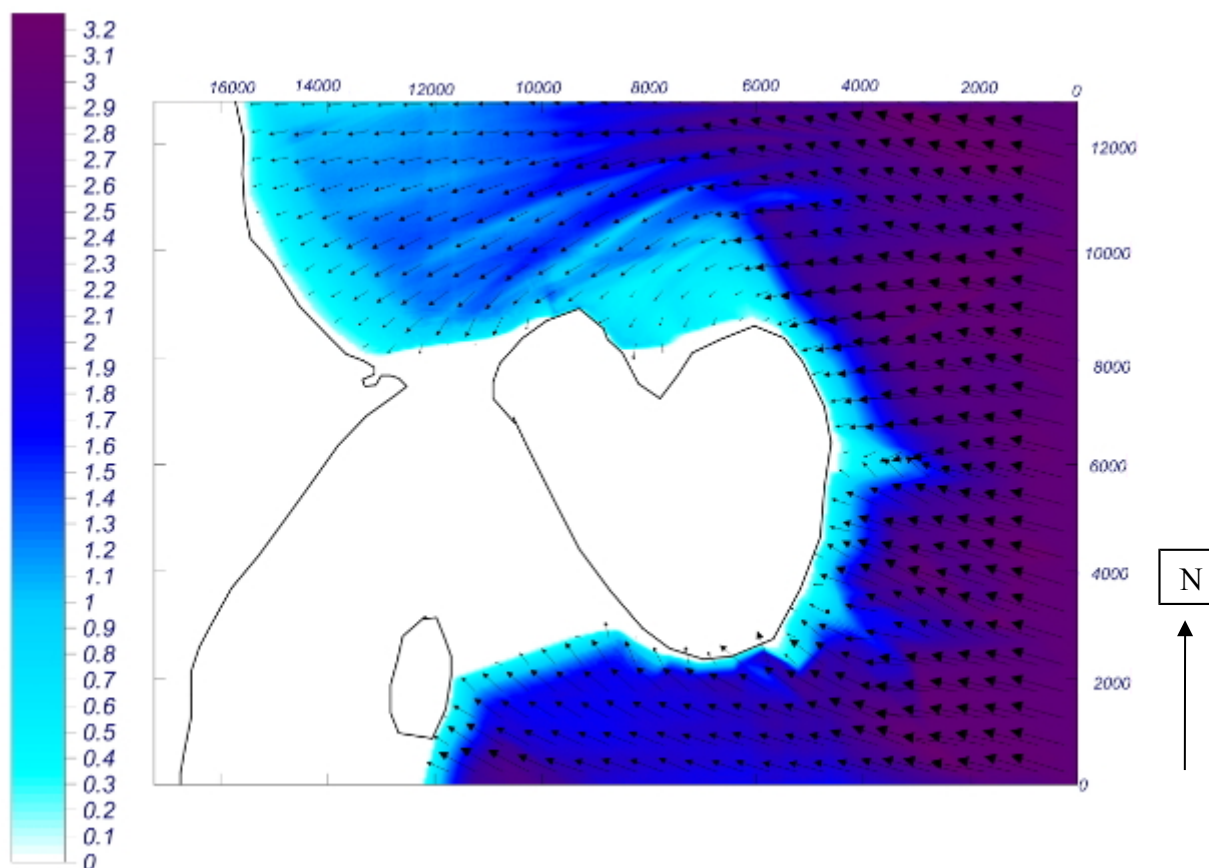


Figura 11 – Sentido e magnitude (altura em metros) das ondas E-SE, após processos de refração e difração nos Recifes Itacolomis.

A Figura 12 mostra que as correntes longitudinais geradas pelas ondas, na zona de surfe, tem sentido predominante para noroeste. Correntes mais intensas são geradas próximo à ponta (círculo vermelho), provavelmente devido ao maior acúmulo de água ali observado por conta das barreiras físicas dos recifes de corais e do pontal de areia, sugerindo assim uma justificativa desse sentido predominante das correntes.

