



Revista de Gestão Costeira Integrada -
Journal of Integrated Coastal Zone
Management

E-ISSN: 1646-8872

rgci.editor@gmail.com

Associação Portuguesa dos Recursos
Hídricos

Langa, Jânio V. Q.

Problemas na zona costeira de Moçambique com ênfase para a costa de Maputo
Revista de Gestão Costeira Integrada - Journal of Integrated Coastal Zone Management,
vol. 7, núm. 1, 2007, pp. 33-44

Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos
Lisboa, Portugal

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=388340121005>

- Como citar este artigo
- Número completo
- Mais artigos
- Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal

Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Problemas na zona costeira de Moçambique com ênfase para a costa de Maputo

Jónio V. Q. Langa *

*Mestre em Engenharia do Ambiente, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto. Engenheiro Civil,
Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique*

RESUMO

Neste artigo apresenta-se uma abordagem geral da problemática da zona costeira de Moçambique, com especial destaque para a situação actual da zona costeira da Cidade de Maputo (Costa do Sol). Apresenta-se uma caracterização sumária das diferentes componentes de uso da zona costeira, das potencialidades, das disfunções e dos problemas sócio-económicos e culturais associados à gestão da costa, ao ordenamento e ao uso e aproveitamento dos seus recursos.

Faz-se uma análise das situações de erosão verificadas na zona costeira da Cidade de Maputo, das causas dessa erosão e de eventuais soluções alternativas para a mitigação desse fenómeno. Realizou-se um levantamento dos dados, consideraram-se os resultados de estudos anteriores e efectuaram-se diversas visitas de campo. Através de modelos numéricos de propagação e deformação das ondas, estudou-se a propagação da agitação e a sua interacção com a linha de costa envolvente. São analisadas várias soluções alternativas de defesa da zona costeira contra os efeitos da erosão, tendo em consideração as condições locais de funcionamento, o custo de obra e os impactes associados.

Palavras chave: Moçambique, erosão costeira, ordenamento, dunas, praias, ondas.

1. Apresentação

Moçambique localiza-se na zona Sudeste do Continente Africano, defronte da Ilha de Madagáscar da qual está separada pelo Oceano Índico. Tem um clima tropical húmido a seco, com temperatura média anual entre 22 e 24 °C e precipitação média anual de 1 200 mm.

A Zona Costeira Moçambicana é a terceira mais extensa de África com cerca de 2 600 km. Está compreendida entre os paralelos 100 27' S (Rio Rovuma) e 260 52' S (Ponta do Ouro), nas fronteiras com a República da Tanzânia e com a República da África do Sul, a Norte e Sul respectivamente.

A zona costeira abarca oito das onze Províncias do País e 40 dos 128 Distritos. Das vinte e três cidades, doze estão localizadas na costa. Cerca de 43 % da população (num total de 19 milhões de habitantes, doze estão localizadas na costa. (censo de 2001) vive em zonas litorais ocupando cerca de 154 000 km² (área do País 799 380 km²), correspondendo a cerca de 19 % do território nacional. Este facto indica haver grande apetência da população pelas zonas costeiras.

2. Algumas Potencialidades, Actividades e Disfunções na Zona Costeira

Na zona costeira de Moçambique podem tipificar-se quatro sistemas fisiográficos:

- *Costa de Corais*, com uma extensão de cerca de 770 km, do Rio Rovuma no limite a Norte (10°

* e-mail: jvql@yahoo.com.br

32' S) ao Arquipélago das Primeiras e Segundas (17° 20' S);

- *Costa de Mangal*, com uma extensão de cerca de 978 km, de Angoche (16° 14' S) ao Arquipélago do Bazaruto (21° 10' S);
- *Costa de Dunas Parabólicas*, com uma extensão de cerca de 850 km, do Arquipélago do Bazaruto a Ponta do Ouro (26° 52' S), atingindo o Rio Mlalazi (28° 57' S), na África do Sul;
- *Costa do Delta*, ocorrendo com grande singularidade nas regiões da foz dos Rios Zambeze e Save.

De entre os ecossistemas tipicamente costeiros, os mangais, os recifes de coral e os tapetes de ervas marinhas são dos mais importantes. Estes ecossistemas são, no seu conjunto, responsáveis pela maior parte da produtividade marinha e costeira, pela estabilidade da zona costeira e pela qualidade da água do mar.

Os mangais, para além da função que desempenham na prevenção da erosão da costa e das margens dos rios, na atenuação das cheias e na reprodução das espécies marinhas, como é o caso do camarão, constituem fontes de medicamentos tradicionais, material de construção, combustível lenhoso. Cobrem cerca de 450 mil hectares, encontrando-se com maior relevância nas províncias de Nampula, Zambézia e Sofala. No litoral moçambicano são registadas cerca de 10 espécies de mangal, destacando-se como principais o mangal branco, vermelho e negro.

Moçambique é rico em praias ao longo dos seus 2 600 km de costa. A zona Norte do país (do Rovuma a Angoche), é caracterizada por praias rochosas. A zona centro possui praias lodosas (nesta zona desaguiam muitos rios e há elevada abundância de mangais) e a zona Sul caracteriza-se por praias arenosas, com dunas muito altas e cobertas por uma vegetação bastante frágil. Estas praias são ambientes muito dinâmicos.

A actividade turística movimenta anualmente mais de 550 000 turistas nacionais e estrangeiros. Esta actividade é acompanhada pela crescente instalação de infra-estruturas turísticas como hotéis, parques de campismo, aldeamentos turísticos e restaurantes. A Ilha de Moçambique, classificada pela UNESCO como património Mundial, a Ilha da Inhaca e a Ilha de Bazaruto, embora apresentem uma densidade populacional relativamente modesta comparativamente aos grandes centros urbanos,

têm valores naturais e histórico/culturais que suscitam uma razoável procura que deverá ser mantida dentro de limites de sustentabilidade..

O Projecto de Chidenguele, empreendimento turístico ao longo de 55.5 km da zona costeira da Província de Gaza, poderá trazer grandes benefícios sócio-económicos mas terá uma dimensão que poderá gerar grandes impactes ambientais.

