



REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE
MINISTÉRIO DO MAR, ÁGUAS INTERIORES E PESCAS (MIMAIP)

ELABORAÇÃO DO PLANO DE ORDENAMENTO DO ESPAÇO MARÍTIMO
(POEM)



POEM

Fase 2 - Inventário e Caracterização

Relatório E4 - Inventário e Caracterização Ambiental

Caracterização Geral

Esta página foi deixada propositadamente em branco

Versão para consulta pública



FICHA TÉCNICA

Cliente:	REPÚBLICA DE MOÇAMBIQUE Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas (MIMAIP)
Representante do Cliente:	FUNDO DE FOMENTO PESQUEIRO (FFP) Av. Emília Daússe, n.º 591, Maputo - Moçambique Atenção: Miguel Micas Langa (Chairman of the Board of Directors)
Consultor:	Consórcio TPF & Biodesign TPF - Consultores de Engenharia e Arquitetura, S.A. TPF Moçambique, Lda. Biodesign, Ambiente e Paisagem, Lda. Representante / Gestão do Contrato: Carlos Gomes (Administrador) Coordenador: Francisco Mestre (Director) Coordenador Adjunto: Paulo Oliveira (Chefe de Projecto) TPF Moçambique, Lda. <i>Rua da Imprensa R.1.121, Prédio 33 Andares, 4º Piso, Escritório 413, Maputo, Moçambique</i> <i>Telefone: +258 843 212 771, E-mail: carlos.gomes@tpf.pt; geral@tpfmocambique.com</i>
Contrato:	MZ-MMAIP-78165-CS-QCBS - Elaboration of the National Marine Spatial Plan (POEM)
Data de Início:	3 Junho 2019
Entidade financiadora:	Banco Mundial
Equipa Técnica:	Teresa Maria Gamito (Coordenação Técnica Geral) Jorge Gonçalves (Oceanografia) José Poças Esteves (Economia do Mar) Helena Ribeiro (Sociologia) Gildo Espada (Legislação) César Andrade (Mudanças Climáticas) Ana Adelino (Avaliação Ambiental e Social Estratégica) João Mosca (Comunidades Rurais, Costeiras e Piscatórias) Marco Painho (Sistemas de Informação Geográfica, WebSIG) João Tique (Ordenamento do Território) Victor Campos (Articulação com o PNMT) Fialho Nehama (Ciências do Mar, Investigação Científica) Albino Mazembe (Políticas Públicas, Ordenamento do Território) Adelino Reginaldo (Transportes Marítimos e Navegação) Ana Bastos (Dinâmica Costeira) Ana de Cátia Manhita (Apoio à Coordenação) Ana Jerónimo (AASE - Participação Pública) António Gonçalves (Sistemas de Informação Geográfica) António Romão (AASE)



Elídio Massuanganhe (Recursos Minerais)
Fernanda Barth (Programação WebSIG)
Francisco Garcia (Soberania e Defesa Nacional)
Frederico Oliveira (Conservação da Natureza)
Luís Bentes (Oceanografia, Serviços de Ecossistemas e SIG)
Luís Sarmiento (Turismo e Lazer)
Manuel Libano Monteiro (Equipamentos e Infraestruturas)
Maria Teresa Dinis (Aquacultura e Biotecnologia)
Mussa Achimo (Recursos Minerais)
Nelson Capaina (Comunidades Rurais, Costeiras e Piscatórias)
Noca Bernardo F. da Silva (Ciências do Mar)
Nuno Lamas Pimentel (Petróleo e Gás)
Paulo Oliveira (PNDT, Poluição, Qualidade do Ambiente)
Pedro Monteiro (Pescas e SIG)
Ricardo Teixeira Duarte (Património Cultural Subaquático)
Rita Colen (Aquacultura)
Rosa Silvério (AASE)
Rui Taborda (Modelação de Processos e Morfodinâmica Costeira)
Sara Abrão Tembe (Ciências do Mar)
Sónia Ribeiro (Economia do Mar)
Stephanie Pisapia (Petróleo e Gás)
Tiago Oliveira (WebSIG)
Vitorino Almeida (Energia)

Edição e Direitos:

1ª edição em Abril de 2020

Consórcio TPF Consultores & Biodesign, 2019

O conteúdo deste Relatório é da autoria do Consultor e propriedade do Cliente, sendo-lhe aplicável o disposto na lei quanto a direitos de autor e direitos conexos.

É proibida a sua reprodução ou transmissão a terceiros, no todo ou em parte, a qualquer título, mesmo gratuito, por qualquer processo, electrónico, mecânico, fotocópia, gravação ou outro, incluindo a sua inclusão em sistema de armazenamento ou pesquisa de dados, sem prévia autorização escrita do autor.



NOTA SOBRE A VERSÃO FINAL

O presente Relatório deve ser consultado em conjunto com os seguintes documentos complementares:

- **Análise e Comentários do Relatório E4 - Inventário e Caracterização Ambiental - POEM. DIPOL-MIMAIP / Comissão Consultiva do POEM, 06.05.2020.**
- **Relatório de Ponderação do Parecer Técnico relativo ao Entregável 4 (Inventário e Caracterização Ambiental). Consórcio TPF & Biodesign, 12.05.2021.**

O conteúdo do presente Relatório foi ajustado tal como referido no Relatório de Ponderação do Parecer "Análise e Comentários do Relatório E4 - Inventário e Caracterização Ambiental - POEM".

HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Versão n.º	Data	Técnico Responsável	Descrição
2	12 / 05 / 2021	Paulo Oliveira	Versão para consulta pública
1	03 / 04 / 2020	Paulo Oliveira	Edição para apreciação do Cliente.



Esta página foi deixada propositadamente em branco

Versão para consulta pública





ÍNDICE DE TOMOS

Tomo 1 - Enquadramento

1. Relatório de Inventário e Caracterização. Descrição Geral
2. Enquadramento
3. Quadro Legal e de Planeamento
4. Síntese de *Benchmark*

Tomo 2 - Caracterização Geral

5. Caracterização Geral do Espaço Marítimo de Moçambique e Zonas Costeiras

Tomo 3 - Usos, Actividades e Funções

6. Inventário e Caracterização de Usos, Actividades e Funções

Tomo 4 - Avaliação e Desenvolvimentos Futuros

7. Economia do Mar
8. Geração de Mapas e Cartografia Temáticos
9. Desenvolvimento, Implementação e Manutenção do Portal WebSIG
10. Avaliação Ambiental e Social Estratégica
11. Fases Seguintes

TOMO 2 - CARACTERIZAÇÃO GERAL

ÍNDICE DO TOMO

5 Caracterização Geral do Espaço Marítimo de Moçambique e Zonas Costeiras	1
5.1 O Espaço Marítimo de Moçambique	1
5.1.1 Área abrangida pelo POEM	1
5.1.2 Elementos físico-naturais que caracterizam a zona de estudo	2
5.1.3 A integração de Programas e Projectos em curso ou em carteira	5
5.1.4 A Integração e sobreposição das diversas actividades, usos e funções na zona costeira e espaço marítimo nacional	10
5.1.5 Bibliografia	15
5.2 Condições Naturais do Espaço Marítimo de Moçambique	16
5.2.1 Descrição Geral	16
5.2.2 Clima	16
5.2.3 Oceanografia	24
5.2.4 Sismos	67
5.2.5 Batimetria e caracterização dos fundos	71
5.2.6 Bibliografia	74
5.3 Evolução da Linha de Costa	80



5.3.1	Introdução	80
5.3.2	Metodologia.....	80
5.3.3	Resultados	81
5.3.4	Considerações finais.....	93
5.3.5	Bibliografia	94
5.3.6	Anexos	96
5.4	Mudanças Climáticas	116
5.4.1	Descrição Geral	116
5.4.2	Nível médio do mar.....	116
5.4.3	Vulnerabilidade do litoral.....	117
5.4.4	Vulnerabilidade dos recursos.....	126
5.4.5	Bibliografia	127
5.5	Qualidade Ambiental.....	130
5.5.1	Descrição Geral	130
5.5.2	Caracterização	131
5.5.3	Valores (actuais e potenciais).....	139
5.5.4	Interacção	141
5.5.5	Recursos necessários à sua existência/ desenvolvimento sustentável	152
5.5.6	Instrumentos de gestão	157
5.5.7	Necessidades de gestão.....	165
5.5.8	Conclusões	170
5.5.9	Bibliografia	171

QUADROS

Quadro 5.1 - Coordenadas dos locais de extracção dos parâmetros de ondas ao largo de Moçambique	34
Quadro 5.2 - Estatísticas dos parâmetros de ondas ao largo de Moçambique para cada ponto de amostragem. S(Hs), Hs max, HsP97,5 e valores médios de Hs, Tm, Tp, Dir, θ_p e P.....	36
Quadro 5.3 - Ciclones e tempestades tropicais que afectaram o litoral de Moçambique entre 1988 e 2019.....	40
Quadro 5.4 - Média da altura (m acima do zero hidrográfico) e amplitude da maré astronómica em portos de Moçambique	49
Quadro 5.5 - Valores extremos de sobreelevação ao longo da costa de Moçambique	52
Quadro 5.6 - Valores extremos de níveis totais ao longo da costa de Moçambique.....	53
Quadro 5.7 - Dados de estações maregráficas retirados das plataformas PSMSL e SONEL. A cinzeno salientam-se dados PSMSL e SONEL para a mesma estação na mesma janela temporal	55
Quadro 5.8 - Total de pontos por tendência de evolução da linha de costa.....	81
Quadro 5.9 - Taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito no litoral continental de Moçambique	96



Quadro 5.10 - Taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito no litoral insular de Moçambique	98
Quadro 5.11 - Estatísticos da taxa de acreção/erosão da linha de costa de Moçambique	110
Quadro 5.12 - Número de pontos de amostragem usados para análise da evolução da linha de costa	112
Quadro 5.13 - Estatísticos da taxa de acreção/erosão dos pontos de amostragem usados na análise da evolução da linha de costa	113
Quadro 5.14 - Classes de exposição para os diferentes indicadores	120
Quadro 5.15 - Estratégias do POLMAR para a qualidade ambiental e controlo da poluição	158
Quadro 5.16 - Mecanismos de observação, controlo e fiscalização para a qualidade ambiental e poluição no âmbito do Regulamento (Decreto 45/2006)	168

FIGURAS

Figura 5.1 - Distritos costeiros tal como definidos na POLMAR (Resolução n.º 30/2017 de 14 de Setembro)	1
Figura 5.2 - Esquema aproximado do Espaço Marítimo de Moçambique	2
Figura 5.3 - Zonas costeiras de Moçambique	4
Figura 5.4 - Área do projecto SWIOfish1 em Moçambique	6
Figura 5.5 - Área de abrangência do projecto FishCC	7
Figura 5.6 - Desenvolvimentos portuários previstos	9
Figura 5.7 - Sobreposição entre actividades que ocorrem na zona costeira e espaço marítimo (à escala nacional)	11
Figura 5.8 - Sobreposição das Actividades na Zona Costeira Norte: províncias de Cabo Delgado e de Nampula	12
Figura 5.9 - Sobreposição de actividades na Região Costeira do Centro de Moçambique: províncias da Zambézia e de Sofala	13
Figura 5.10 - Sobreposição de actividades na Região Costeira Sul de Moçambique: províncias de Inhambane, de Gaza e de Maputo	14
Figura 5.11 - Distribuição espacial da altitude	18
Figura 5.12 - Zonas climáticas de Moçambique, segundo Koppen-Geiger	19
Figura 5.13 - Distribuição espacial da precipitação média anual	21
Figura 5.14 - Distribuição espacial da temperatura média anual	22
Figura 5.15 - Frequência dos ciclones por Distrito	23
Figura 5.16 - Temperatura, salinidade e perfil de oxigénio usados para descrever as massas de água	25
Figura 5.17 - Perspectiva histórica da circulação do canal de Moçambique	28
Figura 5.18 - Circulação dominante associada ao canal de Moçambique. Vórtices anticiclónicos (AC), Vórtices ciclónicos (C)	29
Figura 5.19 - Exemplo de percurso de vórtices durante um período de 5 anos e os seus locais de formação	30
Figura 5.20 - Representação esquemática da existência de vórtices na região de Angoche	31



Figura 5.21 - Representação esquemática da localização dos eventos de ressurgência entre 2003 e 2007	32
Figura 5.22 - Circulação esquemática na zona sul de Moçambique responsável pelo fenómeno de ressurgência	33
Figura 5.23 - Batimetria do canal de Moçambique e posicionamento dos locais de extracção dos parâmetros de ondas ao largo (1.000 m de profundidade): P1 a P8, de Norte para Sul	35
Figura 5.24 - Representação esquemática dos parâmetros de ondas em águas profundas	37
Figura 5.25 - Distribuição conjunta do rumo ($^{\circ}$) e altura significativa (m), das ondas em águas profundas por local de amostragem (de Norte para Sul)	38
Figura 5.26 - Esquema das trajectórias predominantes dos ciclones tropicais que afectam Madagáscar (flechas azuis) e Moçambique (flechas vermelhas)	39
Figura 5.27 - Diagrama de dispersão da altura significativa (H em abcissas) versus período de pico (T em ordenadas)	42
Figura 5.28 - Histogramas da altura significativa (H, à esquerda) e do período de pico (T, à direita) nos locais de amostragem P1 a P4	43
Figura 5.29 - Histogramas da altura significativa (H, à esquerda) e do período de pico (T, à direita) nos locais de amostragem P5 a P8	44
Figura 5.30 - Distribuição mensal da altura significativa (esquerda) e do período de pico (direita). P1 a P4	46
Figura 5.31 - Distribuição mensal da altura significativa (esquerda) e do período de pico (direita). P5 a P8	47
Figura 5.32 - Nível de água observado ao longo de 16 dias em Dezembro de 1995	48
Figura 5.33 - Amplitude de maré em águas vivas e mortas ao longo da costa de Moçambique	50
Figura 5.34 - Distribuição dos extremos de retorno dos níveis totais (m NMM) para um período de 50 anos ao longo do Índico sudoeste	53
Figura 5.35 - Tendência de subida do NMM. Dados de altimetria de satélite entre 1992 e 2019 (NOAA)	56
Figura 5.36 - Tendência de subida do NMM no mar de Moçambique (entre 1992 e 2019) na batimétrica dos 1.000 m (ver figura anterior)	57
Figura 5.37 - Clorofila superficial (mg Chl m^{-3})	58
Figura 5.38 - Concentração média de clorofila, baseada em dados do SeaWIFS de Setembro de 1997 a Setembro de 2005, com uma resolução de 9 km	59
Figura 5.39 - Imagens diárias de 1 km MODIS de clorofila a (mg m^{-3}) mostrando a evolução de um evento de clorofila a entre 22 de Agosto a 9 de Setembro 2004	60
Figura 5.40 - Distribuição horizontal da temperatura da água do mar a 5 m de profundidade	62
Figura 5.41 - Temperatura superficial da água do mar	63
Figura 5.42 - Salinidade superficial da água do mar	64
Figura 5.43 - Oxigénio dissolvido na água do mar	65
Figura 5.44 - Oxigénio dissolvido na água do mar	66
Figura 5.45 - Sistema de rifts estabelecido no Miocénico ao longo da África Oriental, que vai desde o Mar Vermelho passando pelo Quênia, Tanzânia e terminando em Moçambique (Lago Niassa e Urema)	67
Figura 5.46 - Sismicidade de Moçambique e regiões vizinhas, 1912-2006. Terremoto de Machaze 2006 (estrela) incluído; tremores secundários excluídos	69
Figura 5.47 - Distribuição da perigosidade sísmica de Moçambique	70
Figura 5.48 - Localização e disposição espacial das morfoestruturas do Canal de Moçambique	71



Figura 5.49 - Batimetria do canal de Moçambique e bacias adjacentes	73
Figura 5.50 - Média e desvio padrão da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito, em Moçambique	83
Figura 5.51 - Média e desvio padrão da taxa de acreção/erosão da linha de costa continental por distrito	84
Figura 5.52 - Média e desvio padrão da taxa de acreção/erosão da linha de costa insular por distrito	85
Figura 5.53 - Zona Norte, de Palma a Angoche, média da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e por ponto de amostragem.....	86
Figura 5.54 - Zona Norte, de Angoche a Chinde, média da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e por ponto de amostragem.....	87
Figura 5.55 - Zona Centro, de Chinde a Vilanculos, média da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e por ponto de amostragem.....	88
Figura 5.56 - Zona Sul, de Govuro a Matutuíne, média da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e por ponto de amostragem.....	89
Figura 5.57 - Beira (sector NW-SE), erosão significativa com desaparecimento de construções entre 2007 e 2019 e migração/acrecção de ponta de barreira	91
Figura 5.58 - Beira, localização dos troços costeiros (A a D) e transectos (círculos pretos 1 a 5, de W para E) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa	98
Figura 5.59 - Beira (troço NW-SE), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (1,8 m/ano $\pm$ 0,6) correspondente ao transecto 1 referenciado na 1ª figura deste ponto.....	99
Figura 5.60 - Beira (troço NW-SE), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (-6,8 m/ano $\pm$ 0,7) correspondente ao transecto 2 referenciado na 1ª figura deste ponto.....	99
Figura 5.61 - Beira (troço E-W), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (0,4 m/ano $\pm$ 0,2) correspondente ao transecto 3 referenciado na 1ª figura deste ponto.....	100
Figura 5.62 - Beira (troço E-W), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (-0,2 m/ano $\pm$ 0,4) correspondente ao transecto 4 referenciado na 1ª figura deste ponto.....	100
Figura 5.63 - Beira (troço NE-SW), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (-0,6 m/ano $\pm$ 0,3) correspondente ao transecto 5 referenciado na 1ª figura deste ponto.....	101
Figura 5.64 - Inhambane (litoral leste), localização dos transectos (círculo preto) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa	101
Figura 5.65 - Inhambane (litoral leste), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (0,6 m/ano $\pm$ 0,4) correspondente ao transecto norte referenciado na 1ª figura deste ponto	102
Figura 5.66 - Inhambane (litoral leste, praia do Tofo), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (-0,0 m/ano $\pm$ 0,7) correspondente ao transecto sul referenciado na 1ª figura deste ponto	102
Figura 5.67 - Xai-Xai, localização dos transectos (círculo preto) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa	103
Figura 5.68 - Xai-Xai, posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (0,9 m/ano $\pm$ 0,1) correspondente ao transecto nordeste referenciado na 1ª figura deste ponto	103
Figura 5.69 - Xai-Xai, posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (0,4 m/ano $\pm$ 0,4) correspondente ao transecto sudoeste referenciado na 1ª figura deste ponto	104
Figura 5.70 - Maputo (Costa do Sol), localização dos transectos (círculo preto) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa. Transectos elencados de 1 a 5, de NE para SW.....	104



Figura 5.71 - Maputo (a norte da Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($2,8 \text{ m/ano} \pm 0,4$) correspondente ao transecto 1 a norte (área de mangal) referenciado na 1ª figura deste ponto	105
Figura 5.72 - Maputo (Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($-3,8 \text{ m/ano} \pm 0,8$) correspondente ao transecto 2 referenciado na 1ª figura deste ponto	105
Figura 5.73 - Maputo (Norte da Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,7 \text{ m/ano} \pm 0,4$) correspondente ao transecto 3 referenciado na 1ª figura deste ponto	106
Figura 5.74. Maputo (Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,3 \text{ m/ano} \pm 0,3$) correspondente ao transecto 4 referenciado na 1ª figura deste ponto	106
Figura 5.75 - Maputo (Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($-0,2 \text{ m/ano} \pm 0,1$) correspondente ao transecto 5 referenciado na 1ª figura deste ponto	107
Figura 5.76 - Inhaca, localização do transecto (círculo preto) seleccionado para ilustração da medição da posição da linha de costa	107
Figura 5.77 - Inhaca (latitude Monte Inhaca), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,6 \text{ m/ano} \pm 0,3$) referenciado na figura anterior	108
Figura 5.78 - Ponta do Ouro, localização dos transectos (círculo preto) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa	108
Figura 5.79 - Ponta do Ouro, posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($-0,2 \text{ m/ano} \pm 0,3$) correspondente ao transecto norte referenciado na 1ª figura deste ponto	109
Figura 5.80 - Ponta do Ouro, posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,2 \text{ m/ano} \pm 0,3$) correspondente ao transecto sul referenciado na 1ª figura deste ponto	109
Figura 5.81 - Histograma da taxa de acreção/erosão da linha de costa continental de Moçambique	111
Figura 5.82 - Cidade da Beira. Troço costeiro guarnecido por campo de esporões. Pontos de amostragem e indicação da taxa de acreção/erosão da linha de costa	114
Figura 5.83 - Cidade de Maputo. Troço costeiro guarnecido por campo de esporões e margem esquerda do estuário Espírito Santo. Pontos de amostragem e taxas de acreção/erosão da linha de costa	115
Figura 5.84 - Mapeamento dos principais tipos de habitats ao longo da linha de costa de Moçambique	120
Figura 5.85 - Índice de exposição à erosão e galgamento da linha de costa de Moçambique, na situação de referência (presente). Média por distrito e desvio padrão	122
Figura 5.86 - Índice de exposição à erosão e galgamento da linha de costa de Moçambique, no futuro (2100). Média por distrito e desvio padrão	123
Figura 5.87 - Índice de exposição à inundação da linha de costa de Moçambique, na situação de referência e no futuro (2100)	125
Figura 5.88 - Terras húmidas da península de Afungi	134
Figura 5.89 - Percentagem de lixo plástico gerido inadequadamente (2010)	136
Figura 5.90 - Esquema geral do papel dos rios na poluição de plásticos marinha	143
Figura 5.91 - Pontos críticos da interacção rio-costa na região WIO	144
Figura 5.92 - Incidente do navio petroleiro Katina-P, na baía de Maputo, em Abril 1992	145
Figura 5.93 - Mapeamento síntese de factores de pressão sobre a qualidade ambiental	151



5 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ESPAÇO MARÍTIMO DE MOÇAMBIQUE E ZONAS COSTEIRAS

5.1 O ESPAÇO MARÍTIMO DE MOÇAMBIQUE

5.1.1 Área abrangida pelo POEM

Moçambique está localizado ao longo da costa sudeste do continente africano, entre as coordenadas geográficas 10° 27' S e 26° 52' S, de latitude, e 30° 12' E e 40° 51' E, de longitude, e ocupa uma área total estimada de cerca de 1.371.380 km², sendo 786.380 km², de terra firme e cerca de 572.000 km² de área marítima (República de Moçambique, 2018). Está dividido em 10 províncias, das quais sete são costeiras: de Norte para Sul, Cabo Delgado, Nampula, Zambézia, Sofala, Inhambane, Gaza e Maputo.

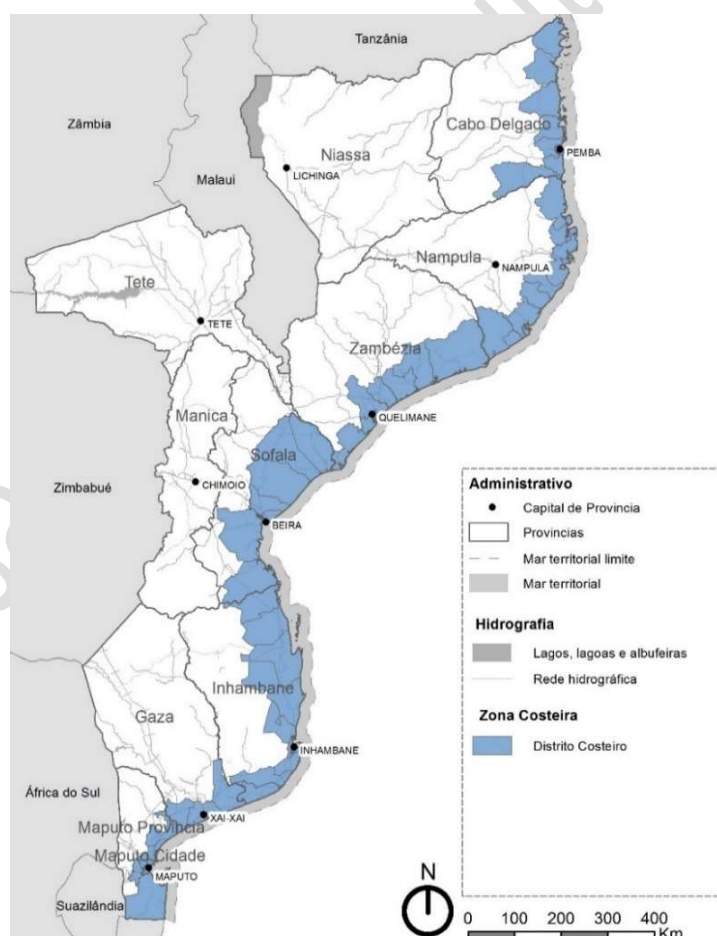
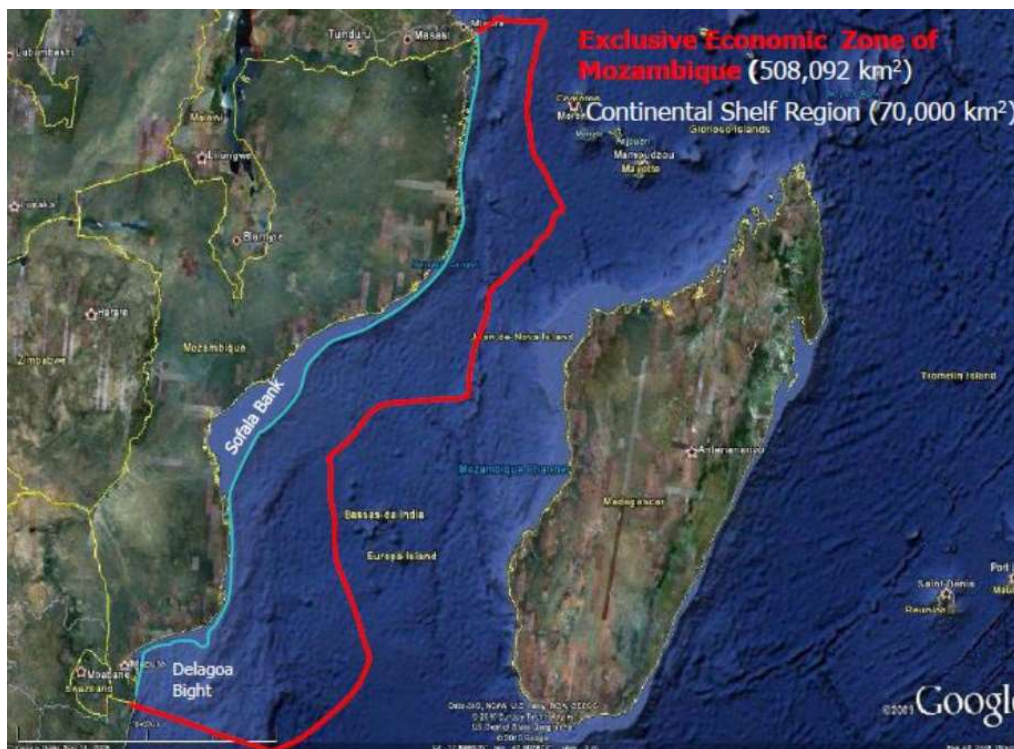


Figura 5.1 - Distritos costeiros tal como definidos na POLMAR (Resolução n.º 30/2017 de 14 de Setembro)



O espaço marítimo de Moçambique faz fronteira com a República da Tanzânia a Norte, a África do Sul, a Sul e, a Leste, no Oceano Índico e de Norte para Sul com as Ilhas Comores, Madagáscar e França. Possui cerca de 2.700 km de linha de costa, e uma plataforma continental de cerca de 104 300 km².



Fonte: <https://www.cgcmc.gov.mz/attachments/article/112/Theme8OceanClimateChangePT.pdf>

Figura 5.2 - Esquema aproximado do Espaço Marítimo de Moçambique

A linha de base foi estabelecida em 2020 (Decreto n.º 55/2020, de 13 de Julho), pelo que foi, entretanto, possível definir as águas interiores, o mar territorial e a ZEE. Porém, nas zonas onde a linha da ZEE coincide com as linhas da ZEE de outros países, existe apenas delimitação oficial das fronteiras com a Tanzânia e Comores, estando ainda pendente de negociação com Madagáscar, França e África do Sul, pelo que a área de aproximadamente 562 000 km² indicada para a ZEE é uma estimativa.

5.1.2 Elementos físico-naturais que caracterizam a zona de estudo

As zonas costeiras

Em Moçambique, a zona costeira define-se como sendo a área compreendida entre o limite interior terrestre ou continental de todos os distritos costeiros, incluindo os distritos limítrofes do Lago Niassa e albufeira de Cahora Bassa, até 12 milhas mar dentro.



A costa é o recurso natural mais valioso do país. Os recursos costeiros - pesca, agricultura, turismo, floresta e outros - contribuem significativamente para a renda nacional e proporcionam benefícios sociais e económicos. A costa é pontilhada com muitas aldeias de pescadores.

A faixa costeira apresenta quatro macrounidades definidas pelas suas características naturais (e.g. IDEA *et al.*, 2019; Massinga e Hatton em Lundin e Lindén, 1997; Moreira, 2005): costa de coral, de áreas pantanosas, dunar e deltaica com uma ocorrência limitada (ver figura seguinte).

Costa de coral

O trecho mais ao Norte, que se estende por cerca de 770 km entre o rio Rovuma, no limite Norte do país, até ao arquipélago das Primeiras e Segundas, apresenta praias estreitas e arribas talhadas em terrenos cretácicos e cenozóicos, mas a característica dominante são os corais do tipo hermatípico (construtores de recife) que exigem uma temperatura média anual do mar de cerca de 21° C. Estes corais, organizados em recifes de franja de águas poucos profundas e em ilhas na plataforma interna, compreendem um ecossistema diversificado que abriga também algas e grande diversidade de animais e plantas.

Também ocorrem em intervalos ao largo da ilha de Bazaruto (a Sul deste trecho), mas nessa zona são encontrados em águas relativamente mais profundas e desempenham um papel menor na modificação da acção directa do mar e das tempestades.

O limite Sul para estes recifes de franja de águas poucos profundas é referido na ilha de Inhaca, quase no limite sul do país.

Costa pantanosa (costa de mangal)

A secção central de Moçambique, que se estende por cerca de 1.000 km entre Angoche¹ e o arquipélago de Bazaruto, é classificada como costa pantanosa. Neste troço, que se desenvolve em planície aluvial, baixa, com praias lineares e arqueadas, desaguam 24 rios, com estuários bem desenvolvidos que suportam mangais estabelecidos em fundos de vasa e areia.

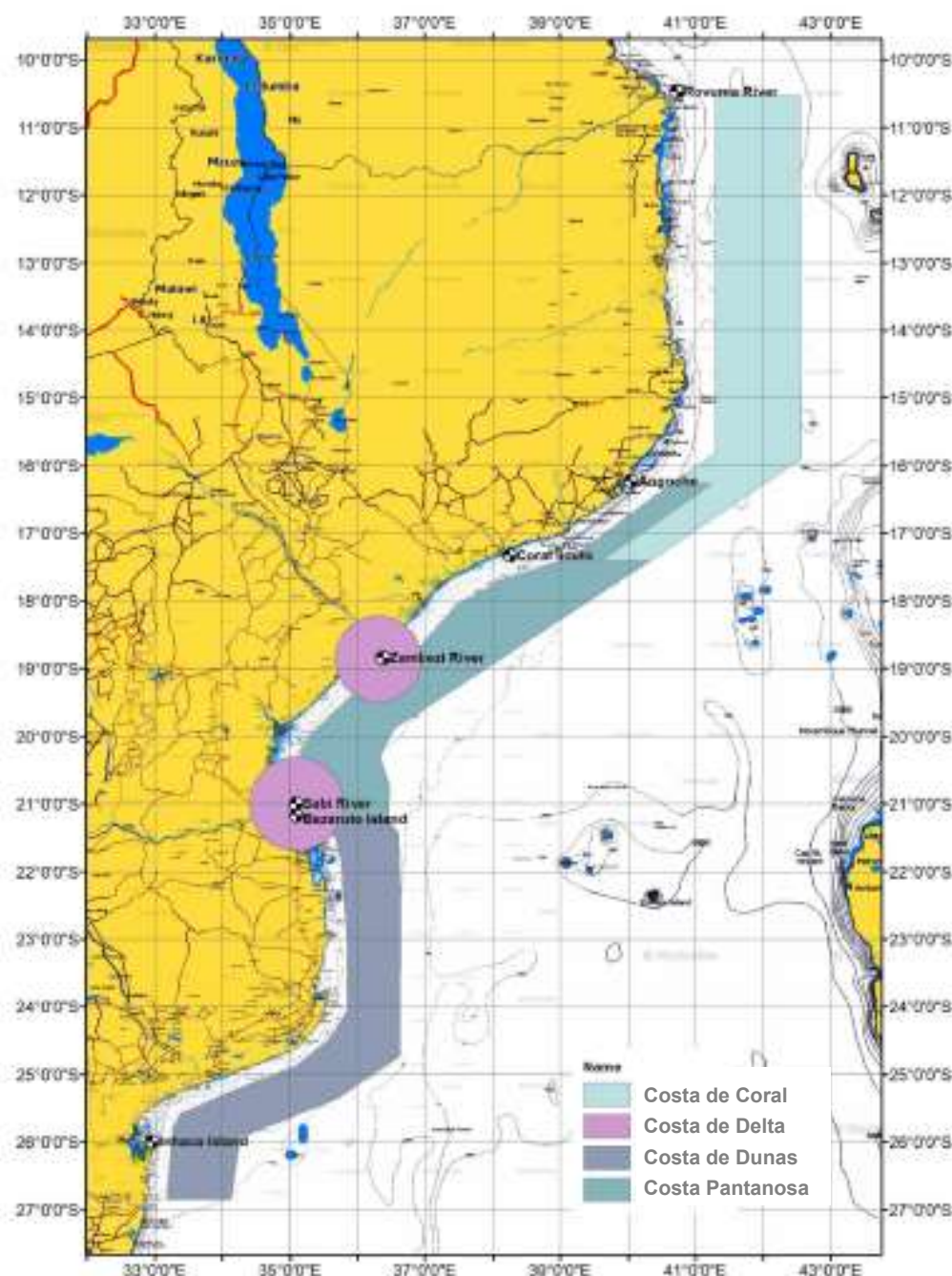
Ao longo desta costa o mar tem pouca profundidade e os fundos constituem uma ampla e pouco inclinada plataforma conhecida como banco de Sofala. Esta morfologia interfere com as ondas que perturbam os sedimentos de fundo (próximos da praia), sendo essa uma das causas da alta turbidez encontrada nesta região.

Os bancos de sedimento são frequentemente marginados por praias curtas e estreitas, arenosas, alongadas paralelamente à linha de costa, designadas por “*cheniers*” na literatura geomorfológica. A

¹ parte deste troço sobrepõe-se ao troço descrito anteriormente dado que enquanto que as ilhas do arquipélago das Primeiras e Segundas estão integradas na costa de coral, a faixa costeira continental já tem características de costa pantanosa



acrecção destes bancos pode conduzir ao envolvimento total destes cordões arenosos, originando praias isoladas. São também visíveis dunas baixas que se alinham paralelamente à costa.



Fonte: Adaptado de IDEA *et al.*, 2019

Figura 5.3 - Zonas costeiras de Moçambique



As praias entre Pebane e a foz do rio Zambeze são de areia negra e, conseqüentemente, bastante ricas em minerais pesados, como por exemplo ilmenita e rutilo.

Costa de dunas (costa de dunas parabólicas)

A maior região das dunas costeiras, com uma extensão de cerca de 850 km, estende-se desde a ilha de Bazaruto, já na zona sul do país, até à Ponta de Ouro, o limite sul de Moçambique, mas prolonga-se até ao rio Mlalazi, já na África do Sul.

É caracterizada por se desenvolver na margem de uma planície arenosa muito larga, interrompida por estuários fluviais, e compreende praias de areia marginadas por dunas ou formações consolidadas eolianíticas, dunas parabólicas, restingas e ilhas de barreira, cabos orientados para norte e lagoas costeiras interiores.

Os sistemas de dunas parabólicas apresentam grande dimensão (comprimento e altura), podendo atingir cotas muito significativas (120 m acima do nível do mar) contando-se entre as formas eólicas costeiras vegetadas mais altas conhecidas no mundo.

Costa de delta

Corresponde a uma tipologia singular da costa de Moçambique com expressão especial nas regiões da foz do rio Zambeze e do rio Save.

5.1.3 A integração de Programas e Projectos em curso ou em carteira

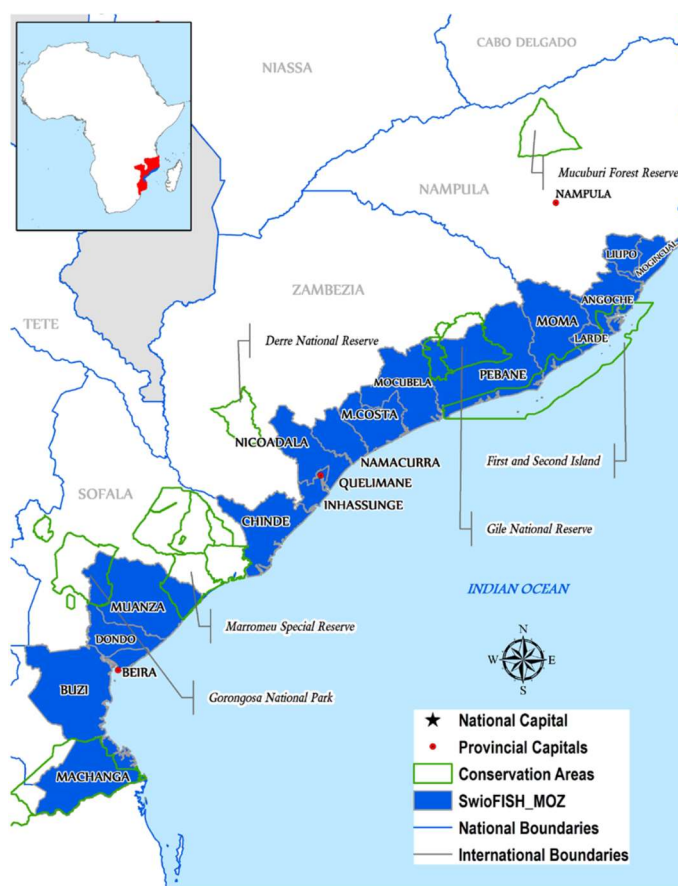
Projecto SWIOFish1-MZ

O SWIOFish1-MZ é liderado pelo Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas (MIMAIP) e coordenado por uma equipe da Direcção de Estudos, Planeamento e Infraestrutura (DEPI), responsável pela ligação com outras Direcções Provinciais (DPMAIP). A pesca do atum, o camarão de superfície, os crustáceos de profundidade, os peixes demersais e pequenos pelágicos foram seleccionados neste projecto como pescarias prioritárias.

Em Moçambique o projecto desenvolve-se em cinco províncias: Cabo Delgado, Zambézia, Sofala, Nampula, Inhambane (ver figura seguinte).

As actividades do projecto estão planificadas de modo a proteger esses *stocks*, ao mesmo tempo que geram benefícios socioeconómicos para os meios de subsistência que deles dependem. O SWIOFish1-MZ está a apoiar a elaboração do POEM, através da formação do pessoal nacional e do financiamento de assistência técnica individual e empresarial, e facilitando o intercâmbio de

conhecimentos entre os países da SWIO (Oceano Índico Sudoeste) e outras áreas envolvidas em iniciativas de ordenamento do espaço marítimo.

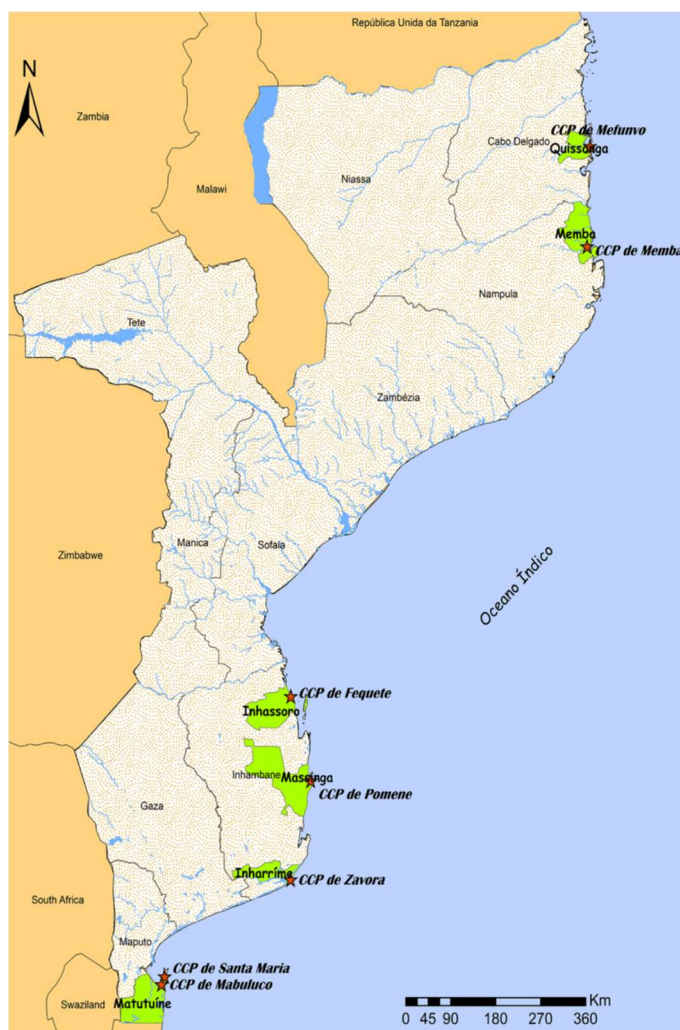


Fonte: Banco Mundial, 2019

Figura 5.4 - Área do projecto SWIOfish1 em Moçambique

Projecto FishCC

O FishCC é um projecto-piloto que trabalha para melhorar a gestão comunitária de *stocks* prioritários seleccionados por meio do estabelecimento de Direitos Territoriais de Uso das Pescas (TURF). O FishCC é financiado através de uma doação de 2.975 milhões de euros do Fundo de Desenvolvimento Nórdico, administrada pelo Banco Mundial. Dirigido pelo MIMAIP e coordenado pela unidade responsável pelo SWIOFish1-MZ, o FishCC foi lançado em 2015 e terá sido implementado até Abril de 2019 (estando a decorrer o processo da sua avaliação) em seis locais ao longo da costa de Moçambique (ver figura seguinte). As lições aprendidas através do FishCC sobre co-gestão e desenvolvimento sustentável nas comunidades de pescadores serão integradas e ampliadas através do SWIOFish1-MZ.



Fonte: Banco Mundial, 2019

Figura 5.5 - Área de abrangência do projecto FishCC

A Reserva Aquícola Marinha

O Decreto n.º 71/2011 de 30 de Dezembro estabelece a Reserva Aquícola Marinha, para efeitos de desenvolvimento da aquacultura marinha em todas as Províncias e Distritos Costeiros. As áreas reservadas, demarcadas por coordenadas geográficas específicas, são destinadas para actividades quer no interior quer na orla marítima, nomeadamente:

- cultivo de algas;
- cultivo de algas e bivalves;
- aquacultura em tanques de terra; e,
- aquacultura em gaiolas.

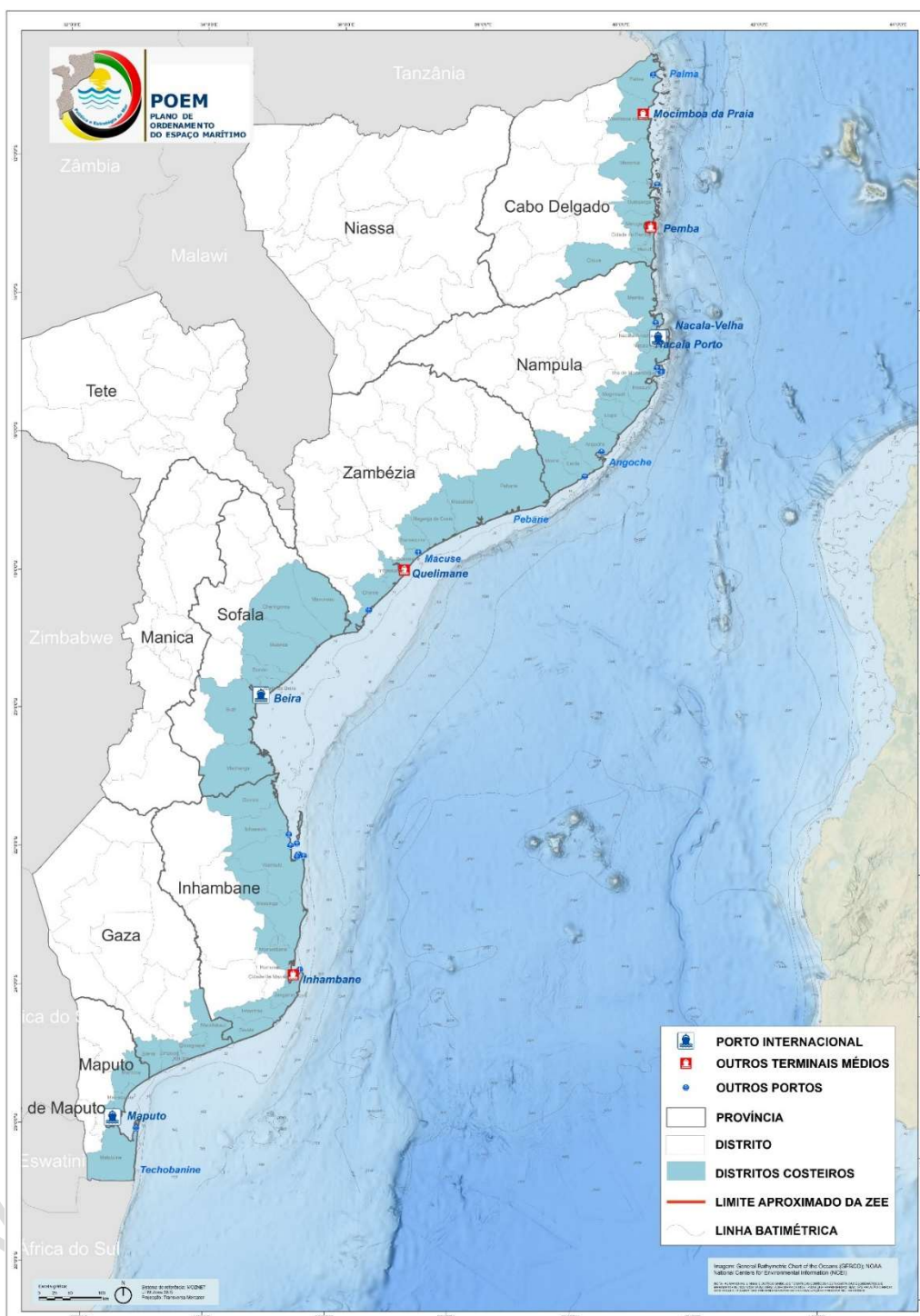


Áreas de Expansão Portuária

A infraestrutura portuária em Moçambique conta com vários portos, em localizações estratégicas ao longo da costa. De Norte para Sul os principais portos são: Pemba, Nacala, Quelimane, Beira, e Maputo, estando previstos novos desenvolvimentos portuários bem como a reabilitação e expansão de alguns dos portos já existentes. O crescente desenvolvimento económico do país, os projectos de exploração de carvão, hidrocarbonetos entre outros, colocam uma grande pressão na rede portuária existente para a exportação dos seus produtos. Em alguns casos, os locais de descoberta e exploração de hidrocarbonetos e outros recursos minerais são tão remotos que justificam a construção de raiz de novas áreas portuárias, como é o caso de Palma e Membra.