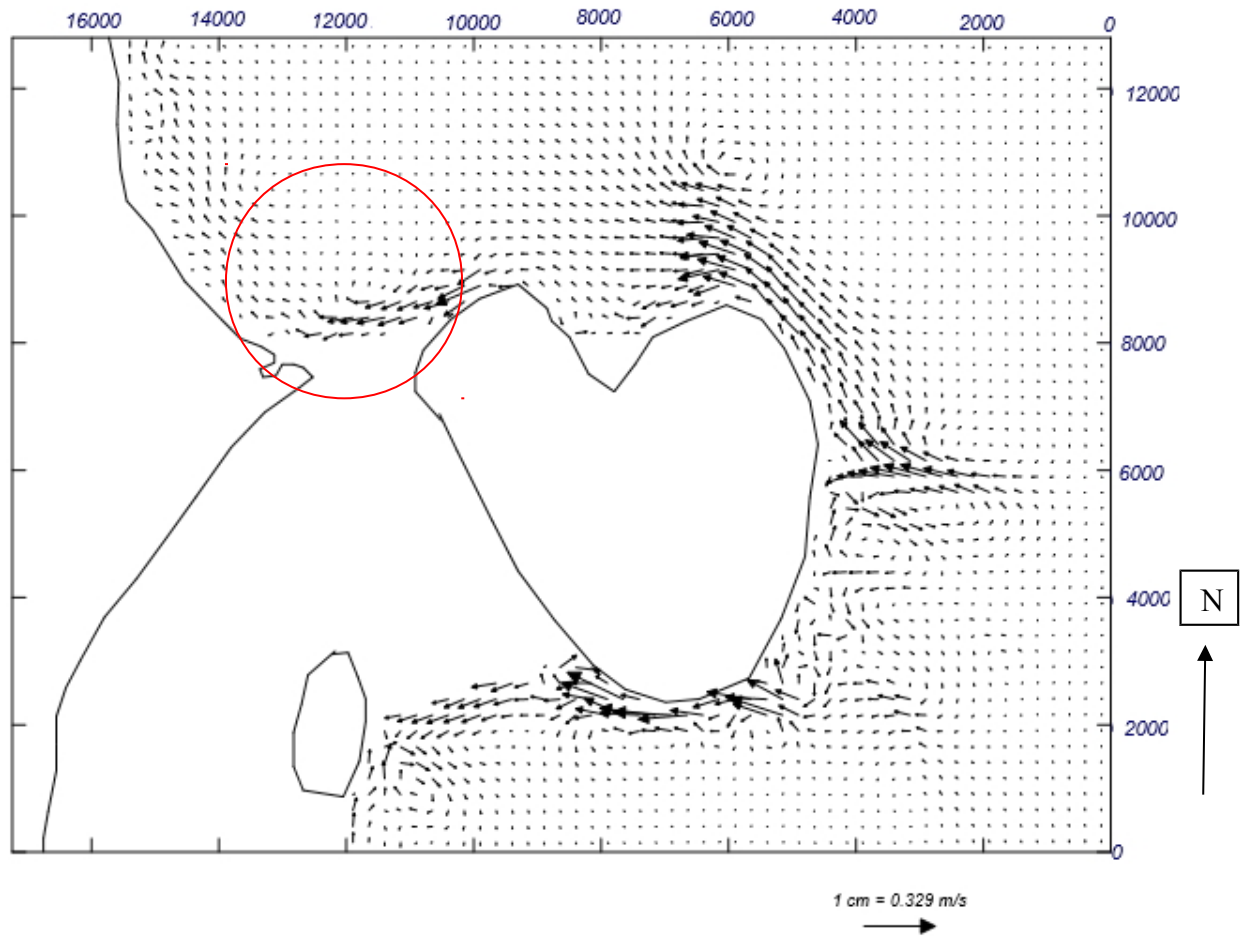


Figura 12 – Sentido e magnitude das correntes geradas pelas ondas, na área de estudo.

A avaliação do clima de ondas em águas rasas nos pontos selecionados nos cinco perfis estudados indicou, para condições médias (H_s) e de tempestade (H_{s12}), alturas inferiores a 1m (Tabela 2). As ondas vindas de leste/nordeste (ENE) são as mais frequentes, com frequência acima de 40% em todos os pontos, certamente por causa dos processos de refração e difração sofridas pelas ondas de E-SE. Apenas nos pontos 1 e 2 ocorrem ondas vindas de nordeste (NE), com percentuais em torno de 19%. As ondas de sudeste (SE) aparecem apenas nos pontos 1, 2 e 3, com percentuais abaixo de 4% de frequência. As ondas vindas de leste (E) e de leste/sudeste (ESE) ocorrem nos cinco pontos estudados, com frequência variando de 14 a 37% (Tabela 2).