Existem tendências no sentido de uma intensiva ocupação de algumas faixas litorais e frequentemente sobre as formações dunares, mangais, estuários e outras zonas húmidas. Associadas às infra-estruturas turísticas, nas cidades mais urbanizadas como Maputo, Beira e algumas praias do interior, começam a emergir bairros habitacionais, que podem interferir com a dinâmica das faixas litorais e ficar expostos a tempestades, inundações e ao avanço do mar. Na cidade da Beira existem dezenas de estruturas de defesa costeira (espórões) em estado de degradação e com problemas de inundações. Nas cidades e aglomerados costeiros não existem sistemas adequados de drenagem, de tratamento de águas residuais e de abastecimento de água, pelo que o problema da qualidade das águas é crítico. Existe uma necessidade de formulação e de implementação de políticas correctas e coerentes de ordenamento territorial (Figura 1).

As actividades pesqueiras integram a pesca artesanal, a pesca semi-industrial e a pesca industrial. A pesca artesanal (pesca de subsistência), maioritariamente feita através de embarcações a remo, a vela e a motor, era praticada até 1995 por cerca de 100 000 pescadores com uma média total de 10 000 embarcações. A pesca semi-industrial albergava, até 1995, 70 empresas com uma média de 74 embarcações. A pesca industrial albergava 48 empresas com um total de 135 embarcações. Não está assegurada a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros.

Moçambique tem três portos regionais, dez portos locais e um porto fluvial. Destaca-se a construção do Porto de Dobela, porto de águas profundas, com uma zona franca industrial, 70 km a Sul de Maputo, que se prevê venha a ter capacidade de manuseamento superior ao total dos catorze portos existentes. Os Portos regionais de Maputo, Beira e Nacala constituem pontos fulcrais na política de desenvolvimento do país, estando integrados nos principais corredores de

desenvolvimento, nomeadamente ao Norte, na fronteira com o Malawi, no centro, na fronteira com o Zimbabwe, e no Sul, na fronteira com a África de Sul

3. O caso da Zona Costeira da Cidade de Maputo

3.1. Localização e Problemática Geral da Área em Estudo

À semelhança do que acontece noutros trechos da costa moçambicana, a Zona Costeira da Cidade de Maputo, com uma extensão de aproximadamente 20 km, estendendo-se do Distrito de Matutuíne (Baía de Maputo) ao Distrito de Marracuena (Praia da Macaneta), a Sul e Norte

respectivamente, tem evidenciado desde há alguns anos elevados índices de erosão. Na linha costeira verificam-se recuos significativos com implicações nas faixas marginais: perdas de areias, destruição de dunas e vegetação, aumento dos riscos de galgamento dos arruamentos marginais, danos nas obras de defesa existentes e aumento do risco de algumas construções virem a ser afectadas.

Por outro lado, esta zona, pela sua grande apetência balnear e paisagística, está submetida a uma crescente ocupação humana, traduzida por novas edificações, arruamentos e parques de estacionamento, que a tornam particularmente vulnerável à acção dos fenómenos costeiros.

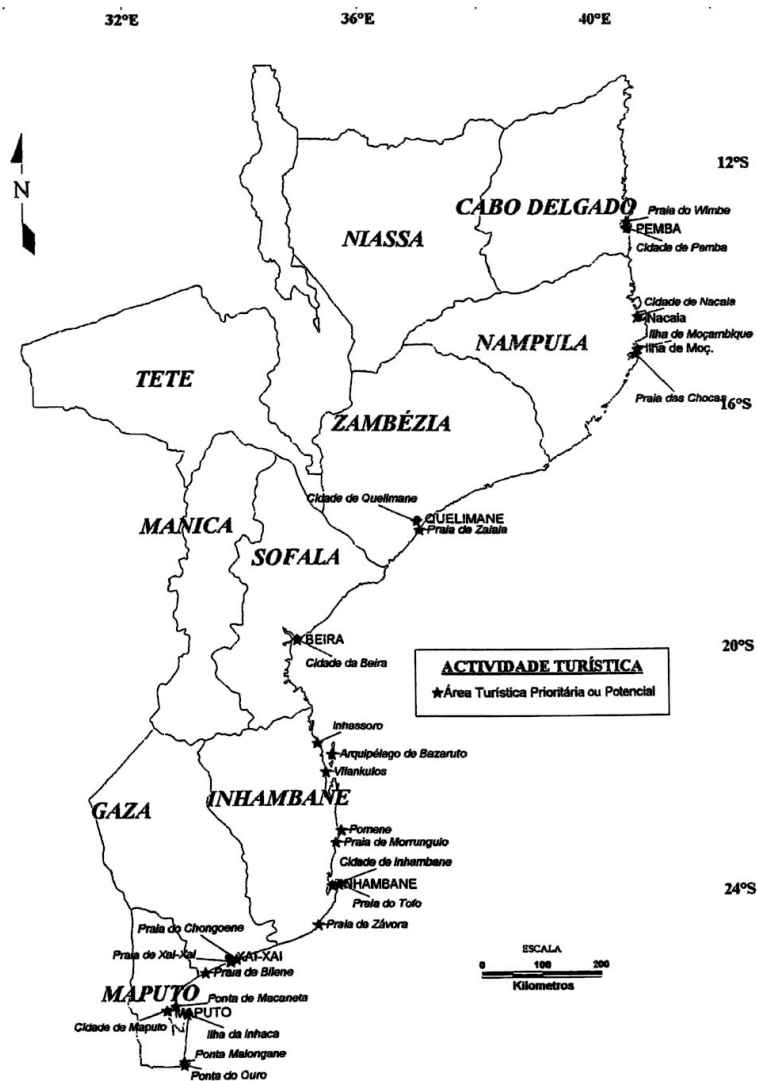


Figura 1 – Áreas de actividade turística.

À Baía de Maputo afluem os rios Maputo, Matola, Tembe e Umbelúzi na margem Sul, e o rio Incomáté na margem Norte.

O elevado nível de procura turística e a ocupação urbana a que a zona em estudo está a ser sujeita estão em conflito com os recuos significativos que se têm registado. A alteração da morfologia costeira tem como principais consequências a médio e longo prazo:

- a redução significativa da largura das praias em consequência da perda contínua de material sólido;
- a redução da zona de praias entre marés, com perdas de habitats;
- a diminuição da altura das dunas e a perda da sua vegetação;
- a redução da altura e volume de areias nas fundações dos troços protegidos por obras aderentes e o aumento dos riscos da sua destruição;
- a redução das áreas de praia com valores balneares, numa zona onde a procura é muito intensa;
- a alteração de valores paisagísticos;
- o aumento dos riscos de galgamento e degradação da Avenida da Marginal, e dos riscos de algumas construções virem a ser afectadas.