O mapa da figura seguinte mostra os locais de futuros desenvolvimentos portuários, incluindo novos portos e ou a reabilitação e expansão de portos existentes.

- Palma: com as recentes descobertas de gás natural em mar aberto (Áreas 1 e 4 da bacia do Rovuma), em quantidades comerciais, está prevista a implantação de uma fábrica de liquefacção. Para permitir a exportação do GNL será construída, na península de Afungi, uma ponte-cais para acomodar uma média de 1,5 navios, de cerca de 300 m, por dia. A norte da baía de Palma, está prevista a construção de um pequeno porto comercial.
- Mocímboa da Praia: Prevê-se uma reabilitação e expansão do pequeno porto de Mocímboa da Praia, transformando-o num porto costeiro.
- Pemba: O porto de Pemba deverá também acomodar a logística inerente aos projectos de prospecção e produção de hidrocarbonetos. Caso se confirme a existência de carvão na província do Niassa, será construído um terminal de águas profundas para minérios na Ponta Sidique, na ponta oposta à cidade de Pemba. Este terminal poderá ser igualmente usado para exportação de madeira das plantações florestais das províncias de Cabo Delgado e Niassa.
- Membra: As perspectivas de existirem reservas comerciais de gás nas Áreas 3 e 6 da bacia do Rovuma levou a equacionar o desenvolvimento de uma estrutura portuária, à semelhança de Pemba para exportação do gás. No entanto, essas perspectivas não se confirmaram, pelo que o plano se encontra suspenso.
- Nacala: caso se concretize o projecto de construção da fábrica de fosfatos, pode ser necessário a construção de mais um terminal a norte de Nacala-a-Velha de modo a acomodar a logística desta fábrica.
- Angoche: Prevê-se a transformação do pequeno porto existente na vila de Angoche, outrora muito utilizado pela indústria de caju, num porto costeiro.
- Pebane: O actual porto de Pebane será transformado num porto costeiro.



Fonte: adaptado de MICOA, 2013

Figura 5.6 - Desenvolvimentos portuários previstos

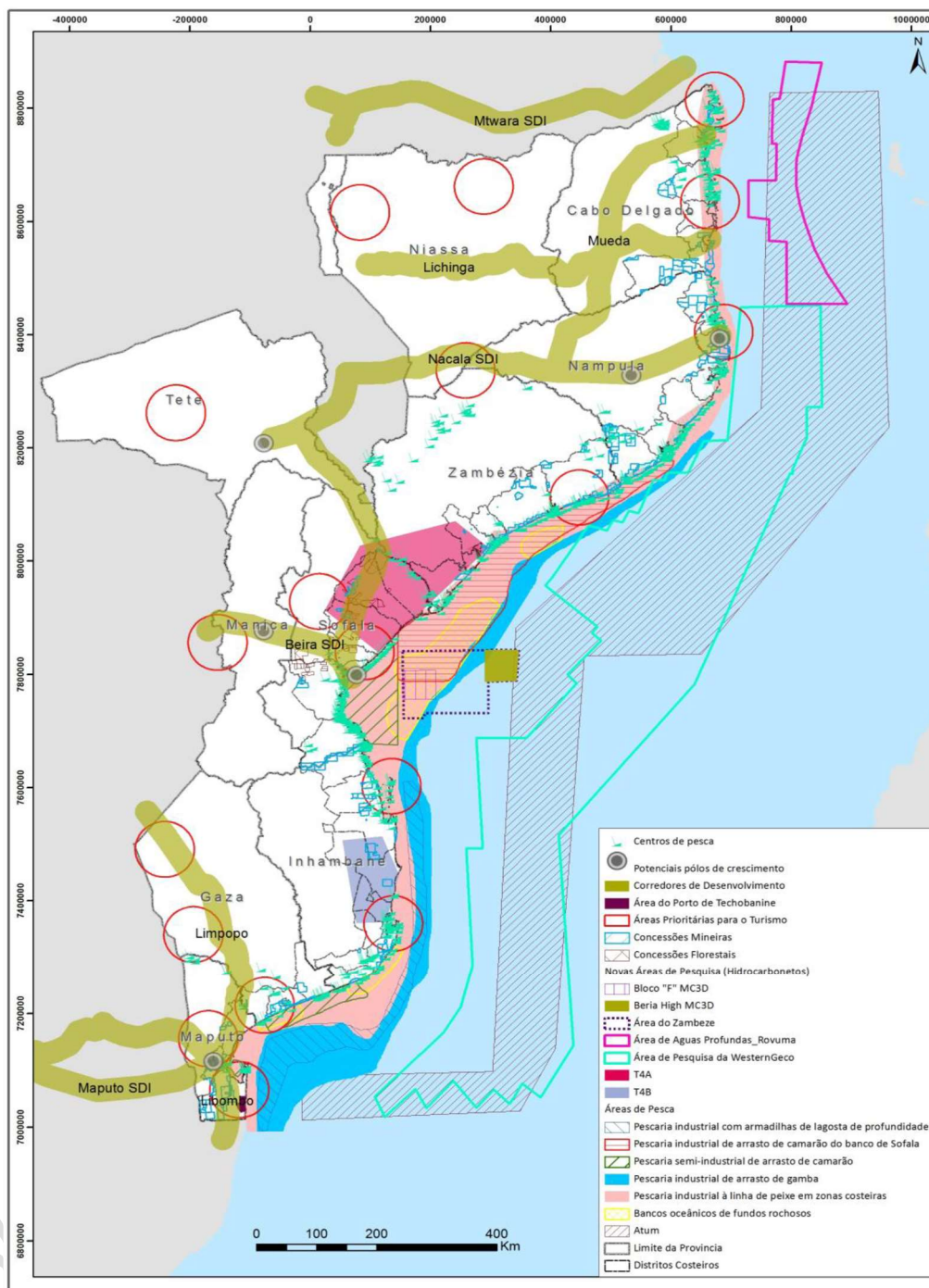


- **Macuse:** Na região de Macuse está em projecto uma nova região portuária para facilitar o processo de exportação de carvão de Tete, e de polpa de papel proveniente das plantações de eucalipto na região de Ile, próxima do rio Licungo. No entanto, devido ao potencial de contaminação da polpa de papel pelas poeiras de carvão, poderá surgir mais um porto nesta região, ou a Sul de Zalala ou um pouco a Norte de Macuze.
- **Savane:** O plano de se construir um porto na região de Savane apenas será levado a cabo, caso as três outras opções para o escoamento do carvão de Tete (Nacala, Macuse e Beira) falhem.
- **Matutuíne (Ponta Techobanine):** Na região sul do país o único projecto futuro no que diz respeito a infraestruturas portuárias é o porto de Techobanine, no distrito de Matutuíne. O projecto integrado do Porto de Techobanine, visa a construção, manutenção e operação de um porto de águas profundas, estruturas marítimas, rede ferroviária e desenvolvimento de projectos satélites complementares e associados.

5.1.4 A Integração e sobreposição das diversas actividades, usos e funções na zona costeira e espaço marítimo nacional

O diagnóstico da Avaliação Ambiental Estratégica da Zona Costeira do país, realizada em 2013, apurou que a costa moçambicana compreende uma grande diversidade de ecossistemas, com uma grande variedade de recursos e usos múltiplos e diferenciados dos mesmos. O diagnóstico sublinha que vários sectores de actividade têm vindo a implementar projectos na zona costeira, muitas vezes não respeitando uma distribuição espacial coerente, sobrepondo-se a outras actividades que exploram outros recursos na mesma região. Esta sobreposição leva à ocorrência de conflitos, que urgem ser resolvidos para uma melhor utilização dos recursos costeiros e ocupação da zona costeira. Porém, nem sempre a sobreposição de actividades conduz a conflitos podendo surgir oportunidades e sinergias.

A figura seguinte apresenta o resumo, à escala nacional, de áreas ao longo da costa onde se sobrepõem as diferentes actividades.



Fonte: MICOA, 2013

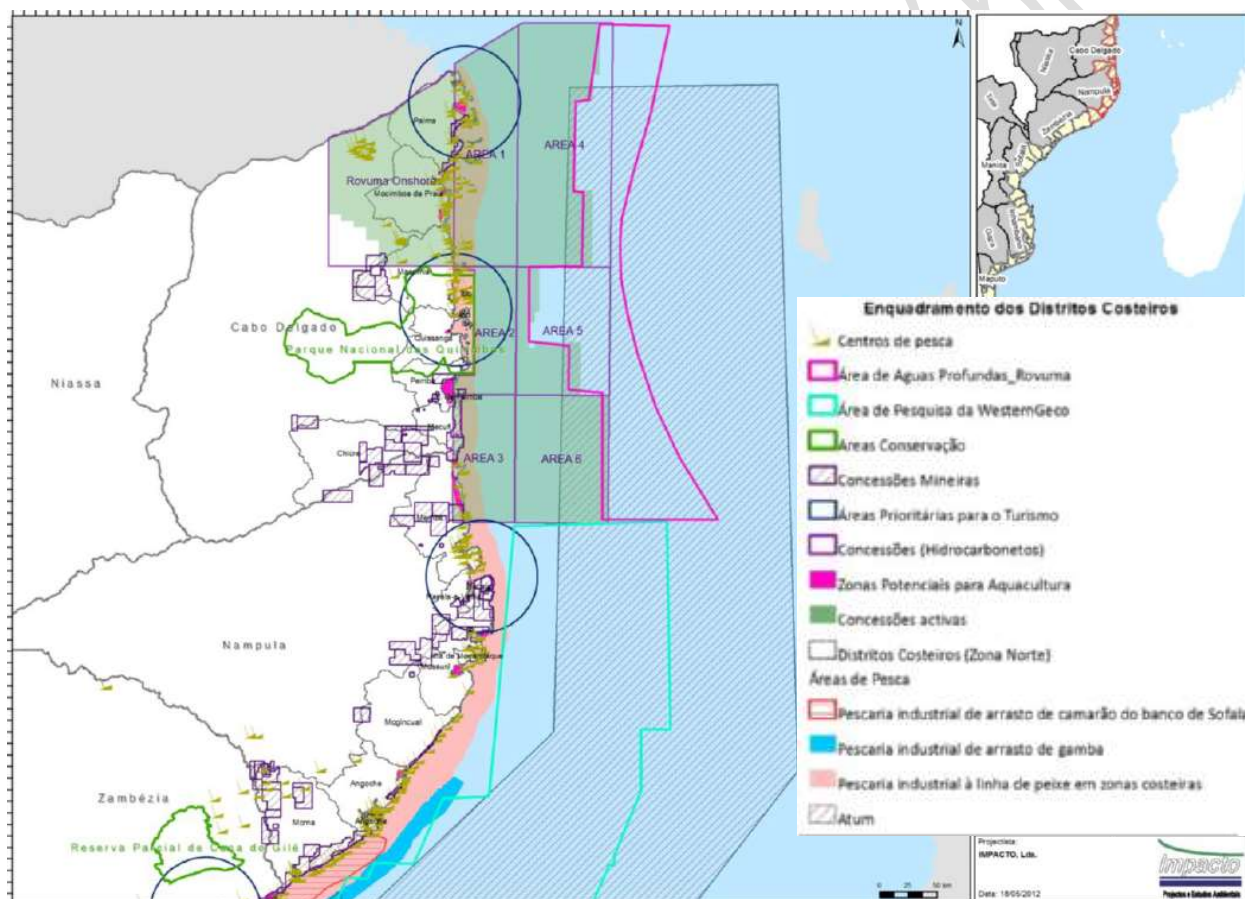
Figura 5.7 - Sobreposição entre actividades que ocorrem na zona costeira e espaço marítimo (à escala nacional)



Para melhor ilustração é apresentada a sobreposição de actividades para as regiões Norte, Centro e Sul do país.

A Região Costeira Norte (Províncias de Cabo Delgado e de Nampula)

Nesta região é na província de Cabo Delgado e, sobretudo, nos distritos de Palma e Mocímboa da Praia que se verifica a maior sobreposição de actividades, com conflitos potenciais entre actividades de pesquisa e produção de hidrocarbonetos e a futura fábrica de liquefacção do gás natural, os empreendimentos turísticos de alta qualidade (existentes e propostos), as áreas de conservação existentes e propostas e a pesca artesanal.



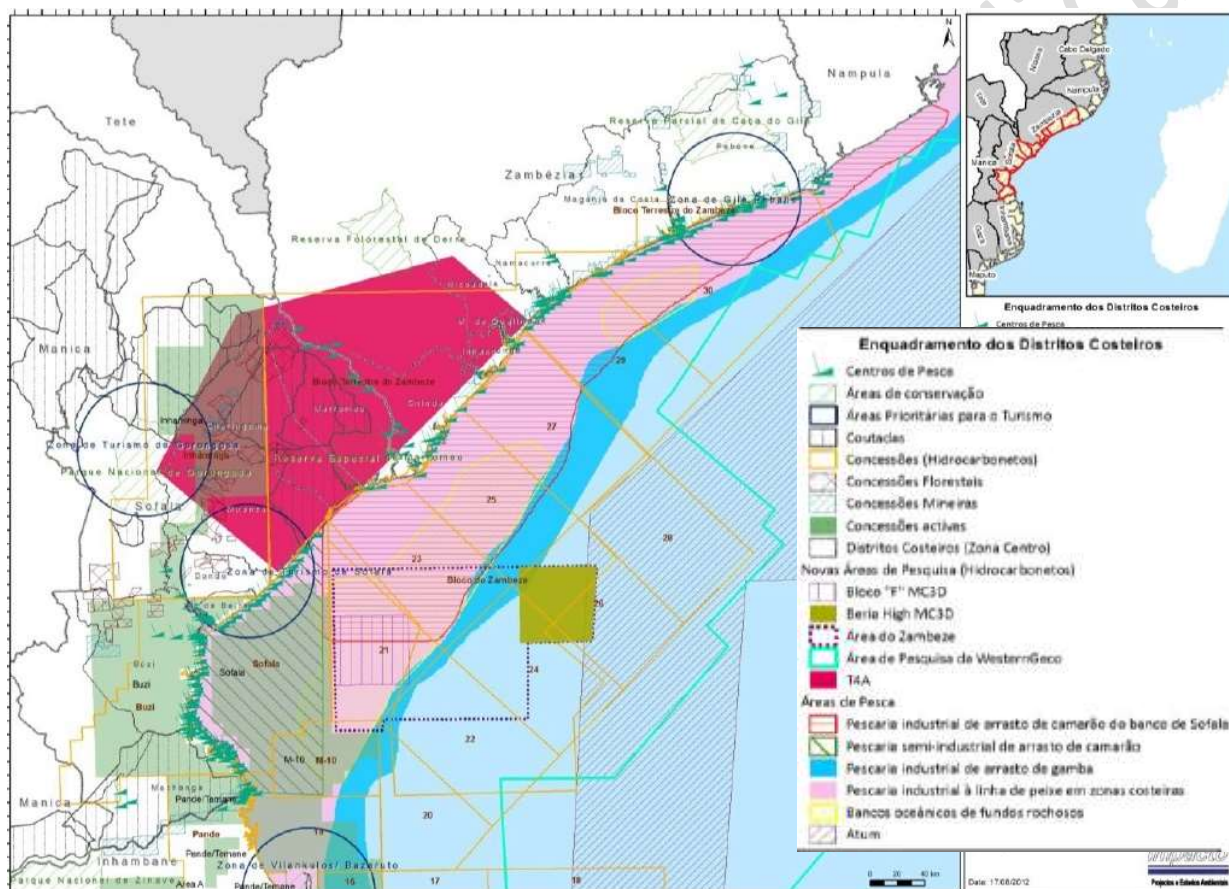
Fonte: MICOA, 2013

Figura 5.8 - Sobreposição das Actividades na Zona Costeira Norte: províncias de Cabo Delgado e de Nampula



A Região Costeira Centro (Províncias da Zambézia e de Sofala)

Na região Centro é na zona do delta do Zambeze (declarada Zona RAMSAR, devido aos extensos mangais, estuários e planícies de inundação) que se verifica o maior potencial de conflito. Os habitats presentes, para além de serem áreas importantes para a biodiversidade e zonas de reprodução para diversas espécies oceânicas e fluviais, suportam diversas pescarias em águas interiores e costeiras. No entanto foram já efectuados projectos de prospecção sísmica e perfuração de furos e há planos de futuros desenvolvimentos da indústria extractiva para esta região.



Fonte: MICOA, 2013

Figura 5.9 - Sobreposição de actividades na Região Costeira do Centro de Moçambique: províncias da Zambézia e de Sofala

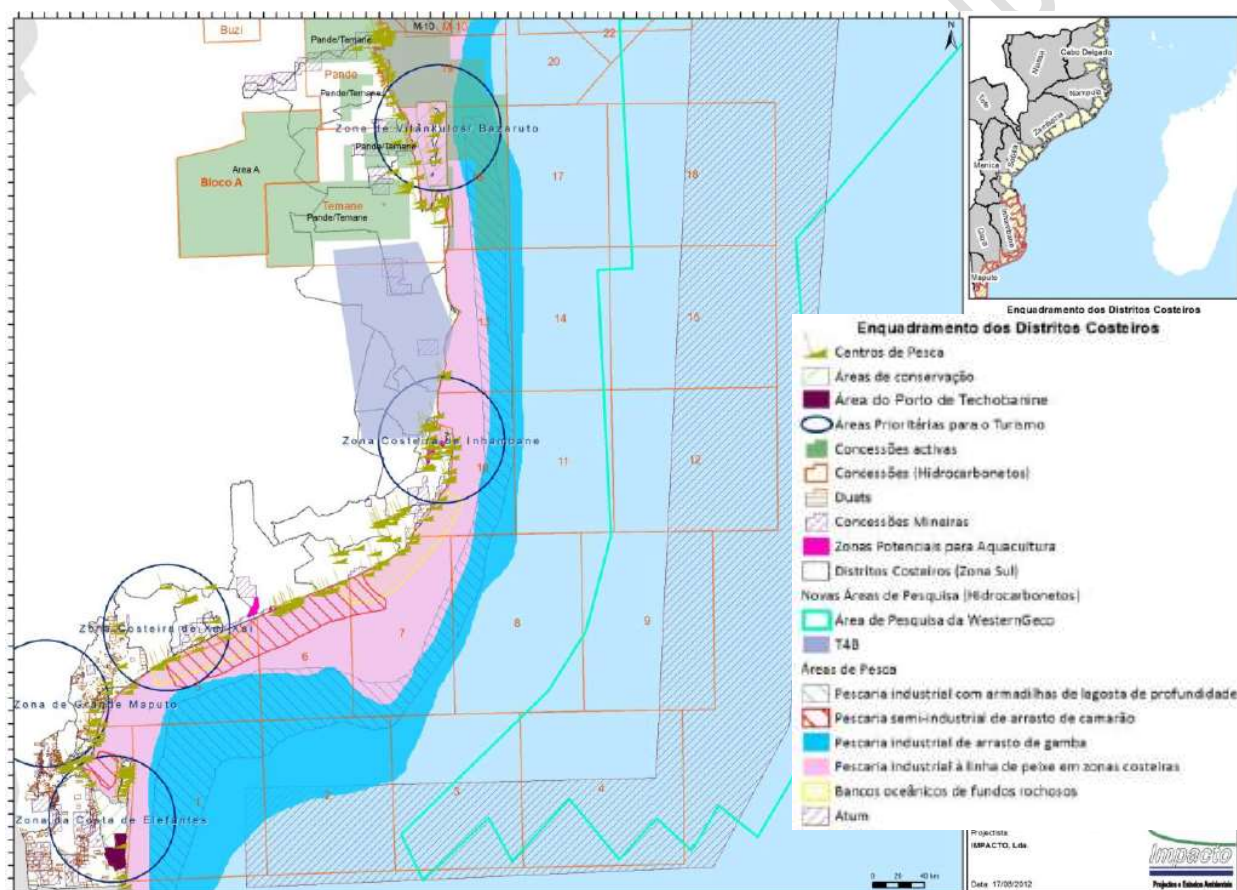
A Região Costeira Sul (Províncias de Inhambane, de Gaza e de Maputo)

Nas províncias de Inhambane, Gaza e Maputo convergem diversas actividades com destaque para as pescarias, pesquisas de hidrocarbonetos e áreas prioritárias de turismo.



Na província de Inhambane, com destaque para os distritos de Govuro, Inhassoro e Vilanculos, a actividade da indústria extractiva tem vindo a intensificar-se, havendo já os campos de produção de gás de Pande/Temane, e estando em curso novos projectos de pesquisa sísmica e perfuração de furos de prospecção quer em terra como em mar aberto. Estas actividades serão potencialmente conflituosas com áreas de conservação, com especial destaque para a Reserva Nacional do Arquipélago de Bazaruto, bem como com projectos turísticos de alta qualidade (já existentes e futuros) e com a actividade da pesca.

No distrito de Matutuine, que alberga duas áreas protegidas, ambas fazendo parte da Área de Protecção Ambiental de Maputo e da Área de Conservação Transfronteiriça dos Libombos, com elevado potencial ecoturístico, verifica-se a construção desordenada de estabelecimentos turísticos ao longo da zona costeira e está proposta a construção de um porto de águas profundas em Téchobanine.



Fonte: MICOA, 2013

Figura 5.10 - Sobreposição de actividades na Região Costeira Sul de Moçambique: províncias de Inhambane, de Gaza e de Maputo



5.1.5 Bibliografia

Listagem da bibliografia utilizada

Banco Mundial. 2019. *Meios de Subsistência Comunidades Pesqueiras. Governação e Crescimento Partilhado das Pescas em Moçambique*. Banco Mundial. 2019.

IDEA, IDES Consult International e Studi International. 2019. *Elaboration of the master plan for fisheries and aquaculture support infrastructures. Para o Ministério do Mar. Águas Interiores e Pesca*. IDEA, IDES Consult International / Studi International / INSTM : INSTM, 2019.

Lundin e Lindén, 1997. Proceedings of the National Workshop on Integrated Coastal Zone Management in Mozambique. World Bank and Sida. Inhaca Island and Maputo, Mozambique, May 5-10, 1996.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/161241468779949540/pdf/27579010paper.pdf>

MICOA. 2013. *Projecto de Avaliação Ambiental Estratégica da Zona Costeira - Moçambique*. Maputo : Ministériopara a Coodenação da Acção Ambiental., 2013. p. 144, Diagnóstico Ambiental. Versão Final.

Moreira, Maria, 2005. A Dinâmica dos Sistemas Litorais do Sul de Moçambique durante os Últimos 30 anos. In Finisterra, XL, 79, 2005, pp. 121-135

República de Moçambique, 2018. Política e Estratégia do Mar



5.2 CONDIÇÕES NATURAIS DO ESPAÇO MARÍTIMO DE MOÇAMBIQUE

5.2.1 Descrição Geral

Numa primeira abordagem da área de intervenção do POEM procede-se em seguida a uma caracterização das condições naturais do Espaço Marítimo de Moçambique que tem em conta os seguintes aspectos:

- Clima
- Oceanografia
- Sismos
- Batimetria e caracterização dos fundos

5.2.2 Clima

Introdução

Neste ponto identificam-se e descrevem-se os diferentes tipos de clima ao longo do território de Moçambique, incluindo regiões na orla costeira, que têm influência nas diversas actividades humanas e no meio ambiente. A localização geográfica de Moçambique nos trópicos e subtropicais faz com que o país seja vulnerável a eventos extremos de origem meteorológica tais como secas, cheias e ciclones tropicais e de origem geológica como é o caso de sismos e *tsunamis*. Entre todas as diversas zonas do país, as áridas, semiáridas e secas são as mais vulneráveis, devido à degradação da terra caracterizada por perda persistente de produtividade de vegetação, solos e pastagens e exacerbada pelo seu uso inapropriado.

O clima de Moçambique é tropical, em geral caracterizado por duas estações bem distintas: uma estação fria e seca, de Maio a Setembro e outra quente e húmida entre Outubro e Abril. A precipitação é mais abundante no Centro e Norte do país com valores variando entre 800 a 1.200 mm por ano. O Sul do país é geralmente seco mais no interior do que na costa onde a precipitação anual atinge cerca de 800 mm e diminui até cerca de 300 mm. As temperaturas médias do ar, em geral, variam entre 25 °C e 27 °C no Verão e 20 °C e 23 °C no Inverno.

As tendências indicam que um ligeiro aumento na temperatura média anual foi observado em Moçambique (os relatórios variam de +0,3 °C para 1900-2010 a +0,6 °C para 1960-2006). Este aumento é mais significativo para o final da estação chuvosa. O maior aumento foi observado no Sul do país (até



1 °C em 100 anos), enquanto que o Norte não sofreu uma mudança significativa. O número de “dias quentes” e “noites quentes” aumentou significativamente, 6,8% e 8,4%, respectivamente, entre 1960 e 2003. Esses aumentos são mais fortes entre Dezembro e Maio.

O carácter predominantemente tropical do clima moçambicano exprime-se sobretudo pela coincidência entre o período de chuvas e o período quente, e pela amplitude térmica anual que é, em todo país, inferior à diurna. A influência oceânica contribui para uma certa uniformização do clima de toda a zona litoral.

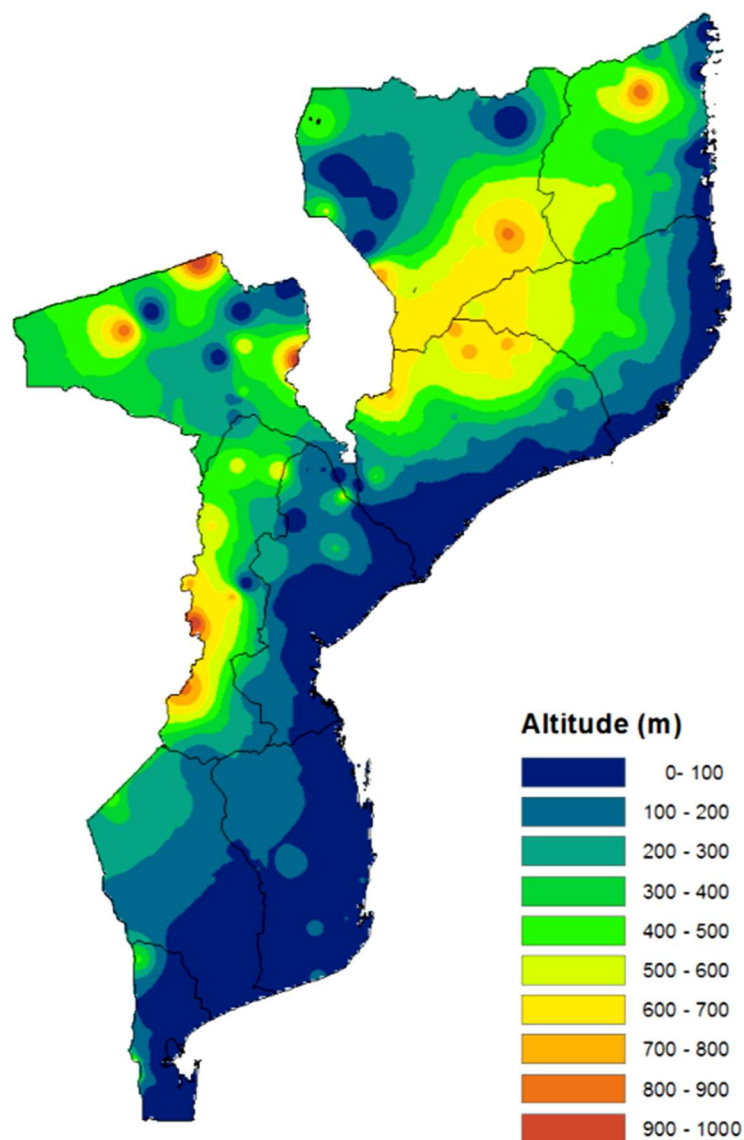
A descrição do clima de Moçambique foi feita com base em revisão exaustiva de literatura sobre o assunto, tendo-se limitado a um grau de detalhe de moderado a baixo. Foram igualmente usadas bases de dados globais devidamente identificadas para compor os esquemas descritivos aqui apresentados, por se julgar em alguns casos serem adequados para substituir os dados de estações de campo. As características do clima foram mapeadas e integradas em ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) e foi gerada informação cartográfica do tipo *shapefile*.

Síntese

O clima de Moçambique é devido primariamente ao sistema de monções e a localização de grande parte do país na Zona de Convergência Intertropical (ITCZ), que por sua vez varia ao longo do ano. No Verão, a ITCZ fica entre os ventos das monções da África Oriental ao norte de 15° S e os ventos alísios a sul de 20° S. A ITCZ atinge sua posição mais ao Sul (isto é, 18° S) em Fevereiro, permitindo que as monções se estendam para perto dessa latitude (Jury *et al.*, 1994). No Inverno, a ITCZ fica completamente no hemisfério norte. O clima sofre ainda a influência da altitude (ver figura seguinte) e das correntes oceânicas do Oceano Índico.

No caso da altitude, o país progride de uma faixa costeira no lado Este do país consistindo em terras baixas com estuários, praias arenosas e florestas de mangal, para uma região mais montanhosa a noroeste. Segundo Cumbe (2007), para além das áreas de montanhas (i.e., relevo com altitudes superiores a 1.000 metros) que apenas ocupam 5% do território nacional, encontram-se as zonas de planaltos, na sua maioria com altitudes entre 200 e 500 metros (a norte do paralelo 17° S).

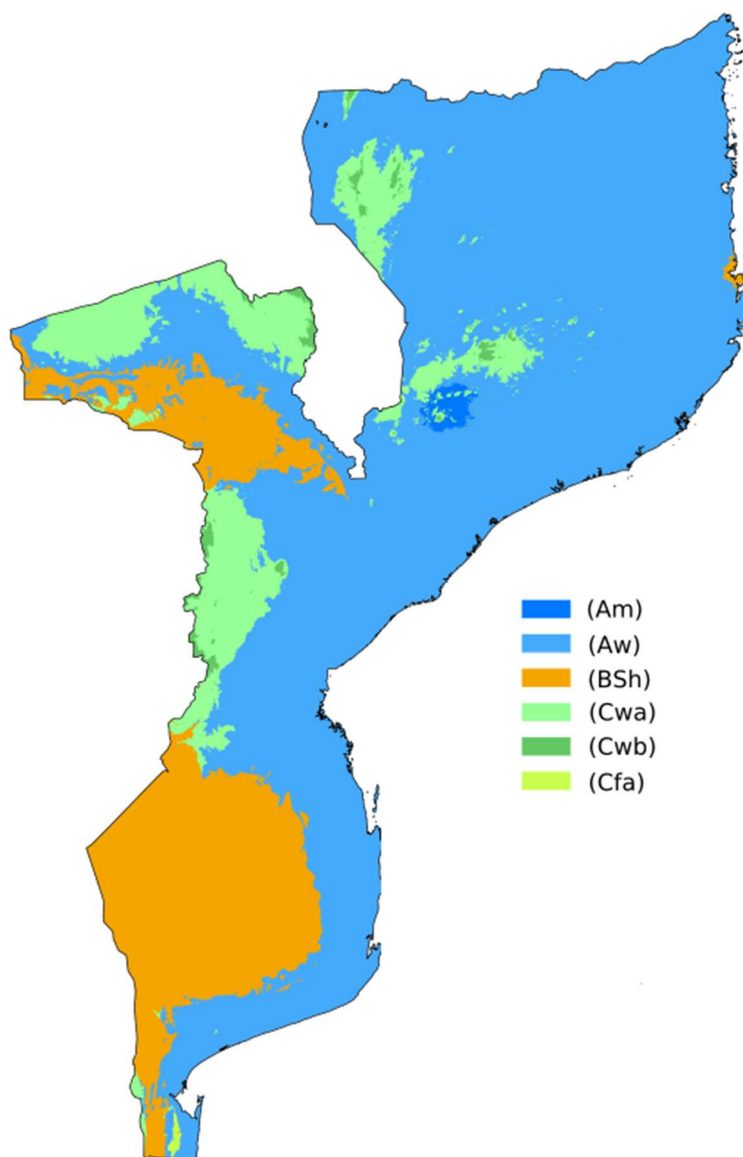
Quando combinados, estes factores traduzem-se num clima essencialmente tropical, com variações locais significativas, podendo o país ser dividido em 6 zonas climáticas (ver figura seguinte), segundo a classificação actualizada de Koppen-Geiger (Peel *et al.*, 2007; Beck *et al.*, 2018).



Fonte: Macie, 2016

Figura 5.11 - Distribuição espacial da altitude

O clima tropical húmido (Aw) é visivelmente o mais predominante no país, e está patente em toda a região costeira, com exceção de uma pequena faixa ao longo da baía de Memba, no Norte da Província de Nampula. Este tipo de clima é, segundo Earthwise (2017), caracterizado por uma temperatura média mensal de aproximadamente 21 - 25 °C, uma estação chuvosa que vai de Outubro a Abril, época da monção de NE, e outra estação seca de Maio a Setembro (INGC, 2009, McSweeney *et al.*, 2010), época da monção de SW. A humidade relativa tem valor médio de 72%, e as precipitações mensais estão entre 25 e 220 mm.



Am: tropical de monção, Aw: tropical húmido, BSh: semi-árido quente, BWh: desértico frio, Cwa: subtropical húmido com inverno seco e Verão quente, Cwb: temperado marítimo com Verão fresco (de altitude), Cfa: subtropical húmido sem a estação seca

Fonte: Beck *et al.*, 2018

Figura 5.12 - Zonas climáticas de Moçambique, segundo Koppen-Geiger.

O clima semiárido quente (BSh) ocupa o segundo lugar em termos de abrangência espacial e cobre a região mais interior das províncias do Sul do país e ainda a parte Norte da província de Manica e faixa sul da província de Tete no Centro do país. A temperatura média mensal oscila entre os 20 e os 27 °C; a precipitação média mensal varia entre os 25 e os 130 mm e a humidade relativa oscila entre os 68% e os 74%.



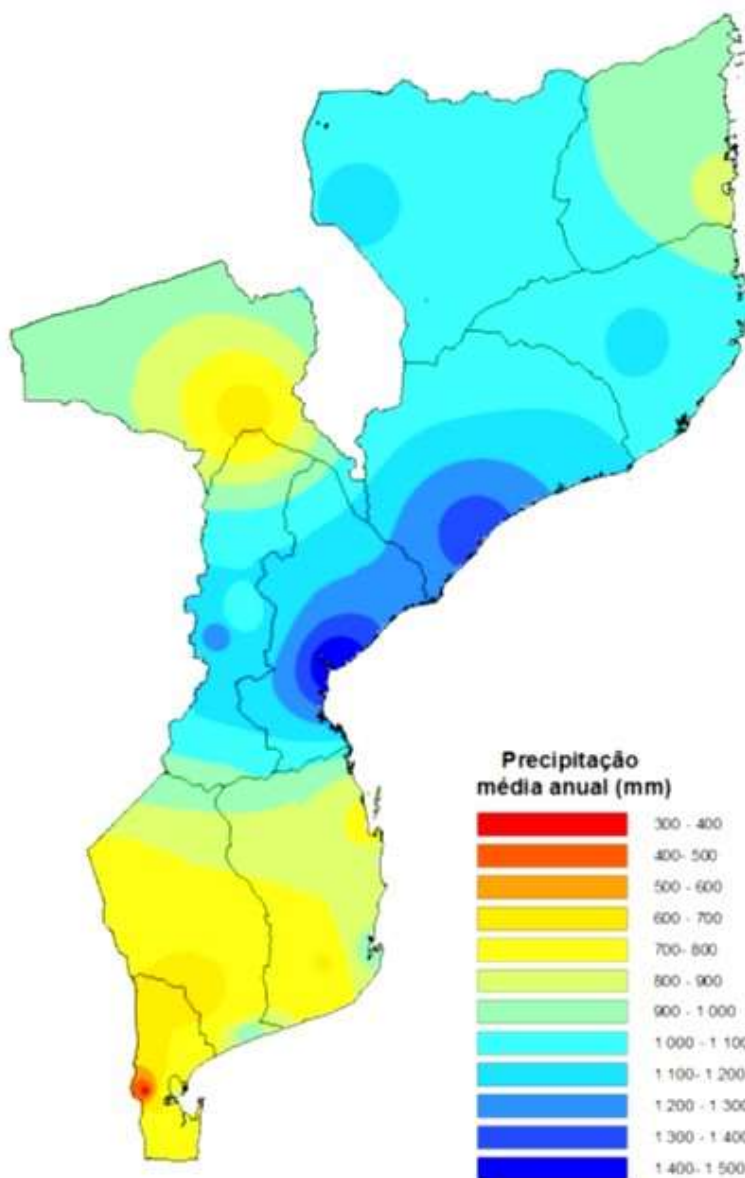
O clima subtropical húmido com Inverno seco e Verão quente (Cwa) cobre as zonas interiores de Norte a Sul do país, e compreende temperaturas médias mensais entre 19 e 25 °C, e precipitação de 20 a 230 mm (Earthwise, 2017).

Os demais tipos climas (tropical de monção Am, subtropical húmido com Inverno seco e Verão quente Cwb e subtropical húmido sem a estação seca Cfa) cobrem apenas pequenas áreas identificadas ao longo do país.

Precipitação

A precipitação média de Moçambique (ver figura seguinte) varia de valores inferiores a 400 mm, por exemplo no Pafuri, na província de Gaza, até valores de 1500 mm, em Tacuane na Província da Zambézia. Toda a linha de costa recebe cerca de 800-900 mm de precipitação por ano. No Sul a precipitação é relativamente elevada no litoral, onde decresce, rapidamente, em direcção às regiões do interior, aumentando depois nas encostas das montanhas dos Libombos, na fronteira com Suazilândia e África do Sul. Portanto, existe nesta região um gradiente negativo da precipitação orientado no sentido Nordeste-Sudoeste. Ao longo do ano, a precipitação comporta-se de forma similar na maior parte da região Sul, com o pico máximo no Verão austral, entre os meses de Outubro e Abril, com o mês de Janeiro sendo o mais produtivo. Apenas pequenas variações se verificam entre diferentes estações pluviométricas nesta região, e elas consistem no encurtamento da estação chuvosa em alguns locais. Segundo Uele *et al.* (2017), as variações sazonais e mensais da precipitação no Sul do país são condicionadas pelos ciclones tropicais, sistemas frontais, e pela influência da corrente quente do Canal de Moçambique, enquanto a variabilidade espacial é devido à Zona de Convergência Intertropical.

As regiões Centro e Norte do país, apresentam uma distribuição espacial visivelmente diferentes daquela da região sul, apresentando valores altos de precipitação anual acumulada. Algumas localidades nestas regiões apresentam os valores mais altos de precipitação no país, que ocorre no trimestre Janeiro a Março (JFM). Tal é o caso das cidades da Beira e Quelimane na região central, e Nampula na região norte (Tique, 2015). A precipitação anual varia entre 1.000 e 1.800 mm em todo o Norte e na região central a Leste do rio Shire, porém o Centro-Oeste e o Sul de Moçambique estão sujeitos a secas periódicas. Este padrão no Centro e Norte é em parte devido a grande influência da convergência entre os fluxos de leste e nordeste e à advecção de humidade proveniente da região oceânica tropical, o que não acontece no interior do país nem na região Sul.



Fonte: Macie, 2016

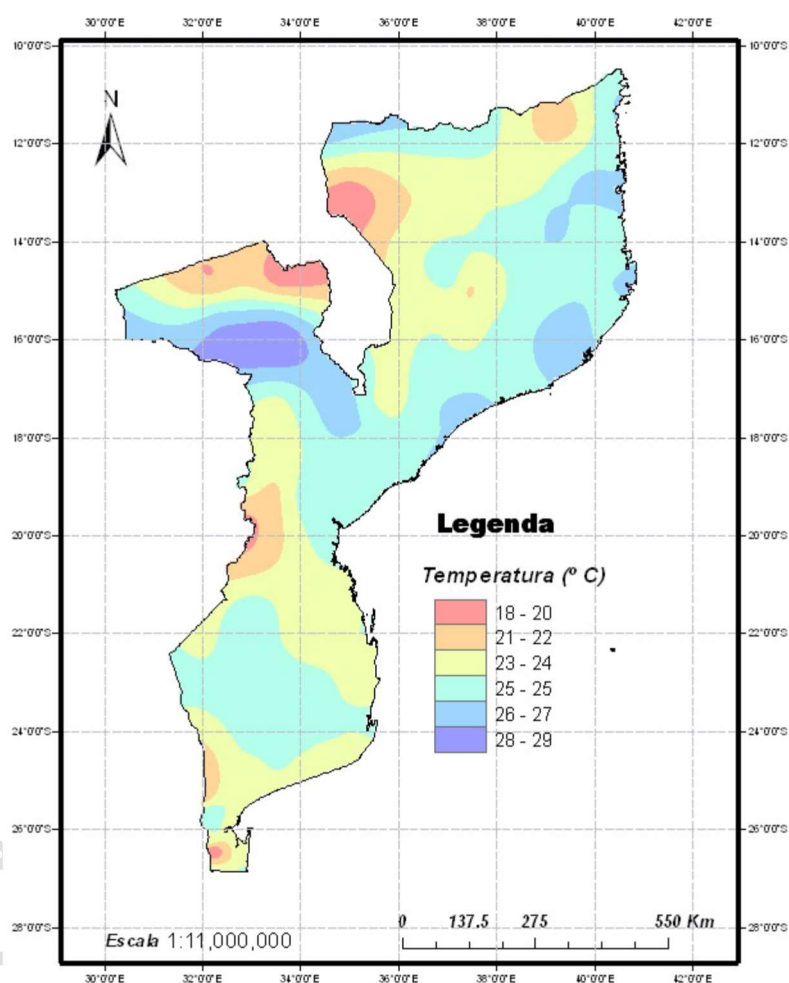
Figura 5.13 - Distribuição espacial da precipitação média anual

Temperaturas Médias

O clima tropical do território moçambicano é caracterizado por elevadas temperaturas do ar, com uma média de 20 °C e amplitude inferior aos 10 °C. As temperaturas apresentam variações regionais em função da interferência de factores como a latitude, continentalidade e o próprio relevo. Em geral os valores da temperatura tendem a aumentar para as menores latitudes como resultado da intensa radiação solar junto ao Equador. Porém, por influência do factor relevo verificam-se menores temperaturas (média



anual entre 18 e 20 °C) nas regiões mais altas e a Oeste do País, que se situam nas províncias do Niassa, Zambézia, Tete, Manica e Maputo (Uele, 2007). De um modo geral, as temperaturas médias anuais distribuem-se do seguinte modo: de 18 a 20 °C, nas regiões montanhosas; 22 a 24 °C, nas regiões centrais e planálticas do norte e do centro, bem como nas zonas leste e oeste das províncias do Sul; de 24 a 26 °C, todo o leste das regiões norte e centro e o interior das regiões ao sul do País (Bacia do Limpopo).



Fonte: Cumbe, 2007

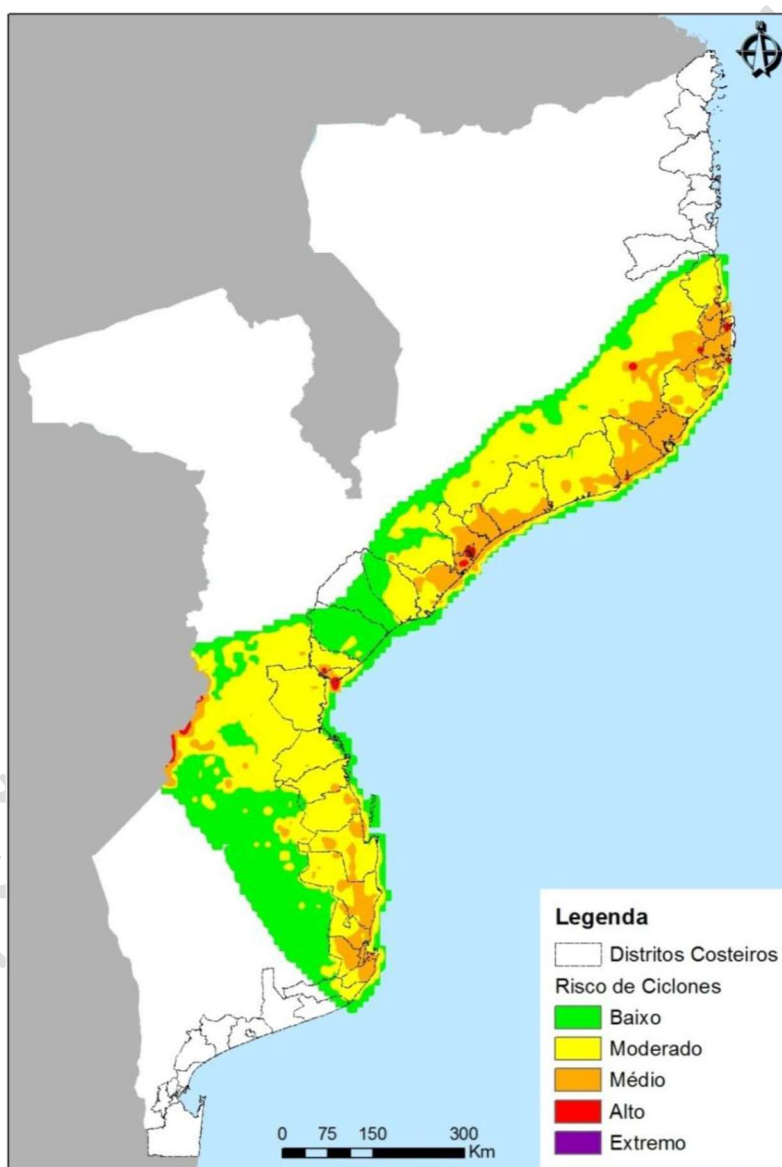
Figura 5.14 - Distribuição espacial da temperatura média anual

Estas regiões baixas são consistentemente aquecidas pelo fluxo de ar quente e húmido do Canal de Moçambique, e no caso da zona Norte também pela subsidência de ar proveniente das regiões de grande elevação no lado Oeste do país. O período mais quente do ano é de Outubro a Fevereiro.