Tabela 2: Probabilidade de ocorrência e alturas das ondas em condições médias (Hs) e de tempestade (Hs12) para as principais frentes de onda, nos cinco pontos analisados ao longo da área de estudo.

Pontos	Direções principais	Probabilidade de Ocorrência (%)	Hs (m)	Hs12 (m)
01	NE	19,5	0,8	0,9
	ENE	40	0,7	0,7
	E	16,5	0,7	0,8
	ESE	20	0,7	0,8
	SE	4	0,5	0,6
02	NE	19,4	0,6	0,9
	ENE	42,6	0,4	0,8
	E	19,4	0,4	0,8
	ESE	16,3	0,2	0,7
	SE	2	0,1	0,4
03	ENE	61	0,5	0,9
	E	24	0,4	0,8
	ESE	14	0,3	0,7
	SE	1	0,1	0,5
04	ENE	65	0,6	0,9
	E	30	0,4	0,9
	ESE	5	0,2	0,8
05	ENE	57	0,5	0,8
	E	37	0,3	0,8
	ESE	5	0,2	0,7

5.3. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

O sentido do transporte efetivo é de sudeste (SE) para noroeste (NW), na maioria dos perfis estudados (Tabela 3). Contudo, no ponto 5, o transporte é de NW para SE, com magnitude muito baixa. Ocorre um aumento da intensidade do transporte efetivo para norte da área, progressivamente, do ponto 1 ao ponto 4 (Figura 13, Tabela 3).

Apesar de não ter sido possível modelar as ondas e correntes na extremidade da Ponta do Corumbau, por ser uma região de sombra de ondas, protegida pelos recifes Itacolomis, a sua feição geomórfica em cúspide indica uma convergência local do transporte litorâneo, o que caracteriza, por sua vez, uma zona de divergência entre essa extremidade e o Ponto 1 (Figura 13). Nesse sentido, a falta de alimentação sedimentar vinda da porção sul, o aumento progressivo da intensidade do transporte litorâneo e a existência dessa zona de divergência parecem ser responsáveis pelo processo de erosão costeira, atualmente observado.

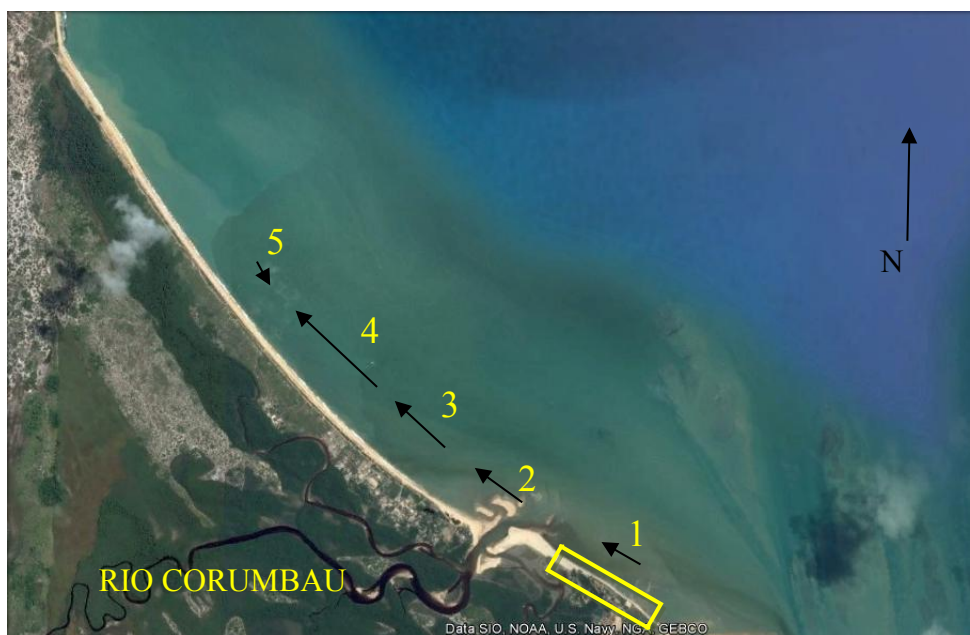


Figura 13 – Imagem de satélite do Google Earth, mostrando o sentido do transporte litorâneo para a área de estudo. O retângulo amarelo indica o trecho sob erosão.