3.2. Enquadramento Fisiográfico

A área em estudo (Figura 2) está compreendida entre o Clube Naval e o início da estrada para o Bairro dos Pescadores, com o seguinte enquadramento:

- Sul: Litoral da Ponta Maona à Ponta das 3 Marias;
- Este: Ilha Xefina Grande e Ilha da Inhaca;
- Nordeste: Ilha Xefina Grande e Ponta da Macaneta;
- Sudeste: Península da Santa Maria e Ilha da Inhaca;
- Sudoeste: Litoral da Catembe.

Os dados de batimetria foram obtidos das cartas hidrográficas da Baía de Maputo. As cartas correspondem a levantamentos realizados em 1972 (governo português) e actualizados em 1989 (INAHINA) (Figura 2).

As marés em Maputo são semi-diurnas. Os dados obtidos do Instituto Nacional de Hidrografia

e Navegação de Moçambique apresentam para o Porto de Maputo, os valores indicados na Tabela 1.

Tabela 1: Elementos de maré – Ano 2000.

Porto de Maputo							
Maré	PMmáx.	PMÁV	PMAM	NM	BMAM	BMAV	BMmín.
Altura	3.74	3.52	2.43	2.00	1.57	0.48	0.25

As correntes de enchente e de vazante de marés na entrada da Baía de Maputo a Norte atingem velocidades máximas na ordem dos 1.0 m/s. O fluxo de marés na foz dos rios a Sul atinge velocidades máximas entre 0.5 e 1.5 m/s, na preia-mar mínima e na preia-mar máxima respectivamente.

O regime de ventos é marcado por ocorrências com velocidades médias mensais entre 3.5 a 5.5 m/s, com maior frequência nas direcções Nordeste, Este, Sul, Sudoeste e Noroeste. A circulação da brisa de terra com direcção predominante Sudoeste, totaliza cerca de 22.3 % do vento anual. A brisa de terra, com o período de pico em Junho, ao qual correspondem cerca de 2.4 % do vento anual sopra no período da manhã.

A brisa do mar sopra no período da tarde, com direcções predominantes entre Nordeste e Este. As rosas dos ventos, feitas com base nesses dados, são usadas para facilitar a identificação das direcções predominantes de ocorrência do vento, por forma a avaliar a proporção representativa da sua acção na formação das ondas ao largo e na Baía de Maputo, e ter noção da sua influência no transporte eólico ao longo da costa.

3.3. Agitação Marítima

A circulação marítima na área em estudo, devido ao seu enquadramento físico-geográfico, é influenciada pelo sistema de ilhas, pontas e penínsulas localizadas ao longo da área de propagação das ondas. As características de propagação das ondas são resultantes da combinação dos fenómenos hidrodinâmicos actuantes ao largo e dentro da Baía de Maputo. O clima de agitação da área em estudo é influenciado basicamente pela ocorrência de ondas geradas ao largo e localmente, dentro da Baía de Maputo (vagas).

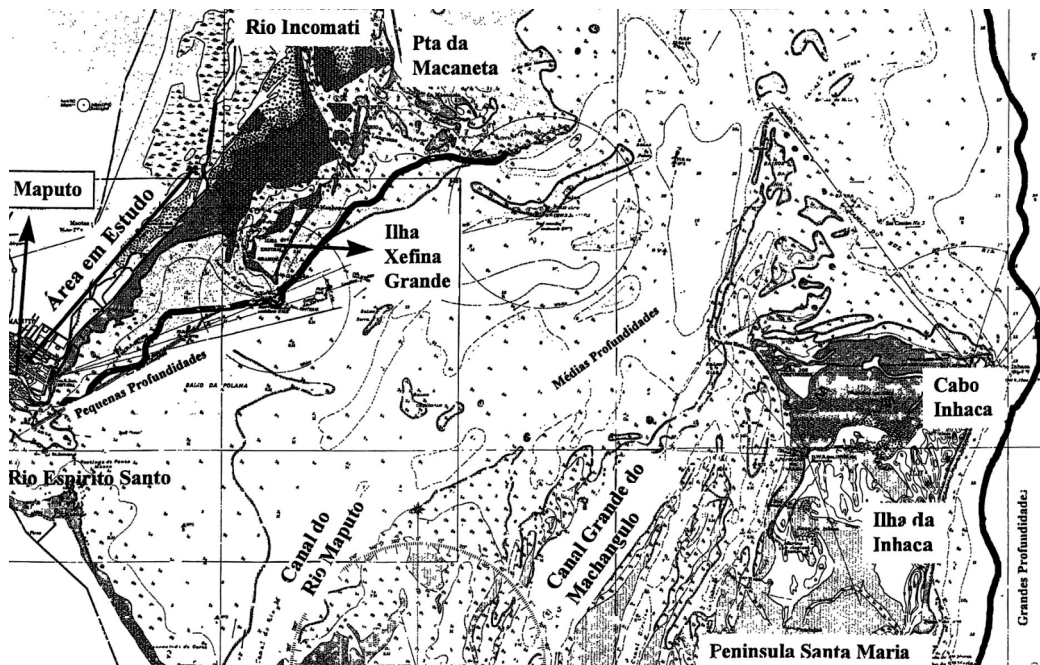


Figura 2 – Enquadramento fisiográfico da área em estudo.

Com base nos valores de altura, período e direcção de ocorrência das ondas, foram determinadas as direcções predominantes e a respectiva frequência com que as ondas atingem a zona costeira em estudo. O estudo tem por base um total de 21 609 observações e registos de ondas efectuadas pela “UK Meteorological Office” entre 1949 e 1997, referentes a medição dos valores de altura de onda, em função dos respectivos períodos e direcções de ocorrência.

Com base nesses dados foram determinadas as direcções e as respectivas frequências de propagação das ondas na Baía de Maputo. As rosas das ondas resultantes são usadas para avaliar as direcções predominantes de geração e propagação das ondas, a partir das quais se determinam, com recurso aos modelos de cálculo SWAN e REF/DIF 1, as sucessivas interações e transformações das ondas durante a sua propagação, e os diferentes fenómenos de agitação dinâmica que ocorrem, influenciados pela topografia dos fundos e pelas condições de fronteira estabelecidas na área específica em estudo.