A influência dos ciclones e depressões tropicais

Nos últimos 50 anos, 30 ciclones (ou furacões: ventos máximos sustentados à superfície superiores a 33 m/s) atingiram a costa moçambicana, afectando principalmente o sector central da costa e provocando chuvas torrenciais, inundações e graves danos causados pelo vento. A ocorrência média de ciclones no canal de Moçambique é superior a três por ano (Consultec, 2016) e a maioria dos ciclones que invadem a costa de Moçambique é classificada como de risco significativo a muito significativo. A principal temporada de ciclones ocorre entre Novembro e Abril.



Fonte: MICOA, 2013 citando INGC, 2009

Figura 5.15 - Frequência dos ciclones por Distrito



5.2.3 Oceanografia

Massas de água

O conhecimento das massas de água é importante para a compreensão dos ecossistemas marinhos e costeiros e ainda o comportamento dos organismos marinhos.

Tradicionalmente, uma massa de água é definida como uma considerável porção de água associada a um determinado intervalo de valores de temperatura (T) e salinidade (S) que podem ser identificados através da curva de um diagrama T-S (Nehama *et al.*, 2015).

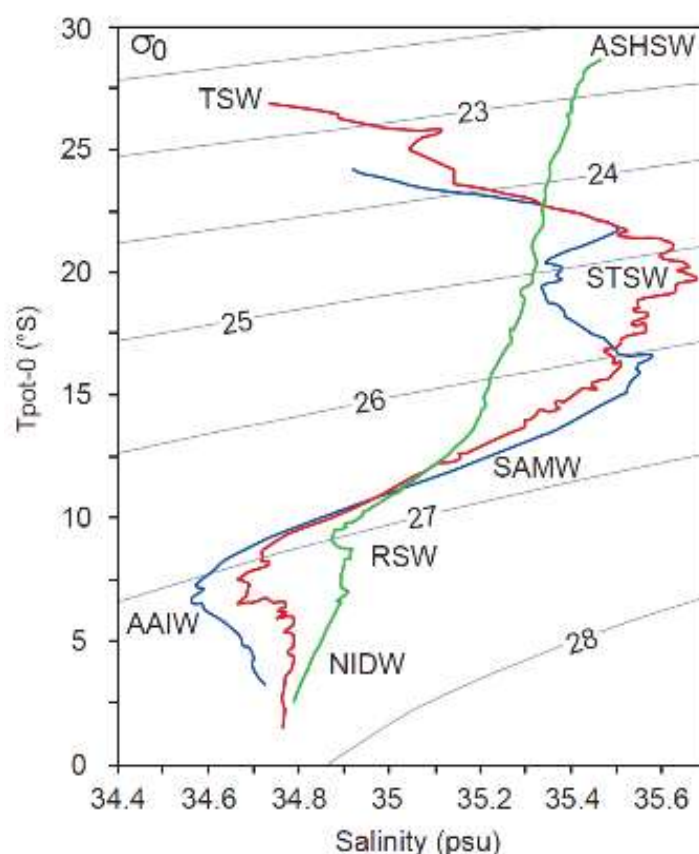
A caracterização das massas de água presentes em Moçambique, tanto no canal de Moçambique, oceano profundo entre o limite da plataforma continental africana e Madagáscar, como nas águas costeiras foram descritas por Saetre e da Silva (1984).

Segundo estes autores existem cinco massas de água nas águas de Moçambique:

- Águas superficiais equatoriais (*Equatorial Surface Water*, ESW), águas quentes e com baixa salinidade trazidas pela Corrente Sul Equatorial.
- Águas subtropicais (*Sub-Tropical Water*, SW), formadas no giro (circulação oceânica de larga escala com trajectória circular) sul subtropical, ocupa os primeiros 300 metros da coluna de água na parte sul do canal, enquanto que na parte central é parcialmente coberta pelas águas superficiais equatoriais (ESW). É caracterizada por máximos de salinidade a profundidades entre os 200 e os 300 m.
- Águas Centrais (*Central Water*, CW), é a água que ocorre entre os 300 e os 600 m de profundidade, caracterizada por uma relação quase linear entre a temperatura e a salinidade, assim como a existência de valores máximos de oxigénio.
- Águas Intermédias Antárticas (*Antartic Intermediate Water*, AIW), é uma massa de água de baixa salinidade com origem no Antártico.
- Águas Intermédias do Índico Norte (*North Indian Intermediate Water*, NIIW), é uma massa de água de grande salinidade formada no Mar Árábico com contribuições de águas do Mar Vermelho e do golfo de Omã.

Groeneveld e Koranteng (2017) indicam também a existência de duas massas de água típicas na superfície junto à costa: i) as Águas Superficiais Tropicais (*Tropical Surface Waters*, TSW) equivalentes às descritas como ESW por Saetre e da Silva (1984) e caracterizadas por terem temperaturas superiores a 26 °C e salinidades baixas, <34,5 psu (*practical salinity unity*), e ii) as Águas Superficiais Subtropicais (*Subtropical Surface Water*, STSW), equivalentes a SW (Saetre e da Silva, 1984) com água relativamente

mais fria e de maior salinidade ($>34,5$ psu). Segundo estes autores a TSW tem as suas características motivadas pela existência de maior precipitação do que evaporação no oceano Índico tropical e as características da STSW são devido à evaporação exceder a precipitação no oceano Índico Sul ($25-35^\circ$ S). A transição entre estas duas massas de água ocorre cerca dos 22° S, sendo que esta barreira é mantida nesta zona por dois vórtices que capturam as duas massas de água (ver figura seguinte) (Johnsen *et al.*, 2007).



Águas de Elevada Salinidade do Mar Árabe (ASHSW); Águas Superficiais Tropicais (TSW); Águas Superficiais Subtropicais (STSW); Águas Intermédias Antárticas (AAIW); Água do Mar Vermelho (RSW); Água Oceânica do Norte do Índico (NIDW)

Fonte: Johnsen *et al.*, 2007

Figura 5.16 - Temperatura, salinidade e perfil de oxigénio usados para descrever as massas de água

Groeneveld e Koranteng (2017) indicam que a massa de água, Águas do Índico Central Sul (*South Indian Central Water*, SICW), equivalente a CW, ocorre abaixo da profundidade da termoclina (profundidade onde a temperatura varia consideravelmente). A profundidades intermédias, as Águas de Elevada Salinidade do Mar Árabe (ASHSW), equivalente a NIW, têm contribuições do mar Vermelho e do golfo de Aden e entram no canal de Moçambique pelo Norte, propagando-se para o Sul. São caracterizadas por terem águas frias (4 a 7°C), salinidades maiores que $34,5$ psu e concentrações de oxigénio abaixo dos 2 ml/l. Na zona sul de Moçambique, as Águas Intermédias Antárticas (*Antarctic Intermediate Water*,



AAIW), equivalente a AIW, são evidentes devido à baixa salinidade e são transportadas para Norte pela contracorrente de Moçambique (Groeneveld e Koranteng, 2017), sendo pouco provável que penetre mais a norte na bacia de Comoros (Johnsen *et al.*, 2007).

Na região do banco de Sofala as condições são diferentes das águas profundas, a coluna de água está bem misturada no que se refere às condições de temperatura, salinidade e oxigénio. Contudo, a salinidade apresenta um forte padrão de distribuição horizontal, estando os valores mais baixos junto da costa, como consequência das descargas dos inúmeros rios existentes na zona, principalmente o Zambeze e o Pungué (Johnsen *et al.*, 2007). A salinidade das águas superficiais próximas da foz do rio Zambeze pode ser de 20 psu e a água doce proveniente deste rio pode expandir-se até uma profundidade de 15 m (Meyer, 2012) e 100 km para o norte e para o sul da foz (Nehama e Reason, 2014).

Nehama *et al.* (2015) estudou o banco de Sofala em relação às massas de água, tendo identificado nesta região específica a existência de quatro massas de água, diferindo, entre elas, no que se refere à sua localização, temperatura e principalmente salinidade:

- LSSW - águas costeiras de baixa salinidade que ocorrem nos primeiros 15 m de profundidade e a 40 km da costa (<32,5 psu, 28-31 °C);
- WOSW - águas oceânicas superficiais de alta temperatura que ocorrem em todo o banco a uma profundidade máxima de 70 m (32,5-35,8 psu, 27,5-31 °C);
- DOW - águas oceânicas profundas de baixa temperatura que ocorrem desde a camada subsuperficial até ao fundo (34,5-35,5 psu, 15-27,5 °C);
- HSSW - águas da plataforma com salinidade elevada que ocorrem a partir dos 40 km da costa a uma profundidade não inferior a 15 m (>35,5 psu).

Estas águas são geralmente bem oxigenadas, com o limite inferior da concentração de oxigénio de 13 ml/l para a LSSW, 7 ml/l para a WOSW e 5,7 ml/l para a massa de água HSSW. Referem ainda estes autores que a presença destas massas de água terá provavelmente implicações ecológicas e de gestão de recursos.

As massas de água no giro da baía Delagoa têm características de temperatura e salinidade que sugerem uma ressurgência (ou afloramento costeiro/*upwelling*) dentro do núcleo do giro, a partir de profundidades de 900 m, trazendo águas ricas em nutrientes de baixo para a superfície, para produção primária (Meyer, 2012).

Correntes

O padrão de circulação que influencia a costa de Moçambique é muito complexo e tem início nas águas do oceano Índico Central e Este, que se movem em direcção ao continente africano principalmente através da corrente sul equatorial (CSE, SEC em inglês).



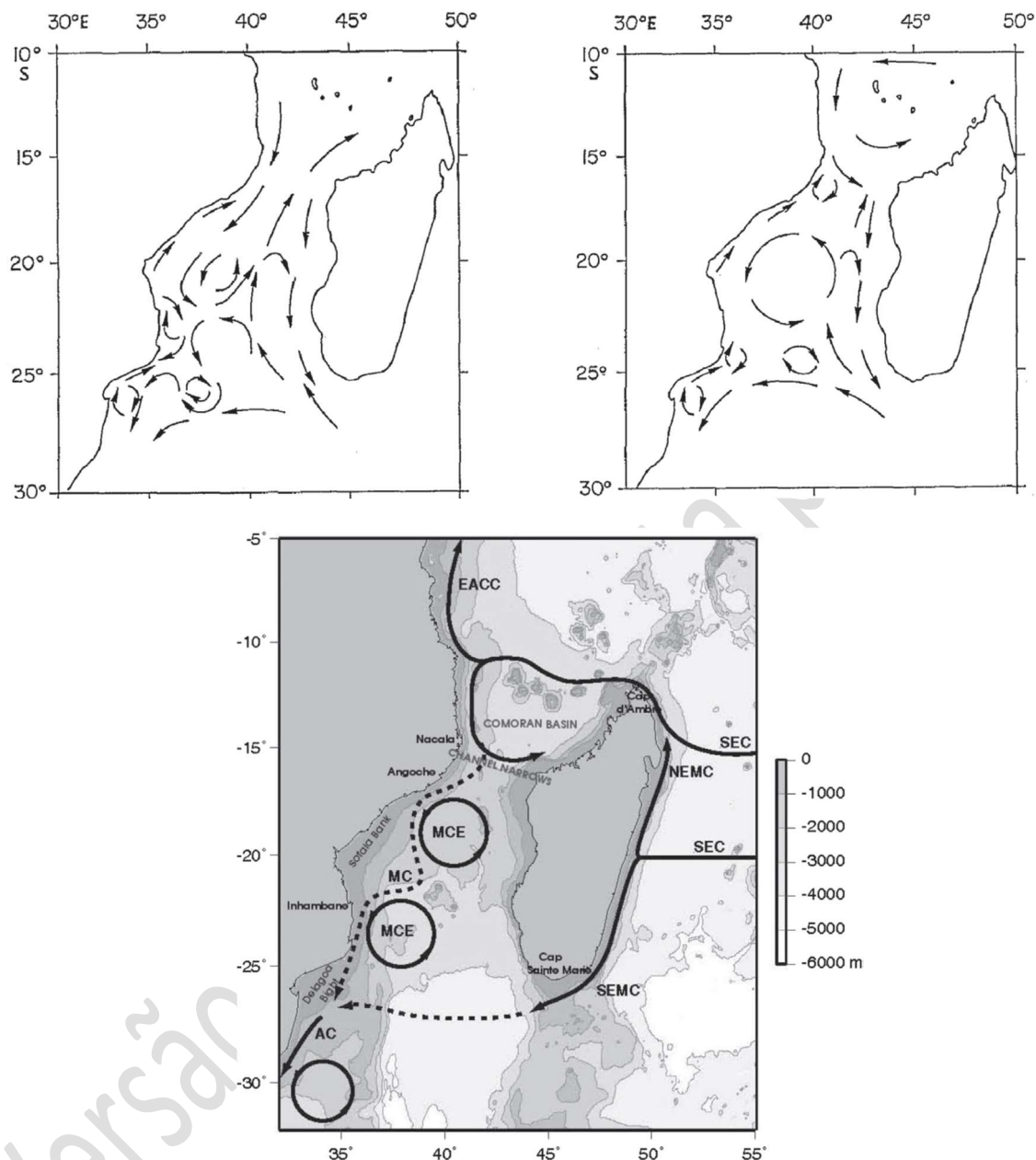
Esta corrente divide-se ao chegar a Este de Madagáscar, cerca dos 17° S de latitude, numa corrente sul, denominada corrente sudeste de Madagáscar (CSEM). É esta corrente que, na ponta sul de Madagáscar, cria vórtices dipolares (estruturas compostas por dois vórtices com orientação contrária e próximos) que se propagam em direcção sudoeste no sentido da costa Sul de Moçambique (figura seguinte). O outro ramo da CSE divide-se em direcção a Nordeste, criando a corrente nordeste de Madagáscar (CNEM). Esta corrente passa pela parte norte de Madagáscar, zona onde se criam vórtices que se propagam para o canal de Moçambique (CM) (Groeneveld & Koranteng, 2017), principalmente na parte norte das ilhas Quirimbas (Obura *et al.*, 2018). Os vórtices assim formados seguem em direcção a Sul, indo alimentar a parte de cima da corrente das Agulhas (Groeneveld & Koranteng, 2017) (figura seguinte). Existe ainda uma corrente profunda, abaixo dos 2.000 m, que é uma extensão da subcorrente das Agulhas, que transporta Águas intermédias do Antártico e Águas profundas do Atlântico Norte em direcção ao Equador, perto do talude continental a ocidente do canal de Moçambique (Meyer, 2012).

Historicamente, o padrão de circulação de Moçambique e em particular do canal de Moçambique tem tido vários modelos que foram sendo modificados com a introdução de novos dados de cruzeiros científicos, de instrumentos derivantes e da análise dos dados de satélite. Sætre e da Silva (1984) propõem dois padrões de circulação temporalmente diferentes, correspondendo ao período de Verão (Novembro a Abril) e ao período de Inverno (Maio a Outubro), prevendo, nesse modelo, a existência de células de rotação, tendo identificado três giros anticiclónicos como os principais componentes da circulação a Norte e a Sul do canal, sendo que no Inverno ocorre a fusão de dois dos giros (Ternon *et al.*, 2014). Biastoch e Krauss (1999) foram os primeiros a sugerir que, por razões físicas, a corrente contínua de Moçambique exigia a formação de vórtices anticiclónicos na parte mais estreita do canal. Obura *et al.* (2018) também refere que a existência de uma “corrente de Moçambique” só ocorreria durante breves períodos.

De acordo com Ternon *et al.* (2014), a utilização de sondas de salinidade e temperatura (i.e., CTD) de elevada precisão, de perfiladores de corrente e a utilização de bóias flutuantes permitiram uma melhor descrição da circulação no canal de Moçambique, confirmando que:

- a circulação no canal de Moçambique é altamente variável e determinada por vórtices;
- a variabilidade dessa circulação é remotamente condicionada pela variabilidade da bacia do oceano Índico.

A corrente através do canal de Moçambique é caracterizada por uma intensa actividade de mesoescala de vórtices (Halo *et al.*, 2014). Ternon *et al.* (2014) afirma que os vórtices se formam preferencialmente na parte norte do canal de Moçambique, apesar de Halo *et al.* (2014) referir que não existe evidência conclusiva sobre a origem dos vórtices, e que depois migram para Sudoeste ao longo da fronteira Este do canal, a velocidades de cerca de 6 km/dia, reduzindo para 3-4 km/dia entre 18 e 21° S e aumentando após os 24° S para velocidades maiores do que 6 km/dia, com diâmetros de cerca de 200 km (Meyer, 2012; Halo *et al.*, 2014). A frequência de ocorrência dos vórtices é bastante regular, cerca de 4 a 5 por ano a 17° S (Meyer, 2012; Halo *et al.*, 2014).



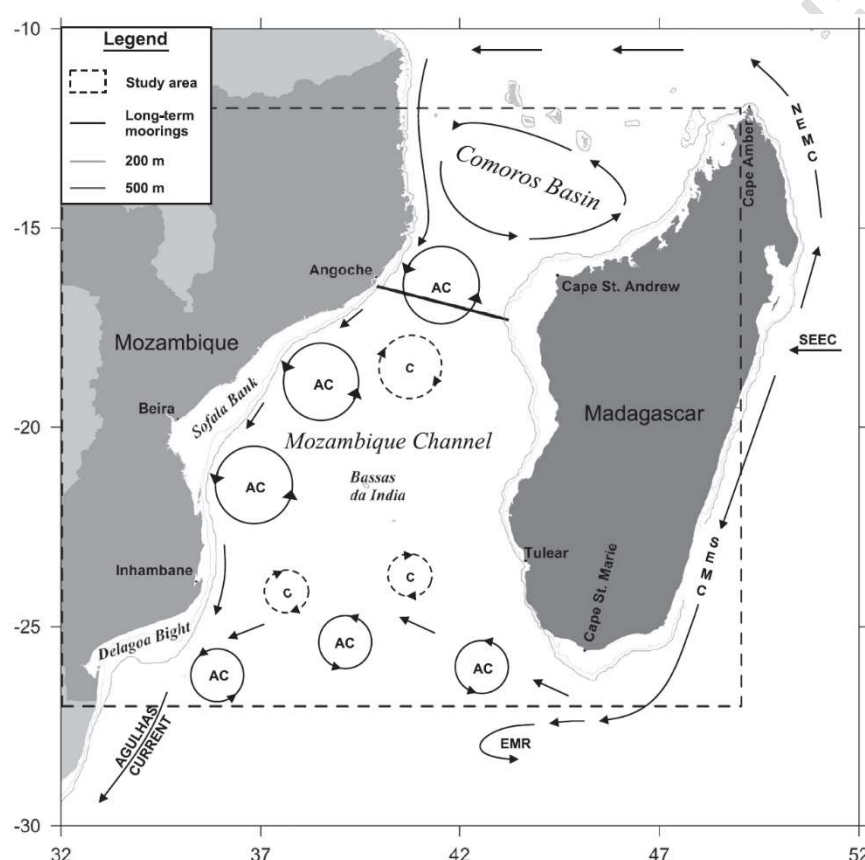
de Saerte e da Silva (1984) e de Schouten *et al.* (2003) propõem dois esquemas em função da época de monção: Verão (topo esquerdo), Inverno (topo direito) dominado por vórtices no canal de Moçambique (MCE). As outras correntes são a corrente sul equatorial (SEC), corrente sudeste de Madagáscar (SEMC), corrente nordeste de Madagáscar (NEMC), corrente costeira este africana (EACC) e a corrente das Agulhas (AC)

Fonte: Adaptado de Ternon *et al.*, 2014

Figura 5.17 - Perspectiva histórica da circulação do canal de Moçambique

Segundo Ternon *et al.* (2014), são os vórtices anticiclónicos (sentido anti-horário; vorticidade positiva) que dominam as estruturas dos vórtices com assinaturas evidentes a profundidades de 500 m para os

anticiclones e de 100 m para os ciclones. A situação mais comum é os ciclones serem considerados um “subproduto” da dinâmica de mesoescala dos anticiclones, com tendência para serem mais fracos. Os vórtices ciclónicos e anticiclónicos são gerados dentro do canal de Moçambique, parecendo os vórtices ciclónicos ser mais abundantes e de dimensões pequenas do que os anticiclónicos (figura seguinte). Os vórtices ciclónicos são preferencialmente formados na parte leste do Canal, os anticiclónicos são formados normalmente na parte norte (12° S) entre Madagáscar e o continente Africano, existindo um local secundário de formação para estes vórtices anticiclónicos no sector leste central (20° S, 43° E) (Halo *et al.*, 2014).



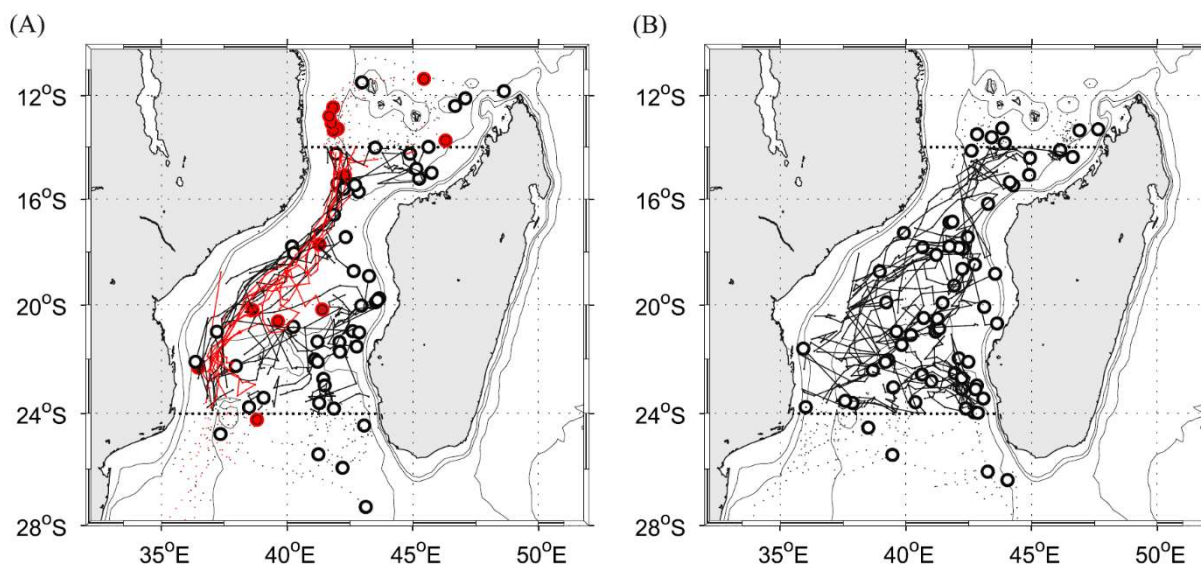
Fonte: Hancke *et al.*, 2014

Figura 5.18 - Circulação dominante associada ao canal de Moçambique. Vórtices anticiclónicos (AC), Vórtices ciclónicos (C)

Roberts *et al.* (2014) e Obura *et al.* (2018) afirmam que os vórtices que se movem para Sul no lado ocidental do canal de Moçambique são o principal mecanismo de fornecimento de nutrientes para as águas superficiais que de outro modo seriam oligotróficas e para além disso são um importante mecanismo para as trocas entre a plataforma e o oceano aberto (figura seguinte).



A variabilidade à escala local é elevada e em parte imprevisível, as interações entre os vórtices, com a plataforma e a influência da variabilidade interanual ligadas a fenómenos de larga escala como o *El Niño* e o Dipolo do Oceano Índico contribuem para essa variabilidade e imprevisibilidade (Ternon *et al.*, 2013).



A) vórtices anticiclónicos (preto) e anéis (vermelho); B) vórtices ciclónicos. Os anéis a preto indicam o local de formação e as linhas a sua trajetória

Fonte: Adaptado de Halo *et al.*, 2014

Figura 5.19 - Exemplo de percurso de vórtices durante um período de 5 anos e os seus locais de formação

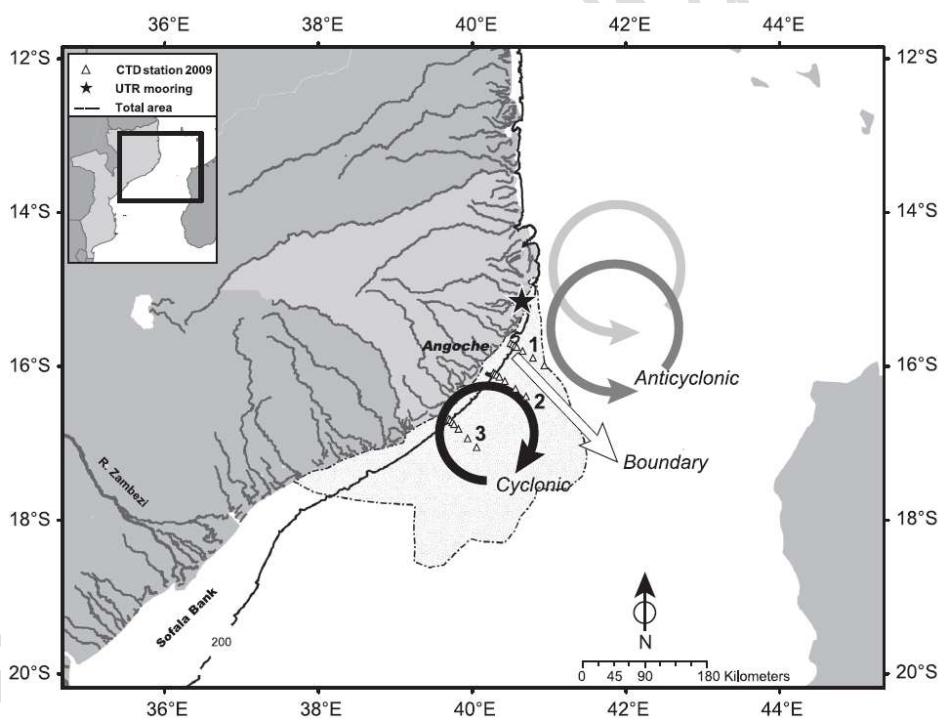
Ressurgência costeira

As correntes oceânicas e as zonas de ressurgência têm um papel muito importante na regulação do clima e a influenciar os padrões climáticos, a temperatura da água do mar, a composição química da água, a produtividade e a biodiversidade marinha e as pescas (Groeneveld e Koranteng, 2017).

Os fenómenos de ressurgência são normalmente responsáveis por regiões de elevada produtividade. Na costa Este de África a produção marinha é causada por fenómenos de ressurgência na Somália e nas regiões mais a Norte, contudo, a Sul do equador, a produção marinha depende em grande parte do *input* de nutrientes proveniente dos rios existentes ao longo da costa (Caddy e Bakun, 1994) e grande parte da área é considerada pobre em nutrientes (Groeneveld & Koranteng, 2017). Os fenómenos de ressurgência são normalmente produzidos por vento, o *stress* que o vento produz na superfície da água tende a ser orientado de um modo em que as águas superficiais são transportadas para longe da costa. Isto faz com que as águas subsuperficiais subam para a superfície, trazendo, normalmente, águas mais frias e com mais nutrientes (Bakun *et al.*, 1998). No entanto, nesta região, os principais factores que permitem a identificação de uma zona de ressurgência, a temperatura da água e a concentração de

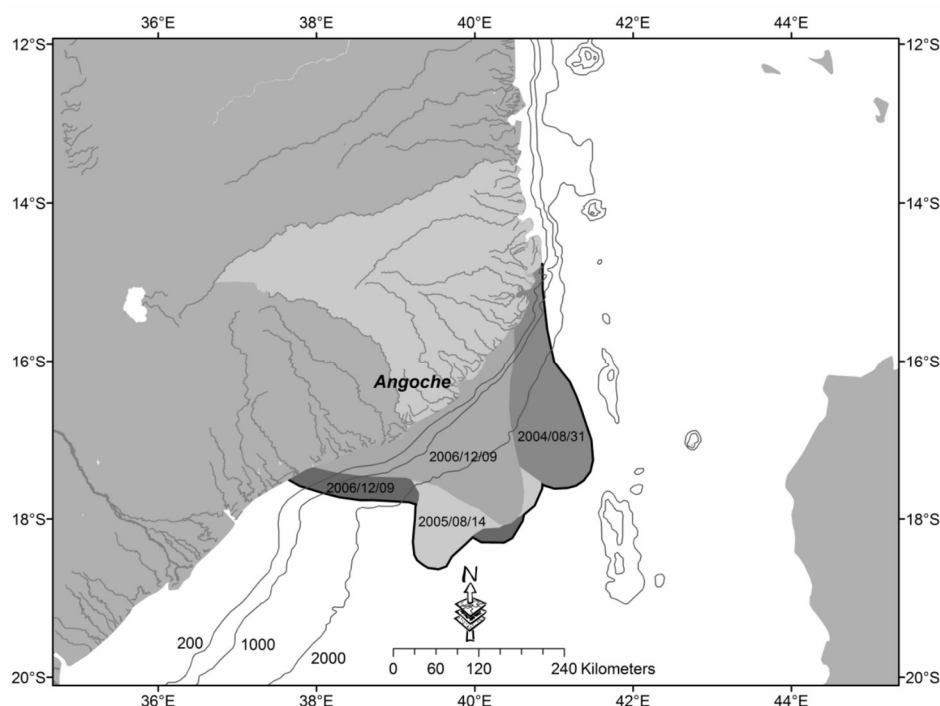
clorofila, nem sempre se manifestam à superfície, ocorrendo em profundidade (Malauene *et al.*, 2012). Malauene (2010) indica a existência de duas zonas potenciais para a ocorrência de fenómenos de ressurgência, uma é na baía de Delagoa, onde ocorre um vórtice ciclónico na região sul (25° S), e outra zona ao largo de Angoche, na zona norte por volta dos 16° S, estando estas duas regiões separadas por cerca de 2.000 km.

Os ventos existentes na monção de Verão, entre Setembro e Março, são particularmente importantes na costa de Angoche (figura seguinte), onde os ventos de Nordeste, que ocorrem paralelos à costa e ao longo desta, são favoráveis à existência de transporte de Ekman para zonas *offshore* e como consequência induzem a existência de ressurgência de águas mais frias junto à costa (Figura 5.21) (Malauene *et al.*, 2014). Nesta costa, entre os 15° e 18° S, foram identificadas duas regiões de ocorrência de ressurgência, uma região na plataforma e uma região no declive da plataforma, sendo a primeira destas a região mais persistente. Não existem fenómenos de ressurgência entre Abril e Julho, sendo intermitentes no período de Agosto a Março, em resultado das flutuações das direcções do vento durante a Primavera/Verão (Malauene *et al.*, 2012).



Fonte: Malauene *et al.*, 2014

Figura 5.20 - Representação esquemática da existência de vórtices na região de Angoche

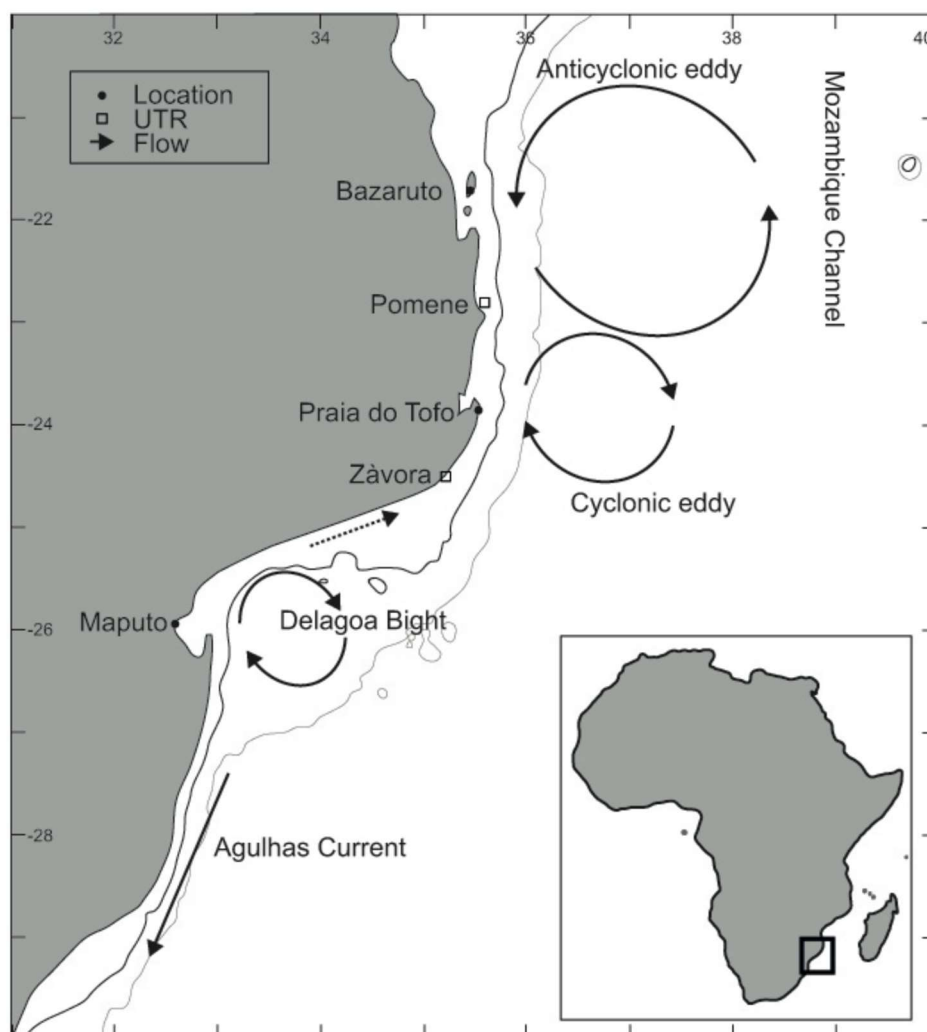


Fonte: Malauene *et al.*, 2012

Figura 5.21 - Representação esquemática da localização dos eventos de ressurgência entre 2003 e 2007

A existência de ressurgência na zona de Angoche (~16° S) parece estar relacionada com eventos de maiores concentrações de clorofila que podem aumentar a produtividade nesta região e contribuir para a pesca de camarão. De facto, o camarão capturado no fundo oceânico ao largo de Angoche, no limite norte do banco de Sofala, representa cerca de 50% do total de capturas do país (Malauene *et al.*, 2014).

Rohner *et al.* (2014) indica a existência de ressurgência, passível de ocorrer durante todo o ano, na região compreendida entre Pomene e a baía de Delagoa. Estes autores indicam que nesta região e em especial na praia do Tofo, as condições criadas pela ressurgência permitem o aumento da biomassa de fitoplâncton que cria condições para a existência de zooplâncton para que os tubarões-baleia se alimentem durante todo o ano. Ainda segundo estes autores, a ocorrência de ressurgência nesta região provém de três mecanismos: ressurgência na borda da plataforma que ocorre ao longo da plataforma continental a norte da praia do Tofo, ressurgência divergente onde a plataforma continental diverge da linha de costa a sul da praia do Tofo e ressurgência produzido pelo movimento rápido e forte do vórtice da baía de Delagoa que também causa uma corrente orientada a Norte em direcção à praia do Tofo (figura seguinte).



Fonte: Rohner *et al.*, 2014

Figura 5.22 - Circulação esquemática na zona sul de Moçambique responsável pelo fenómeno de ressurgência

Agitação marítima

Introdução

Para se caracterizar a agitação marítima ao longo da costa de Moçambique recorreu-se a dados de reanálise climática ERA5, gerados pelo serviço europeu “Copernicus Climate Change Service” (C3S) do “European Centre for Medium-Range Weather Forecasts” (ECMWF). Os dados sobre parâmetros de



ondas abrangem um intervalo temporal aproximado de 40 anos, entre 1979 e 2019, têm resolução de 0.5° (~55,5 km) e estão disponíveis “online”².

Metodologia

No contexto deste estudo, extraiu-se informação sobre:

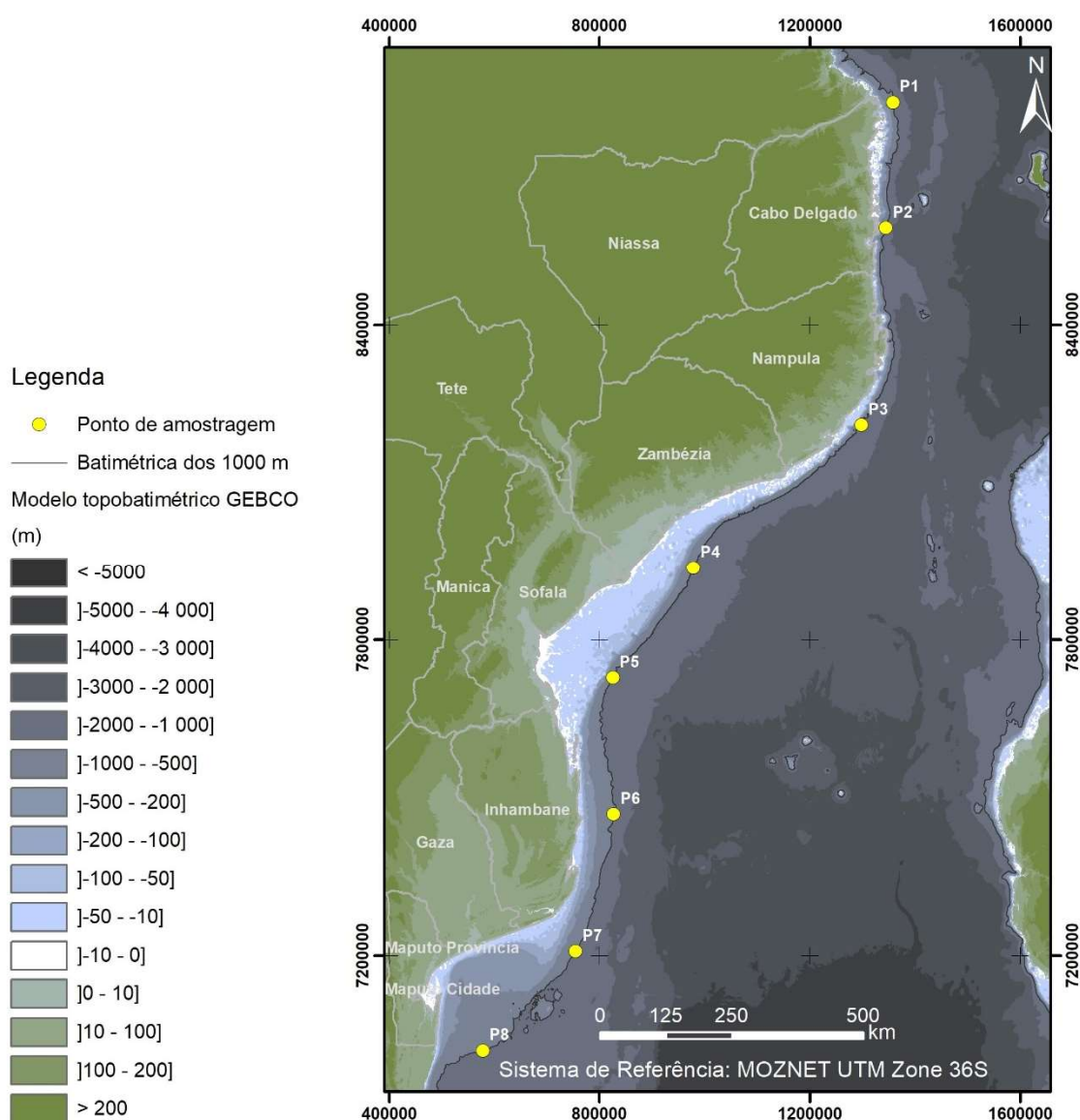
- altura significativa (H_s), média das alturas do terço das ondas mais altas registadas num intervalo de tempo considerado;
- período médio (T_m), média dos períodos observados durante determinado tempo de observação;
- direcção (Dir), média vectorial do rumo das ondas;
- período de pico de potência (T_p), período das ondas com maior energia registado num intervalo de tempo considerado.

A série foi amostrada a cada 6 h entre 1 de Janeiro de 1979 e 30 de Abril de 2019. Os dados são contínuos (sem lacunas) e totalizam 58.920 registos. Foram extraídos dados para oito locais em águas profundas (profundidade aproximada de 1.000 m) ao longo da costa de Moçambique (ver figura seguinte). A distribuição dos locais de amostragem teve em atenção a orientação geral de troços de costa ao longo do seu comprimento e as respectivas coordenadas estão reunidas no quadro seguinte.

Quadro 5.1 - Coordenadas dos locais de extracção dos parâmetros de ondas ao largo de Moçambique

Província caracterizada por ponto de amostragem	Ponto de amostragem	Coordenadas WGS 1984 (Long./Lat.)
Cabo Delgado (N)	P1	40,8248 / -10,5562
Cabo Delgado (S)	P2	40,7618 / -12,7007
Nampula	P3	40,4500 / -16,0666
Zambézia	P4	37,5368 / -18,6034
Sofala	P5	36,1188 / -20,5261
Inhambane (centro)	P6	36,1846 / -22,8654
Inhambane (S)	P7	35,5293 / -25,2293
Maputo Província	P8	33,7896 / -26,9511

² <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>



Fonte: GEBCO - The General Bathymetric Chart of the Oceans, acessível em <https://www.gebco.net/>.

Figura 5.23 - Batimetria do canal de Moçambique e posicionamento dos locais de extracção dos parâmetros de ondas ao largo (1.000 m de profundidade): P1 a P8, de Norte para Sul

Para caracterizar a agitação ao largo da costa de Moçambique efectuaram-se estatísticas sobre os parâmetros de onda em cada um dos pontos de amostragem e obtiveram-se valores médios de H_s , T_m , Dir e T_p para todos os locais. Adicionalmente, calculou-se:

- desvio padrão de H_s ($S(H_s)$);
- valor de H_s não excedido em 97,5% das ocorrências ($H_{sP97,5}$);
- rumo de pico de potência (θ_p), média vectorial do rumo das ondas com maior energia;



- densidade de potência (P), média do fluxo de energia por metro linear de crista de onda.

Resultados

Os resultados das estatísticas gerais calculadas sobre os parâmetros de onda, em cada um dos pontos de amostragem, encontram-se reunidos no quadro seguinte. Correspondem à média de cada parâmetro da série aqui considerada.

Quadro 5.2 - Estatísticas dos parâmetros de ondas ao largo de Moçambique para cada ponto de amostragem. S(Hs), Hs max, HsP97,5 e valores médios de Hs, Tm, Tp, Dir, θ_p e P

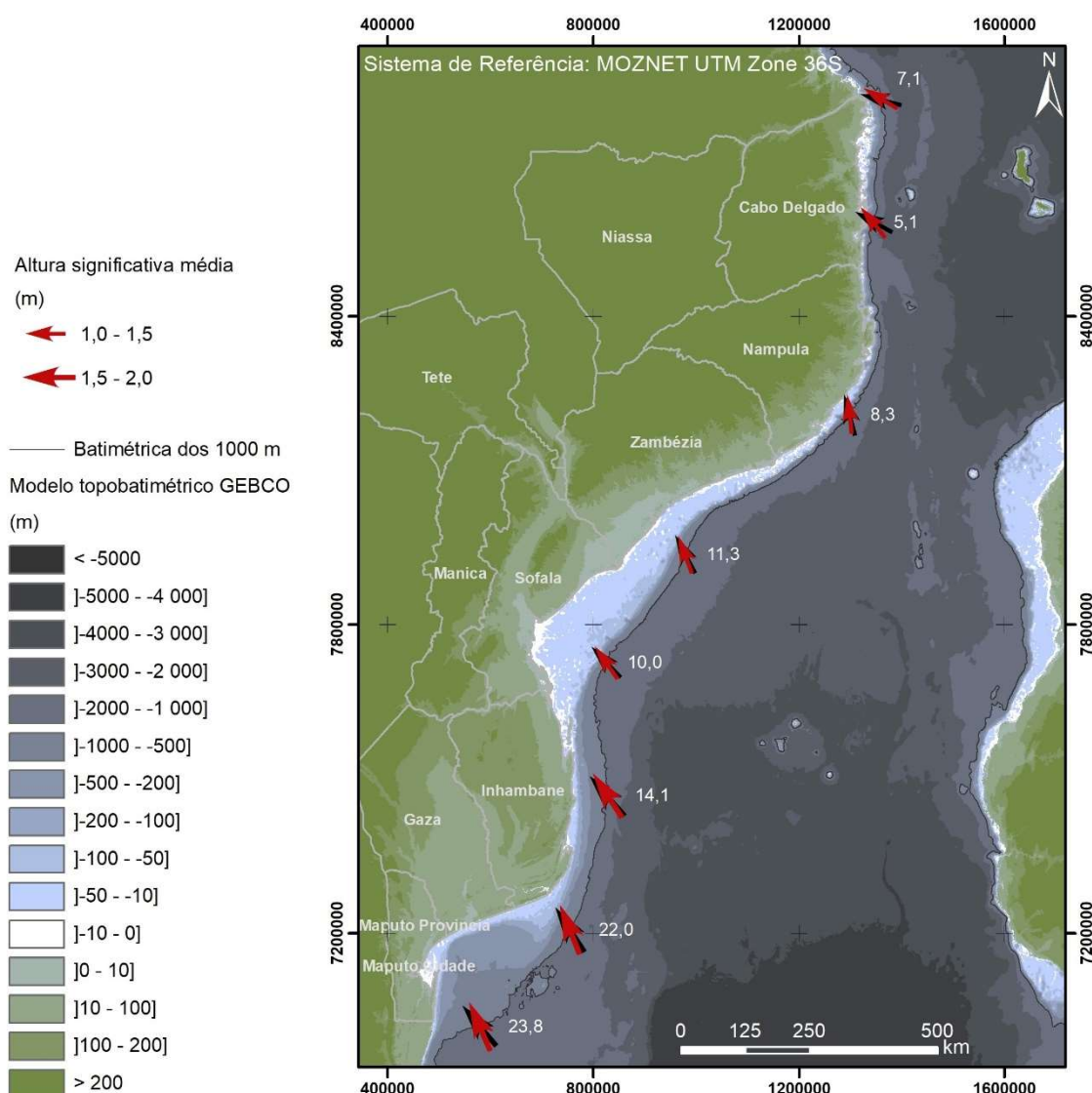
Costa (N-S)	Local	Hs (m)	Hs max (m)	HsP97,5 (m)	S (Hs) (m)	Tm (s)	Tp (s)	Dir (°)	θ_p (°)	P (kW/m)
Cabo Delgado (N)	P1	1,3	4,3	2,4	0,5	6,5	7,9	105	121	7.1
Cabo Delgado (S)	P2	1,1	5,5 ⁽¹⁾	2,2	0,4	6,2	7,4	119	141	5.1
Nampula	P3	1,2	4,8 ⁽²⁾	2,4	0,5	7,6	9,6	165	173	8.3
Zambézia	P4	1,4	6,9	2,8	0,5	7,6	9,6	152	160	11.3
Sofala	P5	1,4	9,7 ⁽³⁾	2,8	0,5	7,0	8,7	136	145	10.0
Inhambane (N)	P6	1,6	7,4 ⁽⁴⁾	3,1	0,6	7,7	9,6	138	146	14.1
Inhambane (S)	P7	1,9	8,4	3,6	0,6	8,5	10,6	147	158	22.0
Maputo Província	P8	2,0	7,6	3,8	0,7	8,3	10,3	140	156	23.8

Nota: valores máximos de Hs relacionados com os ciclones ⁽¹⁾ Kenneth; ⁽²⁾ Jokwe; ⁽³⁾ Idai; ⁽⁴⁾ Japhet.