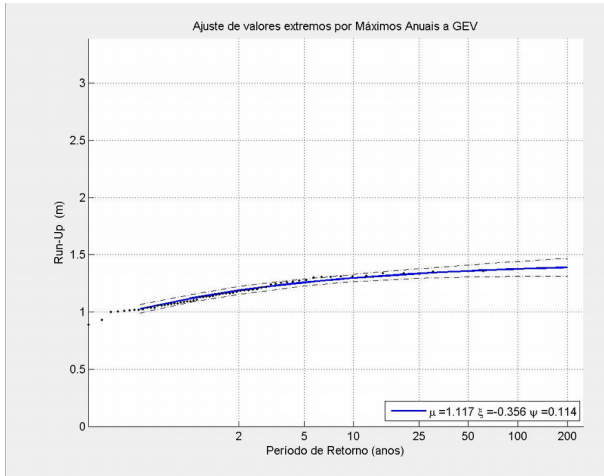
Tabela 3: Transporte litorâneo médio anual (série temporal de 1948 a 2008) positivo, negativo e efetivo para os cinco perfis estudados.

Perfil	Componente NW-SE (Q+) (m3)	Componente SE-NW (Q-) (m3)	Transporte Efetivo (m3)
01	19,55	- 1.439,69	- 1.420,15
02	50,12	- 1.694,13	- 1.644,01
03	183,00	- 2.957,41	- 2.774,41
04	8,30	- 3.353,85	- 3.345,55
05	582,97	- 456,97	126,00

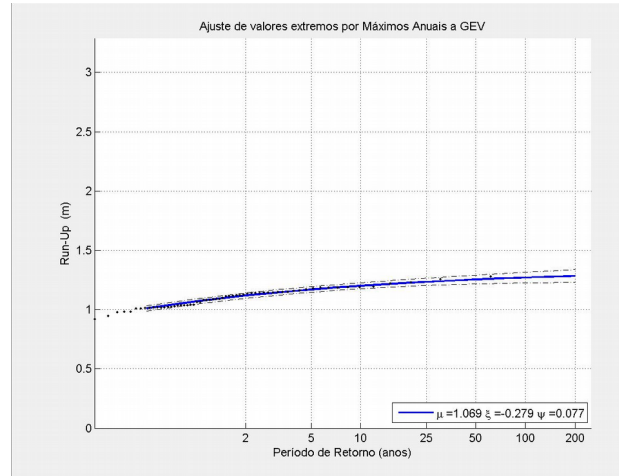
5.4. COTA DE INUNDAÇÃO

O nível alcançado como a combinação da ação conjunta da maré astronômica, da maré meteorológica e do espriamento das ondas é denominado de nível de inundação ou cota de inundação. A determinação desse nível e de sua probabilidade de ocorrência e período de retorno em anos é fundamental para a gestão costeira, especialmente no planejamento de medidas preventivas contra inundações ou recuperação de ecossistemas costeiros protegidos (RODRIGUES, 2014).

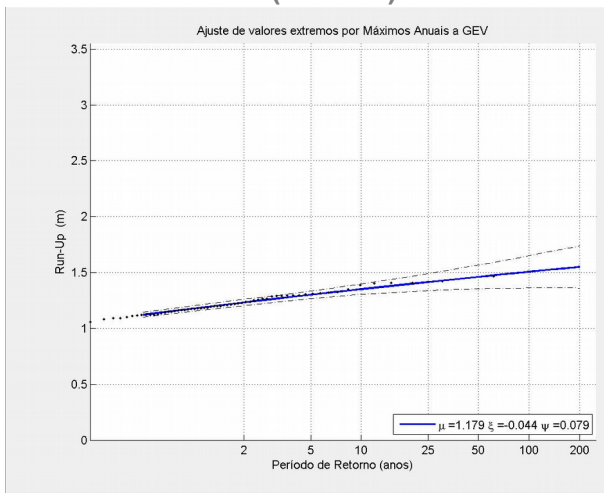
As figuras 14 (A, B, C, D, E) apresentam os valores da cota de inundação e a sua recorrência em períodos de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos, através do ajuste de valores extremos por máximos anuais, para os cinco perfis. Assim, para um período de recorrência de, por exemplo, 10 anos, a partir de dados de ondas propagadas até a costa, a cota de inundação varia de 1,2 a 1,4m nos perfis estudados (Figura 14). Somente no Perfil 3 (Figura 14C), a cota de inundação ultrapassa sutilmente o valor de 1,5m.