Com base na informação contida nas rosas das ondas e rosas dos ventos, foram seleccionadas algumas combinações de rumos, alturas significativas e períodos de pico das ondas, bem

como a velocidade do vento (Tabela 2). A modelação, é feita para as direcções representativas da agitação com influência na área em estudo.

Foram usadas três malhas para a modelação numérica da propagação. As malhas 1 e 2 foram utilizadas pelo programa SWAN para modelação da propagação do largo até à costa. A malha 3, REF/DIF 1, é utilizada para o estudo do fenómeno de difracção que se supõe ocorrer próximo da Ilha Xefina Grande.

Do total de ondas registadas, cerca de 8.9 % propaga-se para a área em estudo com origem entre as direcções Este (180°) e Nordeste (225°). A área em estudo é protegida a Norte e a Nordeste pela Ilha Xefina Grande e pela Ponta da Macaneta. Nas direcções entre Sul e Este a entrada das ondas é impedida pela Península de Santa Maria e pela Ilha de Inhaca.

As características das vagas são função do clima de ventos gerados dentro da Baía de Maputo, do fetch (comprimento do plano de água onde actuam os ventos) e da respectiva batimetria local. As vagas na Baía de Maputo são formadas entre as direcções Este e Sul, propagando-se em toda a extensão da costa.

Tabela 2: Características de ondas significativas na propagação para a área em estudo.

Rumo θ (graus)	Fetch L (m)	Área de propagação A (m x m)	Características das ondas e vento Hs (m), T (s), Vv (m/s)	
S= 90	27 800	27 800 x 40 800	Vv= 4.5	
SE= 135	30 000	30 000 x 30 000	Vv= 4.5	
E= 180	40 800	40 800 x 28 200	Hs= 1.5	T= 5
				T= 9
			Hs= 2.5	T= 7
				T= 11
NE= 225	30 000	30 000 x 30 000	Hs= 1.5	T= 5
				T= 9
			Hs= 2.5	T= 7
				T= 11

4. Modelação Numérica da Agitação Marítima

A análise dimensional das características hidrodinâmicas dos fenómenos presentes na propagação de ondas foi feita com base nos modelos numéricos SWAN (para modelação dos fenómenos de agitação ao largo, na zona de grandes profundidades relativas) e REF/DIF 1 (para modelação dos fenómenos de agitação próximo da linha costeira, na zona de pequenas profundidades), apoiados na base de dados criada pelos programas TECPLOT e MATLAB, usados na definição da batimetria e das condições de fronteira, a partir dos valores obtidos das cartas hidrográficas da Baía de Maputo.

4.1. Utilização dos Programas TECPLOT e MATLAB

A aplicação destes programas foi feita para a representação gráfica tridimensional (x,y,z) da batimetria da Baía de Maputo, utilizada posteriormente pelos modelos de cálculo SWAN e REF/DIF 1, na previsão das características dos fenómenos de agitação na propagação de ondas para a costa.

Os valores das coordenadas x e y resultam da transformação das coordenadas angulares obtidas das cartas hidrográficas usadas no estudo, para o sistema de coordenadas cartesianas, geometricamente equivalentes às respectivas coordenadas angulares. A conversão do tipo de coordenadas é feita através do programa Arcview (Figura 3).

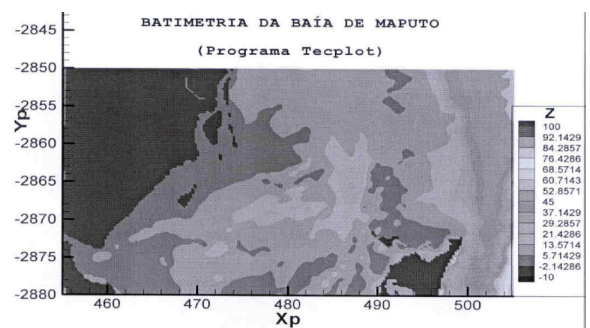


Figura 3 - Topohidrografia da Baía de Maputo.

4.2. Modelação com o Programa SWAN

O modelo é baseado no balanço de um conjunto de equações de 1ª, 2ª e 3ª ordem que traduzem as acções actantes durante a propagação de ondas, com ou sem correntes, e a sua interacção com as fronteiras lateral, fundo do mar e atmosfera. O modelo considera no algoritmo de cálculo os fenómenos de empolamento, refração, reflexão e rebentação da onda. O modelo não considera o efeito da difracção de ondas.

Os resultados da modelação são apresentados em função do rumo de propagação, período e altura significativa da onda (Figura 4). A ondulação no interior da Baía de Maputo tem origem predominantemente nas direcções Sul, Sudeste, Este e Nordeste. As vagas têm origem entre as direcções Este e Sul. A área em estudo é atingida a Nordeste maioritariamente pelas vagas de Sul, e a Sul pelas vagas formadas entre as direcções Sul (90°) e Este (180°). As ondas atingem a área em estudo com alturas que variam entre 0.2 e 0.5 m.

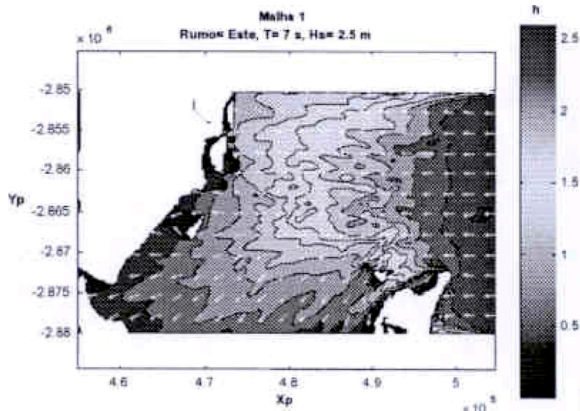


Figura 4 – Aplicação do modelo Swan.

4.3. Modelação com o Programa REF/DIF 1

O modelo considera no algoritmo de cálculo os fenómenos de empolamento, refração, difracção e rebentação de ondas monocromáticas (ondas com uma única frequência) em zonas costeiras de batimetria irregular, onde o efeito de difracção se revela importante. O modelo não considera os efeitos de reflexão de ondas.