A análise dos dados do quadro anterior mostra que há uma tendência geral de aumento dos valores de altura e período de norte para sul. A média de altura das ondas é de 1,2 m no Norte (ao largo de Cabo Delgado e Nampula), de 1,4 m na região central de Moçambique (ao largo da Zambézia e de Sofala) e de 1,8 m no Sul (ao largo de Inhambane, Gaza e Maputo). O máximo registado foi de 9,7 m (ao largo de Sofala) associado à passagem do ciclone Idai (em Março de 2019) e o mínimo registado foi de 4,3 m (ao largo de Cabo Delgado) sendo este valor idêntico ao mínimo reportado em Theron e Barwell (2012). No que respeita ao período das ondas (Tm e Tp) a tendência geral de aumento para sul é interrompida ao largo de Sofala (P5) com valores ligeiramente inferiores; observam-se valores mínimos de 6,2 e 7,4 s (Tm e Tp, respectivamente) e máximos de 8,5 e 10,6 s (Tm e Tp, respectivamente). A direcção média de propagação das ondas é para Noroeste, independentemente da latitude, e a média do espectro direccional varia entre 105° (em Cabo Delgado N) e 165° (ao largo de Nampula). A média do rumo de pico de potência é ligeiramente mais rodada a Sul com valores entre 121 e 173°.

A representação gráfica dos resultados encontra-se nas figuras seguintes e nas figuras do Anexo - Parâmetros de ondas nos locais de amostragem.

A figura seguinte caracteriza sumariamente o regime de agitação ao longo da costa moçambicana.



Altura significativa (proporcional à dimensão das flechas); média do rumo de pico de potência (flechas coloridas); média do rumo médio vectorial (flechas pretas) e indicação da média da densidade de potência (kW/m - etiquetas brancas)

Fonte: Batimetria: GEBCO - The General Bathymetric Chart of the Oceans, acessível em <https://www.gebco.net/>. Agitação: Dados de reanálise ERA5, disponíveis em <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>.

Figura 5.24 - Representação esquemática dos parâmetros de ondas em águas profundas

A distribuição conjunta da altura significativa e do rumo de pico de potência apresentada na figura seguinte revela que o efeito de abrigo de Madagáscar é mais pronunciado nos locais P3, P4 e P5 (entre Nampula e Sofala). Com efeito, nestes locais, o espectro direccional de propagação das ondas é muito estreito e as componentes de Sudeste reduzem-se progressivamente de Sul para Norte; à latitude de P3 observa-se que a orientação das ondas é quase exclusivamente das bandas de Sul.

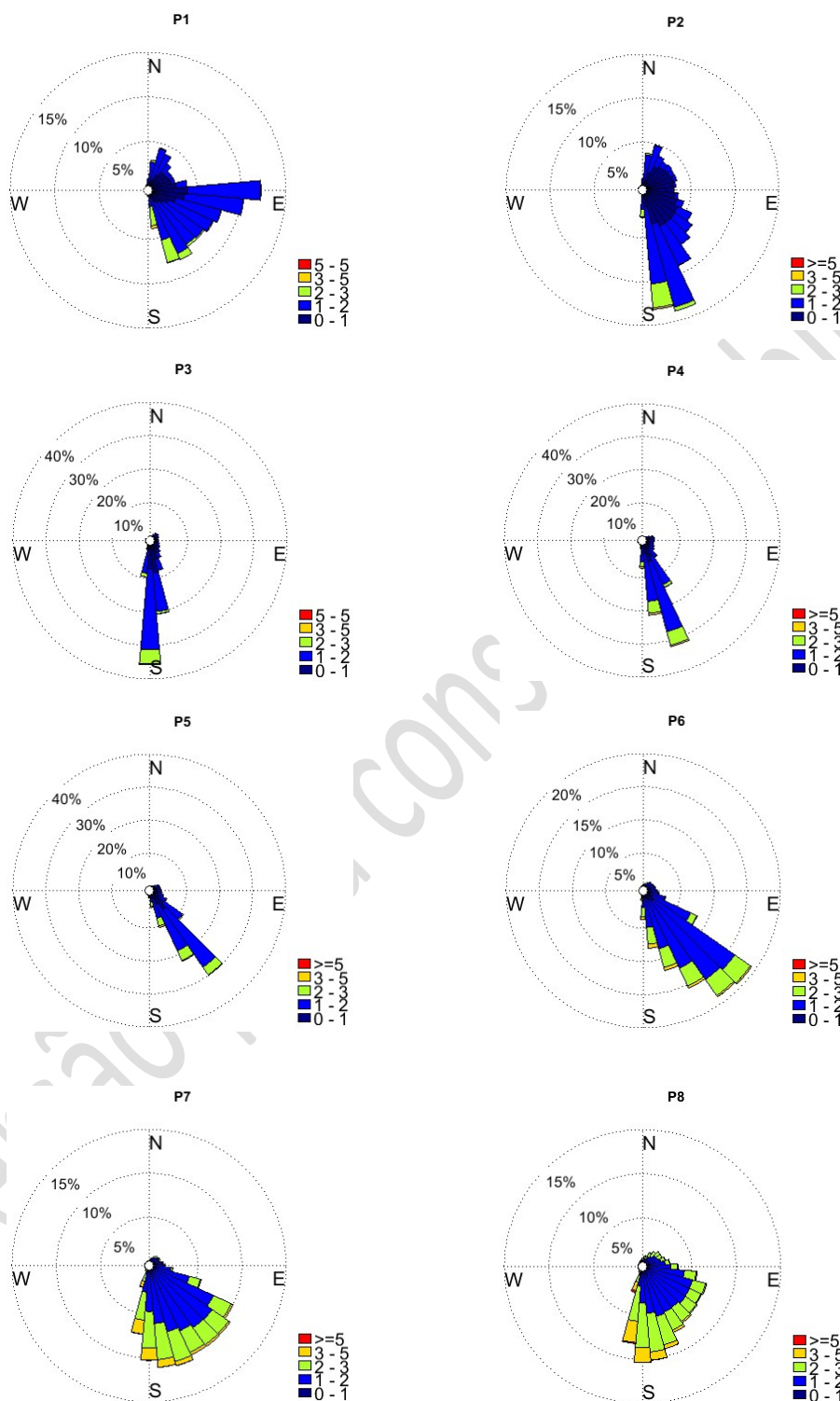


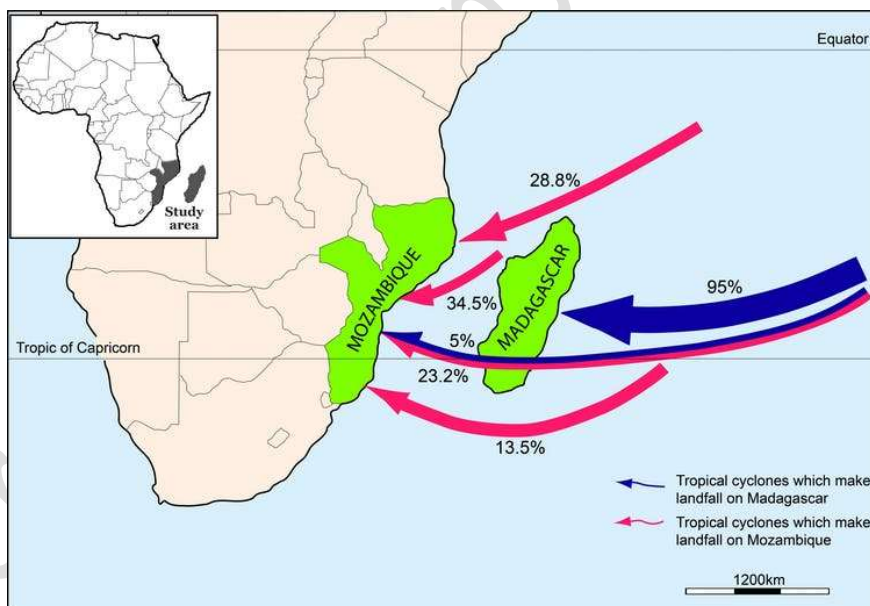
Figura 5.25 - Distribuição conjunta do rumo (°) e altura significativa (m), das ondas em águas profundas por local de amostragem (de Norte para Sul)

O efeito de abrigo reflecte-se também na altura das ondas com redução deste parâmetro para Norte; em P2 e P1 o efeito de abrigo é menor traduzindo-se no reaparecimento de componentes de Sudeste e de Leste.

Os diagramas de dispersão de altura significativa *versus* período de pico de potência (ver Figura 5.27) mostram que as ondas com altura mais elevada se associam a períodos intermédios, de aproximadamente 9 a 11 s. A ondulação com maior período (“swell”) associa-se em regra a valores menores de altura, o que concorda com área de geração distante e associada aos sistemas depressionários do sul do Índico.

A sazonalidade do regime de agitação pode ser avaliada através da distribuição mensal da altura significativa e do período de pico (Figura 5.30 e, do Anexo - Parâmetros de ondas nos locais de amostragem). Observa-se que a sazonalidade é geralmente pouco pronunciada, apresentando maior expressão no troço Norte da costa moçambicana.

O litoral de Moçambique é actuado em permanência por agitação cuja energia varia significativamente no espaço e é também afectado por eventos de alta energia, nomeadamente por tempestades tropicais e ciclones cujas trajectórias estão esquematizadas na figura seguinte e que ocorrem quase exclusivamente no Verão marítimo.



Fonte: retirado de Fitchett e Grab, 2014

Figura 5.26 - Esquema das trajectórias predominantes dos ciclones tropicais que afectam Madagascar (flechas azuis) e Moçambique (flechas vermelhas)

Dos 18 eventos de alta energia indicados no quadro seguinte apenas dois ocorreram no Inverno marítimo. A estação dos ciclones em Moçambique estende-se entre Novembro e Abril (IDEACONSULT



International/ STUDI International/ INSTM, 2019). Segundo estes autores o litoral moçambicano foi atingido por 30 ciclones nos últimos 50 anos, que afectaram principalmente o seu troço central, tendo apenas um deles atingido a região a norte de Pemba, em 1959. Referem ainda, que à data do seu estudo (2019) dois outros ciclones atingiram o litoral de Moçambique. Os dados reunidos no quadro seguinte (que já incluem os eventos de 2019 - ciclones Idai e Kenneth) indicam uma frequência média de um evento em cada dois anos e confirmam uma distribuição assimétrica no espaço, sendo a região Centro a mais afectada, sem prejuízo de impactos menos frequentes a Norte (como foi o caso do ciclone Kenneth) e a Sul.

Quadro 5.3 - Ciclones e tempestades tropicais que afectaram o litoral de Moçambique entre 1988 e 2019

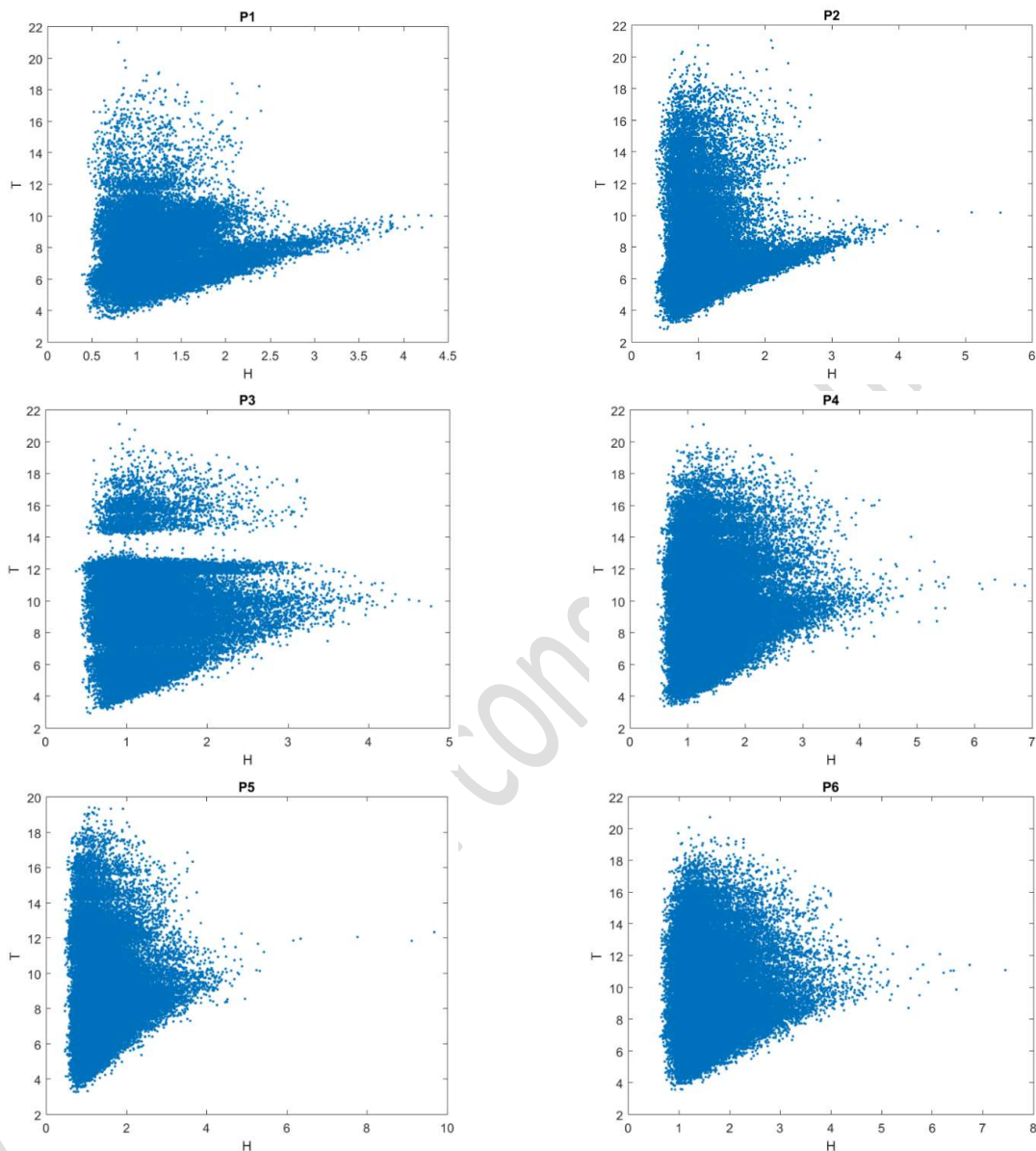
Ano	Nome	Local de incidência	Data
1988	Filao	Centro	1 Mar
1994	Nadia	Norte	24 Mar
1995	Fodah	Centro	22 Jan
1996	Bonita	Centro	14 Jan
1997	Lisette	Centro	2 Mar
1998	Alda	Norte	17 Jan
2000	Eline	Centro	22 Fev
2000	Hudah	Centro	8 Abr
2003	Delfina	Centro	1 Jan
2003	Japhet	Sul	2 Mar
2003	Atang	Norte	13 Nov
2007	Favio	Sul	22 Fev
2008	Jokwe	Norte	8 Mar
2012	Funso	Centro	17 Jan
2014	Chedza	Centro	14 Jan
2017	Dineo	Sul	15 Fev
2019	Idai	Centro	15 Mar
2019	Kenneth	Norte	28 Abr

Fonte: Dados compilados de INGC (2009) e completados com informação em https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Cyclones_in_Mozambique

A observação dos diagramas de caixa (Figura 5.30 e Figura 5.31, do Anexo - Parâmetros de ondas nos locais de amostragem) e dos de dispersão (figura seguinte) indica que nos pontos P1, P7 e P8, isto é nos extremos Norte e Sul da costa, os máximos de Hs associam-se a períodos de 10 e 14 s e ocorrem no Inverno marítimo, sugerindo representar tempestades características de Inverno. Em contraste, no intervalo de latitudes compreendido entre os pontos de amostragem P2 e P6 (Cabo Delgado (Pemba);



Inhambane N (baía de Pomene)) os valores extremos de H_s ocorrem associados a períodos de aproximadamente 11 s e quase exclusivamente em Março, em plena estação dos ciclones.



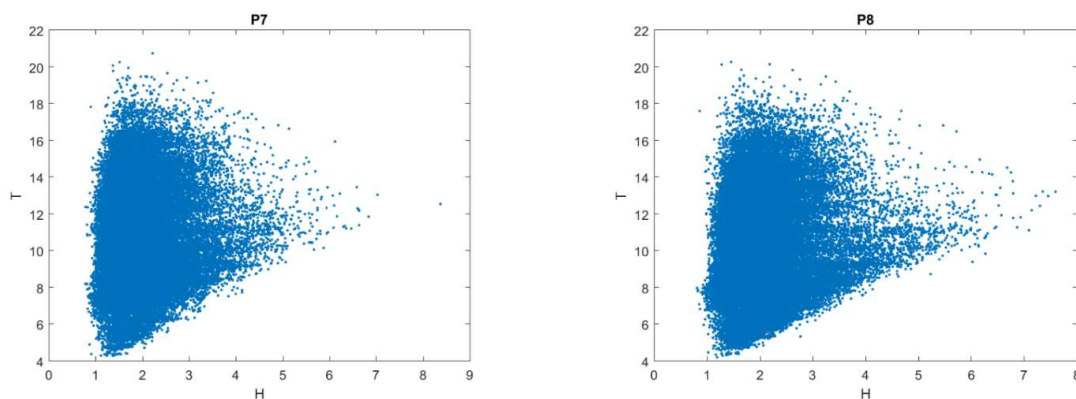
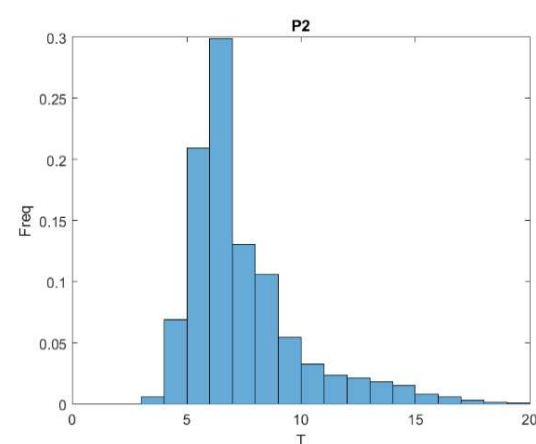
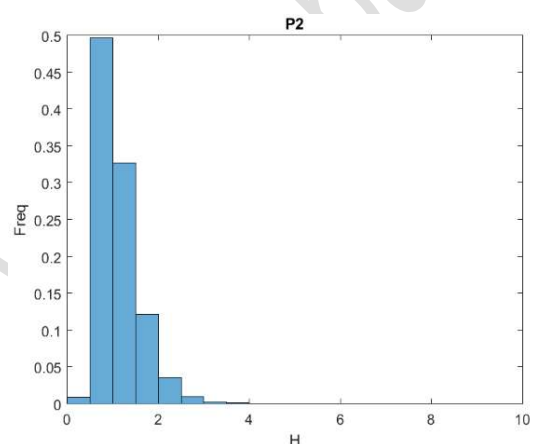
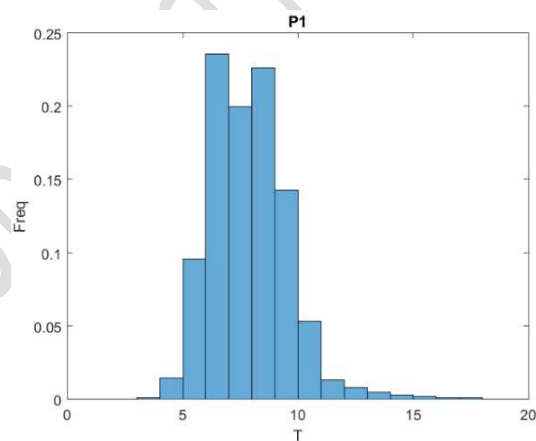
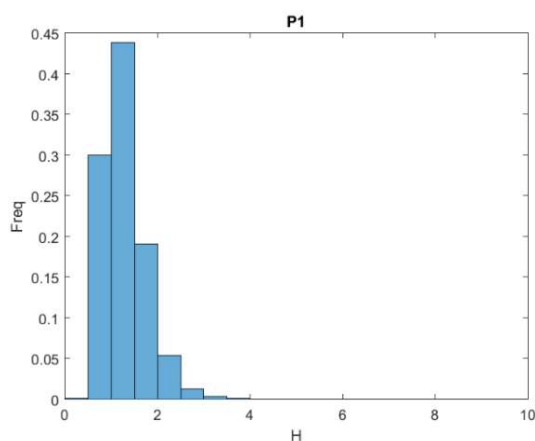


Figura 5.27 - Diagrama de dispersão da altura significativa (H em abcissas) versus período de pico (T em ordenadas)

Anexo - Parâmetros de ondas nos locais de amostragem



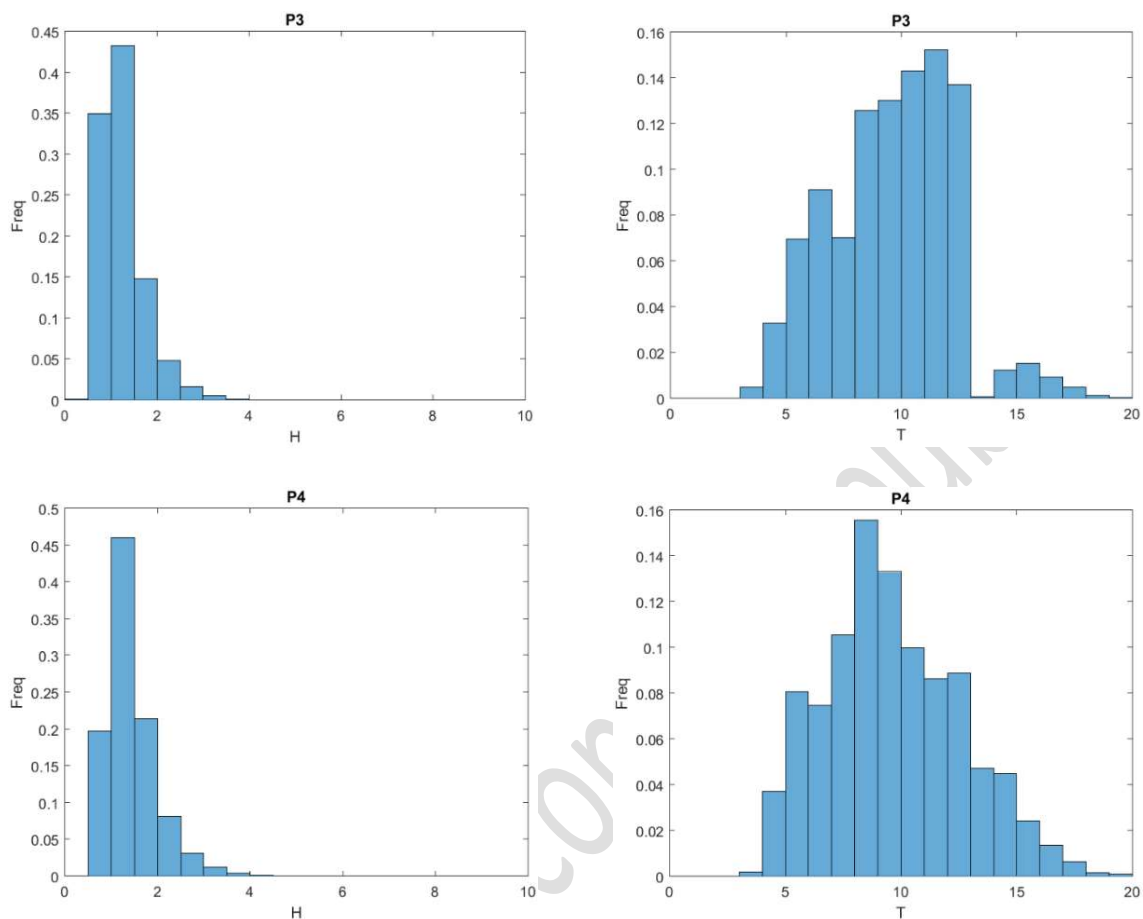
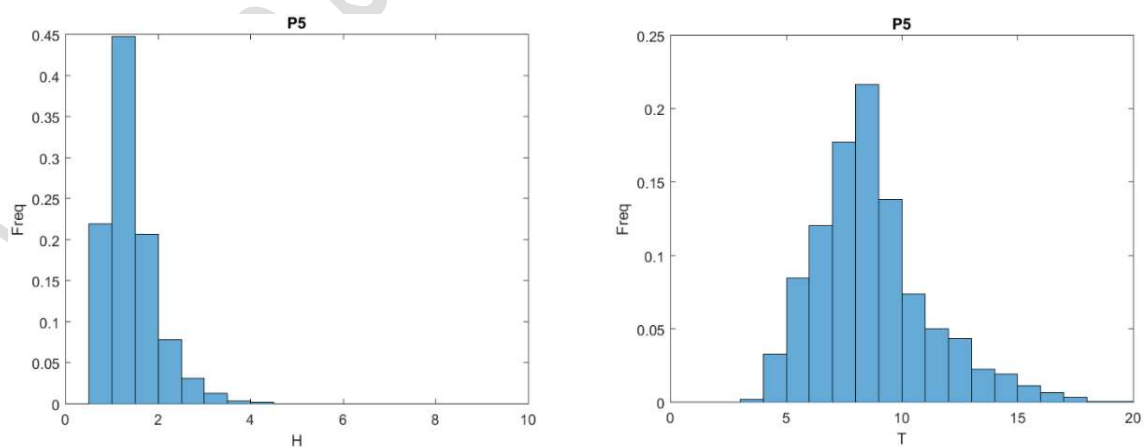


Figura 5.28 - Histogramas da altura significativa (H, à esquerda) e do período de pico (T, à direita) nos locais de amostragem P1 a P4



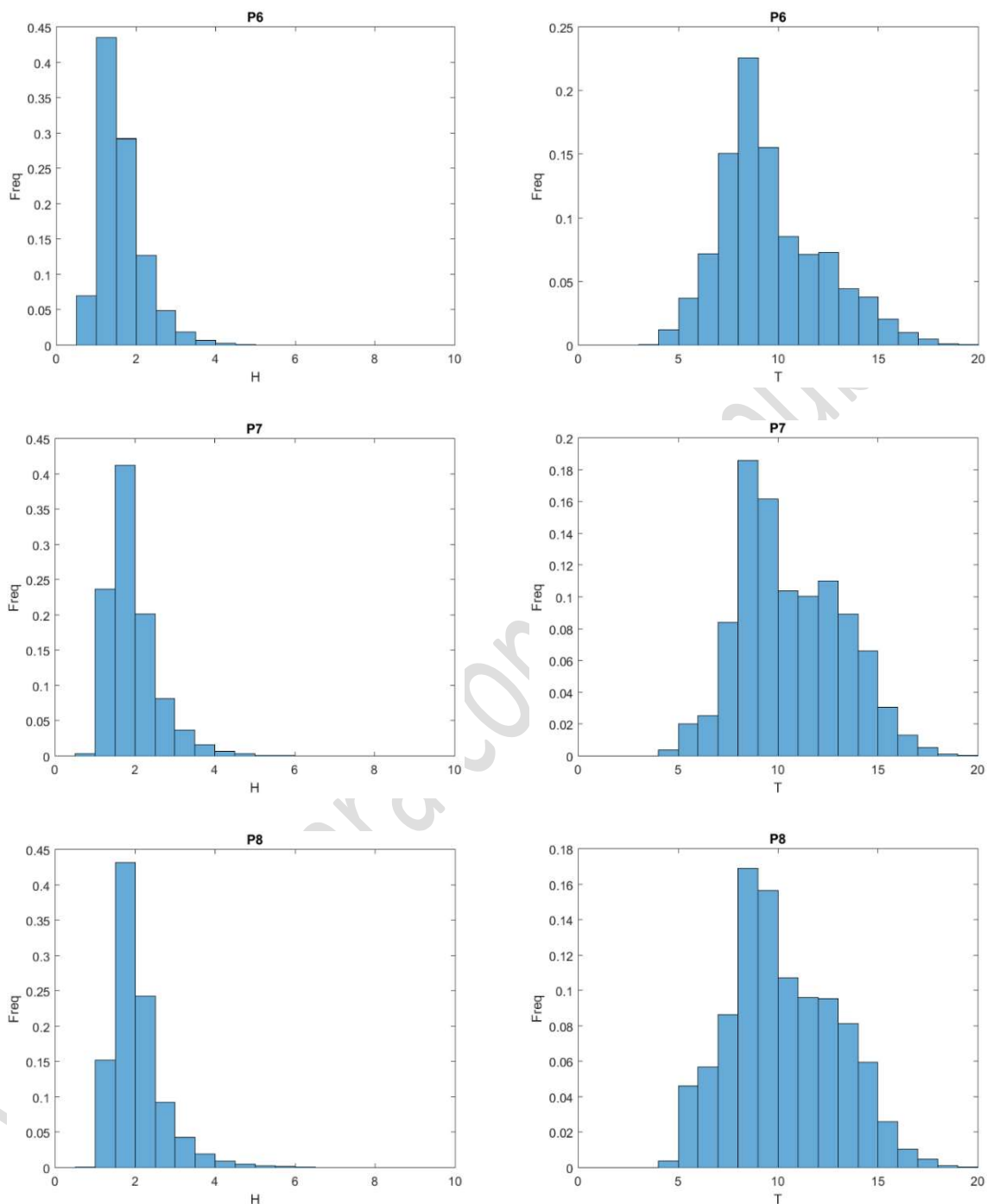
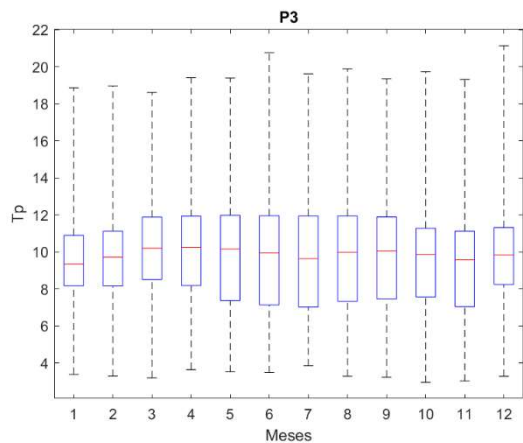
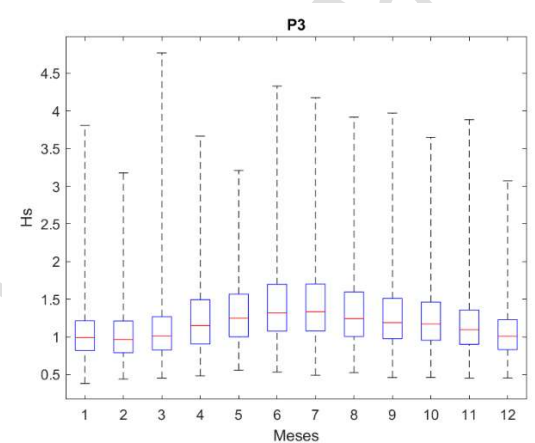
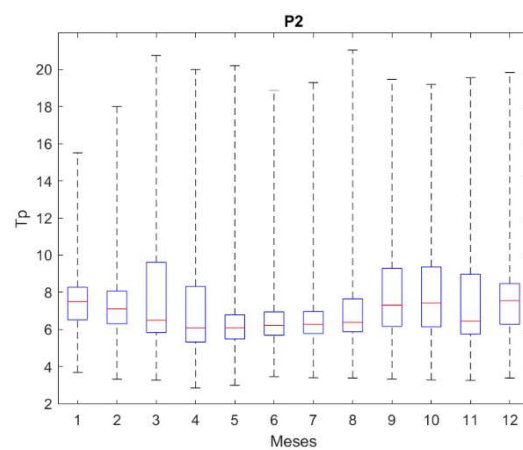
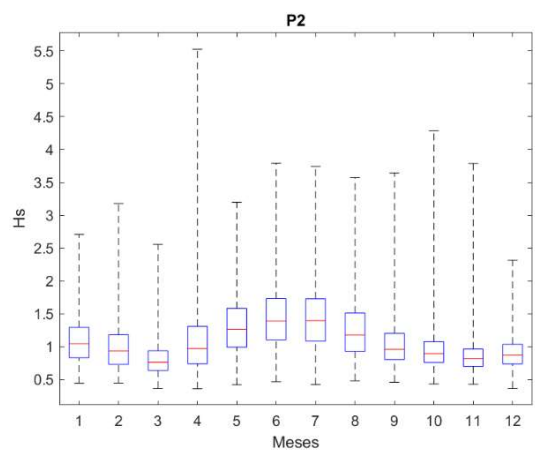
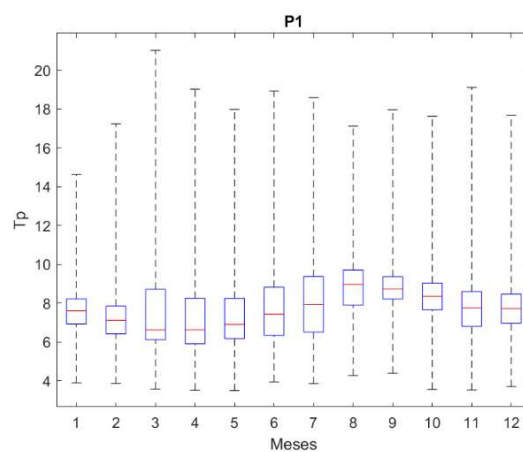
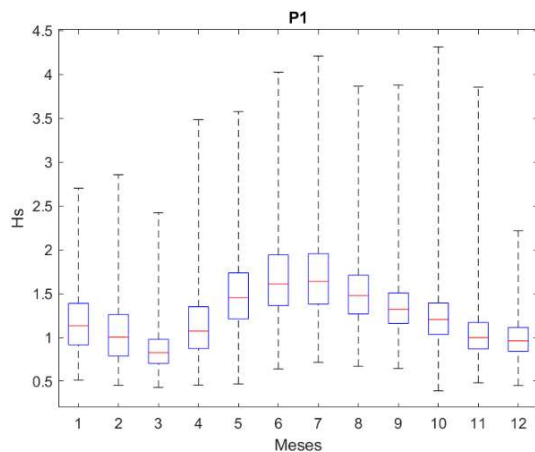


Figura 5.29 - Histogramas da altura significativa (H, à esquerda) e do período de pico (T, à direita) nos locais de amostragem P5 a P8



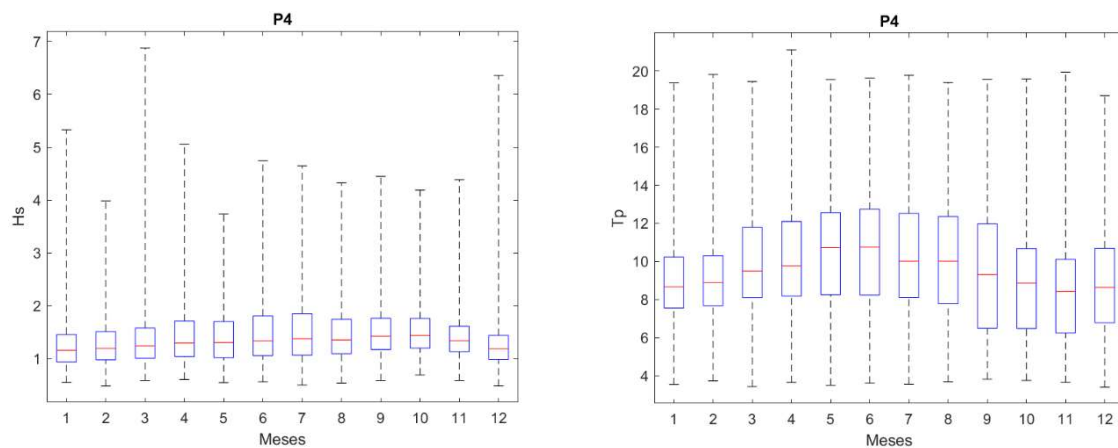
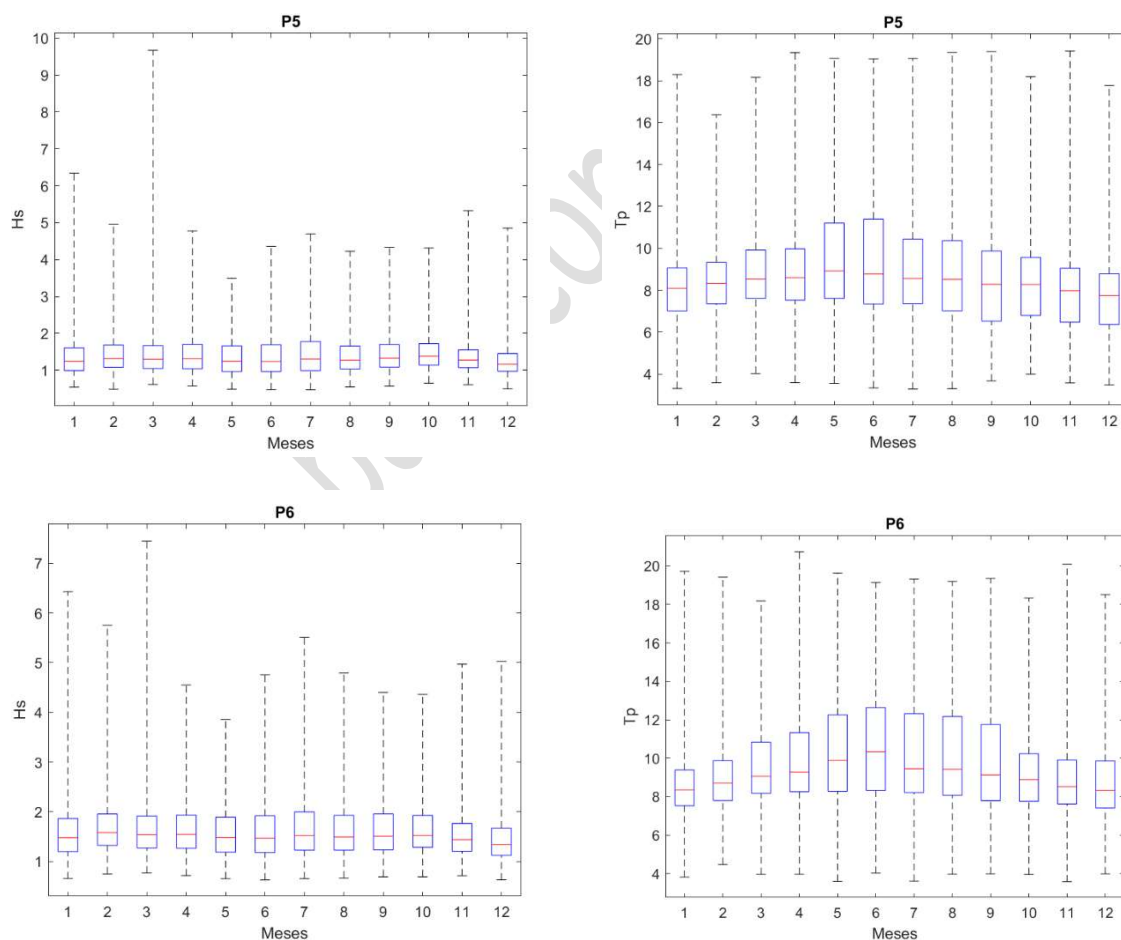


Figura 5.30 - Distribuição mensal da altura significativa (esquerda) e do período de pico (direita). P1 a P4



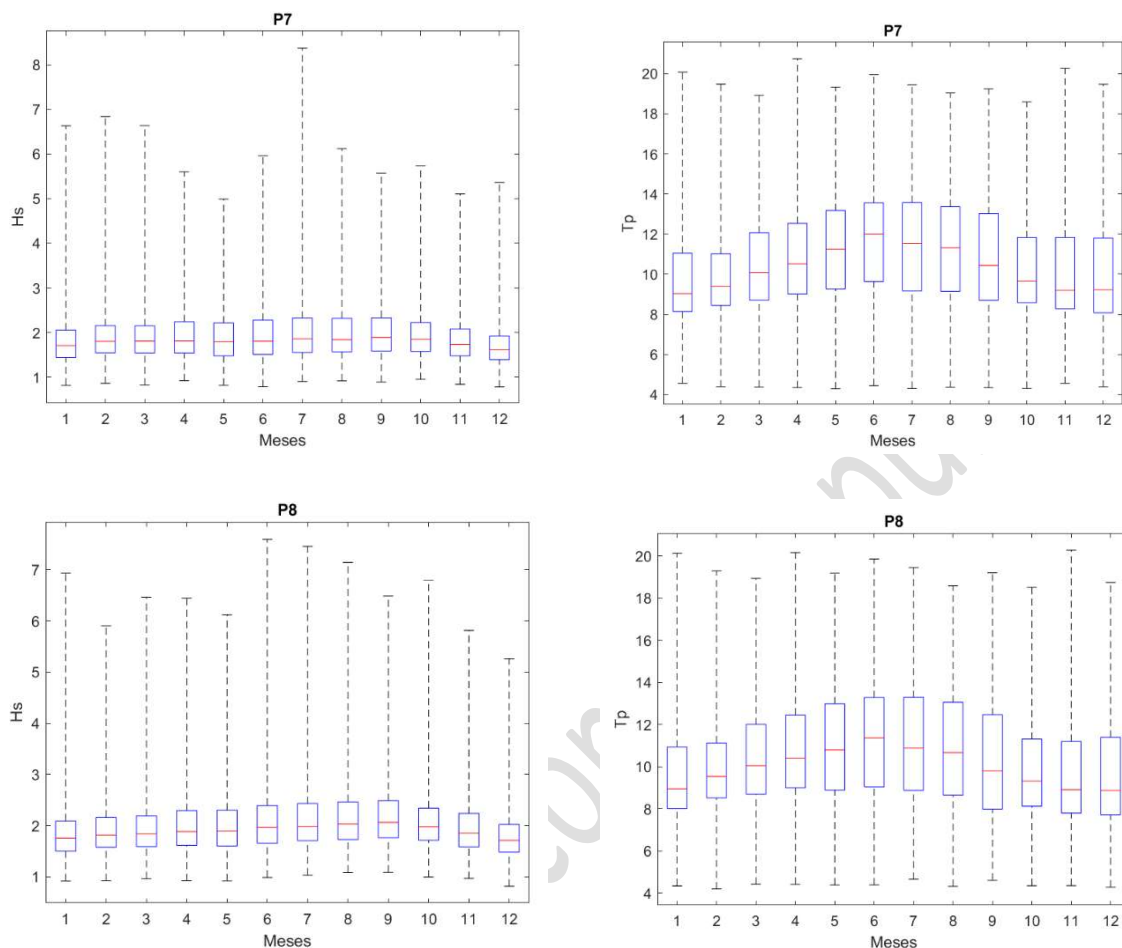


Figura 5.31 - Distribuição mensal da altura significativa (esquerda) e do período de pico (direita). P5 a P8

Variações do nível do mar

As variações do nível do mar operam a escalas temporais diferentes e neste trabalho consideraram-se a maré astronómica e a sobre-elevação meteorológica como factores de forçamento de escala mais pequena (horária a sazonal), e a variação do nível médio do mar como forçamento de escala temporal mais longa (plurianual). Procurou-se caracterizar os níveis totais alcançados pela superfície do mar (η_{tot}) em condições extremas, parametrizados de acordo com a equação 1:

$$\eta_{tot} = NMM + MA + SM \quad (\text{Eq. 1})$$

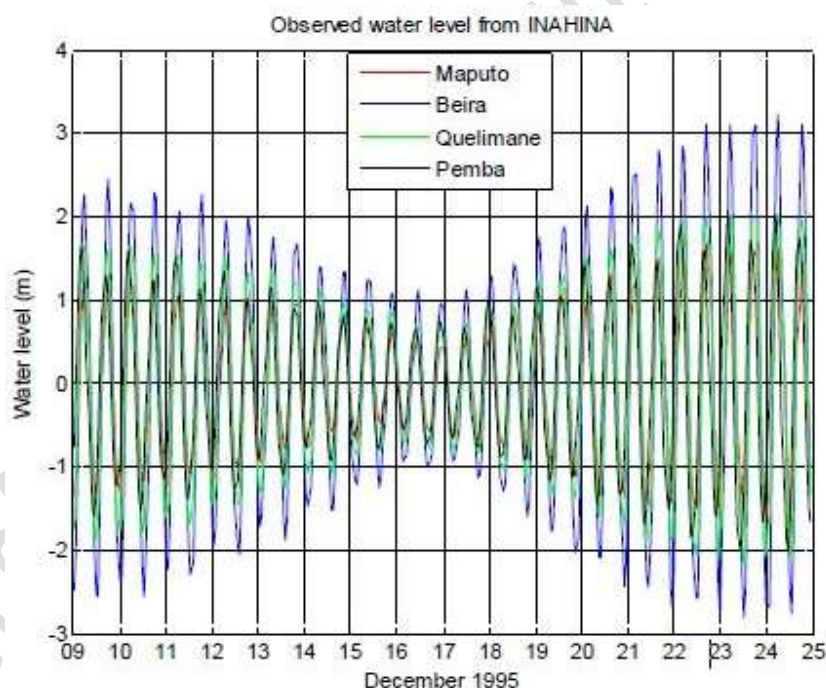
onde NMM é o nível médio do mar, MA é a maré astronómica e SM a sobre-elevação meteorológica na costa.