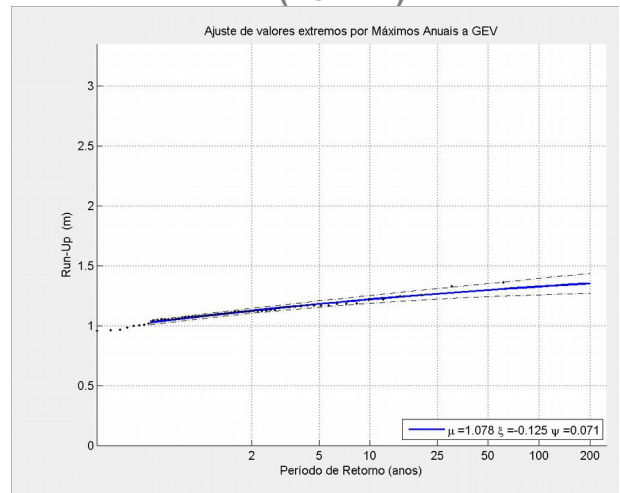
14A (Perfil 1)



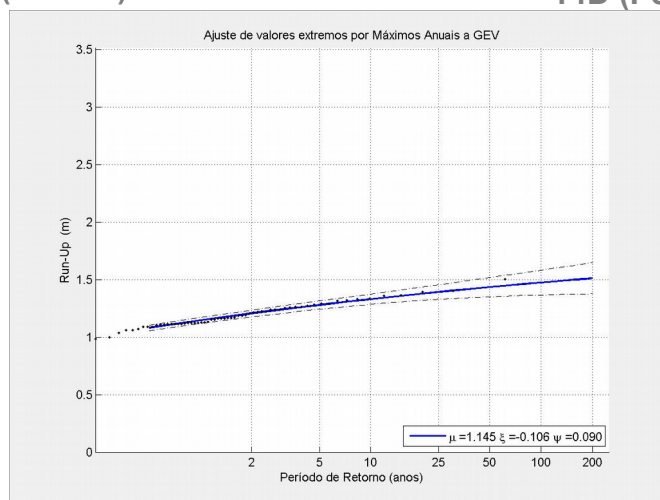
14B (Perfil 2)



14C (Perfil 3)



14D (Perfil 4)



14E (Perfil 5)

Figura 14 (A, B, C, D, E): Cota de inundação e a sua recorrência em períodos de 2, 5, 10, 25, 50, 100 e 200 anos, através do ajuste de valores extremos por máximos anuais, para os cinco perfis estudados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente, um dos principais desafios da gestão costeira no Brasil são os frequentes casos de erosão severa, facilmente observados ao longo de toda costa. No planejamento e na gestão das ações voltadas à orla marítima, os fenômenos naturais e as demais questões ambientais devem ser condicionantes para tais ações, nas quais as ferramentas tecnológicas devem ser elementos catalisadores e ordenadores de políticas de decisão para a área costeira de interesse.

A carência de séries temporais contínuas de clima de ondas e outros dados importantes, para avaliar a dinâmica costeira, dificulta e/ou inviabiliza as análises da morfodinâmica praial em diferentes escalas de tempo, restringindo propostas mais adequadas para soluções efetivas, no que tange o gerenciamento costeiro no país. Através de estudos como o realizado para o presente trabalho acadêmico, podemos ver a grande importância do SMC-Brasil, uma vez que disponibiliza uma base de dados de ondas geradas a partir da metodologia de reanálise e *downscaling*, que integra dados meteoceanográficos, desde 1948 até 2008, minimizando, assim, a atual escassez de dados sistemáticos e de longo prazo. Seu uso adequado e criterioso é pertinente e deve ser utilizado em diversas escalas espaciais, sobretudo, em setores onde a orla marítima seja considerada sob o risco de erosão e/ou inundação, com perda do uso da zona costeira, de instalações antrópicas ou ambientes de interesse ecológico, subsidiando, dessa forma, as políticas públicas e as ações de gestão costeira (ALMEIDA et al, 2015).