Os resultados da modelação são apresentados em função do rumo de propagação, período e altura significativa da onda. A propagação das ondas é feita predominantemente a partir das direcções Sul, Sudeste, Este e Nordeste. O efeito da difracção é considerável para ondas geradas a partir das direcções Este e Nordeste. Nas ondas geradas a partir das direcções Sul e Sudeste (vagas) os efeitos de difracção são insignificantes e não são representativos dos fenómenos de agitação e deformação das ondas na propagação para a área em estudo. As ondas atingem a área em estudo com alturas que variam entre 0.1 e 3 m (Figura 5).

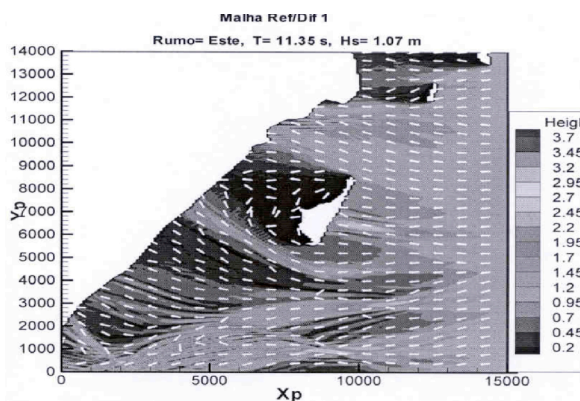


Figura 5 – Aplicação do modelo Ref/Dif 1.

5. Situação e Intervenções no Troço Costeiro

A faixa litoral estudada compreende o troço costeiro entre o Clube Naval (perfil - 2 650) e o início da estrada para o Bairro dos Pescadores (perfil + 7 800). Os perfis foram medidos em metros, a partir do terceiro esporão Sul-Norte.

A protecção da costa é feita por obras longitudinais aderentes (estacas prancha metálicas, enrocamentos e paramentos de betão), esporões e por formações dunares naturais, dispostas ao longo da linha costeira, desde a zona portuária a Sul do Clube Naval até à zona do Restaurante Costa do Sol, no limite Norte da área em estudo.

Com interferência nas condições hidrodinâmicas da área em estudo, a Sul do Clube Naval localiza-se o Estuário de Maputo que faz a confluência dos rios Maputo, Matola, Tembe, Umbelúzi e Incomati. A área é atravessada pelo canal de navegação do Porto de Maputo, com direcção Nordeste-Sudoeste, cujas operações de manutenção removem um volume de dragados na ordem dos 1 200 000 m³/ano.

O troço I - II, (- 2 650 a - 2 400), **Zona do Clube Naval**, com aproximadamente 250 m, é protegido por uma obra longitudinal aderente, que consiste em estruturas de estacas prancha metálicas ancoradas a vigas de betão (projecto construtivo terminado em Novembro de 1999). A obra de protecção é relativamente nova. O troço ainda não apresenta indícios significativos de instabilidade estrutural, de cedência nem de corrosão. As estacas prancha avançaram para o mar relativamente ao muro de betão anterior ao projecto, modificando as características dos fenómenos de agitação na propagação para a costa. A implantação das estacas modificou a superfície interactiva da costa, aumentando em certa medida o impacto físico das massas de água incidentes sobre a estrutura e a respectiva reflexão de ondas, consequentemente, alterando as condições de sedimentação dos sólidos transportados pelas correntes marítimas.

O Troço II – III (- 2 400 a - 1100), **Zona da Praia da Polana (Velhos Colonos)**, com aproximadamente 1 300 m, é protegido por uma obra longitudinal aderente que consiste num paramento de betão reforçado com enrocamento em pedras de peso médio igual a 0.5 toneladas-força (5 kN), ao longo da sua extensão. A camada de enrocamento tem uma secção com cerca de 1.5 m

de profundidade por 4 m de largura, e foi assente em tecido geotêxtil, com juntas de sobreposição de 0.5 m. Este troço foi igualmente contemplado no recente projecto de reabilitação da costa de Maputo.

O Troço III - IV (- 1100 a + 650), **Zona do Parque de Campismo**, com aproximadamente 1 750 m, é protegido por uma obra longitudinal aderente (paramento de betão) associada a três esporões com cerca de 150 m cada. A largura da praia que se estende ao longo do troço na direcção Norte varia com as oscilações de maré. Na baixa mar, os esporões ficam emersos até ao nível inferior do enrocamento feito ao longo das suas bases. Na preia-mar, com os esporões submersos na sua maior extensão, o espraçamento das ondas tende a atingir o muro de protecção marginal, numa zona onde a variação dos níveis de maré e a agitação costeira ditam a dinâmica sedimentar.

A influência dos esporões na formação da praia através do processo de erosão/acrecção de areias é actualmente pouco diferenciado e pouco significativo.

O Troço IV - V (+ 650 a + 5 900, **Zona entre o Parque de Campismo e o Restaurante Costa do Sol**, com aproximadamente 5 250 m, é protegido por obras longitudinais aderentes e por um sistema de dunas com 1 a 4 m de altura máxima, encontrando-se algumas delas cobertas com vegetação e com árvores de grande porte dispostas ao longo do seu alinhamento. A linha costeira apresenta-se arqueada em consequência do recuo diferenciado da costa, ditado pelos processos de erosão ao longo da sua extensão. Em alguns alinhamentos, as dunas encontram-se em avançado estado de erosão, com o contínuo desenraizamento das árvores de grande porte que outrora as protegiam, destruição da vegetação e consequente diminuição da sua altura. As dunas, descontínuas no sentido longitudinal da costa, para além da provável erosão eólica resultante da agitação costeira, demonstram indícios significativos de erosão por acção humana.

O Troço V - VI (+ 5 900 a + 7 800, **Zona entre o Restaurante Costa do Sol e o início da estrada para o Bairro dos Pescadores**, com aproximadamente 1 900 m a partir da Ponte da Costa do Sol, é protegido por uma obra aderente, disposta ao longo da estrada que dá acesso ao Bairro dos Pescadores. Próximo da Ponte à Norte do Restaurante Costa do Sol, desenvolve-se uma

restinga com direcção Sul-Norte, actualmente com cerca de 600 m de comprimento e 2 m de altura

O Troço VI - VII (> + 7 800) é a **Zona a Norte do início da estrada para o Bairro dos Pescadores**. A Norte da Ponte situada nas proximidades do Restaurante Costa do Sol, no início da estrada para o Bairro dos Pescadores, existe uma zona extensa de mangal submersa na preia-mar e emersa na baixa-mar, formando um pequeno sistema lagunar de leito lodoso, numa área com vegetação (pequenas árvores). Esta zona é protegida por um talude de betão construído recentemente. O mangal contribui para a estabilização sedimentar e pode minimizar o progresso da erosão.