Maré astronómica

A maré astronómica (MA) ao longo da costa de Moçambique é do tipo semidiurno (duas preia-mares (PM) e duas baixa-mares (BM) por dia), com desigualdade diurna que varia entre 0,1 m (em Maputo, Inhambane, Chinde, Quelimane e Angoche) e 0,4 m (Beira, Pebane, Ilha de Moçambique, Nacala, Pemba e Mocimboa da Praia (Hoguane, 2007; Sete *et al.*, 2002). As diferenças de fase ao longo da costa são reduzidas, inferiores a 30 min. Observa-se um ligeiro atraso para sul; a maré chega primeiro a Pemba, seguindo-se Quelimane, Maputo e Beira, ver figura seguinte (Sete, 2010).

Os trabalhos consultados indicam valores discrepantes da altura e amplitude da maré para os mesmos portos. Neste contexto, optou-se por utilizar a informação das tabelas de maré (astronómica) calculadas para os portos de Moçambique pelo Instituto Hidrográfico da Marinha de Portugal (ver quadro seguinte). Estes dados estão em conformidade com os reportados em publicação sobre as marés do oceano Índico, compilados pelo Almirantado Britânico (UKHO, 2017) e fundamentados em registos de um ano ou menos. Observam-se máximos de altura e amplitude no porto da Beira e ainda valores elevados em Chinde, Quelimane e Pebane. A sul, em Maputo e Inhambane a altura e amplitude de maré são mais reduzidas.



Fonte: (dados INAHINA) retirado de Sete (2010)

Figura 5.32 - Nível de água observado ao longo de 16 dias em Dezembro de 1995



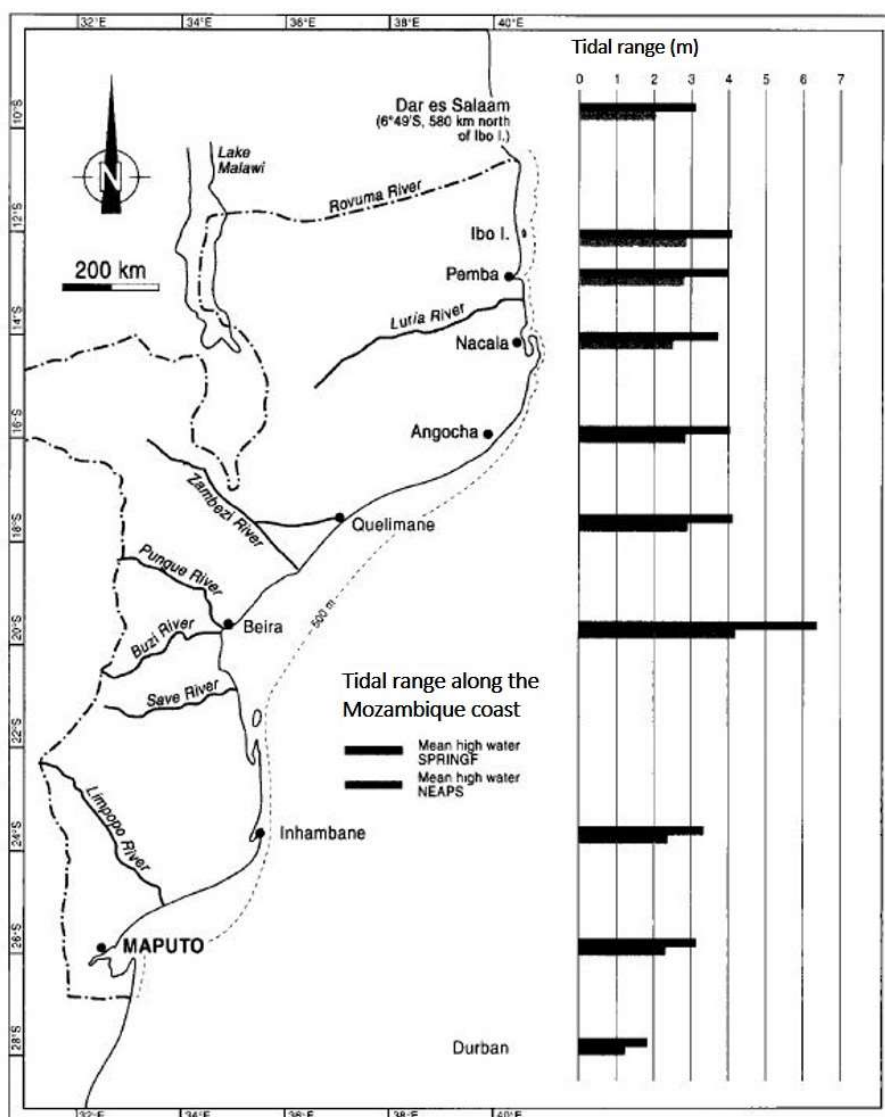
Quadro 5.4 - Média da altura (m acima do zero hidrográfico) e amplitude da maré astronómica em portos de Moçambique

Porto	Altura (m)							Amplitude (m)	
	PM max	PMAV	PMAM	NMM	BMAM	BMAV	BM min	Max	AV
Maputo	3,9	3,5	2,4	2,0	1,6	0,5	0,2	3,7	3,0
Inhambane	3,6	3,3	2,4	1,9	1,4	0,6	0,4	3,2	2,7
Beira	7,2	6,5	4,4	3,6	2,8	0,8	0,4	6,8	5,7
Chinde	4,3	4,0	2,6	2,1	1,5	0,3	0,0	4,3	3,7
Quelimane	5,1	4,5	3,1	2,6	2,1	0,7	0,3	4,8	3,8
Pebane	4,6	4,3	3,0	2,4	1,9	0,6	0,3	4,3	3,7
Nacala	4,3	3,9	2,8	2,3	1,7	0,6	0,3	4,0	3,3
Pemba	4,5	4,1	2,8	2,3	1,7	0,5	0,1	4,4	3,6
Mocimboa da Praia	4,8	4,4	3,2	2,6	2,0	0,8	0,4	4,4	3,6

PM - preia-mar; BM - baixa-mar; AM - águas mortas; AV - águas vivas; NMM - nível médio do mar

Fonte: Tabelas de maré (2019 e 2020) do Instituto Hidrográfico da Marinha (Portugal)

Massinga e Hatton (1997) indicam, em coerência com os dados aqui apresentados, que a amplitude de maré varia consideravelmente ao longo da costa e que na Beira excede 6 m (ver figura seguinte); este valor é um dos maiores de África e é gerado pela perturbação induzida pela ampla, pouco profunda e pouco inclinada plataforma continental, conhecida nesta região como Banco de Sofala; esta estrutura estende-se entre os paralelos 16° S e 21° S e exhibe a sua maior largura (cerca de 140 km) frente à cidade da Beira.



Fonte: Massinga e Hatton 1997

Figura 5.33 - Amplitude de maré em águas vivas e mortas ao longo da costa de Moçambique

Sobreelevação meteorológica

A variação do nível do mar causada por processos físicos de origem atmosférica (vento e pressão) relativamente ao nível determinado unicamente pelo forçamento astronómico (maré astronómica) é designada por maré meteorológica.

As marés meteorológicas são responsáveis quer por sobrelevação (variação positiva) como por sub-elevação (variação negativa) da superfície livre do mar, embora para efeitos de avaliação de perigosidade e risco costeiro se considere apenas a sobrelevação meteorológica (SM); este parâmetro



pode ser calculado através da diferença entre a maré observada e a maré astronómica (Andrade *et al.*, 2006; Antunes *et al.*, 2013; Bié, 2017). A ocorrência de um episódio de SM associa-se geralmente à passagem de sistemas de baixa pressão (e.g. ciclones tropicais) e é tanto mais significativa quanto mais cavada for a depressão geradora do empolamento; a importância da SM aumenta em condições de temporal intenso, e especialmente quando se propaga sobre uma plataforma continental extensa, pouco profunda e pouco inclinada (Andrade *et al.*, 2006). Quando um fenómeno de SM coincide com uma preia-mar, em especial de águas vivas, pode originar episódios extremos de inundação da faixa costeira cuja magnitude depende das especificidades geomorfológicas de cada região (Antunes *et al.*, 2013; Bié, 2017). Para além da inundação de origem marinha, que contribui significativamente para o conjunto de riscos costeiros, a subida da superfície livre do mar gera um efeito de barreira à drenagem de águas superficiais, cujo caudal pode estar potenciado pela precipitação intensa habitualmente associada à passagem dos ciclones. A dificuldade de evacuação das águas superficiais aumenta a perigosidade e o risco de inundação, especialmente em regiões costeiras baixas e ocupadas. Os avultados prejuízos materiais e milhares de pessoas afectadas em 2019 pelo ciclone “Idai” na cidade da Beira, que se expandiu sobre terrenos fluviais e marinhos a cotas muito baixas, são exemplo das graves consequências deste tipo de inundações.

Em Moçambique, o litoral baixo tem grande expressão na região central, onde se localizam os deltas dos rios Zambeze e Save, aos quais corresponde uma larga planície flúvio-marinha areno-lodosa onde se desenvolvem extensas zonas de mangal a cotas muito baixas (Moreira 2005, Pereira *et al.*, 2014). Por outro lado, as alturas de preia-mar e as amplitudes de maré são mais elevadas no centro e norte do país e, embora todo o litoral seja intersectado pelas rotas dos ciclones do Índico sudoeste, o sector central é também o mais afectado. A amplificação da SM é mais intensa na região costeira adjacente ao banco de Sofala devida às características da plataforma continental. Em conjunto, o sector central do litoral moçambicano reúne todas as condições para que os fenómenos de SM associados aos eventos extremos adquiram ali maior relevância.

Aramuge *et al.* (2014) e Bié (2017) referem que o litoral moçambicano é particularmente vulnerável e sujeito a risco de inundação costeira devido à combinação de eventos de SM com amplitudes de maré elevadas.

Aramuge *et al.* (2014) caracterizaram os máximos de sobrelevação entre 1979 e 2010 utilizando um modelo analítico validado com dados maregráficos de uma estação costeira (ver quadro seguinte). A magnitude da SM varia ao longo da costa entre 0,6 e 1,1 m.

Bié (2017) modelou a maré, a SM e os níveis totais (que resultam da combinação dos níveis de água associados à maré, à SM e a processos não lineares resultantes da sua interacção), no domínio sudoeste do oceano Índico, entre 1979 e 2010. Os resultados foram validados com os dados maregráficos disponíveis. A análise estatística dos valores extremos anuais indica que os máximos de SM ocorrem na região da Beira e são de 1,0 e 1,1 m para intervalos de retorno de 50 e 100 anos, respectivamente; os valores equivalentes em Maputo são de 0,7 e 0,8 m; em Nacala a magnitude da SM diminui para 0,4



e 0,5 m para os mesmos períodos de retorno e em Pemba mantém-se na ordem de 0,4 m (ver quadro seguinte).

Vousdoukas *et al.* (2018) investigaram a SM e os níveis totais a partir da combinação de dados de maré com reanálise de agitação marítima e SM, no período entre 1980 e 2014. Neste caso a SM incorpora efeitos do “*wave setup*” estimado a partir dos valores de altura significativa das ondas e os resultados apresentam uma elevada discretização espacial ao longo de toda a costa Moçambicana³. Os valores de SM estimados por estes autores, para períodos de retorno de 100 anos, variam entre 0,7 e 1,3 m, com máximos na região da Beira (ver quadro seguinte).

Quadro 5.5 - Valores extremos de sobrelevação ao longo da costa de Moçambique

Costa	Aramuge <i>et al.</i> (2014) ¹	Bié (2017) ²	Vousdoukas <i>et al.</i> (2018) ³
Pemba	0,68	0,38	0,66
Nacala	-	0,45	0,89
Angoche	1,10	-	1,11
Beira	0,67	1,12	1,26
Inhambane	-	-	1,20
Xai-Xai	0,56	-	1,48
Maputo	-	0,83	1,12

¹ Máximo estimado (modelo analítico), série 1973-2011.

² T_{ret} = 100, série 1979-2010.

³ T_{ret} = 100, série 1980-2014; inclui o “*wave setup*”.

Os valores obtidos pelos diferentes autores são da mesma ordem de grandeza, com diferenças que resultam de diferentes metodologias e janelas temporais distintas. Os valores estimados por Vousdoukas *et al.* (2018) são algo superiores devido à explicitação do *wave setup*, parâmetro relevante na estima da magnitude da SM na faixa costeira.

Níveis totais

De acordo com Bié (2017) os valores extremos dos níveis totais (η_{tot}) alcançam máximos de 3,3 m acima do nível médio do mar para períodos de retorno de 50 ou 100 anos na Beira, diminuem para 2,3 m em Nacala e Pemba, nos mesmos períodos de retorno e em Maputo são de 1,8 m (ver quadro seguinte). Estes valores são muito semelhantes aos obtidos por Vousdoukas *et al.* (2018).

³ dados acessíveis em <https://data.jrc.ec.europa.eu/dataset/9e5ba6f1-8d03-4834-8488-2353e504560f>

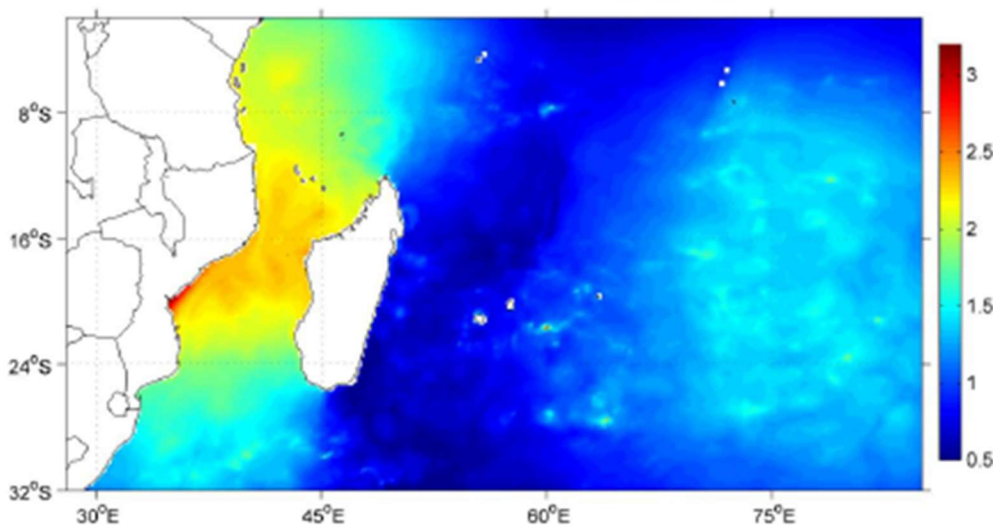
Quadro 5.6 - Valores extremos de níveis totais ao longo da costa de Moçambique

Costa	Bié (2017) ²	Vousdoukas <i>et al.</i> (2018) ³
Pemba	2,27	1,98
Nacala	2,28	2,20
Angoche	-	2,36
Beira	3,30	3,12
Inhambane	-	2,22
Xai-Xai	-	2,29
Maputo	1,77	1,98

² T_{ret}= 100, série 1979-2010.

³ T_{ret}= 100, série 1980-2014; inclui o “wave setup”.

Bié (2017) nota que o padrão de distribuição espacial de η_{tot} (ver figura seguinte) é semelhante ao das principais constituintes semidiurnas da maré astronómica (M2 e S2), sugerindo que a maré astronómica predomina sobre a SM na determinação do potencial de inundação.



Fonte: Bié (2017)

Figura 5.34 - Distribuição dos extremos de retorno dos níveis totais (m NMM) para um período de 50 anos ao longo do Índico sudoeste

Os valores indicados acima podem estar subestimados em locais específicos (e.g. estuários, baías) em consequência de amplificação associada à morfologia local. De facto, Probst e Annunziato (2019) modelaram a SM causada pelo ciclone “Idai” na baía da Beira e estimaram valores congruentes com os de Bié (2017) para os extremos da baía, mas substancialmente superiores (3 a 4,4 m) no centro, nas vizinhanças da boca do estuário onde se localiza a cidade da Beira. No entanto, estes resultados, tal como outros valores indicados na bibliografia para a Beira e Maputo, por exemplo (e.g. Neumann *et al.*,



2019), e que excedem substancialmente os indicados no quadro anterior carecem de validação (Probst & Annunziato, 2019).

Variação do nível médio do mar

Existe hoje consenso na comunidade científica de que o nível médio do mar (NMM) experimentou modificações significativas ao longo do século XX e primeiro quartel do século XXI, e que essas modificações se prolongarão no futuro (Cazenave e Llovel, 2010).

Os dados disponíveis confirmam uma tendência de subida do NMM global, relacionada com as mudanças climáticas e causada pelo aumento da temperatura global que, por sua vez, se traduz em expansão térmica da água oceânica e ganho de massa do oceano, à custa da diminuição dos gelos retidos nos glaciares de montanha e calotes circumpolares (Church *et al.*, 2013; Oppenheimer *et al.*, 2019). Por outro lado, os dados mais recentes indicam que esse aumento está a acelerar, devido essencialmente à contribuição de água proveniente das massas de gelo do Ártico, da Antártida e Groenlândia (Oppenheimer *et al.*, 2019; Theron e Barwell, 2012).

Para além de variar no tempo, o NMM e a taxa de subida do NMM têm carácter regional, ou seja, variam no espaço, de acordo com as especificidades de cada região (Meyssignac *et al.*, 2010; Oppenheimer *et al.*, 2019). Esta característica resulta essencialmente de variação do campo gravítico, e também das variações da salinidade e da expansão térmica, induzidas essencialmente por modificações dos padrões de circulação atmosférica e oceânica, e ainda pela deformação das bacias oceânicas, incluindo subsidência (Meyssignac *et al.*, 2010). Assim há regiões do oceano com tendências de subida do NMM menores que a média global e, consequentemente, outras com tendências maiores que a média global⁴.

Para caracterizar a tendência de subida do NMM no passado recente no mar moçambicano foram avaliados dados maregráficos e de altimetria de satélite.

As estações maregráficas podem ser muito relevantes na avaliação da subida do NMM bem como na caracterização de eventos de sobrelevação meteorológica, uma vez que fornecem informação com alta resolução temporal sobre o nível do mar relativamente à margem terrestre, num determinado local. Séries longas e densas de registos maregráficos permitem não só a caracterização local do nível do mar como a validação de dados modelados ou medidos com outras metodologias.

De acordo com Canhanga e Nehama (s/d.) e IDEACONSULT International/ STUDI International/ INSTM (2019) há 13 marégrafos instalados na costa de Moçambique que fornecem informação sobre o nível do mar para o “*Permanent Service for Mean Sea Level - PSMSL*”, organismo responsável pela compilação, publicação, análise e interpretação de dados do nível do mar da rede global de marégrafos. Destes, e de

⁴ <https://research.csiro.au/slrwavescoast/sea-level/>



acordo com os mesmos autores, apenas cinco (Pemba, Inhambane, Nacala, Beira e Maputo) se encontram operacionais. A análise dos registos destas estações revelou que são de curta duração e apresentam muitas lacunas de observação sendo as estações de Pemba e Maputo as que apresentam as séries mais longas embora ainda assim muito descontínuas. Neste contexto, acedeu-se à base de dados do PSMSL⁵ onde apenas se encontraram dados da estação de Maputo e da Ilha de Moçambique. Porém, confirmou-se que também estas estações contêm numerosas lacunas de informação inviabilizando a sua utilização para estudos de evolução do NMM. Adicionalmente, avaliou-se a série de dados maregráficos (entre 1963 e 2019) da estação de Dzaoudzi, na ilha de Mayotte, situada no Arquipélago das Comores, a noroeste de Madagáscar e à latitude de Pemba, disponibilizada pelo “*Système d’Observation du Niveau des Eaux Littorales - SONEL*”⁶. Contudo, verificou-se igualmente existirem demasiadas lacunas. O quadro seguinte sintetiza elementos sobre a extensão temporal dos dados e a percentagem de lacunas nos registos obtidos nas plataformas PSMSL e SONEL.

Neste contexto optou-se por utilizar dados de altimetria radar dos satélites TOPEX/Poseidon (T/P), Jason-1 e Jason-2 que no seu conjunto asseguram a monitorização sistemática da superfície do oceano no mesmo domínio entre 1992 e 2019. Estes dados são disponibilizados pela NOAA⁷. A sua comparação com dados maregráficos (eg. porto do Funchal (Madeira), no intervalo 1976 - 2013, Andrade *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2019) mostra elevado grau de congruência.

Quadro 5.7 - Dados de estações maregráficas retirados das plataformas PSMSL e SONEL. A cinzeno salientam-se dados PSMSL e SONEL para a mesma estação na mesma janela temporal

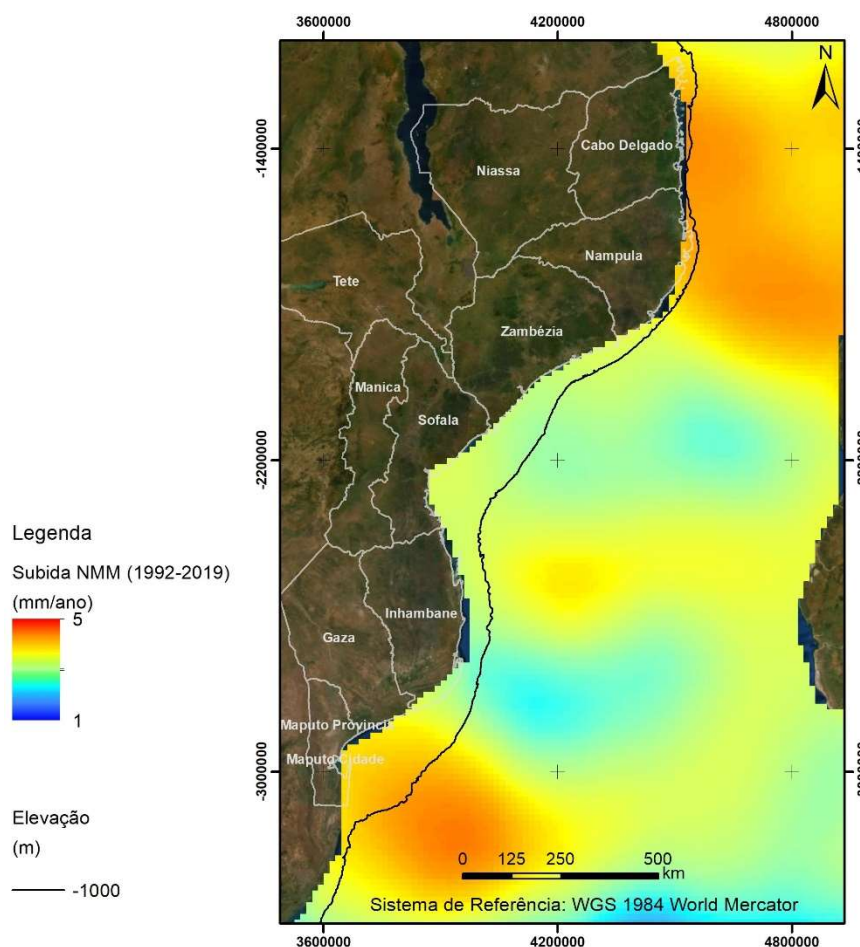
Fonte dos dados	Estação	Data inicial	Data final	Registos previstos	Registos válidos		Lacunas
				(N)	(N)	(%)	(%)
PSMSL	Dzaoudzi	14/11/2008	15/12/2018	121 (mensais)	87	72	28
	Maputo	14/01/1961	15/12/2001	491 (mensais)	197	40	60
	Ilha de Moçambique	14/01/1963	15/12/1967	60 (mensais)	47	78	22
SONEL	Dzaoudzi	18/10/1963	01/09/2019	20.407 (diários)	5.429	27	73
	Dzaoudzi	16/11/2008	15/12/2018	3.681 (diários)	2.574	70	30

A figura seguinte mostra a distribuição espacial da tendência de subida do NMM local deduzida da informação de satélite no canal de Moçambique entre 1992 e 2019.

⁵ <https://www.psmsl.org/data/>

⁶ <https://www.sonel.org/?lang=fr>

⁷ https://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lsa/SeaLevelRise/LSA_SLR_maps.php

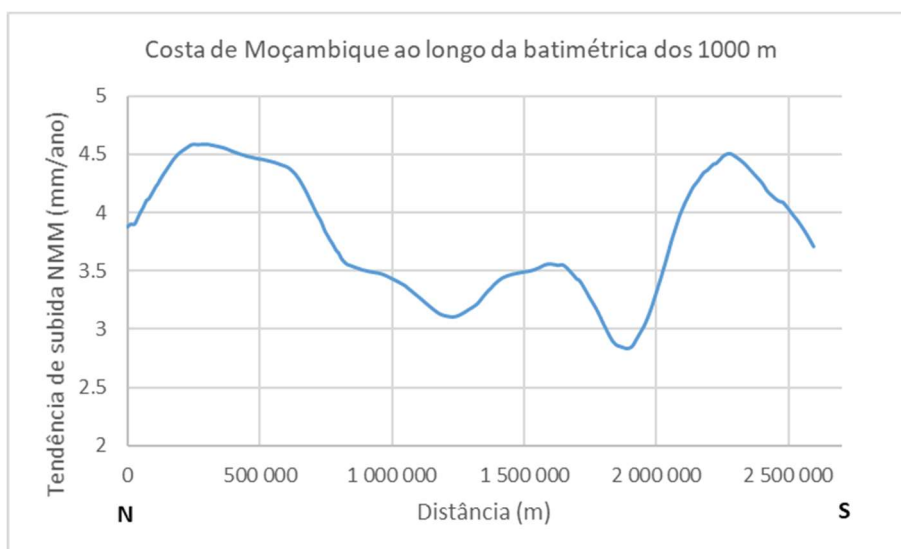


Fonte: https://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lsa/SeaLevelRise/LSA_SLR_maps.php

Figura 5.35 - Tendência de subida do NMM. Dados de altimetria de satélite entre 1992 e 2019 (NOAA)

A figura seguinte representa um perfil da variação desta tendência ao longo da batimétrica dos 1.000 m do talude continental moçambicano. Verifica-se existirem variações ao longo da costa: às latitudes de Cabo Delgado e Nampula (a Norte) e às latitudes de Maputo Província e Maputo Cidade (a Sul) os valores de subida do NMM são superiores às observadas no domínio intermédio. O gráfico da figura seguinte indica valores de subida do NMM de 3,5 a 4,6 mm/ano nos extremos Norte e Sul e valores de 2,8 a 3,5 mm/ano no sector intermédio.

A média global obtida para o mar de Moçambique entre 1992 e 2019 é de 3,7 mm/ano; este valor é idêntico à tendência de subida do NMM para o oceano global (de 3,6 mm/ano) estimada por Lindsey (2019) entre 2006 e 2015. Este último valor será considerado, no âmbito deste estudo, como caracterizador da situação de referência.



Fonte: https://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lisa/SeaLevelRise/LSA_SLR_maps.php

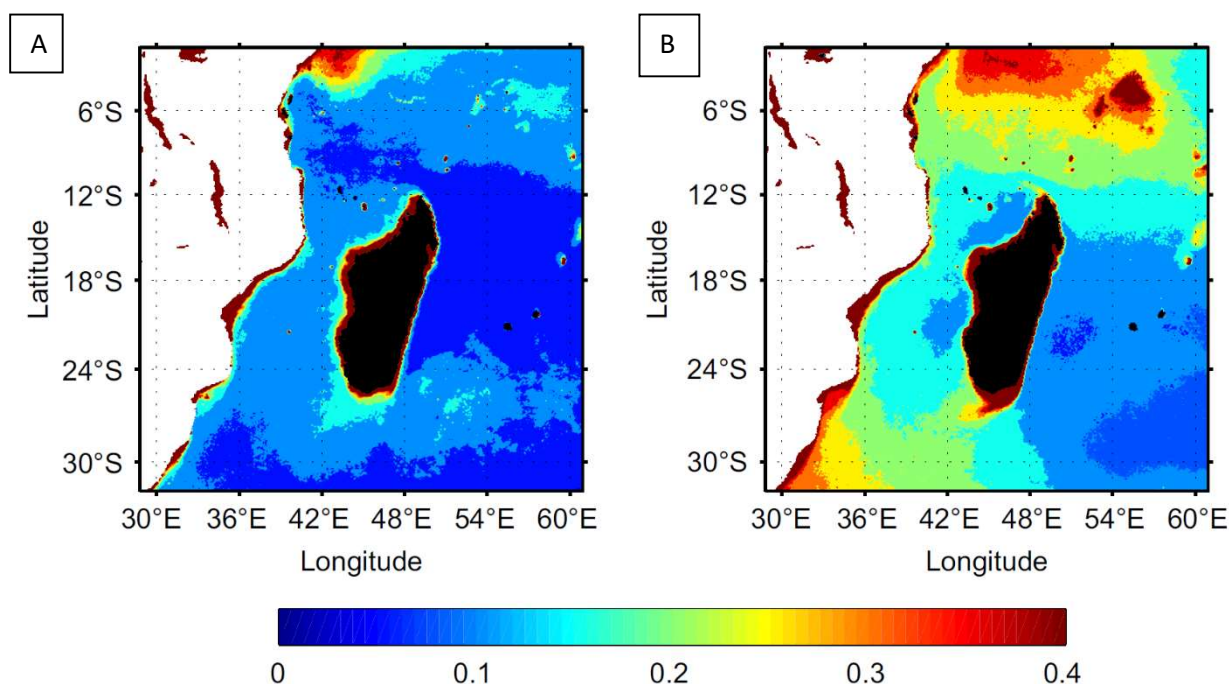
Figura 5.36 - Tendência de subida do NMM no mar de Moçambique (entre 1992 e 2019) na batimétrica dos 1.000 m (ver figura anterior)

Clorofila

A concentração de clorofila superficial é normalmente interpretada como uma medida directa da biomassa de fitoplâncton, servindo assim como um indicador de zonas de maior produtividade biológica.

A clorofila máxima profunda (CMP) é tipicamente localizada logo acima da termoclina, devido ao fornecimento de nutrientes ser maior e a quantidade de luz ainda suficiente. Na região de Moçambique, a quantidade de luz não é limitativa para a produção primária, pelo que são os nutrientes que se apresentam como limitativos à sua existência (Johnsen *et al.*, 2007).

José *et al.* (2014) apresenta uma descrição geral da distribuição da concentração de clorofila a para a região de Moçambique (figura seguinte).



A) Verão (Janeiro, Fevereiro, Março), B) Inverno (Julho, Agosto, Setembro). Observações SeaWiFS

Fonte: Adaptado de José *et al.*, 2014

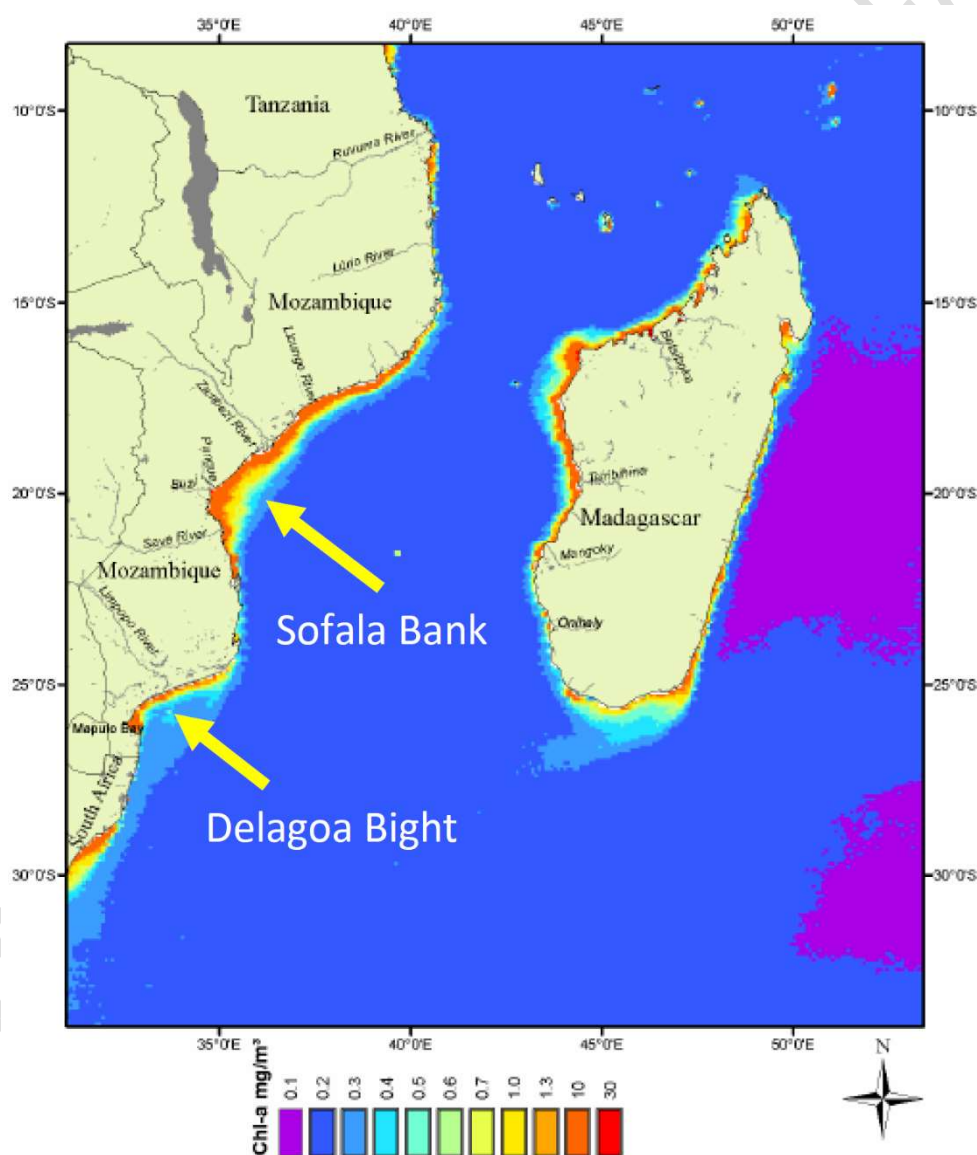
Figura 5.37 - Clorofila superficial (mg Chl m⁻³)

A concentração de clorofila é geralmente mais baixa no Verão do que no Inverno, sendo geralmente somente mais elevada perto da costa durante o Verão (Omta *et al.*, 2009). No Inverno, os valores também são mais elevados junto à costa, mas até 24° S existe um aumento da concentração de clorofila a.

Se a Norte e a Sul do canal de Moçambique as concentrações de clorofila são induzidas pela sazonalidade, na região Central é conduzida por mecanismos sem sazonalidade (Meyer, 2012). De facto, são as dinâmicas de mesoescala de giros ciclónicos e anticiclónicos que, na parte central do canal de Moçambique, aumentam a produção de fitoplâncton (Tew-kai e Marsac, 2008). São Tew-kai e Marsac (2008) que indicam a existência de três mecanismos que levam ao aumento da concentração de clorofila à superfície na parte central do canal de Moçambique: a elevação ciclónica de águas profundas em nutrientes no núcleo de giros ciclónicos; a interacção entre giros favorecendo a produção de fitoplâncton e o transporte para o largo de água originárias do banco de Sofala enriquecidas em clorofila, através da passagem de giros de propagação com direcção ao Sul.

No banco de Sofala, em que as águas costeiras são bem misturadas e enriquecidas por nutrientes de origem terrestre proveniente dos rios costeiros, as concentrações de clorofila são maiores junto à costa e homogêneas na coluna de água, diminuindo rapidamente assim que nos afastamos da costa. Também nas zonas com a plataforma estreita a clorofila também aumenta perto da costa (Johnsen *et al.*, 2007), fruto da interacção dos vórtices de mesoescala com o declive continental que traz águas mais frias e

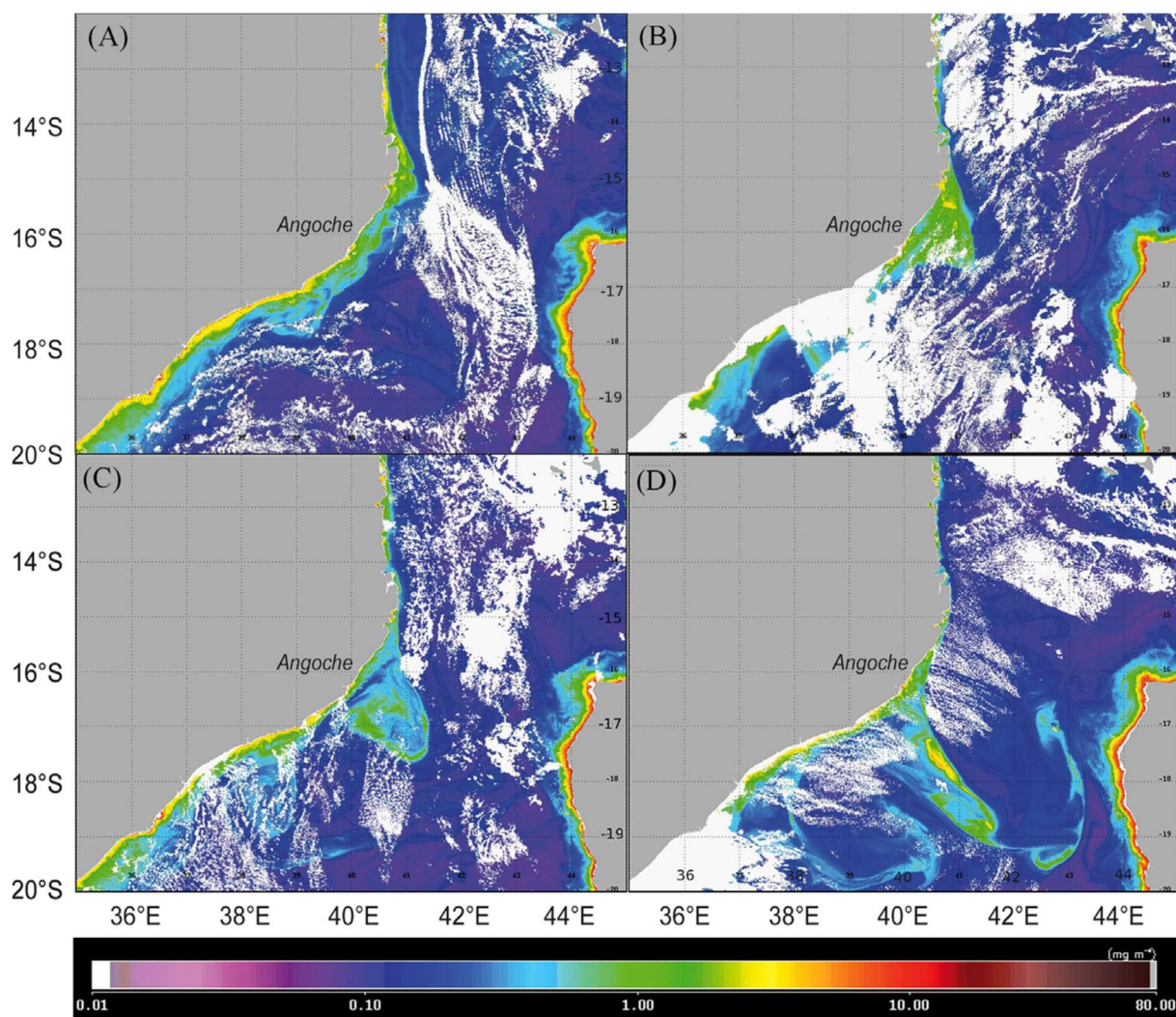
ricas em nutrientes (Lamont *et al.*, 2014). Meyer (2012) refere que o banco de Sofala e a baía de Delagoa apresentam as concentrações de clorofila mais elevadas, dentro das águas oceânicas de Moçambique (figura seguinte). A área compreendida entre os 15 a 22° S (banco de Sofala) e a área entre 24 e 26° S (baía de Delagoa) tem, em média, valores superiores a 1 mg Chl/m³, não ultrapassando os 10 mg Chl/m³ (Meyer, 2012). As elevadas concentrações de clorofila da baía de Delagoa são principalmente provenientes da ressurgência das águas a partir de profundidades até 900 m, trazendo continuamente para a superfície águas frias profundas, ricas em nutrientes, uma vez que o giro ciclónico da baía de Delagoa se movimenta dentro desta reentrância semifechada (Meyer, 2012).



Fonte: Boge, 2006 in Meyer, 2012

Figura 5.38 - Concentração média de clorofila, baseada em dados do SeaWiFS de Setembro de 1997 a Setembro de 2005, com uma resolução de 9 km

Este é o caso da região de Angoche, em que Malauene *et al.* (2014) referem a existência de água fria e com elevada assinatura de clorofila *a* em regiões de ressurgência entre 15 e 18° S (figura seguinte).



A) 22 Agosto, B) 26 Agosto, C) 31 Agosto, D) 9 Setembro 2004

Fonte: Malauene *et al.*, 2014

Figura 5.39 - Imagens diárias de 1 km MODIS de clorofila *a* (mg m^{-3}) mostrando a evolução de um evento de clorofila *a* entre 22 de Agosto a 9 de Setembro 2004

Para a região norte do Canal de Moçambique, Lang e Calil (2019) referem que esta região tem um regime de ventos que é uma extensão das monções do Oceano Índico Norte, com um ciclo anual de clorofila caracterizado por um único *bloom* (florescimento) no Inverno.

O *stress* do vento e o fluxo líquido de calor superficial da profundidade da camada de mistura tem impacto na clorofila da superfície. O seu ciclo é primariamente modelado pelo fluxo líquido de calor enquanto que



o vento controla a amplitude desse *bloom*. O *bloom* de Inverno é iniciado por um fluxo negativo de calor superficial, em que o arrefecimento que ocorre à superfície induz a mistura e o arrastamento de nutrientes na base da nutriclina (profundidade onde os nutrientes variam consideravelmente) e a luz não é um factor limitante. O vento potencia o *bloom* de Inverno, puxando para a superfície nutrientes adicionais e diluindo a clorofila subsuperficial na camada superficial das águas oceânicas. No Verão, o *stress* do vento é mais fraco e o fluxo de calor positivo inibem a mistura vertical, como consequência, a camada superficial fica esgotada de nutrientes e a camada máxima profunda de clorofila é formada (Langa e Calil, 2019).

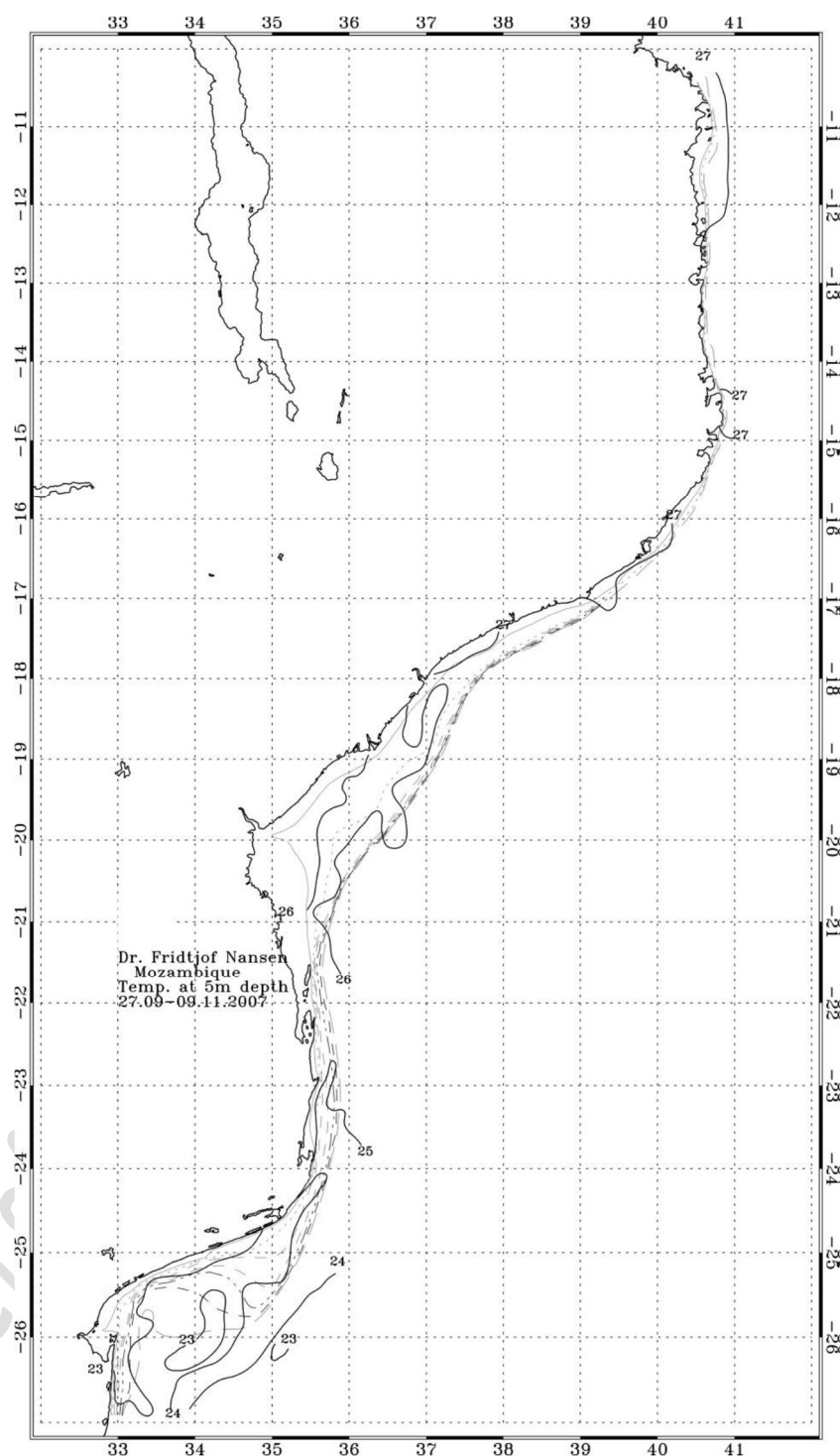
Nas águas oceânicas de domínio tropical, todas as concentrações de clorofila estão confinadas à CMP, não existindo praticamente clorofila à superfície. Nas águas subtropicais, a termoclina não é tão presente, no entanto, a concentração mais elevada ainda ocorre na CMP, mas a sua distribuição vertical é mais distribuída ao longo da coluna de água (Johnsen *et al.*, 2007). Também Lamont *et al.* (2014) indica que a clorofila à superfície tem valores baixos e que em níveis subsuperficiais são significativamente maiores.