A modelagem de ondas e correntes, aqui apresentada, feita a partir da série temporal de 1948 a 2008, com resolução horária, disponível no banco de dados do SMC-Brasil, possibilitou o entendimento da dinâmica costeira da região estudada, com a definição do sentido preferencial da deriva litorânea de sedimentos e a caracterização do clima de ondas local. Contudo, não contemplou a análise de variações na vazão do Rio Corumbau, um fator também importante para avaliar a dinâmica local.

Os resultados indicaram a existência de uma zona de divergência na extremidade da Ponta do Corumbau e um predomínio da componente SE-NW, para o transporte litorâneo de sedimentos em quatro dos cinco pontos avaliados, com um aumento progressivo da intensidade do transporte efetivo nesses pontos, no sentido NW. Na porção mais a norte da área, no ponto 5, ocorre uma inversão no sentido do

transporte, com magnitude muito baixa, gerando uma pequena zona de convergência na deriva litorânea de sedimentos nessa região.

O processo erosivo, atualmente observado, está restrito a um trecho da porção norte da Ponta do Corumbau, porém, todo o trecho próximo à foz do Rio Corumbau apresenta alta vulnerabilidade à erosão, devido à própria dinâmica fluvial, com alterações periódicas da morfologia da desembocadura. É possível também que uma intensificação na incidência das ondas vindas de E e ESE, na última década, influencie no aumento do fluxo sedimentar para NW, criando o pontal, fechando a antiga desembocadura, criando a zona de divergência e contribuindo para a erosão atualmente observada.

Para os resultados da modelagem da dinâmica costeira local, e a experiência vivenciada em campo, observa-se uma triste realidade um tanto quanto comum no Brasil e no mundo, que é consequência de uma gestão costeira deficitária ou até mesmo inexistente, haja vista as ocupações irregulares (palafitas dentro do mangue), desordenadas, muito próximas às praias, que não respeitam o espaço natural de movimentação sedimentar das mesmas, principalmente nas áreas próximas a barras de rios. A ocupação desordenada, atrelada às variações temporais na dinâmica costeira local, incluindo a dinâmica fluvial da foz do Rio Corumbau, são elementos atuantes nos processo de erosão severa.

Devem ser consideradas, ainda, que alterações climáticas, com uma possível subida do nível médio do mar, podem diminuir o efeito de proteção gerada pelos recifes de corais existentes nessa região, alterando o clima de ondas local e provocando erosão de alguns trechos mais próximos à Ponta do Corumbau, atualmente protegidos das principais frentes de ondas que alcançam esse litoral.

Baseado na grande relevância das regiões litorâneas, tanto do ponto de vista da demanda pelos diversos tipos de usos e ocupações (bens e serviços ecossistêmicos bastante valorizados), quanto do ponto de vista dos impactos que esses causam ao meio ambiente, faz-se necessária uma gestão fundamentada no conceito de “gestão integrada de áreas litorâneas”. Logo, uma gestão destinada a promover o desenvolvimento sustentável, integrando os fatores bióticos, abióticos e antrópicos, ou seja, desenvolvendo políticas públicas, objetivos, estratégias e planos setoriais no espaço e no tempo, de acordo com os componentes terrestres e marinhos do litoral em questão, para mediar os conflitos de interesses existentes

entres os diversos agentes sociais, por meio de uma gestão participativa e cooperativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, L. R. **Estudio de dinámica litoral y evolución de la zona sur de la Playa de Piçarras (Santa Catarina/Brasil)**. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Cantabria, Santander, Espanha, 2013.

ALMEIDA L.R.; AMARO, V.E.; MARCELINO, A.M.T.; SCUDELARI, A.C. **Avaliação do clima de ondas da praia de Ponta Negra (RN, Brasil) através do uso do SMC-Brasil e sua contribuição à gestão costeira**. Revista de Gestão Costeira Integrada, v. 15, n. 2, p.135-151, 2015.

BASCOM, W. **The Control of stream outlets by wave refraction**. Journal of Geology, v. 62, n.6, p. 600-605, 1954.

BAYRAM, A.; LARSON, M.; HANSON, H. **A new formula for the total longshore sediment transport rate**. Coastal Engineering, v. 540, n. 9, p. 700-710, 2007.

BITTENCOURT, A. C. S. P. 1996. **As coberturas terciárias e quaternárias do interior e da zona costeira**. In: BARBOSA, J. S. F. & DOMINGUEZ, J. M. L. 1996. (Eds.) Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia. Esc. 1: 1.000.000 - SGM/PPPG/FAPEX. Salvador, 109-122.