6. Diagnóstico das Causas de Erosão

As causas de erosão foram avaliadas com base na leitura e interpretação dos fluxos gerados pelas correntes de agitação actuantes com influência na dinâmica sedimentar da área específica em estudo.

A estes dados foi associado o balanço sedimentar estimado através dos volumes de transporte de areias ao longo dos últimos anos, verificados pelo recuo de alguns troços da linha costeira, pela instabilidade dos troços protegidos por obras longitudinais aderentes (paramentos de betão), pela contínua diminuição da altura das dunas com o consequente desenraizamento das árvores existentes ao longo das formações dunares e pela avaliação da influência do canal de navegação que dá acesso ao Porto de Maputo, na dinâmica sedimentar da área em estudo.

Em grande parte da Costa de Maputo verificam-se fenómenos erosivos que se traduzem no recuo da “linha” costeira e no emagrecimento das praias. Os recuos (no sentido transversal à linha de costa) da costa são avaliados numa média de 1 m/ano, à excepção das zonas defendidas por obras longitudinais aderentes. Os perfis de praia e o balanço sedimentar da área em estudo indicam que a evolução da erosão se verifica na direcção Sul-Norte.

A ocorrência de erosão na área em estudo pode estar potencialmente relacionada com a construção e manutenção do canal de navegação que dá acesso ao Porto de Maputo. O canal, situado a cerca de 1 200 m a Sudeste (barlamar) do Clube Naval, no limite Sul do troço em estudo, forma uma zona de

sedimentação que interrompe parte significativa do material sedimentar que aflui à zona, transportado pelos rios Maputo, Tembe, Umbelúzi e Matola.

Nas zonas dunares, para além da erosão causada pelas acções hidrodinâmicas, há indícios significativos de erosão por acção humana, consequente de uma massiva destruição das dunas e da vegetação nos acessos à praia, habitualmente usados pelos banhistas, pelos pescadores e por veículos motorizados.

Os alinhamentos marginais protegidos por obras longitudinais aderentes influenciam negativamente o transporte transversal de areias durante a ocorrência dos fenómenos de espraiamento e de refluxo das ondas, dificultando o retorno das areias para a zona da praia, as quais são posteriormente transportadas para outras áreas, criando zonas localizadas de erosão.

Considerando a situação em cada troço costeiro já anteriormente referenciado, há que realçar os aspectos mais específicos que se passam a indicar.

Troço I - II (perfil: - 2 650 a - 2 400): Zona do Clube Naval: Na baixa-mar é notável o défice de areia afluyente ao local, o qual é suposto estar associado ao canal de dragagem de acesso ao Porto de Maputo, que atravessa a zona a cerca de 1 200 m a Sudeste. A superfície vertical e a cota do pé da estrutura em estacas em relação à variação do nível de água nas marés limitam a ocorrência dos fenómenos de espraiamento e refluxo, originando reflexões acentuadas, que interferem com os movimentos transversais e longitudinais dos sedimentos.

Troço II - III (perfil: - 2400 a - 1100): Zona da Praia da Polana (Velhos Colonos): O processo de erosão neste troço é resultante do défice na alimentação sedimentar a partir de barlamar. O défice sedimentar, tal como no troço anterior, é previsivelmente causado pelo canal de dragagem que dá acesso ao Porto de Maputo, o qual está localizado nas proximidades da foz dos rios Tembe, Umbelúzi, Matola e Maputo, importantes fontes de sedimentos para a zona costeira. Este canal, intercepta o caudal sólido, por sedimentação, originando a necessidade de dragagens frequentes.

Troço III - IV (perfil: - 1100 a + 650): Zona do Parque de Campismo: A erosão neste troço, tal como nos anteriores, está associada às alterações nos volumes de transporte sedimentar causadas pela construção do já referido canal de dragagem. A

propagação do défice sedimentar na direcção Sul-Norte, provoca a perda de sedimentos na mesma direcção com o consequente recuo dos alinhamentos costeiros.

Troço IV - V (perfil: + 650 a + 5 900): Zona entre o Parque de Campismo e o Restaurante Costa do Sol: A análise qualitativa da área de influência afectada pela erosão causada, antecipada ou intensificada pela construção dos esporões, indica que a erosão poderá ter-se propagado até cerca de 1 500 m para Norte, a partir do terceiro esporão na direcção Sul-Norte. O troço IV - V é maioritariamente formado por dunas e três pequenos alinhamentos onde a protecção é feita com muros de betão aderentes a linha costeira, construídos entre os perfis (+ 1 512 e + 1 691), (+ 3 337 e + 3 930) e (+ 4 938 e + 5 138). Durante os períodos de tempestade, a que se associa um aumento significativo dos agentes hidrodinâmicos, nomeadamente da agitação costeira que induzem a ocorrência de erosões acentuadas, a Avenida da Marginal pode ser afectada. Ao longo do troço IV - V, há uma redução do índice de erosão na direcção Sul-Norte, verificável pela respectiva redução do valor do recuo relativo da linha costeira e pelo aumento da largura das praias de Sul para Norte. Esta redução do índice de perda sedimentar dá indicação sobre o sentido de propagação da erosão e sobre a capacidade de transporte litoral ao longo da costa, consequente das características dos fenómenos de agitação responsáveis pela erosão.

O balanço sedimentar indica uma variação de 8.5 m³/m a 2.5 m³/m na perda de sedimentos e 1.5 m/ano a 0.5 m/ano no recuo da costa, ao longo da área em estudo, de Sul para Norte. A ausência de vegetação em extensões significativas das dunas, associada à exposição destas às correntes de transporte eólico e à afluência de pessoas com a formação de caminhos de acesso à praia, mostram-se também factores significativos para a ocorrência de erosão neste troço.

Troço V - VI (perfil: + 5 900 a + 7 800): Zona entre o Restaurante Costa do Sol e o início da estrada para o Bairro dos Pescadores: A Norte do Restaurante Costa do Sol, desenvolve-se uma restinga na direcção Norte. Tem actualmente cerca de 600 metros de comprimento e 2 m de altura. A restinga funciona como um quebramar - esporão natural para o troço costeiro adjacente.