Barlow *et al.* (2014) indica que a concentração total de clorofila (TChla) à superfície é maior em vórtices ciclónicos do que em anticiclónicos e que a TChla é similar à dos ciclones em zonas de divergência e da plataforma, sendo nas zonas frontais ligeiramente mais baixa. Lamont *et al.* (2014) por outro lado, indica que a biomassa do fitoplâncton nos vórtices ciclónicos e anticiclónicos é relativamente baixa e não significativamente diferente.

Os procariotas foram o grupo mais significativo do fitoplâncton á superfície, seguido de pequenos flagelados (Barlow *et al.*, 2014; Marsac *et al.*, 2014). Os flagelados dominam na CMP (Barlow *et al.*, 2014; Marsac *et al.*, 2014) juntamente com as diatomáceas, que estão geralmente também associadas a zonas perto da plataforma onde existem elevadas taxas de mistura vertical (Marsac *et al.*, 2014).

Temperatura e Salinidade superficial da água do mar

A temperatura superficial da água do mar é estável na zona norte de Moçambique por volta dos 27 °C. Na zona sul de Moçambique, a temperatura é de cerca de 23 °C e aumenta ao longo da costa, até à parte norte do banco de Sofala, a uma taxa de 0,5 °C por cada grau de latitude em direcção ao norte (figura seguinte) (Johnsen *et al.*, 2007).

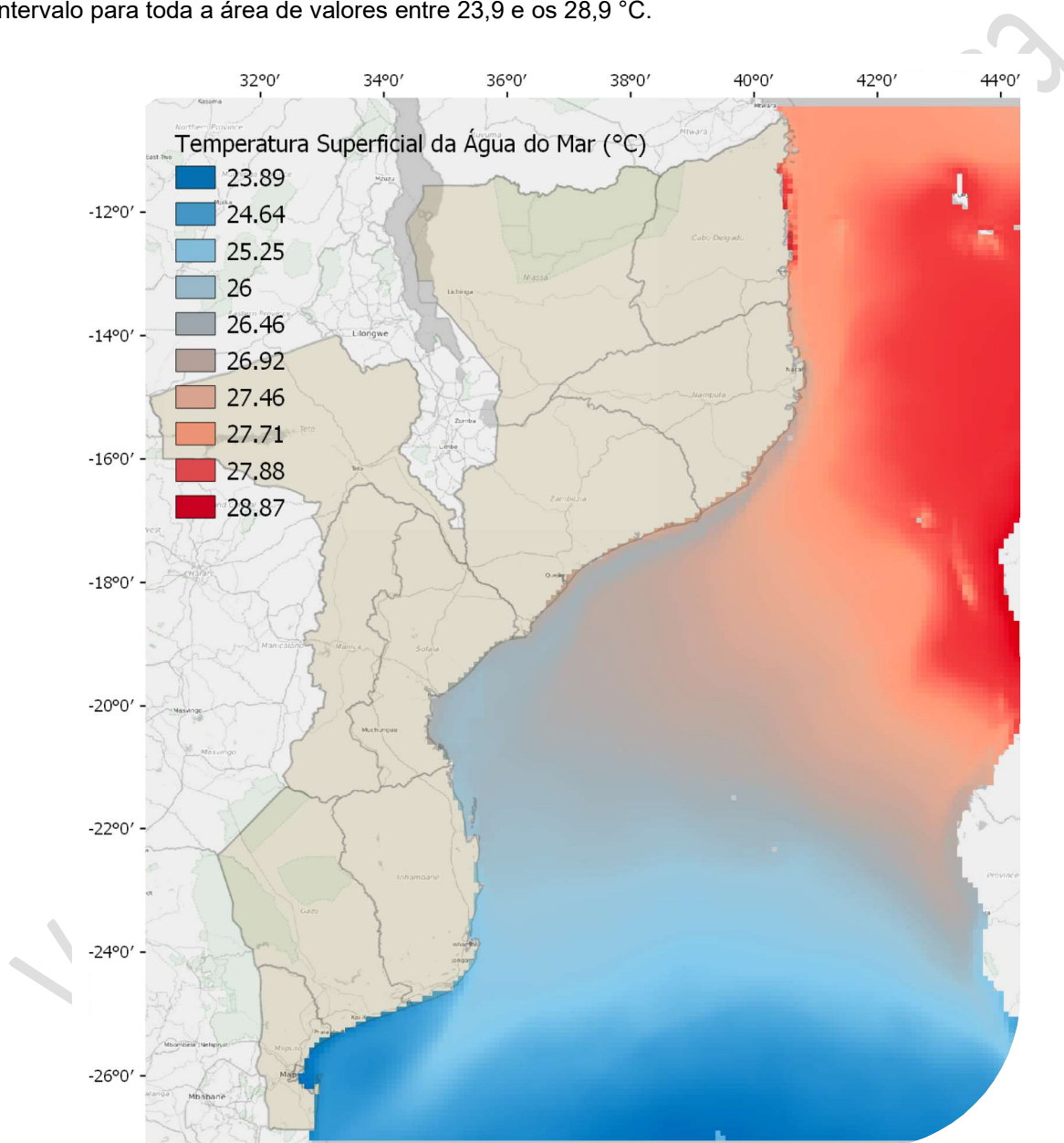


Fonte: Johnsen *et al.*, 2007

Figura 5.40 - Distribuição horizontal da temperatura da água do mar a 5 m de profundidade



A imagem composta dos valores médios mensais para temperatura superficial da água do mar fornecida pelo Marine Copernicus (0,083° de resolução) (figura seguinte), indica que a temperatura superficial da água do mar é mais baixa na parte de sul de Moçambique, entre 23,8 °C e os 25 °C, e também numa faixa costeira que se estende até á região de Lumbo. As temperaturas médias mensais mais quentes foram registadas nas águas das ilhas Quirimbas e na zona adjacente, sendo que no geral a temperatura superficial da água do mar é mais elevada na zona norte do canal de Moçambique, apresentando um intervalo para toda a área de valores entre 23,9 e os 28,9 °C.

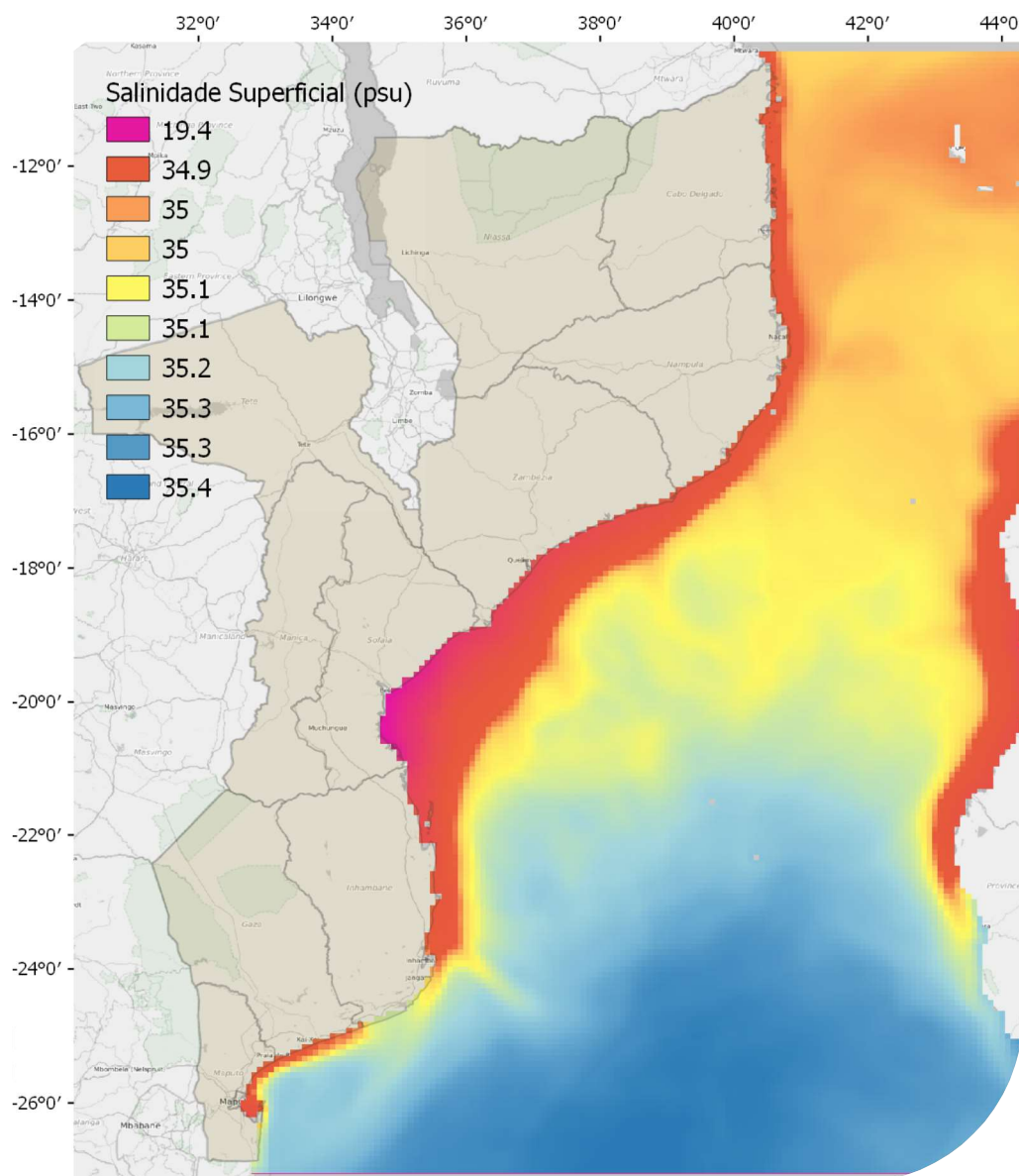


Fonte de dados: Marine Copernicus, 2016-2019, 0,083° resolução

Figura 5.41 - Temperatura superficial da água do mar



Segundo a imagem composta dos valores médios mensais da salinidade superficial da água do mar fornecida pelo serviço Marine Copernicus (0,083° de resolução) (figura seguinte) variam entre os 19,4 e os 35,4 psu. Os valores mais baixos foram encontrados na zona sob influência do rio Pungué e na área adjacente com valores de salinidade perto do 20 psu. Na zona do rio Zambeze os valores foram entre 28 e 30 psu. De um modo geral, a salinidade é mais baixa junto à costa e mais elevada na zona sul de Moçambique, sendo que o valor de salinidade decresce para norte.



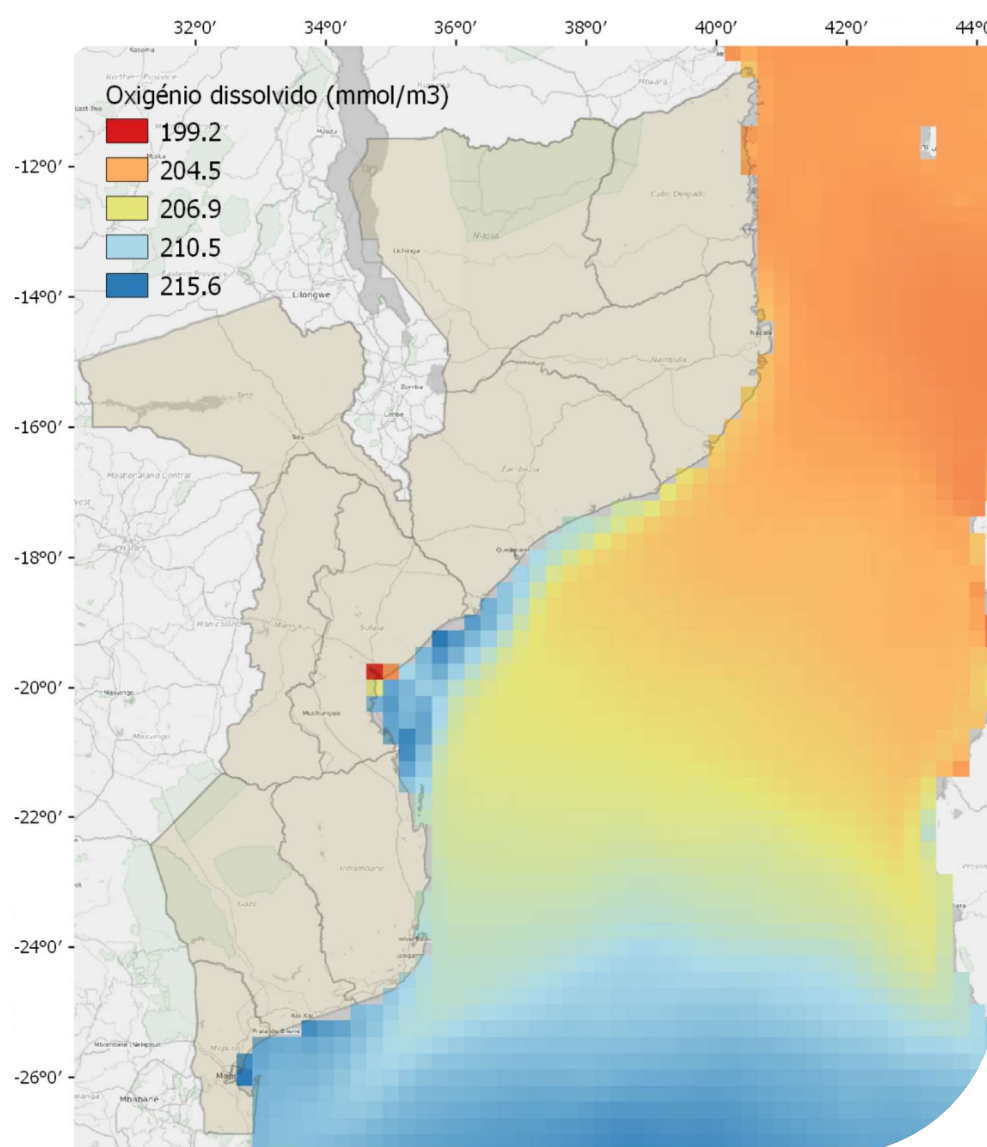
Fonte de dados: Marine Copernicus, 2016-2019, 0,083° resolução

Figura 5.42 - Salinidade superficial da água do mar



Oxigénio dissolvido

Os valores de oxigénio dissolvido nas águas de Moçambique têm os valores mais elevados no banco de Sofala e na zona mais a sul de Moçambique. A imagem composta dos valores médios mensais do oxigénio dissolvido na água do mar fornecida pelo serviço Marine Copernicus (0,25° de resolução) permite verificar que na zona norte os valores de oxigénio dissolvido são os mais baixos do mar de Moçambique, havendo um aumento gradual para sul (figura seguinte). O intervalo de valores de oxigénio dissolvido para as águas de Moçambique é entre 119,2 e 215,6 mmol/m³.



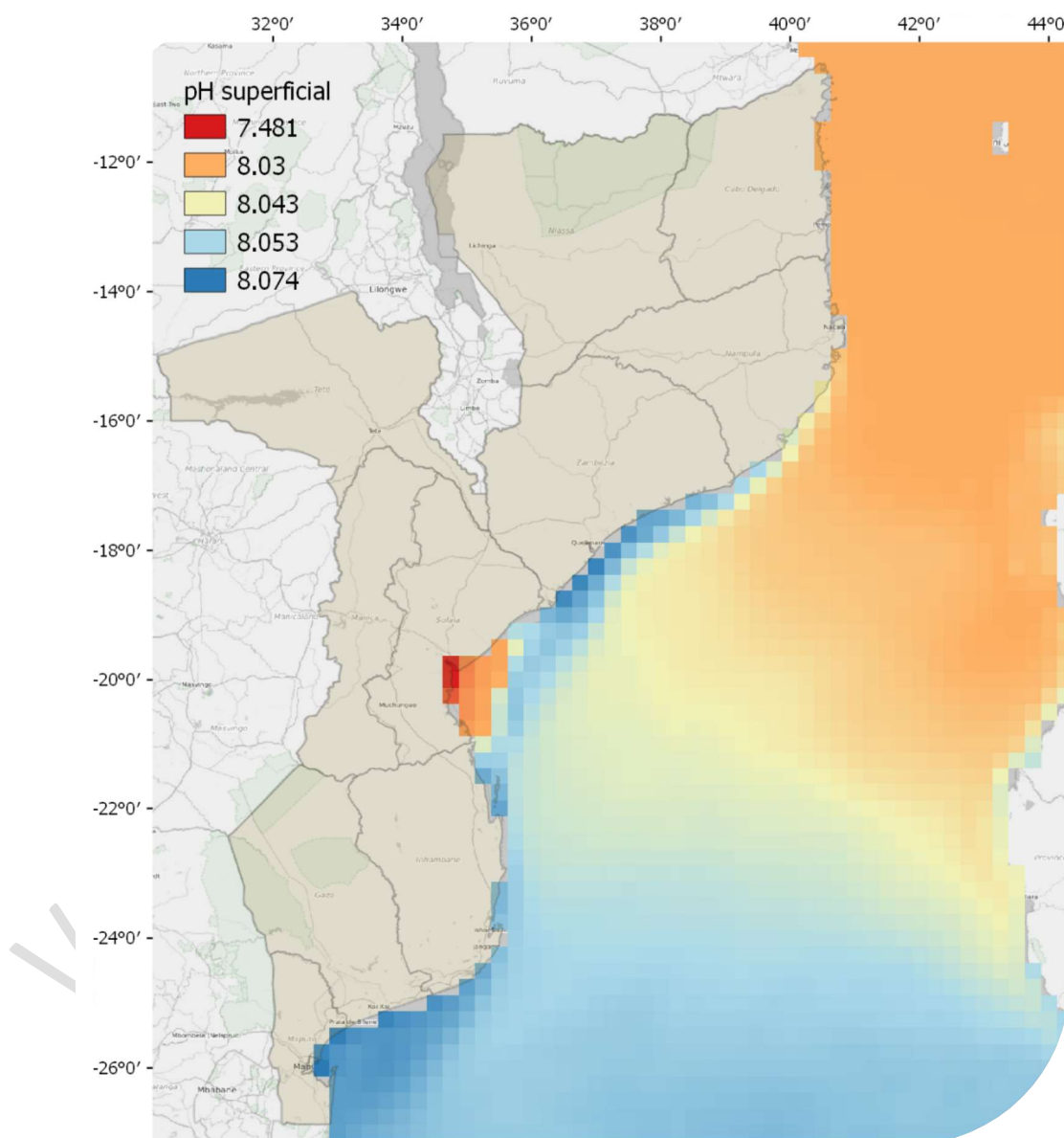
Fonte de dados: Marine Copernicus, 2017-2019, 0,25° resolução

Figura 5.43 - Oxigénio dissolvido na água do mar.



pH

O valor médio do pH, resultante da imagem composta dos valores médios mensais do pH da água do mar fornecida pelo serviço Marine Copernicus, entre 2017 e 2019 (0,25° de resolução) indica que os valores mais baixos se encontram na parte norte do canal de Moçambique e principalmente na zona do banco de Sofala em frente ao rio Pungué. Os valores mais baixos ocorrem na restante área do banco Sofala e na zona sul de Moçambique (figura seguinte), sendo o intervalo de valores de pH observado entre 7,48 e 8,07.

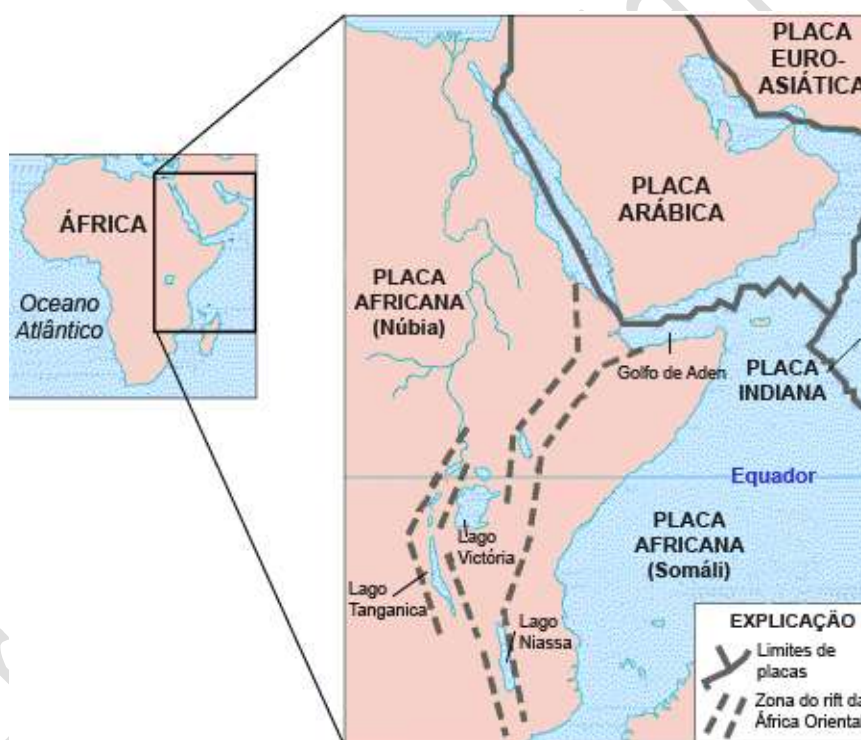


Fonte de dados: Marine Copernicus, 2017-2019, 0,25° resolução

Figura 5.44 - Oxigénio dissolvido na água do mar

5.2.4 Sismos

Em Moçambique a preocupação com o risco sísmico era bastante reduzida, se não até nula, até aos abalos verificados em Fevereiro de 2006. A localização geográfica de Moçambique na margem Oriental da Placa Africana, na extremidade sul do *Rift* da África Oriental resulta numa actividade sísmica bastante fraca e irregular quando comparada com as regiões mais a Norte atravessadas pelo *rift*. Este *rift* (Figura seguinte) marca a fronteira entre as duas partes da placa Africana que se encontram em separação, a Placa Núbia e a Placa Somáli, e estende-se ao longo de mais de 3.000 km. O *rift* bifurca na zona do lago Victória (situado entre o Quénia, a Tanzânia e o Uganda) formando dois ramos (Fenton e Bommer, 2006; Foster e Jackson, 1998; Midzi *et al.*, 1999). O ramo mais ocidental, que contém os lagos Tanganica e Niassa, termina na região central de Moçambique. O ramo Oriental continua ao longo do Quénia e termina, aparentemente, no Sul da Tanzânia.



Fonte: Cumbe (2007)

Figura 5.45 - Sistema de rifts estabelecido no Miocénico ao longo da África Oriental, que vai desde o Mar Vermelho passando pelo Quénia, Tanzânia e terminando em Moçambique (Lago Niassa e Urema)

A localização da junção da parte sul do *rift* com a parte sudoeste da Crista Média Oceânica Índica é um assunto controverso, por os epicentros se encontrarem dispersos numa vasta região e por isso, não existir uma localização precisa (Vail, 1968; Chu e Gordon, 1999; Horner-Johnson *et al.*, 2005). Foi



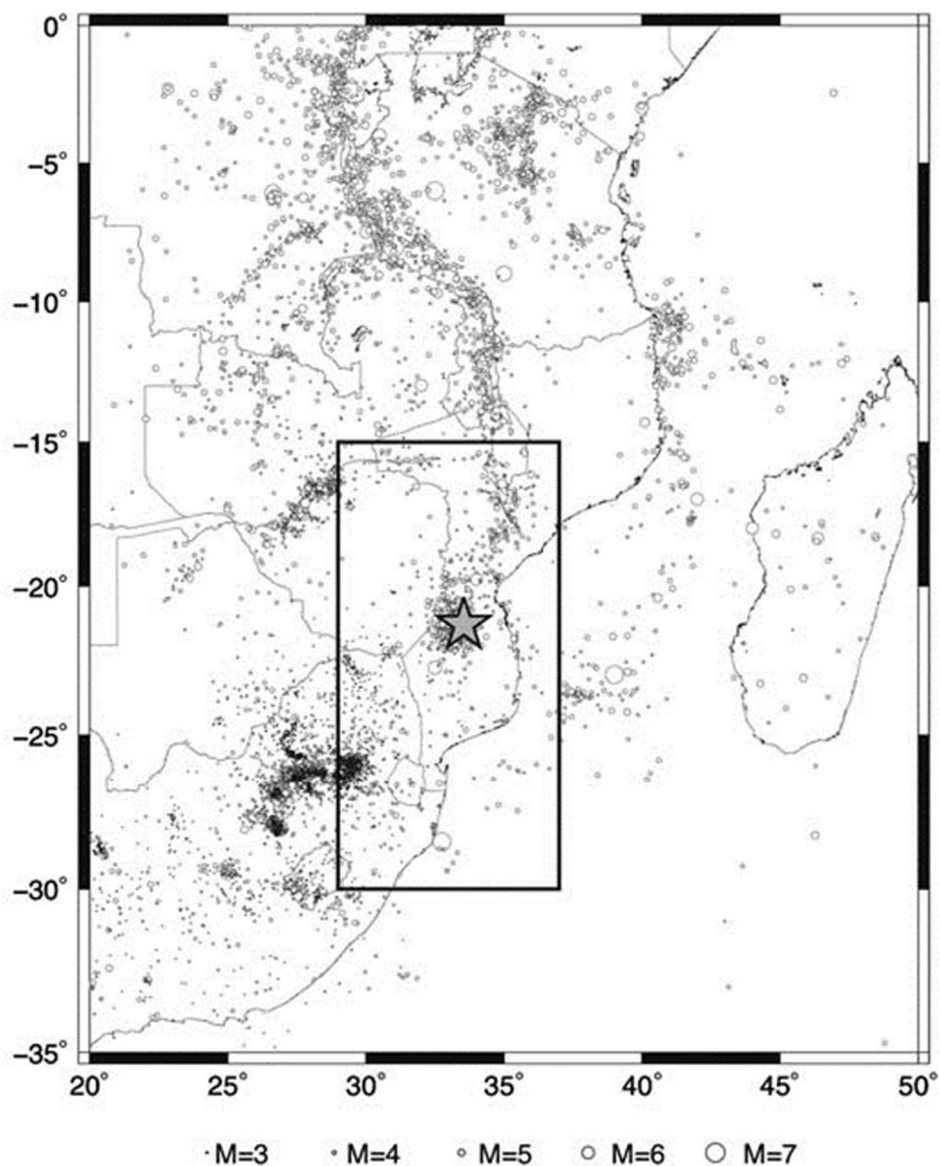
sugerido, com base na localização dos epicentros, que o *rift* tem continuação através do norte de Moçambique (Chorowicz e Sorlien, 1992), e ainda existe a constatação de que a sismicidade persiste ao longo do canal de Moçambique o que é mais um forte indicador de que o *rift* continua para Sul, intersectando a Crista Média Oceânica Índica entre as longitudes 26,3° E e 32,2° E.

O grau de separação do *rift* está estimado em cerca de $8,3 \pm 1,9$ mm/ano, na região do Golfo de Aden, e $3,6 \pm 0,5$ mm/ano na zona de intersecção do ramo Oriental do *rift* com a dorsal (Horner-Johnson *et al.*, 2005).

O *rift* encontra-se razoavelmente desenvolvido no Norte e Centro de Moçambique, onde se encontram os Lagos Niassa e Chirua. Como já referido, os movimentos na parte sul do ramo Ocidental iniciaram-se há 10 milhões de anos, e considerando que as areias e solos que formam as camadas de cobertura no Sul de Moçambique não têm mais de 2 milhões de anos (Vasconcelos, 2006), a actividade do *rift* teve início antes da deposição destas camadas superficiais sendo, portanto possível que alguns elementos tectónicos do *rift* estejam subterrados (Vasconcelos, 2006).

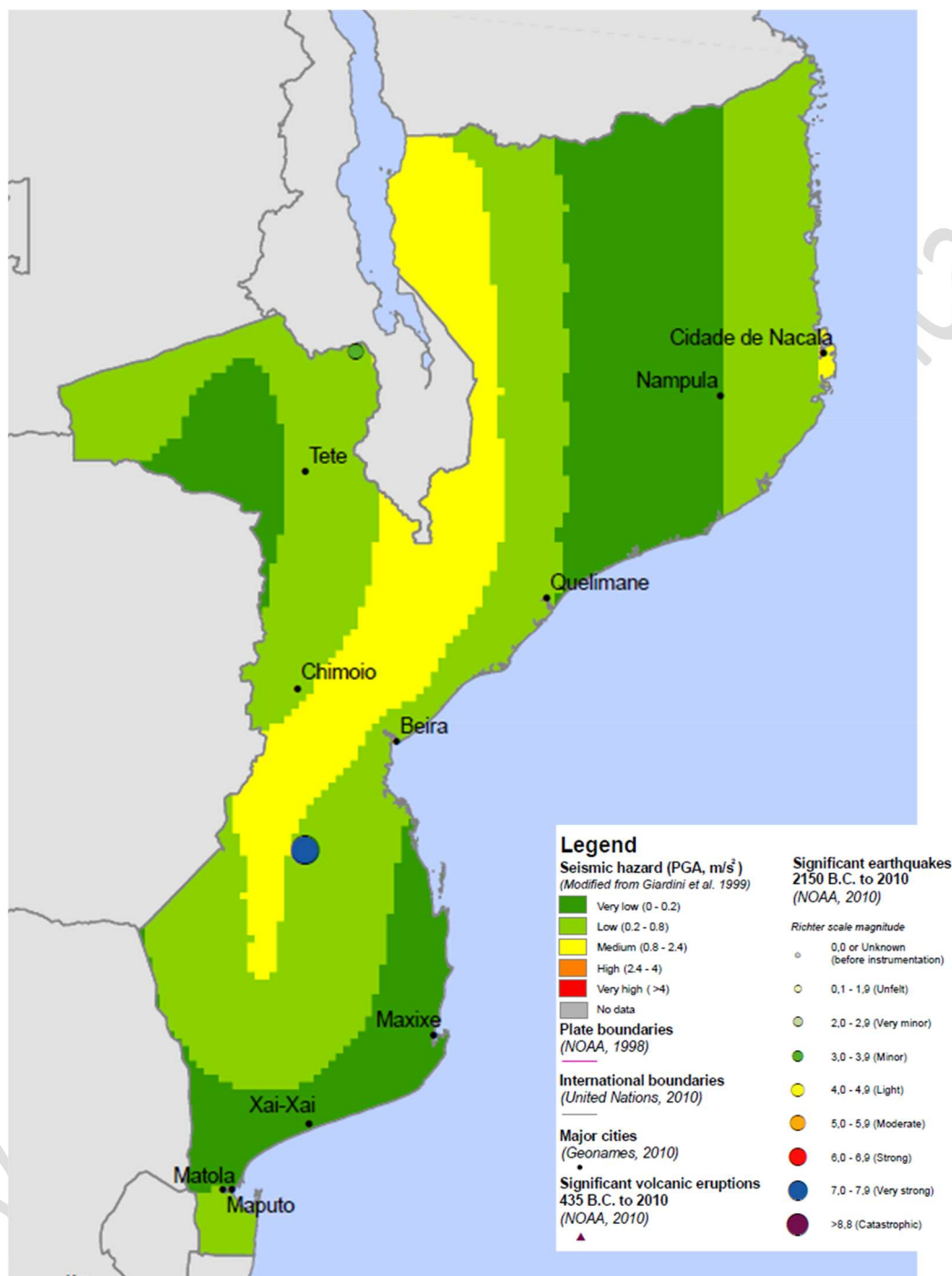
De acordo com Hartnady (2002) as duas maiores cidades Moçambicanas (Maputo e Beira) encontram-se em zonas de considerável risco sísmico. Hartnady (2002) sugere que a cidade da Beira se encontra próxima da estrutura Urema Graben (que é um segmento da fronteira entre a placa Núbia e a placa do Rovuma) e que Maputo se encontra na junção tripla entre as placas Núbia, Rovuma e Somáli.

Segundo dados do USGS (2006), Moçambique tem tido uma actividade sísmica mais ou menos constante, ainda que fraca, pelo menos desde o ano 1973. Toda a actividade sísmica registada pode ser caracterizada como superficial. Os focos de 150 dos abalos registados foram identificados a profundidades inferiores a 10 km, não tendo nenhum dos restantes abalos focos a profundidades superiores a 33 km. Os dados do USGS (2006) indicam que, entre 1973 e 2006, ocorreram cerca de 190 abalos sísmicos em todo o território (ver figura seguinte). Mais de 50% dos sismos registados tiveram magnitudes superiores a 4,0, e pelo menos 15 foram de magnitude igual ou superior a 5,0 o que de acordo com Clough e Penzien (1995) é o limite inferior para que se produzam movimentos de terra com potencial para causar danos estruturais. O maior sismo registado em território Moçambicano, ao longo dos últimos 33 anos, foi o de 22 de Fevereiro de 2006, no distrito de Machaze, no Sul da província de Manica, com uma magnitude de 7,0. Esta região, foi identificada pelo *Global Seismic Hazard Assessment Programme* e Midzi *et al.* (1999) como uma “zona de fonte sísmica” número 11, sendo considerada aqui a possibilidade de ocorrência (Figura 5.47) de sismos de magnitude máxima de 7,3.



Fonte: Fonseca *et al.* 2014.

Figura 5.46 - Sismicidade de Moçambique e regiões vizinhas, 1912-2006. Terremoto de Machaze 2006 (estrela) incluído; tremores secundários excluídos

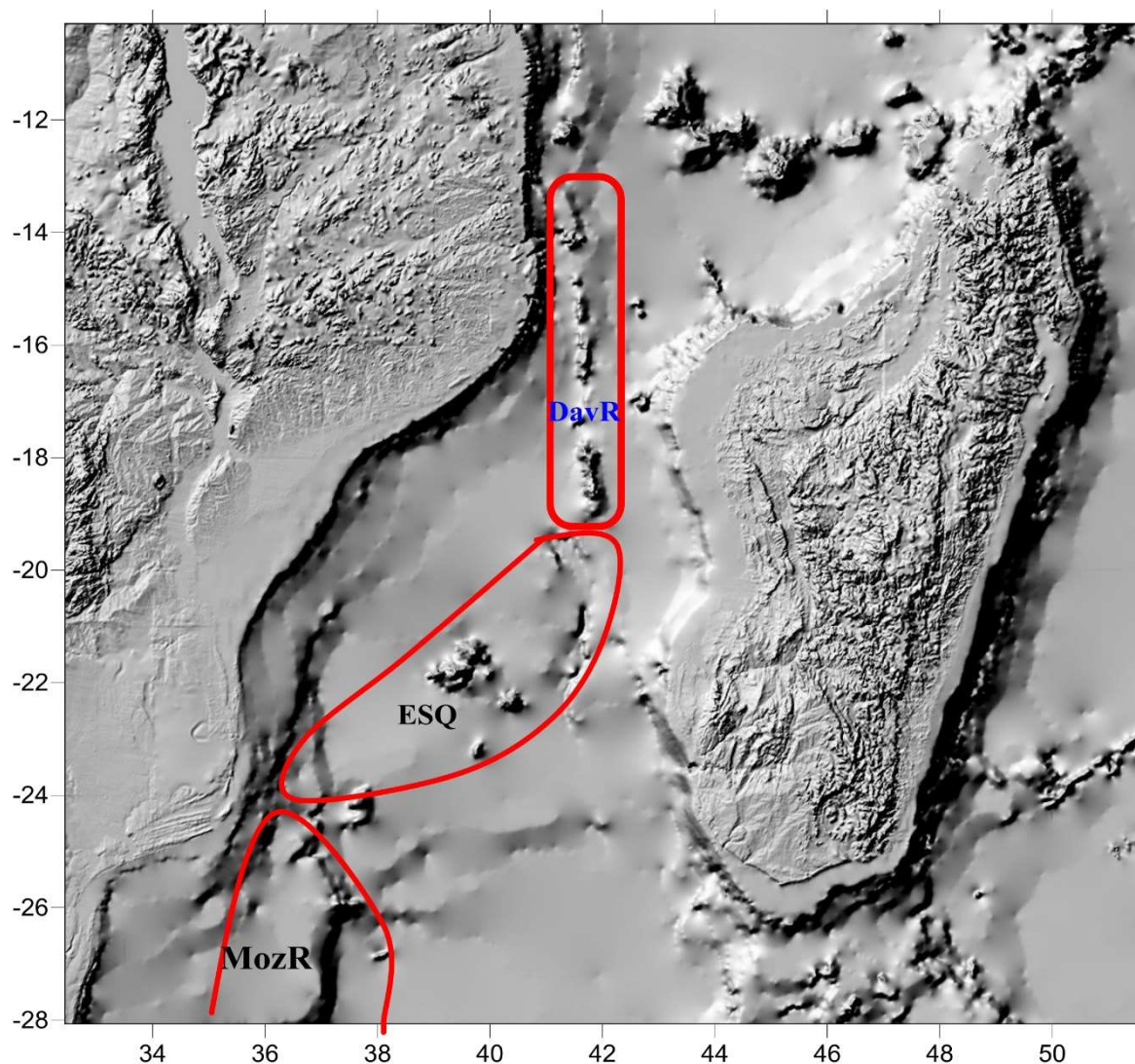


Fonte: WHO, 2010

Figura 5.47 - Distribuição da perigosidade sísmica de Moçambique

5.2.5 Batimetria e caracterização dos fundos

De uma forma genérica a tectónica no canal de Moçambique é caracterizada pela actividade associada à fronteira leste da microplaca Rovuma, nomeadamente à Zona de Fractura da Crista de Davie, no norte do canal, e ao “Eixo Sísmico de Quathlamba”, no sector central e sul, continuando-se pela Crista de Moçambique (*Mozambique Ridge*), a sul (figura seguinte).



Fonte: Manuel, 2015 (DavR - *Davie Ridge*, ESQ - Eixo sísmico de Quathlamba, MozR - *Mozambique Ridge*)

Figura 5.48 - Localização e disposição espacial das morfoestruturas do Canal de Moçambique

Dentro do canal de Moçambique, a Crista de Davie está disposta na direcção Norte-Sul, entre cerca de 13° e 18° S, com uma elevação até cerca de 300 m abaixo da superfície do mar, com origens que lembram antigas fracturas continentais ou litosféricas deixadas pela separação inicial de Madagáscar do continente



africano. A cordilheira estabelece a fronteira entre a bacia de Somália, a NE, e a bacia de Moçambique, a SW.

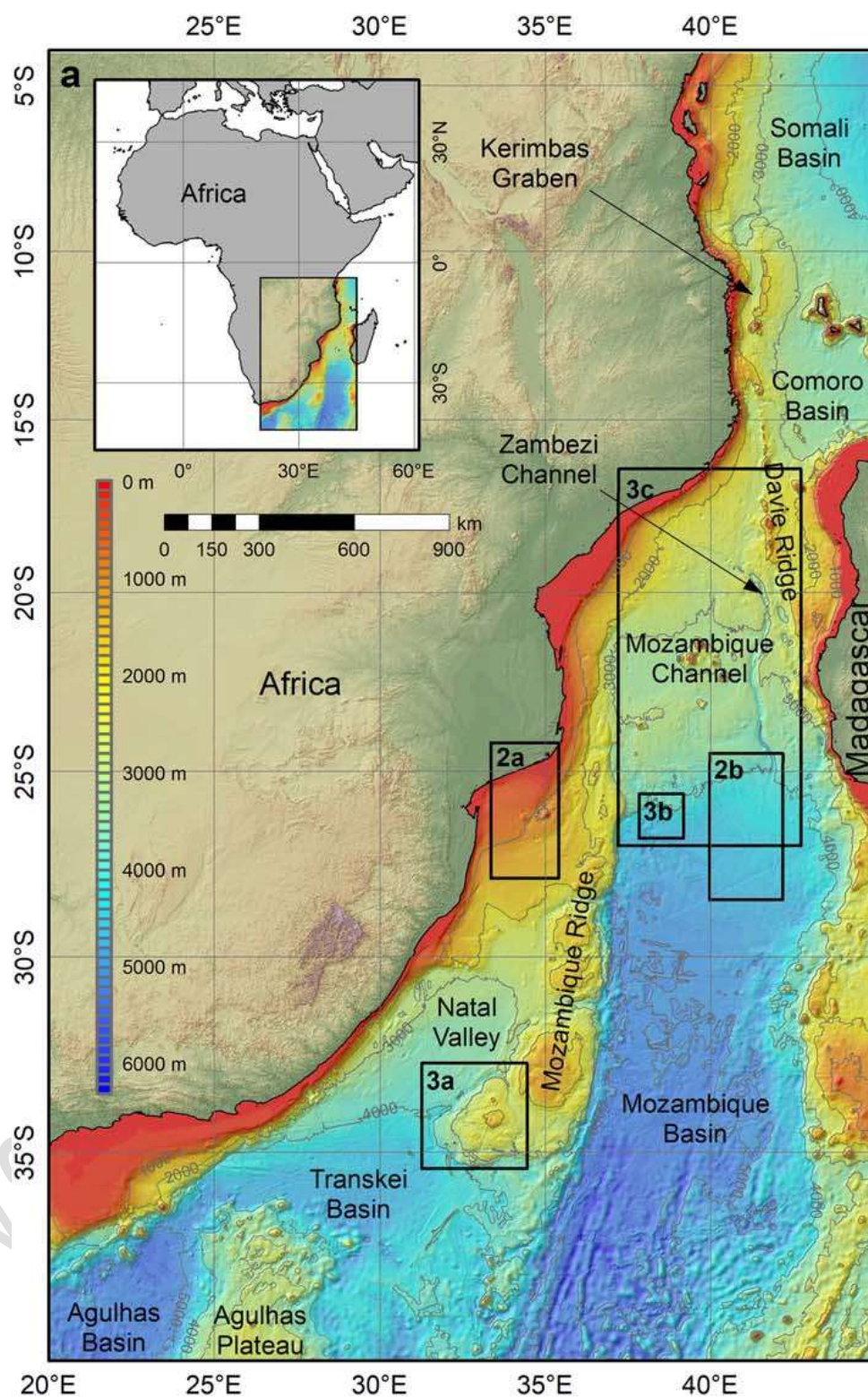
A Crista de Moçambique (*Mozambique Ridge*) corresponde a um planalto submarino localizado para Sul do extremo meridional do canal de Moçambique, aproximadamente entre as latitudes 25° e 31° S, marginando a bacia de Moçambique situada a NE (figura seguinte). Apresenta estruturas em *horst*, sendo constituída por rochas vulcânicas de idade jurássica inferior cobertas por sequências sedimentares do Cretácico e mais jovens, porém com um hiato de ~40 milhões de anos entre elas. Está pouco estudada do ponto de vista neotectónico e, por esse motivo, existem ainda muitas incertezas sobre o seu desenvolvimento mais recente. Porém, sabe-se que a sua génese não está relacionada com o Sistema de Falhas do *Rift* do Leste Africano.

Contudo, existem vários estudos que apresentam uma interpretação conflituosa sobre essas características serem de natureza oceânica ou continental. Os estudos geofísicos mais recentes apoiam a ideia de que essas cristas são grandes províncias ígneas de Idade cretácea associada à abertura do sudoeste do Oceano Índico. O neo-vulcanismo tardio do mioceno na crista de Moçambique é interpretado como uma extensão do ramo ocidental do sistema de falhas da África Oriental (Fischer *et al.*, 2017).

Actualmente, o sudoeste do Oceano Índico é uma área de intercâmbio dinâmico de massas de água do Oceano Atlântico, Índico e Antártico. Abaixo da corrente superficial que flui para o Sul, a trajectória das massas de água meridionais no sentido norte segue a topografia do fundo oceânico caracterizada pelas cristas e planaltos oceânicos.

Uma recompilação recente da batimetria do canal de Moçambique (Dorschel *et al.*, 2018) indica que para além das formas de relevo de origem geológica, a região também revela uma infinidade de formas de relevo sedimentológicas. Ocorrem no canal ondas de sedimentos, escoriações, cristas de sedimentos e deriva fornecendo informações sobre as interacções das correntes de fundo por períodos prolongados, indicando áreas de erosão, transporte lateral de sedimentos e deposição. A descrição e interpretação dessas formas de relevo que ocorrem na região sudoeste do canal de Moçambique é relativamente recente, tendo iniciado por volta de 2015 com um esforço para explicar a ligação do canal de Moçambique para as trajectórias da água de fundo da Antártica e águas profundas do Atlântico Norte como parte da circulação termohalina global. Para outras regiões do canal de Moçambique, como é o caso das bacias de Moçambique, Transkei, e de Agulhas, análises semelhantes a esta ainda são um desafio. Existem outras formas de relevo sedimentares no canal de Moçambique e na bacia do vale do Natal que se desenvolveram como resultado das correntes de fundo intensificadas em torno de obstáculos no fundo do mar. No leste do vale do Natal, onde a trajectória das massas de água é desviada pela crista de Moçambique, as correntes de fundo formam uma série de deriva de sedimentos.

Além disso, as ondas de sedimentos na Crista de Moçambique indicam um potencial derramamento de águas através dos vales de tendência Leste-Oeste da Crista de Moçambique. No Sul da bacia de Moçambique, o mapa batimétrico melhorado (figura seguinte) revela complexas formas de relevo de orientações variadas representando interacções de características tectónicas e correntes inferiores.



Fonte: Dorschel *et al.*, 2018

Figura 5.49 - Batimetria do canal de Moçambique e bacias adjacentes



Existem ainda canais e desfiladeiros visíveis no mapa batimétrico melhorado que indicam trajetórias de transporte de sedimentos focalizadas nos declives continentais de África e de Madagáscar. O sistema de canais mais proeminente é o canal do Zambeze, que se destaca na zona central do canal de Moçambique e está agora mais visível no mapa batimétrico melhorado. O mapa destaca os detalhes da complexidade geomorfológica do canal do Zambeze que o diferencia de outros canais submarinos de baixa latitude. O canal do Zambeze parece ser mais comparável aos sistemas de altas latitudes controlados pelo influxo esporádico de águas carregadas de sedimentos.

5.2.6 Bibliografia

Listagem da bibliografia utilizada

Andrade, C., Pires, H. O., Silva, P., Taborda, R. & Freitas, M. C. (2006). Zonas Costeiras. Em *Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação*, Projecto SIAM II. F D Santos & P. Miranda, 169-208. Lisboa: Gradiva.