DOMINGUEZ J.M.L.; ANDRADE A.C.S.; ALMEIDA A.B.; BITTENCOURT A.C.S.P. The Holocene Barrier Strandplains of the State of Bahia. In: DILLENBURG S. R. & HESP P.A. (Coordenadores) **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Lecture Notes in Earth Sciences, Alemanha: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 288 p., 2009.

DUTRA, F.R.L.S. **Marés Meteorológicas e os Episódios de Erosão Costeira Severa no Litoral de Salvador/BA**. Dissertação de Mestrado UFBA, 2008.

GRUPO DE INGENIARIA OCEANOGRÁFICA Y DE COSTAS (GIOC). **Sistema de modelado Costero, SMC**. Manual Del usuário SMC. Cantabria: Universidad de Cantabria y Dirección General de Costas, Ministerio de Meio Ambiente, 2003.

GOLDSMITH, V. **Wave climate for models for the continental shelf: Critical links between shelf hydraulics and shoreline processes**. In: DAVIS, R.A. (Coordenador) Beach and Nearshore Sedimentation, SEPM Spec. Publ., v. 24, p. 39-69, 1976.

GRIGGS, G.B. & TRENHAILE, A.S. Coastal cliffs and plataforms. In: CARTER, R.W.G. & WOODDROFFE, C.D. (Coordenadores) **Coastal Evolution - Late Quaternary shoreline morphodynamics**, Great Britain: Cambridge University Press, p. 425 – 450, 1994.

IHCANTÁBRIA. **Ondas: Documento Temático**. Cantábria: IHCANTABRIA, Universidad de Cantabria/UFSC/IO-USP, 155p., 2013.

KOMAR P.D. **Beach processes and sedimentation**. New Jersey: Prentice-Hall, 429 p., 1976.

KOMAR, P.D. **Coastal Erosion – Underlying Factors and Human Impacts**. Shore & Beach, v. 68, n. 1, p. 3-16, 2000.

LEÃO Z.M.A.N. & KIKUCHI R. K.P. **The Bahian Coral Reefs – from 7000 years BP to 2000 years AD**. Ciência & Cultura, v. 51, p. 262-273, 1999.

LUCA, C.B. **Implementação de ferramentas numéricas e bases de dados no SMC-Brasil e sua aplicação no estudo piloto da praia de Massaguaçu-Brasil**. 213p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de Cantabria, Santander, Espanha, 2011.

MARTIN L.; BITTENCOURT A.C.S.P.; VILAS BOAS G.S.; FLEXOR J.M. **Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Quaternário Costeiro do Estado da Bahia**. Bahia: CPM/SME, 20 p., 1980.

MUNK, W.H. & TRAYLOR, M.A. **Refraction of ocean waves: a process linking underwater topography to beach erosion**. The Journal of Geology, v. LV, n. 1, p. 1-34, 1947.

NASCIMENTO, L; BITTENCOURT, A.C.S.P.; SANTOS, A.N; DOMINGUEZ, J.M.L. **Deriva Litorânea ao Longo da Costa do Cacau, Bahia: Repercussões na Geomorfologia Costeira**. Revista Pesquisas em Geociências, v. 34 (2), p. 45-56, 2007.

PILKEY, O.H., Coastal Erosion. **Episodes: International Geoscience News Magazine**, v. 14, n. 1, p. 45-51, 1991.

RODRIGUES, T.K. **Impacto das Mudanças Climáticas na Zona Costeira do Município de Aracaju-SE: Estudo de Caso Utilizando o SMC (Sistema de Modelagem Costeira)**. Salvador, 2014. 221p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Bahia.

SILVA, I.R.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; DOMINGUEZ, J.M.L.; SILVA, S.B.M. **Potencial de Danos Econômicos Face à Erosão Costeira, Relativo às Praias da Costa do Descobrimento – Litoral Sul do Estado da Bahia**. Pesquisas em Geociências, v. 34, n. 1, p. 35 – 44, 2007.

SUGUIO K. & NOGUEIRA A.C.R. **Revisão Crítica dos Conhecimentos Geológicos sobre a Formação (Ou Grupo?) Barreiras do Neógeno e o seu Possível Significado como Testemunho de Alguns Eventos Geológicos Mundiais**. Geociências, v. 18, p. 461-479, 1999.