Através de fotografias aéreas é possível estimar um crescimento da restinga, entre 1969 e 1996, de 25 m/ano.

Troço VI - VII (Jusante do perfil + 7 800): **Zona a Norte do início da estrada para o Bairro dos Pescadores:** Este troço está situado a sotamar da restinga e apresenta alguns indícios de erosão.

Associado ao conjunto de factores mencionados anteriormente está a construção da Avenida da Marginal executada sobre as formações dunares que outrora foram a principal estrutura de protecção natural da linha costeira. A construção da Avenida contribuiu para a modificação das condições de equilíbrio natural ao longo da costa, tendo como consequência o actual estado avançado de erosão que afecta, inclusivamente, a própria Avenida.

7. Intervenções de Defesa Costeira

Dado o elevado nível de procura turística e ocupação urbana a que a zona em estudo está a ser sujeita, factores que contribuem para o agravamento da erosão e fragilização das estruturas de protecção natural com destaque para as dunas, os recuos significativos que se têm registado poderão aumentar com a perda de areia das praias, destruição das dunas e da vegetação, tendo como consequências imediatas o aumento do risco de galgamento e degradação da Avenida da Marginal, aumento dos riscos de algumas construções virem a ser afectadas, destruição das obras longitudinais aderentes e outras repercussões negativas para a zona litoral. Torna-se imperioso iniciar um plano de monitorização que inclua a realização de levantamentos topo-hidrográficos, sedimentares e biofísicos.

As intervenções de defesa costeira visam proteger a área em estudo contra o continuado e progressivo processo de erosão verificado.

7.1. Soluções Alternativas

Do conjunto de soluções técnicas de intervenção para a minimização da erosão ao longo da costa de Maputo, dadas as condições características de agitação costeira nesta zona, são passíveis de considerar:

- obras transversais (esporões);
- obras longitudinais aderentes (muros verticais, muros com taludes, enrocamentos);
- alimentação artificial de praias;

- protecção, reconstrução e reabilitação de dunas.

Estas intervenções podem ser consideradas individualmente ou conjugadas. Neste caso designam-se por soluções mistas. Devem ser enquadradas num Plano de Ordenamento que não viabilize a construção em zonas críticas.

7.2. Esporões (e alimentação artificial com sedimentos)

Um estudo da DHV de 1999, retomando estudos anteriores, propõe a construção de um campo de dez esporões a Norte do perfil + 1 691 (terceiro esporão dos três actualmente existentes, de Sul a Norte). Esta intervenção deveria ser complementada com uma alimentação artificial de areias com volumes de 50 000 m³ entre esporões, ou seja, cerca de 450 000 m³, por forma a estabilizar e minimizar o recuo da linha costeira. O objectivo do campo de esporões proposto seria estabilizar e criar praias em frente das obras aderentes ao longo da linha costeira. Para além do benefício balnear, seria minimizado o índice actual de erosão nas áreas frontais às estruturas longitudinais aderentes e impedir-se-ia a fragilização das suas fundações.

A influência dos três esporões existentes na interrupção do material sólido mostra-se actualmente pouco significativa. Este facto pode estar associado ao reduzido fluxo sedimentar a partir das zonas a barlar, o que fortalece a hipótese da influência negativa do canal de navegação do Porto de Maputo na dinâmica sedimentar. Considerando este facto, torna-se questionável a construção de um campo alargado de esporões numa zona onde a principal causa da erosão pode estar relacionada com a carência de sedimentos a partir de barlar. Os esporões constituem uma artificialização nem sempre aceite pela comunidade científica. A justificação da sua execução só poderia ser encontrada como uma tentativa de reduzir o transporte sólido longitudinal e as erosões associada a uma alimentação artificial com areias. A adopção desta alternativa deve ser encarada como uma solução de médio a longo prazo dado o nível de intervenção estrutural necessário, aliado ao custo para a sua execução.

7.3. Obras Longitudinais Aderentes (e alimentação artificial com sedimentos)

Diversos troços ao longo desta costa estão actualmente protegidos com diversos tipos de estruturas longitudinais aderentes. Algumas sofreram reparações e outras evidenciam situações de instabilidade estrutural. Esta solução será de adoptar apenas nos troços localizados que se apresentam como mais críticos e vulneráveis às acções do mar (onde existem arruamentos e habitações), não devendo ser aplicada nos troços defendidos por sistemas dunares.

A construção de paramentos nesses troços permitiria por um lado a retenção dos solos terrestres e a protecção da Avenida da Marginal, mas por outro lado, não favorece as condições de transporte litoral nem minimizaria o índice de erosão verificado nas suas praias, o que, a curto ou médio prazo leva à erosão das zonas próximas das fundações e à consequente instabilidade dos paramentos. Estes aspectos negativos obrigam a associar estas estruturas à alimentação artificial com areias e / ou a esporões.

No limite, atingir-se-ia uma extensão de construção de cerca de 4 700 m de estruturas aderentes com pelo menos 500 000 m³ de alimentação artificial de praias.

A estrutura, deve permitir uma correcta a drenagem das águas pluviais provenientes das zonas continentais adjacentes.

7.4. Alimentação Artificial de Praias

Nesta intervenção poderão ser usados materiais dragados de boa qualidade (no canal de navegação) ou com origem em fontes off-shore a estudar. Excepcionalmente e em situações de galgamentos e erosões pontuais muito graves, a “ripagem” de areias da pré-praia (em zonas menos sensíveis do ponto de vista biofísico) poderá adiar por poucos anos uma intervenção mais estruturante.

Os maiores valores do défice sedimentar registam-se nas áreas mais a Sul do troço compreendido entre a zona de esporões e o Restaurante Costa do Sol, numa extensão com cerca de 7 km, não obstante também aí haver troços relativamente estáveis (zonas com dunas protegidas). Uma análise preliminar conduz a volumes de alimentação artificial que variam entre

500 000 m³ a 1 600 000 m³, consoante seja ou não uma intervenção associada a outra.

O clima de agitação costeira local é relativamente calmo comparado a outros com experiências satisfatórias neste tipo de solução.