Andrade, C., Taborda, R., Ribeiro, M. & Silva, A.N. (2017). *Estudo da dinâmica sedimentar da praia do Porto Santo*. Relatório técnico, não publicado, Instituto Dom Luíz (Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa) / Secretaria Regional do Ambiente e Recursos Naturais da Região Autónoma da Madeira, 91 p.

Antunes, C., Vieira R., Andrade, C. F., & Taborda, R. (2013). *Caracterização da sobre-elevação meteorológica*. Relatório Técnico, Projeto Criação e implementação de um sistema de monitorização no litoral abrangido pela área de jurisdição da Administração da Região Hidrográfica do Tejo. FFCUL/APA, I.P., Lisboa, Junho 2013.
https://sniambgeoviewer.apambiente.pt/Geodocs/geoportaldocs/Políticas/Água/Ordenamento/SistemasMonitorizacaoLitoral/E_1.1.5.a_Sobre-elevacao.pdf

Aramuge, A. C., Rocha, A., & Silva, P. A. (2014). A contribution to climate change assessment of storm surges along the coast of Mozambique. *Journal of Coastal Research*, 70(sp1), 253-258.

Barlow, R., Lamont, T., Morris, T., Sessions, H. e van den Berg, M. (2014). Adaptation of phytoplankton communities to mesoscale eddies in the Mozambique Channel. *Deep-Sea Research II* 100: 106-118

Bakun, A., Roy, C. e Lluch-Cota, S. (1998). Coastal upwelling and other processes regulating ecosystem productivity and fish production in the western Indian Ocean. Blackwell Science, Malden, MA (USA), pp. 103-141

Beck, H.E., Zimmermann, N. E., McVicar, T. R., Vergopolan, N., Berg, A., & Wood, E. F. (2018) Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Nature Scientific Data*. DOI:10.1038/sdata.2018.214., CC BY 4.0

Blastoch, A., and W. Krauss (1999) The role of mesoscale eddies in the source regions of the Agulhas Current. *Journal of Physical Oceanography*, 29, 2303-2317.

Bié, A. J. (2017). *Estudo numérico de marés meteorológicas na costa de Moçambique*. Tese de mestrado. Universidade de São Paulo. https://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_alberto_j_bie_corrigida.pdf

Caddy, J.F. & Bakun, A. 1994. A tentative classification of coastal marine ecosystems based on dominant processes of nutrient supply. *Ocean & Coastal Management*, 23(3): 201-211.

Canhanga, S. J. V & Nehama, F. P. J. (Sem data). *The Mozambican national sea level report*. https://www.academia.edu/20960046/The_Mozambican_national_sea_level_report

Cazenave, A., & Llovel, W. (2010). Contemporary sea level rise. *Annual review of marine science*, 2, 145-173

Chorowicz J, e Sorlien C (1992). Oblique extensional tectonics in the Malawi Rift, Africa. *Geological Society of America Bulletin*, 104(8), 1015-1023.



Chu D, e Gordon RG (1999). Evidence for motion between Nubia and Somalia along the Southwest Indian Ridge. *Nature*, 398(6722), 64-67.

Church, J.A., P.U. Clark, A. Cazenave, J.M. Gregory, S. Jevrejeva, A. Levermann, M.A. Merrifield, G.A. Milne, R.S., Nerem, P.D. Nunn, A.J. Payne, W.T. Pfeffer, D. Stammer & Unnikrishnan, A.S. (2013). Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press.

Clough RW, e Penzien J (1995) Dynamics Of Structures, 3ª edição, Computers & Structures, Inc.

Consultec, 2016. *Operação do Terminal de Armazenamento, Manuseamento e Distribuição de Combustível da Beira - Volume I - Plano de Gestão Ambiental*. 2016. Pag 33. <https://www.consultec.co.mz/images/Pdfs/PGA-Terminal-da-Beira.pdf>

Cumbe, ANF. (2007). O património geológico de Moçambique: proposta de metodologia de inventariação, caracterização e avaliação; Tese de Mestrado em Património Geológico e Geoconservação, Escola de Ciências, Departamento de Ciências da Terra - Universidade do Minho, Braga.

de Ruijter WPM, Ridderinkhof H, Lutjeharms JRE, Schouten MW, Veth C. (2002). Observations of the flow in the Mozambique Channel. *Geophysical Research Letters* 29(10), <http://dx.doi.org/10.1029/2001GL013714>.

de Ruijter WPM, Brummer GJA., Drijfhout, SS, Lutjeharms, JRE, Peters, F., Ridderinkhof, H., van Aken, H., van LeeuwenSchouten, P. J., (2006), Observations of the Inter-Ocean Exchange Around South Africa. *Eos Trans. AGU* 87, 97-101.

DiMarco SF, Chapman P, Nowlin WD Jr, Hacker P, Donohue K, Luther M, Johnson GC, Toole J. 2002. Volume transport and property distributions of the Mozambique Channel. *Deep-Sea Research II: Topical Studies in Oceanography* 49: 1481-1511.

Dorschel B, Jensen L, Arndt JE, Brummer GJ, de Haas H, Fielies A, Franke D, Jokat W, Krockner R, Kroon D and Pätzold J (2018). The Southwest Indian Ocean Bathymetric Compilation (swIOBC). *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 19(3), 968-976.

Earthwise. 2017. "Climate of Mozambique," Earthwise, earthwise.bgs.ac.uk/index.php?title=Climate_of_Mozambique&oldid=32823 (accessed December 21, 2019).

Fenton CH, e Bommer JJ (2006) The Mw7 Machaze, Mozambique, Earthquake of 23 February 2006, *Seismological Research Letters*, Vol. 77, nº 4, pp. 426-439.

Fischer, M. D., Uenzelmann-Neben, G., Jacques, G., & Werner, R. (2017). The Mozambique Ridge: A document of massive multistage magmatism. *Geophysical Journal International*, 208(1), 449-467. <https://doi.org/10.1093/gji/ggw403>

Fitchett, J. M., & Grab, S. W. (2014). A 66-year tropical cyclone record for south-east Africa: Temporal trends in a global context. *International Journal of Climatology*, 34(13), 3604-3615. <https://doi.org/10.1002/joc.3932>

Flemming BW, Kudrass HR. 2018. Large dunes on the outer shelf off the Zambezi Delta, Mozambique: evidence for the existence of a Mozambique Current. *Geo-Marine Letters* 38: 95-106.

Fonseca JFBD, Chamussa J, Domingues A, Helffrich A, Antunes E, van Aswegen G, Pinto LV, Custódio S, e Manhiça VJ (2014). MOZART: A seismological investigation of the east African rift in central Mozambique, *Seismol. Res. Lett.*, 85(1), 108-116.

Foster AN, e Jackson JA (1998) Source parameters of large African earthquakes: implications for crustal rheology and regional kinematics, *Geophysical Journal International*, Vol. 134, pp. 422-448.

Gordon A. 1986. Inter-ocean exchange of thermocline water. *Journal of Geophysical Research* 91: 5037-5046.

Groeneveld, J.C. & Koranteng, K.A. (Eds). 2017. The RV Dr Fridtjof Nansen in the Western Indian Ocean: Voyages of marine research and capacity development. FAO. Rome, Italy.

Halo, I. (2012), The Mozambique Channel eddies: Characteristics and mechanisms of formation, Ph.D. thesis, Univ. of Cape Town, Cape Town, South Africa.



- Halo I, Backeberg B, Penven P, Ansorge I, Reason C, Ullgren JE. 2014. Eddy properties in the Mozambique Channel: A comparison between observations and two numerical ocean circulation models. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 100: 38-53.
- Hancke, L., Roberts, M.J., Temon, J.F. (2014). Surface drifter trajectories highlight flow pathways in the Mozambique Channel. Deep-Sea Research II 100: 27-37
- Hartnady CJH (2002). Earthquake hazard in Africa: perspectives on the Nubia-Somalia boundary, South African Journal of Science, Vol. 98, pp. 425-428.
- Hoguane, A. M. (2007). Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique - Diagnosis of Mozambique Coastal Zone Antonio. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7(1), 69-82.
- Horner-Johnson BC, Gordon RG, Cowles SM, e Argus DF (2005). The angular velocity of Nubia relative to Somalia and the location of the Nubia-Somalia-Antarctica triple junction. *Geophysical Journal International*, 162(1), 221-238.
- IDEACONSULT International/ STUDI International/ INSTM. (2019). *Elaboration of the Master Plan for Fisheries and Aquaculture Support Infrastructures*. Second activity report - Volume 2.2: General technical report - first version.
- INGC (2009a). *Main report: INGC Climate Change Report: Study on the Impact of Climate Change on Disaster Risk in Mozambique*. [Asante, K., Brundrit, G., Epstein, P., Fernandes, A., Marques, M.R., Mavume, A, Metzger, M., Patt, A., Queface, A., Sanchez del Valle, R., Tadross, M., Brito, R. (eds.)]. INGC, Mozambique.
- INGC (2009b) Study on the impact of climate change on disaster risk in Mozambique - Synthesis Report - First Draft. <http://pure.iiasa.ac.at/9007>
- José, Y.S., Aumont, O., Machu, E., Penven, P., Moloney, C.L., Maury, O. (2014). Influence of mesoscale eddies on biological production in the Mozambique Channel: Several contrasted examples from a coupled ocean-biogeochemistry model. Deep-Sea Research II 100: 79-93
- Johnsen, E., Krakstad, J., Ostrowski, M., Serigstad, B., Strømme, T., Alvheim, O., Olsen, M., Zaera, D., André, E., Dias, N., Sousa, L., Sousa, B., Malauene, B. & Abdula, S. (2007). Surveys of the living marine resources of Mozambique: Ecosystem Survey and Special Studies. 27 September-21 December 2007. Report No. 8/2007-2007409. Bergen, Norway, Institute of Marine Research.
- Jury, M. R., B. Parker, and D. Waliser (1994), Evolution and variability of the ITCZ in the SW Indian Ocean: 1988-90, *Theoretical and Applied Climatology*, 48, 187-194, doi:10.1007/BF00867048.
- Lamont, T., Barlow, R.G., Morris, T., van den Berg, M.A. (2014). Characterisation of mesoscale features and phytoplankton variability in the Mozambique Channel. Deep-Sea Research II 100: 94-105
- Langa, A.A.A., e Calil, P.H.R. (2019). On the role of physical processes on the surface chlorophyll variability in the Northern Mozambique Channel. *Ocean Dynamics*. 20p <https://doi.org/10.1007/s10236-019-01311-0>
- Lindsey, R. (2019). Sea level since 1880, 1-8. Retrieved from <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>
- Lutjeharms JRE. 2006. *The Agulhas Current*, Vol. 1. Springer-Verlag, Berlin.
- Lutjeharms JRE, Biastoch A, van der Werf PM, Ridderinkhof H, de Ruijter WPM. 2012. On the discontinuous nature of the Mozambique current. *South African Journal of Science* 108: 01-05.
- MacHutchon, K. R. (2006). *The characterisation of South African Sea Storms*. MSc Thesis. Univ Stellenbosch.
- Macie, O.A.A. (2016) Características da estação chuvosa em Moçambique: Probabilidade de ocorrência de períodos secos e padrões atmosféricos associados. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade de São Paulo.
- Malauene, B. S. (2010). Shelf edge upwelling off northern Mozambique. MSc mini dissertation by coursework and dissertation. University of Cape Town. 94p.
- Malauene, Roberts, M.J., B.S., Shillington, F.A., Moloney, C.L. (2012). Shelf edge upwelling off northern Mozambique. Deep-Sea Research-II
- Malauene, B.S., Shillington, F.A., Roberts, M.J., Moloney, C.L. (2014). Cool, elevated chlorophyll-a waters of northern Mozambique. Deep-Sea Research II 100: 68-78



- Manuel AF (2015). Análise da perigosidade de tsunami para a cidade da Beira, Moçambique. Dissertação de Mestrado apresentada a Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Lisboa.
- Marsac, F., Barlow, R., Ternon, J.F., Ménard, F., Roberts, M. (2014). Ecosystem functioning in the Mozambique Channel: Synthesis and future research. *Deep-Sea Research II* 100: 212-220
- Massinga, A. & J. Hatton (1997). Status of the coastal zone of Mozambique. In: Lundin, C. G. & O. Lindén (eds). *Proceedings of the National Workshop on Integrated Coastal Zone Management in Mozambique*. Inhaca Island and Maputo, Mozambique. 5-10 May 1996. 7-64 pp. MICOA/UEM/ Sida/The World Bank.
<http://documents.worldbank.org/curated/pt/161241468779949540/pdf/27579010paper.pdf>
- McSweeney, C.; New, M.; Lizcano, G. (2010): UNDP Climate Change Country Profiles: Mozambique.
http://www.geog.ox.ac.uk/research/climate/projects/undp-cp/UNDP_reports/Mozambique/Mozambique.hires.report.pdf
- Meyer, A.A.M. (ed.). 2012. Respondendo as mudanças climáticas em Moçambique: Tema 8: Mudanças climáticas oceânicas. Stellenbosch: CSIR.
- Meyssignac, B., [Becker](#), M. Llovel, W. & [Cazenave](#), A. (2012). An assessment of two-Dimensional past sea level reconstructions over 1950-2009 based on tide-gauge data and different input sea level grids. *Surveys in Geophysics*, 33, 945-972.
- Midzi VD, Hlatywayo J, Chapola LS, Kebede F, Atakan K, Lombe DK, Turyomurugyendo G, e Tugume FA (1999). Seismic hazard assessment in Eastern and Southern Africa, *Annali di Geofisica*, Vol. 42, nº 6, pp. 1 067-1 083.
- Miramontes E, Penven P, Fierens R, Droz L, Toucanne S, Jorjy SJ, Jouet G, Pastor L, Silva Jacinto R, Gaillot A, Giraudeau J, Raison F. 2019. The influence of bottom currents on the Zambezi Valley morphology (Mozambique Channel, SW Indian Ocean): In situ current observations and hydrodynamic modelling. *Marine Geology* 410: 42-55.
- Moreira, M. E. (2005). A dinâmica dos sistemas litorais do sul de Moçambique durante os últimos 30 anos. *Finisterra*, XL(79), 121-135. <https://doi.org/10.18055/FINIS1495>
- Nehama, F.P.J. e Reason, C.J.C. (2014) Morphology of the Zambezi River Plume on the Sofala Bank, Mozambique. *Western Indian Ocean J. Mar Sci* 13(1): 1-10
- Nehama, F.P.J., Lemos, M.A., Machaieie, H.A. (2015). Water mass characteristics in a shallow bank highly influenced by river discharges: the Sofala Bank in Mozambique. *Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 15(4):523-532. DOI:10.5894/rgci560
- Obura, D.O., Bandeira, S.O., Bodin, N., Burgener, V., Braulik, G., Chassot, E., Gullström, M., Kochzius, M., Nicoll, M., Osuka, K., Ralison, H.O., Richmond, M., Samoilys, M.A., Scheren, P., Ternon, J-F. (2018). World Seas: An Environmental Evaluation: The Indian Ocean to the Pacific: Chapter 4 - The Northern Mozambique Channel. 75-100p. DOI: 10.1016/B978-0-08-100853-9.00003-8
- Omta, A. W., Llida, J., Garçon, V., Kooijman, S. A. L. M. and H. A. Dijkstra (2009) The interpretation of satellite chlorophyll observations: The case of the Mozambique Channel. *Deep-Sea Research I*, (56), 974-988.
- Oppenheimer, M., & Glavovic, B. (2019). Chapter 4: Sea Level Rise and Implications for Low Lying Islands, Coasts and Communities. *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*, 1-169.
- Peel, M C, Finlayson, B L, and McMahon, T A. 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology and Earth System Science*, Vol. 11, 1633-1644. doi:10.5194/hess-11-1633-2007.
- Pereira, M. A. M., Litulo C., Santos R., Leal M., Fernandes R. S., Tibiriçá Y., Williams J., Atanassov B., Carreira F., Massingue A. & Marques da Silva I. (2014). *Mozambique marine ecosystems review*. Final report submitted to Fondation Ensemble. 139 pp. Maputo, Biodinâmica/CTV.
- Quartly GD, Buck JJH, Srokosz MA, Coward AC, (2006) Eddies around Madagascar - The Retroflection re-considered. *Journ. Mar. Syst* 63, 115-129, doi:10.1016/j.jmarsys. 2006.06.001
- Quartly GD, de Cuevas BA, Coward AC. 2013. Mozambique Channel eddies in GCMs: a question of resolution and slippage. *Ocean Modelling* 63: 56-67.
- Rohner CA, Weeks SJ, Richardson AJ, Pierce SJ, Magno-Canto MM, Feldman GC, Cliff G, Roberts MJ. 2014. Oceanographic influences on a global whale shark hotspot in southern Mozambique.
<https://doi.org/10.7287/peerj.preprints.661v1>



- Sætre, R. & da Silva, A.J. 1984. The circulation of the Mozambique Channel. Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers, 31(5): 485-508.
- Schott, F. A., S.-P. Xie, and J. P. McCreary Jr. (2009), Indian Ocean circulation and climate variability, Rev. Geophys., 47, RG1002, doi:10.1029/2007RG000245.
- Schouten MW, de Ruijter WPM, Van Leeuwen PJ, Ridderinkhof H, (2003). Eddies and variability in the Mozambique Channel. Elsevier Science Ltd. All rights reserved. doi:10.1016/S0967-0645(03)00042-0
- Sete, C. Ruby J. & Dove, V. (2002). Seasonal Variation Of tides, currents, salinity and temperature along the Coast of Mozambique. *Unesco Odinafrica*, (January 2002), 72.
- Sete, C. (2010). *Tides Structures and Mixing Along the Mozambique Coast NOMA*. MSc Thesis, University of Bergen - Norway.
- Silva, A.N., Taborda, R. & Ribeiro, M. (2019). The future of insular beaches: insights from a past-to-future sediment budget approach. *Science of the Total Environment*, 676, 692-705. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.04.228.
- Swart NC, Lutjeharms JRE, Ridderinkhof H, and de Ruijter WPM (2010), Observed characteristics of Mozambique Channel eddies, J. Geophys. Res., 115, C09006, doi:10.1029/2009JC005875.
- Ternon JF, Roberts MJ, Morris T, Hancke L, Backeberg B. 2014. In situ measured current structures of the eddy field in the Mozambique Channel. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography 100: 10-26.
- Tew-Kai, E., Marsac, F. (2009). Patterns of variability of sea surface chlorophyll in the Mozambique Channel: A quantitative approach. *Journal of Marine Systems* 77: 77-88
- Theron, A., & Barwell, L. (2012). *Responding to climate change in Mozambique - Theme 2: Coastal planning and adaptation to mitigate climate change impacts*. Stellenbosch: CSIR.
- Tique, A.T. 2015. Análise da Climatologia Dinâmica da Variabilidade da Precipitação na Região Sudeste da África. Dissertação de Mestrado apresentada a Universidade de São Paulo.
- Uele, D.I., Lyra, G.B., Oliveira Jr, J. F. 2017. Variabilidade Espacial e Intrannual das Chuvas na Região Sul de Moçambique, África Austral. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 32 (3), 473-484, Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863230013>.
- UKHO (2017). *Admiralty Tide Tables*. Indian Ocean. Volume 3. UK Hydrographic Office.
- Ullgren JE, van Aken HM, Ridderinkhof H, de Ruijter WPM. 2012. The hydrography of the Mozambique Channel from six years of continuous temperature, salinity, and 83 velocity observations. Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers 69: 36-50.
- USGS (2006). United States Geological Survey (USGS) - Earthquake Hazards Program, [acedido em 26 Fevereiro de 2020], Disponível em: <http://earthquake.usgs.gov>.
- Vail JR (1968). The southern extension of the East African Rift System and related igneous activity. *Geologische Rundschau*, 57(2), 601-614.
- Vasconcelos, L., Palestra sobre Sismos para a Assembleia da República, 2006.
- Vousdoukas, M. I., Mentaschi, L., Voukouvalas, E., Verlaan, M., Jevrejeva, S., Jackson, L. P., & Feyen, L. (2018). Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard. *Nature communications*, 9(1), 1-12.
- Weijer W, de Ruijter WPM, Dijkstra HA, van Leeuwen PJ. 1999. Impact of Interbasin Exchange on the Atlantic Overturning Circulation. *Journal of Physical Oceanography* 29: 2266-2284.
- World Health Organization (2010). Mozambique: Seismic Hazard Distribution Map. Online resource
- Wyrski K. 1973. Physical oceanography in the Indian Ocean. In *Ecological Studies. Analysis and Synthesis*, Zeitzschel B (ed). Springer-Verlag 3: 18-36.
- You Y. 1997. Seasonal variations of thermocline circulation and ventilation in the Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research* 102: 10391-10422.



Classificação da informação de base

A informação sobre nível do mar disponível a partir de marégrafos é claramente insuficiente (em qualidade, extensão temporal e continuidade) para caracterizar objectivamente a maré observada. Por sua vez, esta informação é necessária para permitir avaliar a sobreelevação meteorológica, caracterizar tendências de variação do nível médio do mar e ainda para validar resultados obtidos através de modelos numéricos, globais ou regionais. Os dados globais utilizados neste trabalho são suficientes, oferecem consistência temporal e espacial adequada à caracterização do forçamento relacionado com a variação do nível do mar a escalas espaciais pequenas sendo compatíveis com uma caracterização global da zona costeira.

A informação batimétrica da faixa costeira disponível nas instituições que produzem cartografia topohidrográfica é insuficiente porque não tem continuidade nem resolução espacial adequadas a uma descrição fina da morfologia dos fundos ao longo de toda a zona costeira moçambicana. Em muitos casos pode estar também desactualizada. Os dados batimétricos utilizados neste trabalho são de natureza global, adequados à caracterização da morfologia dos fundos em águas profundas a intermédias, mas não têm resolução espacial suficiente para caracterizar com rigor a morfologia no domínio das águas rasas, em parte sobreponível ao dos fundos costeiros.

Os dados de agitação marítima medidos no terreno correspondem a séries de observação muito fragmentadas, de muito curta duração e tomadas em locais diferentes da zona costeira sendo assim insuficientes quer para caracterizar o regime de agitação (em águas profundas ou costeiras) quer para validar modelos de propagação de ondas em qualquer ponto da costa de Moçambique. Neste trabalho utilizaram-se dados globais sobre agitação marítima em águas profundas, baseados em modelação numérica, que foram já objecto de validação em outras regiões do globo e se consideram adequados a uma caracterização global do estado de mar.

Informação suplementar a adquirir/produzir

Séries de observações com extensão e resolução temporal adequadas, obtidas com a reactivação e modernização da rede de marégrafos já instalada.

Levantamento hidrográfico, sistemático, da totalidade da faixa costeira (aqui considerada como compreendendo os fundos até pelo menos à batimétrica de 30 m abaixo do zero hidrográfico).

Séries de observações de estado de mar através da instalação de um número mínimo de bóias-ondógrafo direccionais em águas profundas, complementadas com bóias instaladas nos principais portos.



5.3 EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA

5.3.1 Introdução

O litoral moçambicano, com cerca de 2.700 km de comprimento (Hoguane e Pereira, 2003, MCAA, 2013) e habitats muito diversificados, constitui-se como um valor natural e económico excepcional. Encontra-se na sua maior parte em estado natural, apesar de parte substancial da população habitar a zona costeira. A população urbana tem crescido significativamente (Hoguane, 2007), e por essa razão, aliada ao facto de as principais cidades serem costeiras, o litoral apresenta localmente elevado grau de artificialização.

A configuração e evolução do litoral dependem do contexto geomorfológico, do balanço entre fornecimento sedimentar e forçamento oceanográfico (expresso principalmente pelas variações do nível relativo do mar e pelos padrões de agitação marítima) e ainda intervenção antrópica. De acordo com Moreira (2005) e Palalane *et al.* (2016) a evolução da faixa costeira moçambicana no passado recente caracteriza-se essencialmente por erosão, determinada por causas naturais e antrópicas. A ocupação de zonas sensíveis do litoral (e.g. cordões dunares, mangais) tem conduzido à degradação destes sistemas costeiros e relaciona-se, em muitas situações, com a instalação ou agravamento de problemas de erosão; a regeneração destes sistemas é um processo complexo e lento pelo, que a sua gestão deve basear-se no conhecimento, reconhecendo a respectiva dinâmica, para sustentar políticas de intervenção e de gestão eficazes do espaço e do risco (GTL, 2014).

Apresenta-se nas páginas seguintes uma caracterização global da tendência de evolução recente do litoral moçambicano, com o objectivo de estabelecer uma situação de referência, para efeitos de comparação com cenários de evolução futura considerando efeitos das mudanças climáticas com impactos no forçamento oceanográfico.

5.3.2 Metodologia

A tendência de evolução da linha de costa, em Moçambique, foi determinada a partir de dados globais sobre a variação da posição da linha de fronteira entre sedimento seco e molhado (“*shoreline*”, um conceito que pode ser traduzido como “linha de água”) entre 1984 e 2016 (Luijendijk *et al.*, 2018). Estes dados, validados em troços costeiros diferentes dos de Moçambique, estão disponíveis “*online*”⁸ e foram utilizados num estudo sobre vulnerabilidade da costa leste africana (L. S. Esteves & Ballesteros, 2019).

⁸ <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>



O método consistiu na detecção automática de litoral arenoso e da posição daquela linha em imagens de satélite cobrindo uma janela temporal de 33 anos, amostrando a faixa costeira a cada 500 m ao longo de transectos perpendiculares à linha de costa (Luijendijk *et al.*, 2018).

Importa aqui realçar a diferença entre os conceitos de linha de água (“*shoreline*”) e de linha de costa (“*coastline*”) (Carapuço *et al.*, 2016). O primeiro refere-se à interface entre sedimentos secos e molhados ou entre os domínios seco e submerso de um perfil costeiro, num dado momento. A localização desta linha varia a escalas temporais curtas, em função do alcance do espraio das ondas, da altura da maré e da morfologia da praia. Já o segundo, representado pelo limite interno da praia (materializado pela base da duna/ arriba ou estrutura de protecção adjacente do lado de terra) é substancialmente menos variável no tempo. No caso presente, os dados disponíveis reportam-se, como indicado acima, à linha de água; os termos linha de água e linha de costa são considerados como sinónimos e os resultados da análise de tendências devem ser interpretados tendo em atenção a variabilidade acima referida. O facto da base de dados aqui em análise ser temporalmente e espacialmente extensa confere consistência aos resultados e à representatividade do fenómeno em análise (evolução da linha de costa). Este atributo revela-se significativo na comparação com resultados reportados na literatura que embora se possam referir ao limite da margem terrestre e a medições *in situ*, são temporalmente e espacialmente escassos e pouco representativos (ver ponto seguinte).

A metodologia utilizada para análise dos dados da linha de costa encontra-se detalhada no Anexo C.

5.3.3 Resultados

O quadro seguinte apresenta os resultados de tendência de evolução da linha de costa em termos de frequência absoluta e relativa. Observa-se que cerca de 40% do comprimento litoral moçambicano se encontra estável ou apresenta evolução de pequena magnitude no intervalo de tempo considerado. Aproximadamente 35% do litoral continental apresenta tendência de acreção e 25% tendência de erosão; no que respeita ao litoral insular a tendência de erosão é ligeiramente superior à de acreção (34% vs 25%, respectivamente).

Quadro 5.8 - Total de pontos por tendência de evolução da linha de costa

Pontos	Global		Continente		Ilhas	
	N	%	N	%	N	%
Total	6.582	100	6.055	100	527	100
Intervalo de estabilidade	2.787	42	2.570	42	217	41
Acreção	2.235	34	2.103	35	132	25
Erosão	1.560	24	1.382	23	178	34

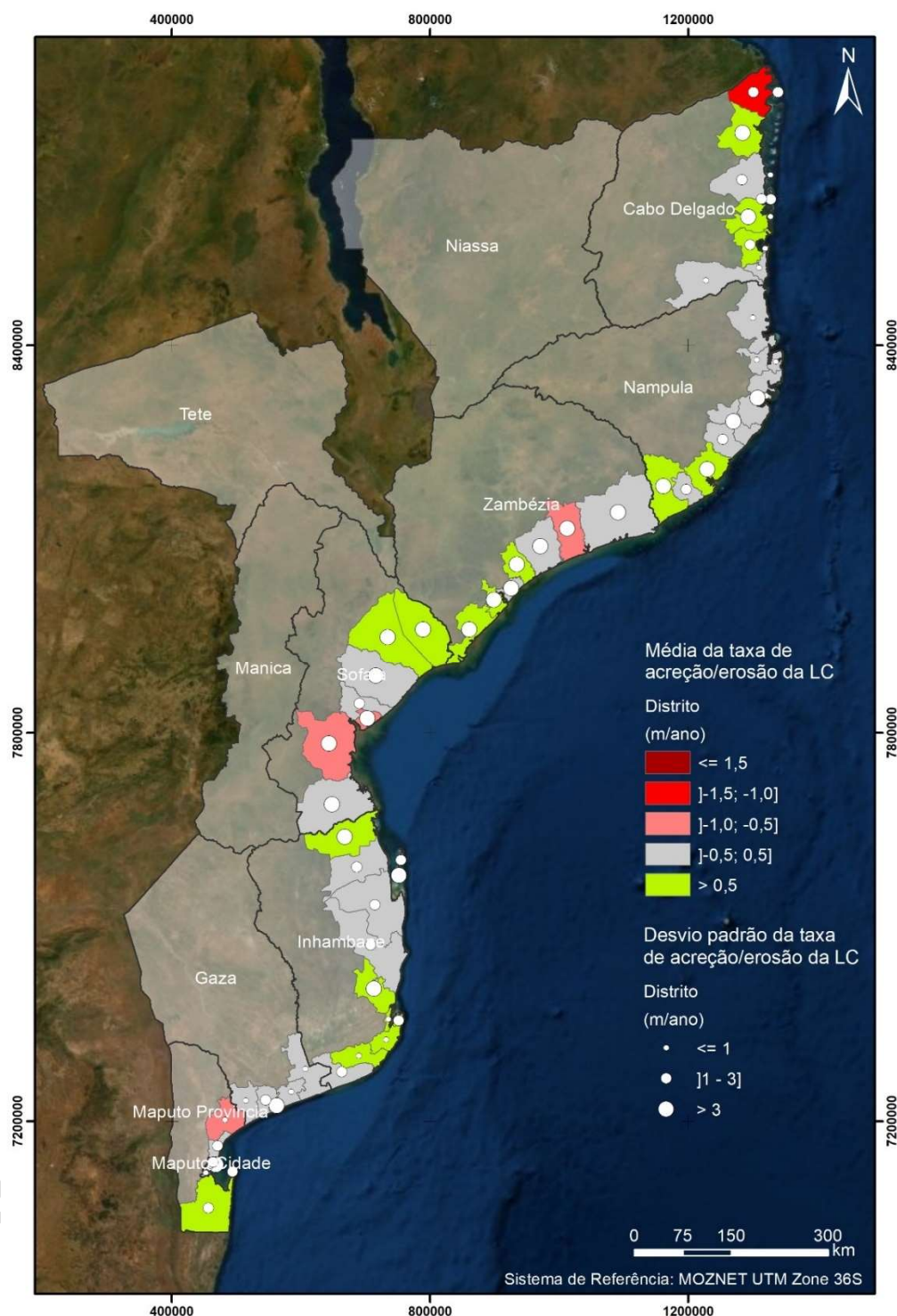


A linha de costa intersecta um total de 56 distritos, sendo o de Kanyaca exclusivamente insular. A distribuição espacial da tendência de evolução da linha de costa por distrito costeiro representa-se na figura seguinte. No Quadro 5.9 e Quadro 5.10 do Anexo A - Taxas de acreção/erosão, discriminam-se os resultados obtidos para o litoral continental e o litoral insular. O valor atribuído a cada distrito corresponde à média aritmética dos dados relativos à respectiva linha de costa.

Considerando apenas o litoral continental observa-se que a maior parte dos distritos (32) aparenta estabilidade no que concerne à tendência de evolução da linha de costa. Cinco distritos (Palma, Mocubela, Cidade da Beira, Búzi e Manhiça) apresentam tendência de erosão e 18 distritos tendência de acreção. No entanto, a consideração do valor do desvio padrão indica claramente existirem muitos distritos que apresentam grande variação na taxa de acreção/erosão ao longo do comprimento da linha de costa, independentemente do valor médio estimado.

As figuras seguintes representam a relação entre a média e o desvio padrão da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e para o litoral continental e insular, respectivamente.

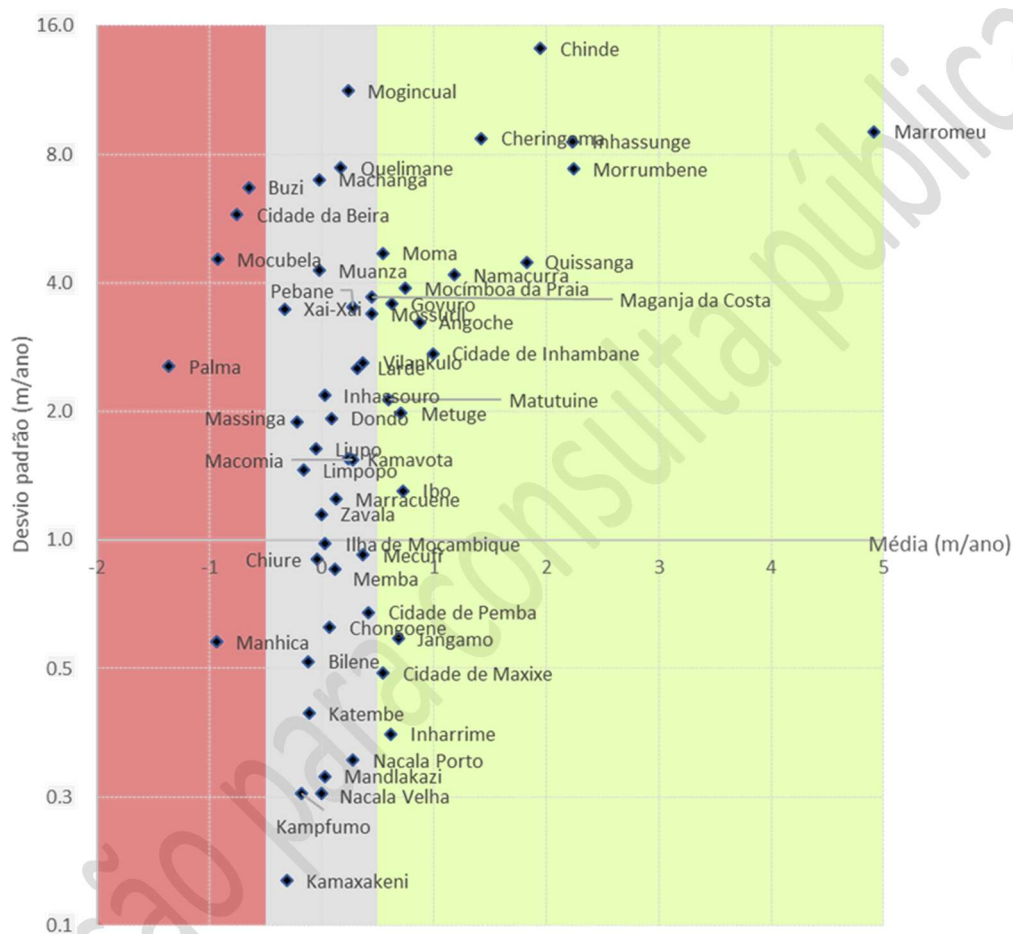
No que respeita ao litoral continental, observa-se que os distritos com elevado valor médio da taxa de acreção exibem também um valor de desvio padrão elevado, o que indica elevada variabilidade do sinal e magnitude da tendência de evolução quando observada a escala espacial mais detalhada.



Fonte: ESRI Imagery

Figura 5.50 - Média e desvio padrão da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito, em Moçambique

Os distritos que apresentam distribuição espacial mais homogénea da tendência de evolução da linha de costa (aqueles que apresentam valores baixos de desvio padrão, figura anterior) são: i) Manhica, com tendência média erosiva; ii) Jangamo, Cidade de Maxixe e Inharrime, com tendência média de acreção e iii) Ilha de Moçambique, Mecúfi, Chiure, Memba, Cidade de Pemba, Chongoene, Bilene, Katembe, Nacala Porto, Nacala Velha, Mandlakazi, Kampfumo e Kamaxakeni, sem tendência significativa de acreção ou erosão.

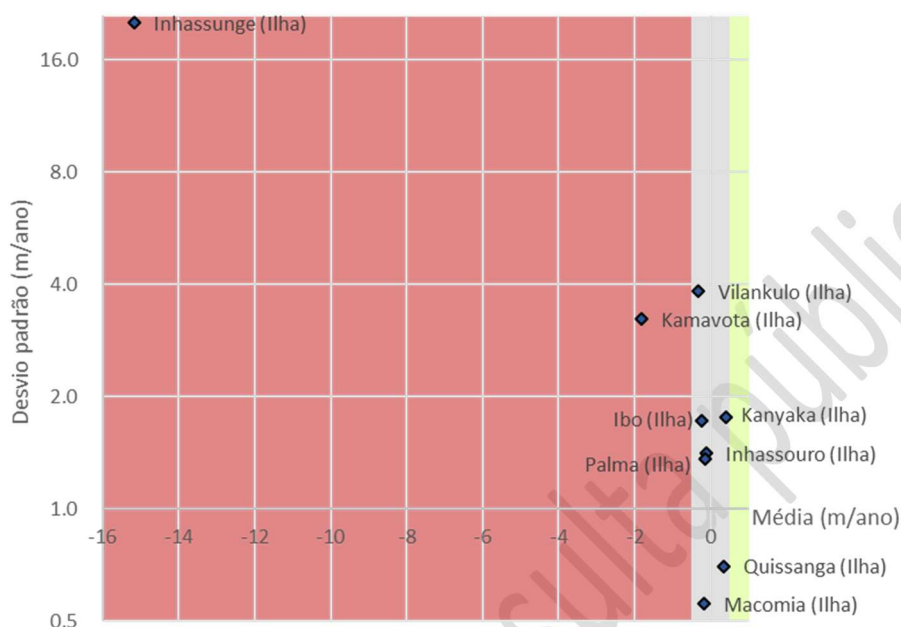


Escala vertical logarítmica, base 2. As cores indicam erosão (vermelho), acreção (verde) e estabilidade (cinzento)

Figura 5.51 - Média e desvio padrão da taxa de acreção/erosão da linha de costa continental por distrito

Os restantes distritos apresentam tendências de evolução muito distintas ao longo da respectiva linha de costa. Destes, são exemplos o distrito de Mocubela e o de Quelimane. No caso do distrito de Mocubela, que apresenta tendência erosiva, observa-se que cerca de 70% do seu comprimento está em acreção ou estável e apenas nas fronteiras com os distritos vizinhos apresenta troços da linha de costa em erosão intensa, em ambos os casos relacionados com a embocadura de linhas de água e presença de barras de maré entre barreiras arenosas. O distrito de Quelimane apresenta uma linha de costa em acreção na sua metade norte e em erosão na sua metade sul o que se traduziu numa média global sugerindo

estabilidade. Outros casos reportam a alternância sistemática entre segmentos da costa com diferentes tendências de evolução (de acreção, de erosão ou de estabilidade).



Escala vertical logarítmica, base 2. As cores indicam erosão (vermelho), acreção (verde) e estabilidade (cinzento)

Figura 5.52 - Média e desvio padrão da taxa de acreção/erosão da linha de costa insular por distrito

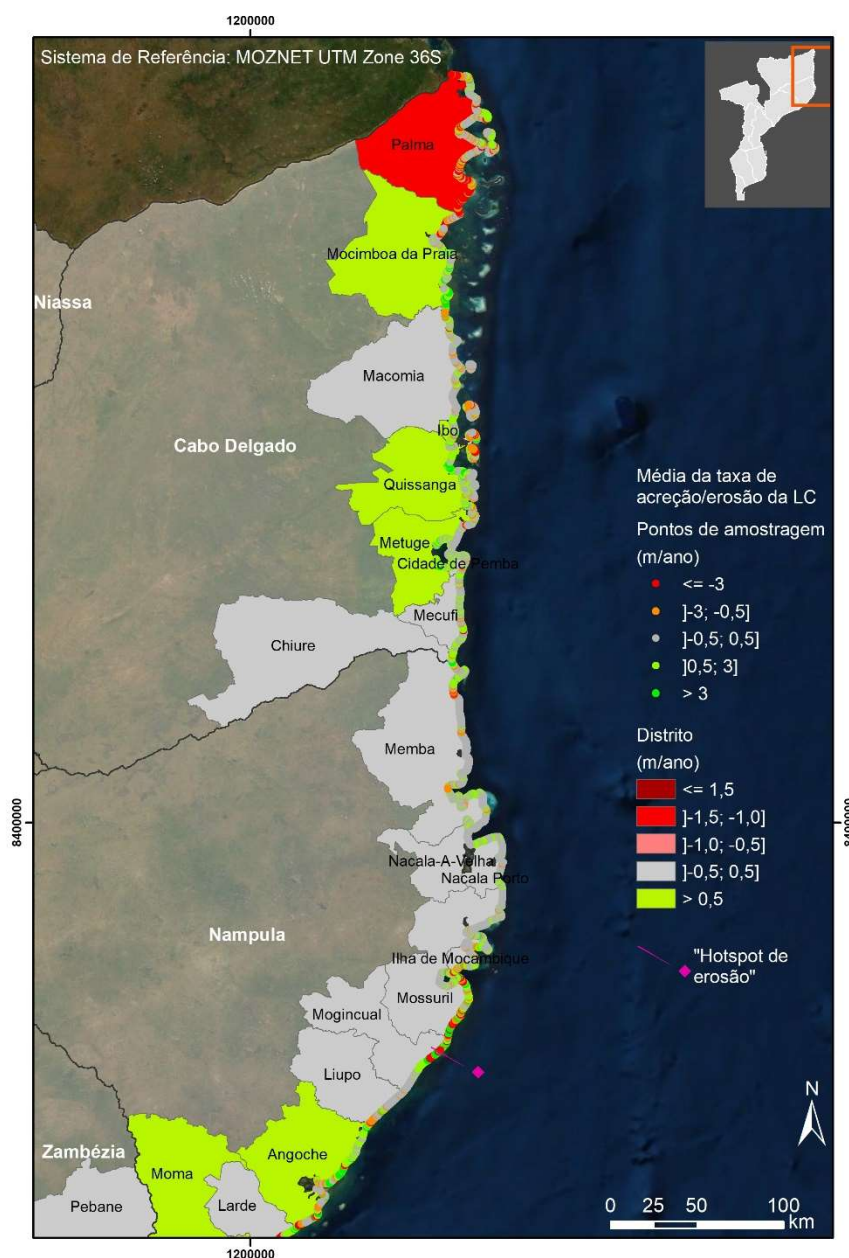
No que respeita ao litoral insular nenhum distrito sobressai com tendência de acreção. Sete distritos exibem tendência média de estabilidade, mas destes só Quissanga e Macomia apresentam homogeneidade dessa tendência ao longo da costa. Nos distritos de Kamavota (distrito urbano da cidade de Maputo) e Inhassunge observa-se tendência erosiva sendo que: Kamavota apresenta variabilidade no sinal e magnitude da evolução da linha de costa ao longo do seu perímetro; Inhassunge, apresenta valores excepcionalmente negativos de média e elevado desvio padrão relacionados com a rotura da ponta de uma antiga restinga e formação de uma barra de maré.

Foram ainda identificados e caracterizados como troços notáveis (“*hotspots*”) em erosão, os troços da linha de costa onde o sinal da evolução é sistematicamente negativo e se afasta da média de uma distância superior a 2,5 vezes o desvio-padrão ($< -11,9$ m/ano), em pelo menos cinco pontos de amostragem consecutivos (correspondendo a um comprimento mínimo de 2,5 km). Identificaram-se seis troços notáveis que se distribuem pelas províncias de Nampula (um), Zambézia (quatro) e Sofala (um) (ver figuras seguintes). Estes troços estão essencialmente relacionados com a evolução dos limites de mangais associados a estuários.

As figuras abaixo ilustram a evolução da linha de costa, as médias da evolução da linha de costa por distrito e por pontos de amostragem, assim como os troços notáveis (“*hotspots*”) em erosão.



De norte para sul, o primeiro troço notável encontra-se na ilha de barreira entre Barroa e Mogincual (figura seguinte) que sofreu um processo de translação para terra (em rigor, o fenómeno em causa não representa erosão da ilha, mas recuo da linha de costa, ver Anexo C).

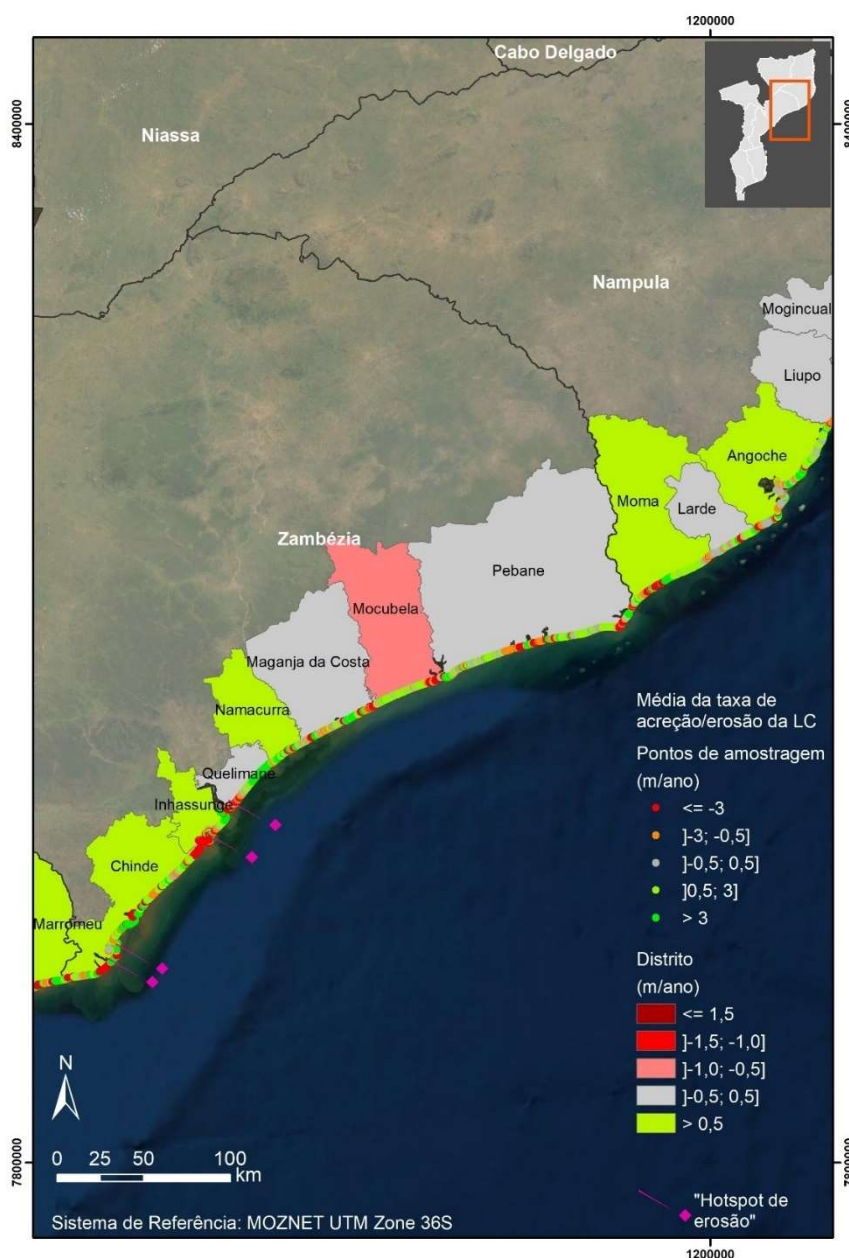


Fonte: ESRI Imagery

Figura 5.53 - Zona Norte, de Palma a Angoche, média da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e por ponto de amostragem



O segundo troço situa-se no limite sul do distrito de Quelimane (na margem norte do estuário) e o terceiro imediatamente a sul, na ilha de Inhassunge; o quarto e o quinto troço associam-se ao estuário do rio Zambeze (figuras seguintes).