A alimentação artificial de praias exige um Estudo Prévio que pode evoluir para um Projecto de Execução que contemple, entre outros, os seguintes aspectos: topo-hidrografia actualizada da zona a intervencionar e características dos sedimentos; alternativas de fontes alimentadoras de sedimentos ou áreas de empréstimo (dragagens no canal de navegação, zonas a delimitar para dragagens fora do canal sem grandes impactes biofísicos); características dos sedimentos nas fontes (granulometria, composição mineralógica, poluição); técnicas possíveis de dragagens e repulsão para a praia; perfis de praia a alimentar e volumes; minimização de impactes ambientais durante a execução; custos, controlo das operações; monitorização durante vários anos.

Os custos desta solução são variáveis em função da localização das fontes de sedimentos, da selecção do material com a qualidade pretendida, dos métodos de recolha, de carga e de transporte do material. É necessário prever recargas de sedimentos ao longo do tempo com uma periodicidade que pode ser estimada através da avaliação da perda sedimentar anual. Uma perda de 8.5 m³/m anuais, numa extensão máxima de 10 km, equivale a uma perda sedimentar de 85 000 m³/ano. Então, uma alimentação de 500 000 m³ teria um horizonte estimado de 6 anos.

7.5. Protecção, Reconstrução e Reabilitação de Dunas

No terreno, verifica-se que as zonas protegidas com dunas ainda oferecem relativa capacidade de resistência à erosão. As zonas dunares com indícios significativos de erosão são as desprotegidas de vegetação e as que servem de acesso às praias, usados pelos banhistas e pescadores.

As intervenções de protecção, reconstrução e de reabilitação, incluem reperfilamentos, a revegetação, a delimitação com cercas, a construção de acessos e a sinalização. Deve ser usada como uma solução sistemática, cuja periodicidade depende das características dos fenómenos de agitação actantes.

8. Síntese de Conclusões e Recomendações

O sistema morfológico é influenciado por ondas e vagas geradas a partir de NE, E, SE e S. A área em estudo é protegida a N e NE pela Ilha Xefina Grande e Ponta da Macaneta. De E a S é protegida pela Península de Santa Maria e pela Ilha de Inhaca; O balanço sedimentar indica uma evolução da erosão na direcção S-N, com perda sedimentar entre 8.5 e 2.5 m³/ano (S-N), recuo da linha costeira (1 m/ano), emagrecimento de praias e erosões acentuadas;

A erosão pode estar relacionada com a dragagem do canal do Porto de Maputo de onde são extraídos cerca de 1 200 000 m³ de areia por ano;

Nas dunas, há evidências de erosão eólica, por acções do mar e por acção humana (pisoteio, plataformas);

A elevada procura turística e a pressão urbana sobre a zona poderá agravar a erosão e fragilização das estruturas de protecção. Um novo hotel de uma cadeia internacional foi edificado no Domínio Público Marítimo.

A mitigação da erosão pode ser feita por obras transversais (espórões), obras longitudinais aderentes, alimentação artificial de praias e reabilitação de dunas. Exigem investimentos e operações de manutenção.

Porém, estas soluções alternativas de defesa introduzem efeitos de funcionalidade e ambientais adversos que precisam ser equacionados e avaliados.

É necessário e urgente desenvolver um plano de monitorização que inclua a realização de levantamentos topo-hidrográficos, sedimentares e biofísicos periódicos;

É necessária uma actualização dos dados relativos da hidrodinâmica e fisiografia local;

É necessário aprofundar o estudo da influência do canal de dragagem na dinâmica sedimentar e obter dados oficiais e reais sobre os volumes dragados;

É necessária a requalificação e revegetação periódica das dunas;

É necessária a construção de acessos pedonais às praias e impedir novas plataformas de estacionamento, construções e vias sobre as dunas.

É necessário um Plano de Ordenamento eficaz, que tenha em consideração os fenómenos físicos presentes e o elevado valor dos ecossistemas e que possibilite uma maior e melhor integração e

ocupação das zonas litorais, rentabilizando as suas ofertas mas garantindo a sua sustentabilidade.

Referências Bibliográficas

- Casal Moura, A. (1973). A Dinâmica Estuarina e sua Influência nos Processos Sedimentogénicos, Vol.9-SérieB, IICM, Lourenço Marques.
- Casal Moura, A. (1975). Primeira Contribuição para o Conhecimento dos Sedimentos do Estuário do Espírito Santo, Vol.10-Série B, IICM, Lourenço Marques.
- CTHIGC(MICOA), UICN Moçambique (1998) Macrodiagnóstico da Zona Costeira de Moçambique, 1ª ed., Imprensa Universitária - UEM, Maputo.
- DHV Environment and Infrastructure (1999). Rehabilitation Coastal Works Maputo-Morphological Study, Version 3, DHV, 3800 BB Amersfoort.
- INAHINA (1999) Tabela de Marés 2000-Moçambique, INAHINA, Maputo.
- Langa, Jónio V. Q. (2000). Erosão Costeira na Cidade de Maputo. Causas. Impactos Ambiental e Monitoramento, Tese de Licenciatura., Universidade Eduardo Mondlane, Moçambique.
- Langa, Jónio V. Q. (2003). Erosão Costeira na Cidade de Maputo. Causas. Considerações sobre Intervenções de Defesa. Dissertação de Mestrado., Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal.
- Langa, Jónio V. Q, Veloso Gomes, F. F. (2005). Problemas na zona costeira de Moçambique com ênfase para a costa de Maputo. III Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, Outubro de 2005, Maputo - Moçambique.
- Lopes, M. E., (1983). Modelado Cársico das Arribas e Plataformas de Abrasão-Corrosão, no Litoral Sul de Moçambique, Finisterra, XVIII, 36, Lisboa, 223-291.
- Lopes, M. E. (1977). Nota sobre o Ecossistema do Mangal no Sul de Moçambique, Garcia de Orta, Sér. Geogr, Lisboa, 4(1-2), 29-44.
- Momade, F., M. Ferrara e J. Oliveira (1996). Notícia explicativa da Carta Geológica 2532 D3 Maputo, Direcção Nacional de Geologia, Maputo.
- Padilla-Hernandez, R., E. Rogers, J. Kaihatu and H. Petiti (2000). SWAN Cycle III Version 40.11 User Manual.
- WANDI group (1988). The WAM model – a third generation ocean wave prediction model, J. Phys. Oceanogr., 18, 1775-1810.