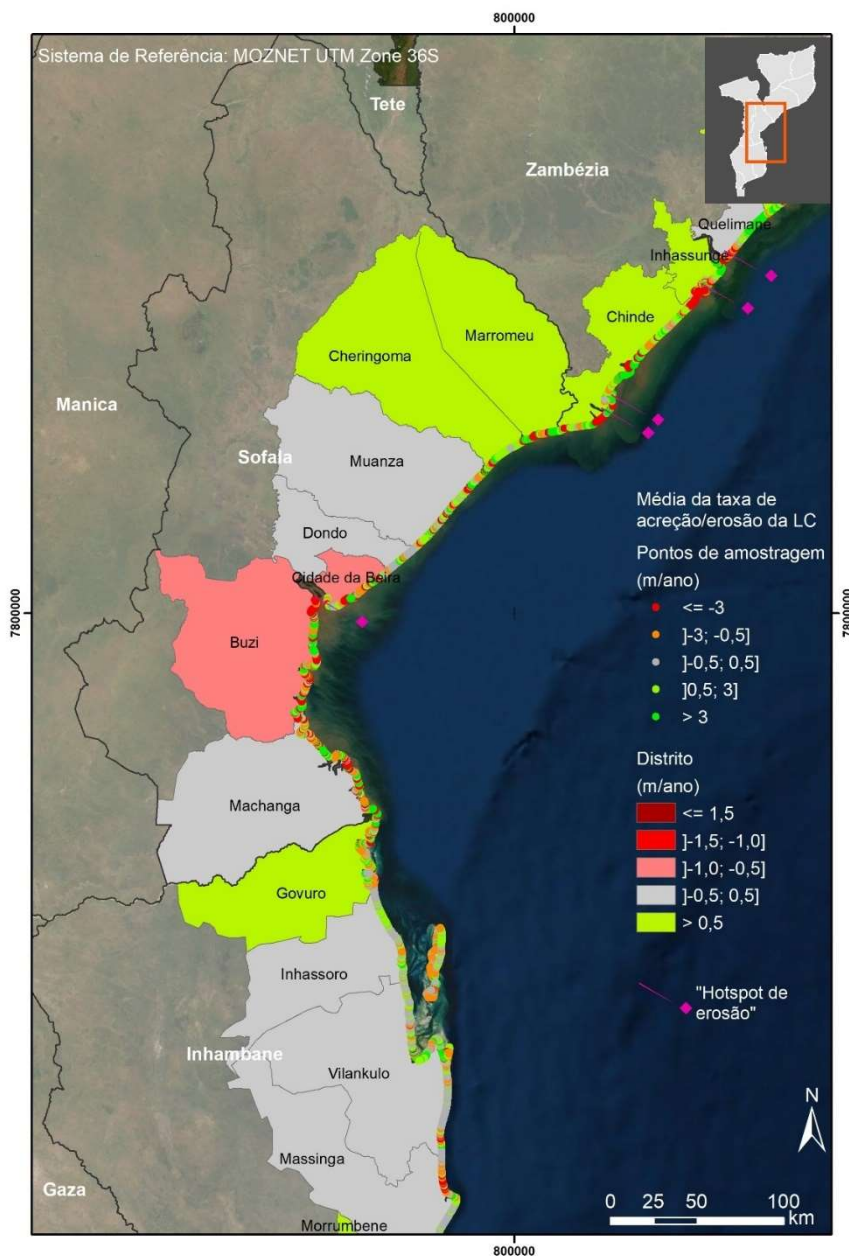


Fonte: ESRI Imagery

Figura 5.54 - Zona Norte, de Angoche a Chinde, média da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e por ponto de amostragem

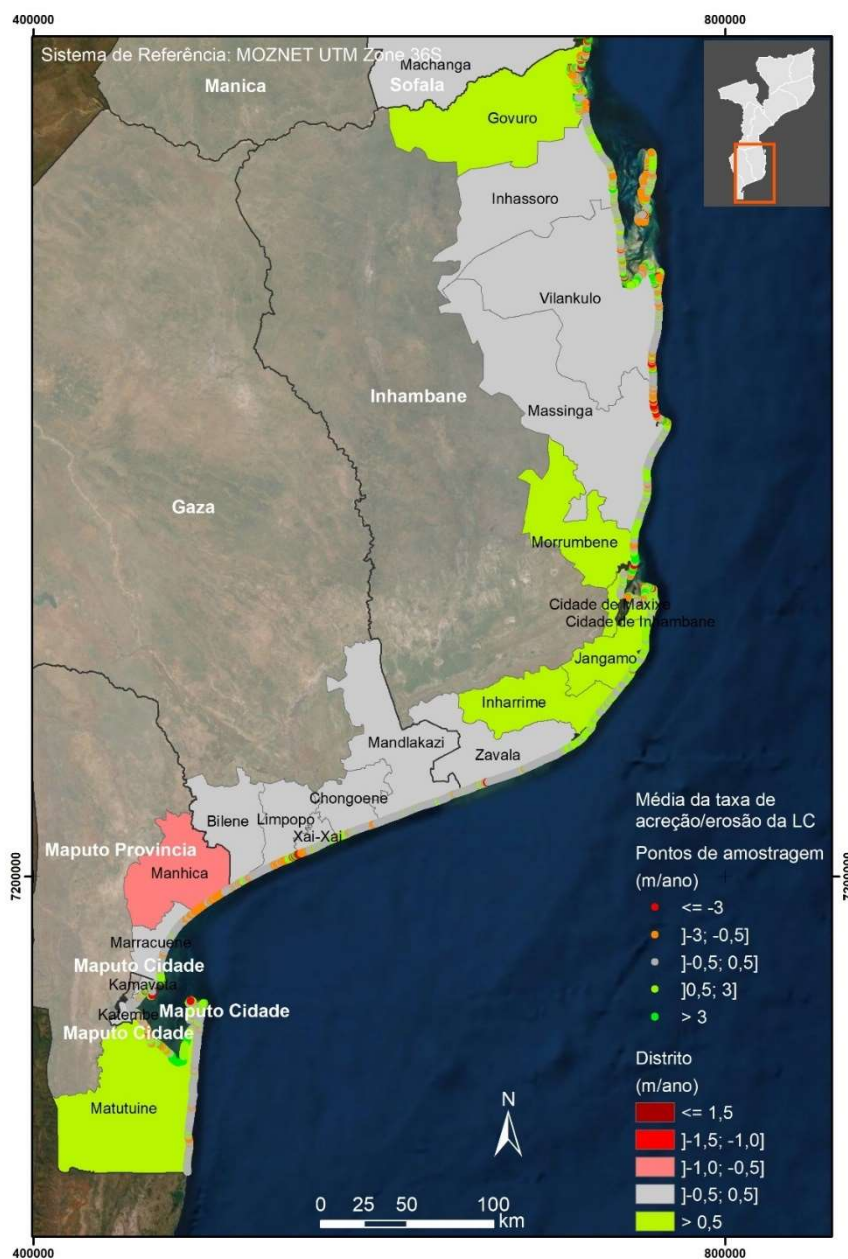


O sexto e último troço situa-se na margem direita do estuário do rio Pungué, no limite do distrito de Búzi (figura seguinte).



Fonte: ESRI Imagery

Figura 5.55 - Zona Centro, de Chinde a Vilanculos, média da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e por ponto de amostragem



Fonte: ESRI Imagery

Figura 5.56 - Zona Sul, de Govuro a Matutuine, média da taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito e por ponto de amostragem

Comparação com estudos anteriores

A existência de problemas de erosão costeira, em Moçambique tem sido referenciada por diversos autores (eg., Moreira 2005; Palalane *et al.* 2016) principalmente no litoral Centro e Sul. Tipicamente são



mencionados os litorais da Beira e de Maputo, que compreendem os troços de linha de costa mais intervencionados com estruturas de protecção costeira e, também, o litoral de Inhambane, de Xai-Xai, da ilha de Inhaca e da Ponta do Ouro.

A generalidade dos dados analisados no âmbito deste trabalho mostra existir grande variabilidade espacial e temporal na posição da linha de costa, sendo que a percepção de tendências de acreção/erosão é dependente da extensão temporal considerada. Neste contexto, procurou-se averiguar a consistência dos resultados obtidos com a informação dos estudos anteriores escolhendo informação com detalhe temporal e espacial compatível. Para este efeito, acedeu-se aos dados sobre a variação anual da posição da linha de costa⁹, a partir dos quais foram geradas as taxas de evolução da linha de costa reportadas nesta análise e que oferecem sobreposição parcial com as janelas de tempo consideradas em outros estudos. Os elementos reportados por Moreira (2005) referem-se a dois períodos específicos (1970-1975 e 1999-2004) havendo um hiato de 24 anos entre eles. A curta dimensão de cada intervalo de comparação pode conduzir a resultados que não são representativos de tendências de evolução de longo termo. A comparabilidade entre estudos é também condicionada pelo indicador de linha de costa seleccionado. Por exemplo, Moreira (2005) reporta resultados sobre a evolução da linha de costa no sentido estrito do termo (*"coastline"*, ver Anexo C - Metodologia detalhada) e os dados usados neste estudo referem-se à posição da linha limite do sedimento seco/molhado (*"shoreline"* ver Anexo C - Metodologia detalhada).

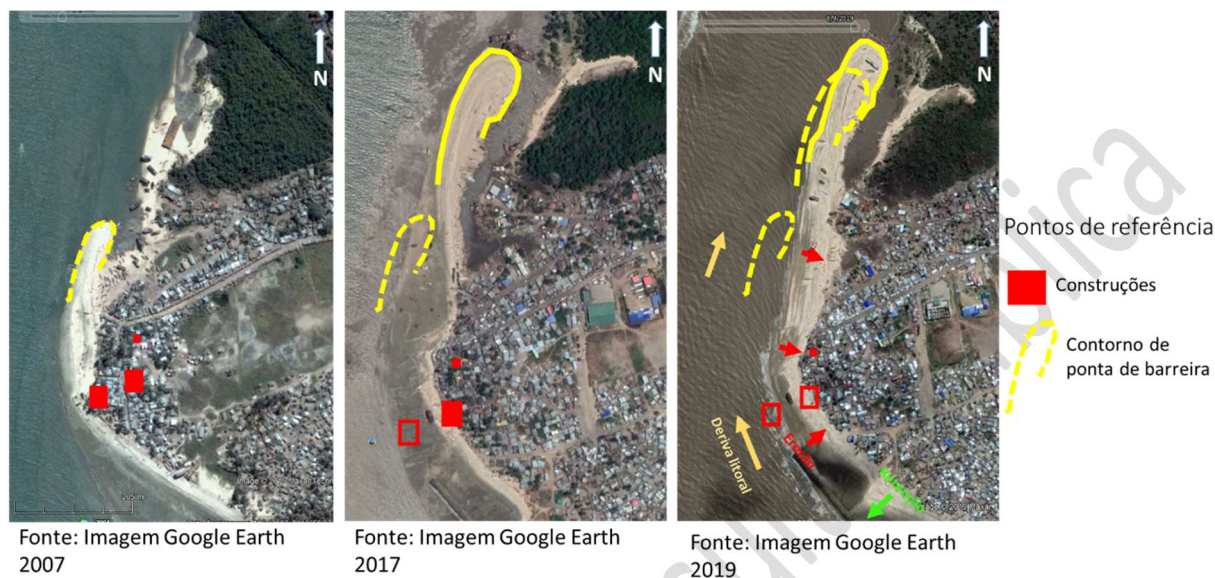
Os resultados deste exercício de comparação são apresentados e comentados a seguir e os gráficos com a posição da linha de costa estão reunidos no Anexo B.

Beira

O litoral oceânico da cidade da Beira corresponde ao segmento mais intervencionado da costa moçambicana, devido a problemas de erosão que remontam aos anos 50 do século XX (Arcadis Euroconsult, 1999) com a expansão da cidade para a beira-mar, não obstante os problemas de erosão nesta cidade existirem desde a sua fundação no século XIX (Freitas 2016). É uma região baixa, arenosa e com amplitude de maré muito elevada. O edificado estende-se até ao limite terrestre da praia e a estrada marginal (e estruturas de protecção associadas) instalaram-se sobre a duna primária. Este modelo de ocupação retirou mobilidade ao sistema praia-duna, que é, por natureza, dinâmico, em reajuste permanente com o forçamento oceanográfico. Por esta razão, a amputação da protecção natural oferecida pela berma de praia e, principalmente pelas dunas, tornou esta frente particularmente susceptível a fenómenos de galgamento e inundação.

⁹ disponíveis em <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

O processo erosivo tem sido mitigado através da construção de uma defesa aderente e de um campo de esporões. Embora esta estratégia previna localmente a erosão da margem terrestre, transferiu o défice sedimentar para o domínio a sotamar e adjacente à Ponta Gea.



Fonte: imagens Google Earth

Figura 5.57 - Beira (sector NW-SE), erosão significativa com desaparecimento de construções entre 2007 e 2019 e migração/acreção de ponta de barreira

De facto, Palalane et al. (2016) reporta agravamento da erosão após a construção dos esporões. Os dados utilizados neste estudo confirmam a existência de problemas severos de erosão em sectores específicos do litoral da cidade da Beira, mas não evidenciam uma tendência de erosão generalizada:

- No troço N-S (troço A da Figura 5.58, Anexo B) da margem esquerda do estuário observa-se tendência de longo termo de acreção, não obstante a variabilidade de curto termo como ilustrado no Anexo B (Figura 5.59). Em contraste, na margem direita do estuário do rio Pungué (distrito de Búzi), perto da confluência deste com o oceano, está em erosão intensa, correspondendo a um troço notável (*"hotspot"*) em erosão.
- No troço NW-SE (troço B da Figura 5.58, a NW da Ponta Gea) os dados mostram grande variabilidade na posição da linha de costa sobreposta a uma tendência de erosão intensa de longo termo (Figura 5.60, Anexo B). A figura seguinte ilustra a migração e o crescimento de uma ponta de barreira (a Norte) e erosão persistente até 2019 (a Sul) com recuo pronunciado da linha de costa e perda de construções no bairro do Piri-piri. Esta evolução resulta de défice sedimentar associado a retenção nas estruturas de defesa situadas a barlar (a Sul e a Nascente). Estes resultados são congruentes com informação reportada em Arcadis (1999) que ilustra erosão deste troço entre 1956 e 1993.



- No troço E-W (troço C da Figura 5.58, que compreende a maior parte dos esporões e a defesa frontal), os dados mostram igualmente grande variabilidade na posição da linha de costa com resultante pouco significativa (no intervalo $\pm 0,5$ m/ano, Anexo B, Figura 5.61, Figura 5.62).
- No troço litoral NE-SW (troço D da Figura 5.58), os dados mostram tendência de acreção até perto do Casino Marina Beira (D₁); para NE deste local (D₂) verifica-se haver tendência erosiva (Figura 5.63) que se prolonga e intensifica em consequência da retenção de areias associada ao crescimento para SW de uma ponta de barreira (Anexo B, Figura 5.58).

Inhambane

Palalane et al. (2016) reporta erosão no litoral norte (praia da Barra) e leste de Inhambane (praia do Tofo), causada por actividade humana (eg. construções turísticas em cima da duna primária) e reporta também haver alternância entre períodos de erosão (início da década de 70; ano 2000) e de estabilidade (décadas de 80 e 90) (Soltau and Algera, 2008 *in* Palalane et al., 2016). No passado mais recente refere erosão intensa na praia do Tofo (até 30 m de recuo associado à passagem do ciclone Favio, em 2007), situação que levou à implementação de estruturas de protecção (paredão e esporões) no troço mais afectado. Contudo, em 2014, os autores numa visita à região observam acreção de areia no litoral (com formação de duna), parte das estruturas soterradas e sugerem existir uma tendência da praia voltar ao seu estado pré-erosão, particularmente se estiver livre de estruturas fixas pesadas. Os dados deste estudo (Anexo B, Figura 5.64 a Figura 5.66), são congruentes com as observações reportadas em Palalane *et al.* (2016): no troço litoral leste observam-se ciclos de erosão e de acreção e, nomeadamente, em 2007, observa-se a linha de costa bastante recuada mas já recuperada em 2014 e em acreção até 2016; no que respeita à evolução de longo termo, no troço da praia do Tofo, perto do promontório (Anexo B, Figura 5.66) observa-se tendência de estabilidade. No troço litoral norte os dados deste estudo indicam tendência de acreção não obstante existir erosão intensa mas localizada.

Xai-Xai

O litoral da praia de Xai-Xai é indicado por Moreira (2005) como em erosão, sugerindo taxas de recuo de uma escarpa rochosa de 0,25 a 0,36 m/ano, entre 1971 e 1999. Estes valores respeitam a um fenómeno diferente daquele que é considerado neste estudo, têm âmbito muito localizado e não representam o tipo de litoral, baixo e arenoso, que caracteriza aquela praia. Os dados da variação da posição da linha de costa (Anexo B, Figura 5.67 a Figura 5.69) sugerem uma tendência de acreção de longo termo até 1 m/ano.

Maputo

O litoral da cidade de Maputo, à semelhança do litoral da cidade da Beira, está muito intervencionado e compreende igualmente um campo de esporões e estruturas de defesa aderente que fixam grande parte da margem ao longo da frente NE-SW (Costa do Sol) e protegem a avenida Marginal (construída sobre as formações dunares); neste segmento da costa ainda existem alguns troços com duna entre a estrada e a praia. No troço litoral NW-SE existem igualmente defesas aderentes para estabilizar a margem



terrestre. Diversos autores reportam taxas de erosão no litoral da Costa do Sol: Langa (2007) indica 1 m/ano para os troços sem estruturas aderentes; Ruby, Canhanga e Cossa (2008 *in* Palalane *et al.*, 2016) indicam 1,1 e 5,3 m/ano. Por outro lado, Langa (2007) e Björnberg e Wahlström (2012 *in* Palalane *et al.*, 2016) reportam haver alguma acreção para norte da praia da Costa do Sol.

Em rigor, os troços de linha de costa protegidos por estruturas de defesa aderente (desde que em bom estado) não recuam; contudo e porque os dados deste estudo se reportam ao limite seco/molhado (“*shoreline*”) indicam para a Costa do Sol alternância espacial de acreção e erosão mas dentro do intervalo aqui considerado de estabilidade, (ver Anexo B, Figura 5.70, Figura 5.74, Figura 5.75). Para nordeste do campo de esporões os dados indicam alguns troços com erosão e acreção intensa (Anexo B, Figura 5.71, Figura 5.72, Figura 5.73) em congruência com os autores citados acima.

Inhaca

No troço litoral de Inhaca, à latitude do Monte de Inhaca, Moreira (2005) reporta recuo da linha de costa da ordem de 0,11 m/ano entre 1973 e 1999. Nas figuras do Anexo B (Figura 5.76, Figura 5.77), a esta latitude, os dados mostram uma tendência de acreção de longo termo, não obstante o período que medeia entre 1984 e 1995 ter sido de erosão. Os valores obtidos para a fachada oceânica desta ilha variam entre -0,4 e 1,0 m/ano, com valor médio de 0,25 m/ano.

Ponta do Ouro

Moreira (2005) reporta taxas de erosão entre 0,95 a 1,75 m/ano na Ponta do Ouro atribuindo este fenómeno a intervenção humana; estes valores reportam-se a medições da largura média da praia alta, base da duna e à largura total da praia, não se especificando o indicador utilizado no cálculo da taxa de erosão. Os dados da posição da linha de costa (Anexo B, Figura 5.78, Figura 5.79, Figura 5.80) mostram que a sua evolução é pouco significativa com taxas de acreção e de erosão da mesma ordem de grandeza ($\pm 0,2$ m/ano). Palalane *et al.* (2016) observaram em 2014 acreção no litoral da Ponta do Ouro, em locais outrora mencionados como em erosão e refere a necessidade de monitorização contínua do litoral para se aferir variações sazonais do perfil de praia e avaliar tendências de evolução.

5.3.4 Considerações finais

O estudo aqui apresentado indica que cerca de 40% da linha de costa de Moçambique apresenta evolução pouco significativa (no intervalo $\pm 0,5$ m/ano); cerca de 30% encontra-se em acreção e 30% em erosão (sendo que os valores de acreção são ligeiramente superiores no litoral continental e ligeiramente inferiores no litoral insular). Constatou-se que os maiores valores de erosão geralmente se associam a embocaduras fluviais, estuários e ilhas de barreira, locais onde a dinâmica sedimentar e as transformações geomorfológicas são grandes relativamente a outros troços menos influenciados pela presença de barras de maré ou de pontos de injeção de sedimento na faixa litoral. Estes resultados



mostram que o litoral de Moçambique apresenta alguns troços costeiros com problemas significativos de erosão, mas que o recuo costeiro não pode ser considerado um fenómeno generalizado, corroborando as conclusões sobre evolução costeira no estudo de IDEACONSULT International/ STUDI International/ INSTM (2019).

A avaliação da evolução da linha de costa por distrito costeiro mostra que em 70% dos distritos costeiros os valores médios da taxa de variação da linha de costa devem ser interpretados no contexto de variações locais significativas da linha de costa, em sinal e magnitude. Dos cinco distritos com tendência média erosiva apenas um (Manhiça) apresenta distribuição espacial homogénea dessa tendência. Os distritos onde a alternância entre locais em acreção e em erosão tem maior expressão são: Palma, Mossuril (metade sul), Mongicual (metade norte), Angoche, Larde, Pebane, troço Maganja da Costa - Marromeu; distrito de Muanza; troço entre a Cidade da Beira e Govuro.

Na maior parte do litoral moçambicano os fenómenos de recuo da linha de costa não contribuem para situações de risco uma vez que o litoral não se encontra ocupado. No entanto, existem várias situações em que o edificado e/ou vias de comunicação foram implantadas muito próximo ou mesmo em cima da duna primária, diminuindo a proteção natural oferecida por estes sistemas (Beira, Maputo, Inhambane, Ponta do Ouro, entre outros locais) conduzindo ao aumento do risco costeiro. Acresce ainda que a implantação de defesas rígidas, em resposta a situações de risco, amplificaram ou transferiram para o litoral adjacente o défice sedimentar e a erosão. As características geomorfológicas da faixa costeira, arenosa na generalidade do litoral moçambicano e desenvolvido a cotas baixas (particularmente onde a ocupação antrópica englobou domínios lagunares e estuarinos a cotas inferiores às do nível médio do mar, como na Beira), tornam o litoral muito susceptível a fenómenos de inundação, particularmente em situações extremas, como as de passagem de depressões muito cavadas, incluindo ciclones.

Os resultados aqui apresentados possibilitam, pela primeira vez, uma visão global e integrada da evolução de linha de costa de Moçambique. Para efeitos de planeamento e ordenamento sustentável do território e risco costeiro, incluindo a avaliação de medidas de adaptação locais às mudanças climáticas, será de todo conveniente densificar esta análise, com representação do território costeiro a escalas de maior pormenor, integrando os dados sobre erosão, estabilidade ou acreção no contexto de balanços sedimentares construídos por células sedimentares costeiras.

5.3.5 Bibliografia

Listagem da bibliografia utilizada

- Arcadis Euroconsult. (1999). Integrated coastal zone management program for Beira, Mozambique (final report).
- Boak, E. H., Turner, I. L., 2005. Shoreline definition and detection: a review. Journal of Coastal Research 21 (4): 688-703. <http://dx.doi.org/10.2112/03-0071.1>.



Carapuço, M. M., Taborda, R., Silveira, T. M., Psuty, N. P., Andrade, C., & Freitas, M. C. (2016). Coastal geoindicators: Towards the establishment of a common framework for sandy coastal environments. *Earth-Science Reviews*, 154, 183-190. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2016.01.002>

Esteves, L., & Finkl, C. (1998). The Problem of Critically Eroded Areas (CEA): An Evaluation of Florida Beaches. *Journal of Coastal Research*, 19(SI 26), 11-18. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/25736114> http://www.jstor.org/stable/25736114?seq=1&cid=pdf-reference#references_tab_contents <http://about.jstor.org/terms>

Esteves, L. S., & Ballesteros, C. (2019). Building an Index of Exposure To Coastal Change in Eastern Africa with Applications to Conservation of Cultural Heritage, 1063-1076.

Freitas, J. G., Dias, J. A., Roque, A. C. Beira (Mozambique): problems of a city built between the river and the sea. Technological uses and sustainability challenges, ICOHTEC 2016, Porto, 2016 (Comunicação).

Hoguane, A. M. (2007). Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique - Diagnosis of Mozambique Coastal Zone Antonio. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7(1), 69-82.

IDEACONSULT International/ STUDI International/ INSTM. (2019). Elaboration of the Master Plan for Fisheries and Aquaculture Support Infrastructures. Second activity report - Volume 2.2: General technical report - first version.

Langa, J. V. Q. (2007). Problemas na zona costeira de Moçambique com ênfase para a costa de Maputo. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7(1), 33-44. <https://doi.org/10.5894/rgci8>

Luijendijk, A., Hagenaars, G., Ranasinghe, R., Baart, F., Donchyts, G., & Aarninkhof, S. (2018). The State of the World's Beaches. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-24630-6>

Lundin, C. G., & Lindén, O. (Eds.). (1997). Proceedings of the National Workshop on Integrated Coastal Zone Management in Mozambique. The World Bank (Land, Water and Natural Habitats Division).

MCAA 2013 - Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental. Relatório Avaliação Ambiental Estratégica do Desenvolvimento ao Longo da Zona Costeira de Moçambique. 2013. Volume I Diagnóstico Ambiental. República de Moçambique.

Moreira, M. E. (2005). A dinâmica dos sistemas litorais do sul de Moçambique durante os últimos 30 anos. *Finisterra*, XL(79), 121-135. <https://doi.org/10.18055/FINIS1495>

Palalane, J., Larson, M., Hanson, H., & Ju, D. (2016). Coastal Erosion in Mozambique: Governing Processes and Remedial Measures. *Journal of Coastal Research*, 32(3), 700. <https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-14-00020.1>

Classificação da informação de base

A informação é suficiente para uma análise a escala regional (como a realizada neste trabalho) mas é claramente insuficiente para estudos a escala local.

Informação suplementar a adquirir/produzir

Sugere-se a implementação de um programa de levantamento sistemático da morfologia da zona costeira, especialmente nas zonas críticas, incluindo a cartografia de uma "linha de costa" nos termos indicados no ponto 5.4.5 (ver adiante).



5.3.6 Anexos

Anexo A - Taxas de acreção/erosão

Quadro 5.9 - Taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito no litoral continental de Moçambique

Distrito	Litoral continental				
	Taxa de acreção/erosão da linha de costa				
	N	Min	Max	Média	Desvio padrão
Angoche	163	-10,31	12,51	0,87	3,23
Bilene	30	-0,99	0,82	-0,12	0,52
Búzi	176	-18,31	21,97	-0,64	6,69
Cheringoma	61	-24,71	46,98	1,42	8,72
Chinde	266	-47,31	64,68	1,95	14,13
Chiure	9	-1,96	0,74	-0,04	0,90
Chongoene	54	-0,93	1,90	0,07	0,62
Cidade da Beira	85	-14,93	24,19	-0,75	5,78
Cidade de Inhambane	115	-5,09	13,80	1,00	2,73
Cidade de Maxixe	29	-0,45	1,69	0,55	0,49
Cidade de Pemba	65	-1,02	2,55	0,42	0,68
Dondo	57	-10,55	4,91	0,09	1,93
Govuro	116	-9,20	16,51	0,63	3,57
Ibo	30	-1,36	5,87	0,72	1,30
Ilha de Moçambique	54	-2,47	3,50	0,03	0,98
Inharime	84	-0,26	1,35	0,62	0,35
Inhassoro	150	-18,82	6,17	0,03	2,18
Inhassunge	77	-23,51	27,12	2,24	8,56
Jangamo	100	-4,10	2,01	0,68	0,59
Kamavota	24	-3,43	4,19	0,24	1,54
Kamaxakeni	3	-0,49	-0,19	-0,31	0,16
Kampfumo	16	-0,62	0,27	-0,18	0,25
Katembe	22	-0,81	0,92	-0,11	0,39
Larde	58	-12,38	3,43	0,32	2,52
Limpopo	59	-8,35	5,93	-0,16	1,46
Liupo	56	-3,56	5,38	-0,05	1,63
Machanga	167	-21,19	24,54	-0,02	6,98



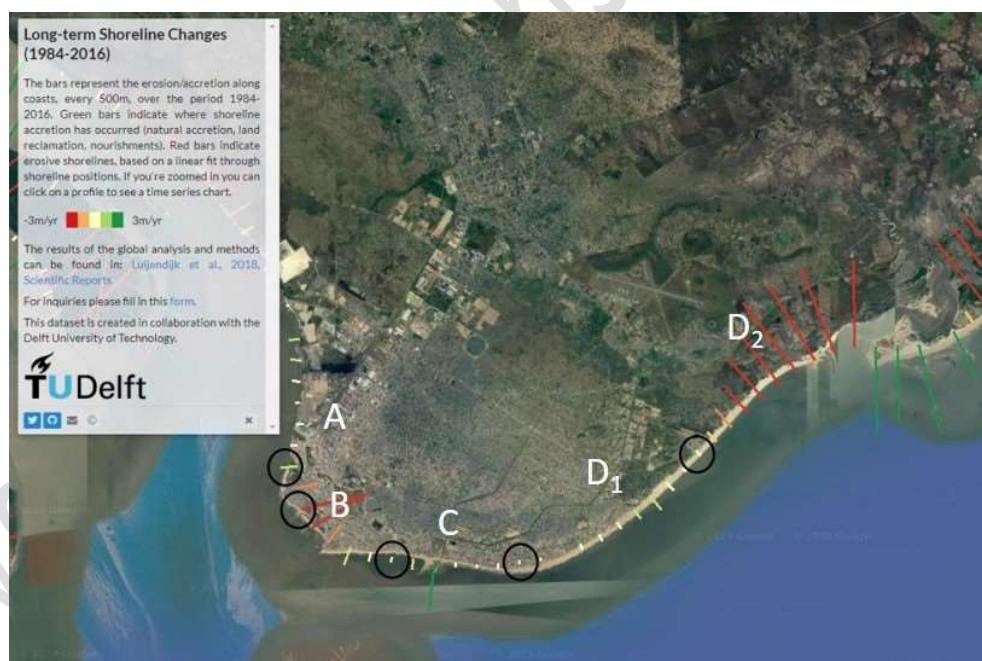
Litoral continental					
Distrito	Taxa de acreção/erosão da linha de costa				
	N	Min	Max	Média	Desvio padrão
Macomia	154	-5,14	11,63	0,27	1,54
Maganja da Costa	88	-12,60	7,95	0,45	3,71
Mandlakazi	113	-1,22	0,81	0,03	0,28
Manhiça	55	-2,35	0,13	-0,93	0,58
Marracuene	101	-4,47	7,15	0,13	1,25
Marromeu	33	-8,00	25,48	4,91	9,04
Massinga	201	-11,46	5,35	-0,22	1,89
Matutuine	331	-3,18	10,86	0,60	2,13
Mecúfi	100	-6,20	2,70	0,37	0,92
Memba	335	-4,47	4,05	0,12	0,85
Metuge	118	-11,18	10,43	0,70	1,98
Mocímboa da Praia	143	-13,53	17,47	0,74	3,89
Mocubela	103	-14,85	10,78	-0,93	4,53
Mogincual	88	-35,06	42,39	0,23	11,25
Moma	113	-14,52	24,59	0,55	4,70
Morrumbene	58	-26,73	22,11	2,24	7,38
Mossuril	291	-11,38	31,27	0,45	3,38
Muanza	124	-13,51	18,77	-0,02	4,28
Nacala Porto	99	-0,50	1,09	0,28	0,30
Nacala Velha	25	-0,48	0,69	0,00	0,25
Namacurra	38	-12,29	9,32	1,18	4,18
Palma	267	-11,49	4,20	-1,36	2,54
Pebane	243	-14,99	16,57	0,28	3,52
Quelimane	80	-30,70	10,20	0,16	7,43
Quissanga	106	-1,59	24,45	1,83	4,47
Vilanculos	306	-15,13	15,10	0,37	2,61
Xai-Xai	61	-18,14	13,91	-0,33	3,48
Zavala	155	-9,26	2,82	0,00	1,15

Quadro 5.10 - Taxa de acreção/erosão da linha de costa por distrito no litoral insular de Moçambique

Distrito	Litoral insular				
	Taxa de acreção/erosão da linha de costa				
	N	Min	Max	Média	Desvio padrão
Ibo	93	-5,40	6,13	-0,25	1,72
Inhassoro	133	-3,22	6,92	-0,10	1,41
Inhassunge	22	-58,24	30,10	-15,18	20,06
Kamavota	14	-8,27	3,34	-1,81	3,23
Kanyaka	100	-8,53	7,26	0,41	1,76
Macomia	15	-1,71	0,36	-0,18	0,56
Palma	53	-7,13	3,15	-0,14	1,36
Quissanga	36	-0,74	2,54	0,36	0,70
Vilanculos	61	-9,48	12,50	-0,31	3,83

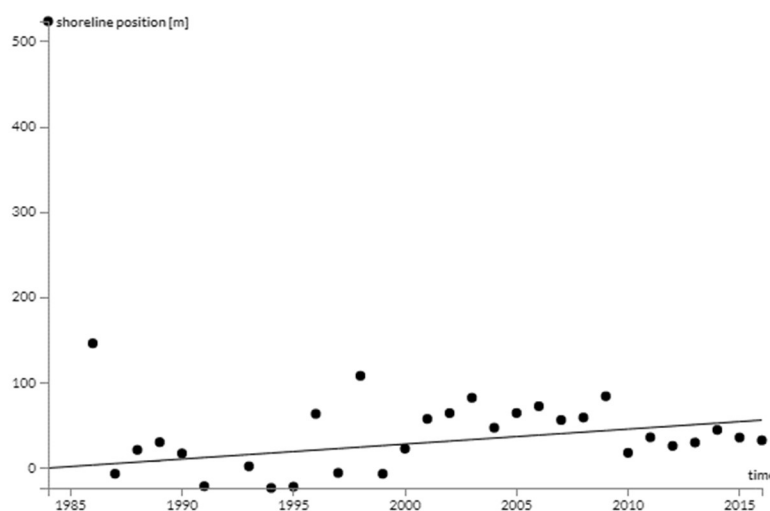
Anexo B - Transectos de medição da posição da linha de costa

Beira



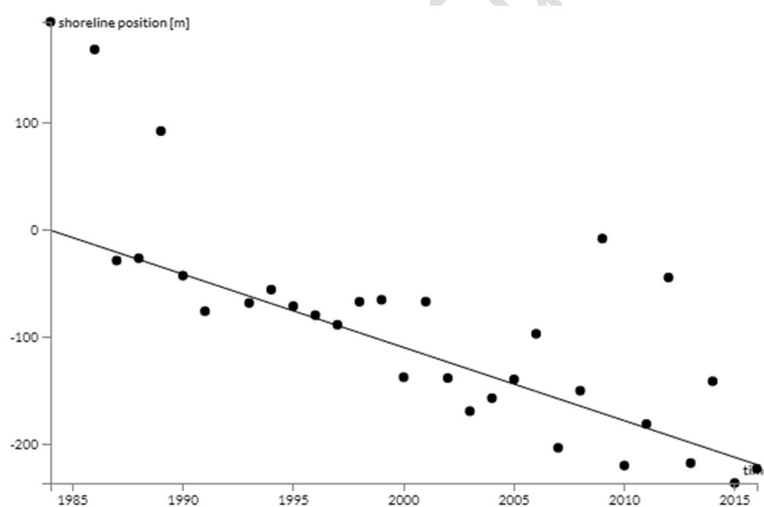
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.58 - Beira, localização dos troços costeiros (A a D) e transectos (círculos pretos 1 a 5, de W para E) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa



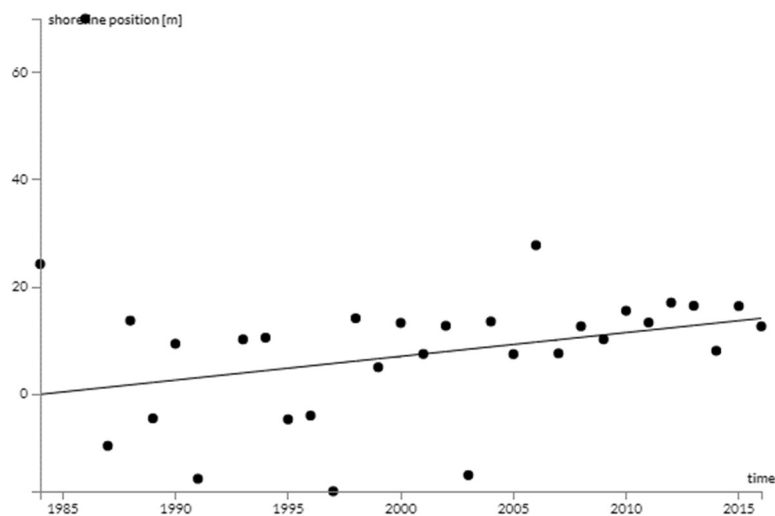
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.59 - Beira (troço NW-SE), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($1,8 \text{ m/ano} \pm 0,6$) correspondente ao transecto 1 referenciado na 1ª figura deste ponto



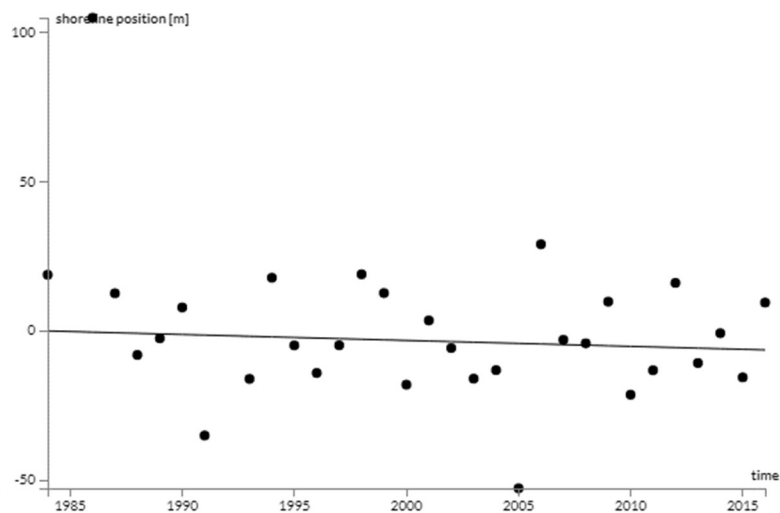
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.60 - Beira (troço NW-SE), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($-6,8 \text{ m/ano} \pm 0,7$) correspondente ao transecto 2 referenciado na 1ª figura deste ponto



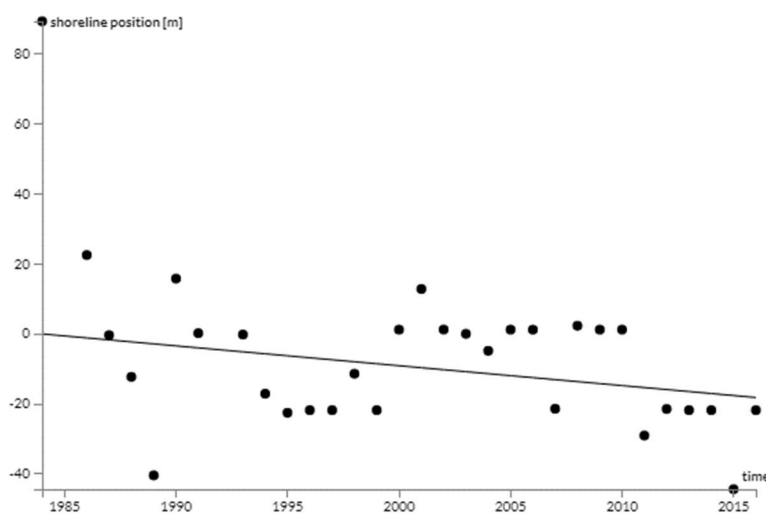
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.61 - Beira (troço E-W), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,4 \text{ m/ano} \pm 0,2$) correspondente ao transecto 3 referenciado na 1ª figura deste ponto



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

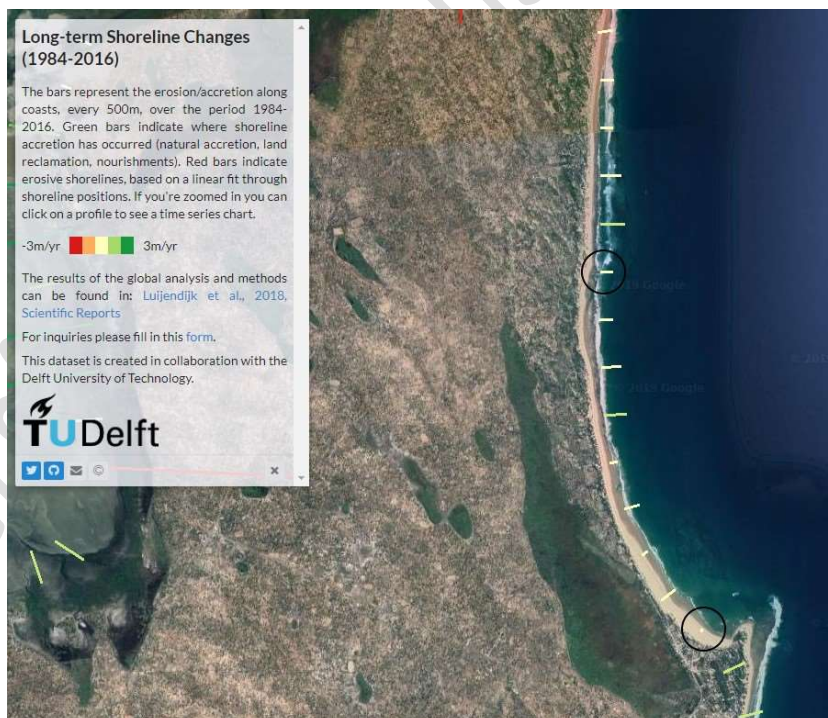
Figura 5.62 - Beira (troço E-W), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($-0,2 \text{ m/ano} \pm 0,4$) correspondente ao transecto 4 referenciado na 1ª figura deste ponto



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

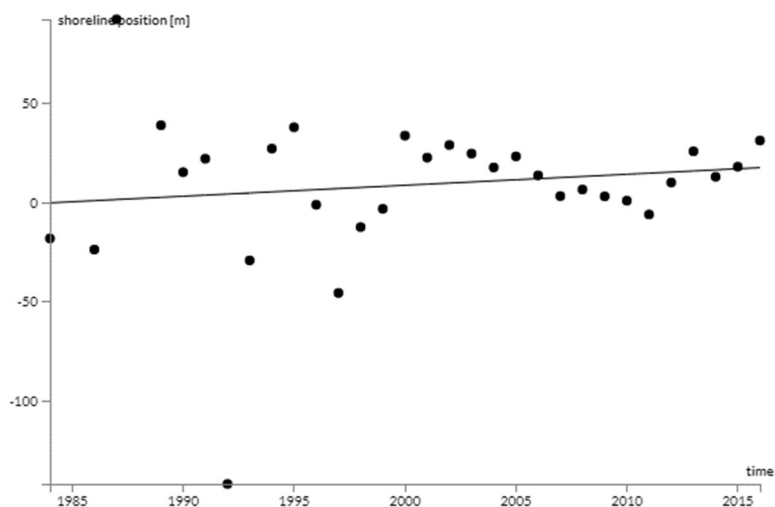
Figura 5.63 - Beira (troço NE-SW), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (-0,6 m/ano $\pm$ 0,3) correspondente ao transecto 5 referenciado na 1ª figura deste ponto

Inhambane



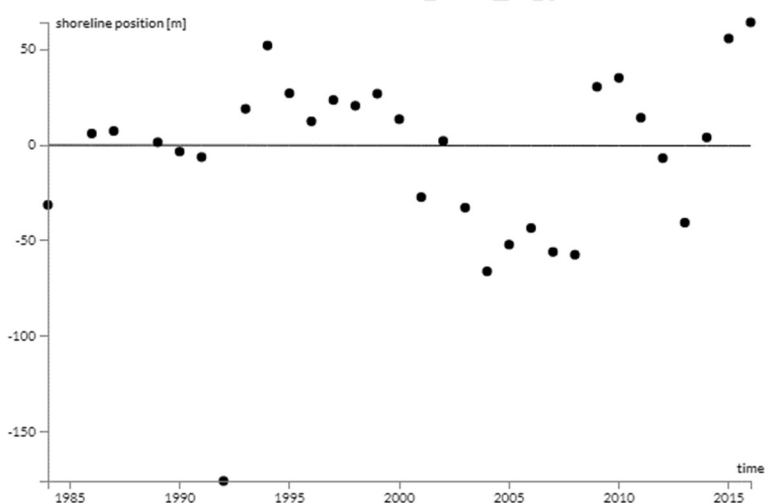
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.64 - Inhambane (litoral leste), localização dos transectos (círculo preto) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

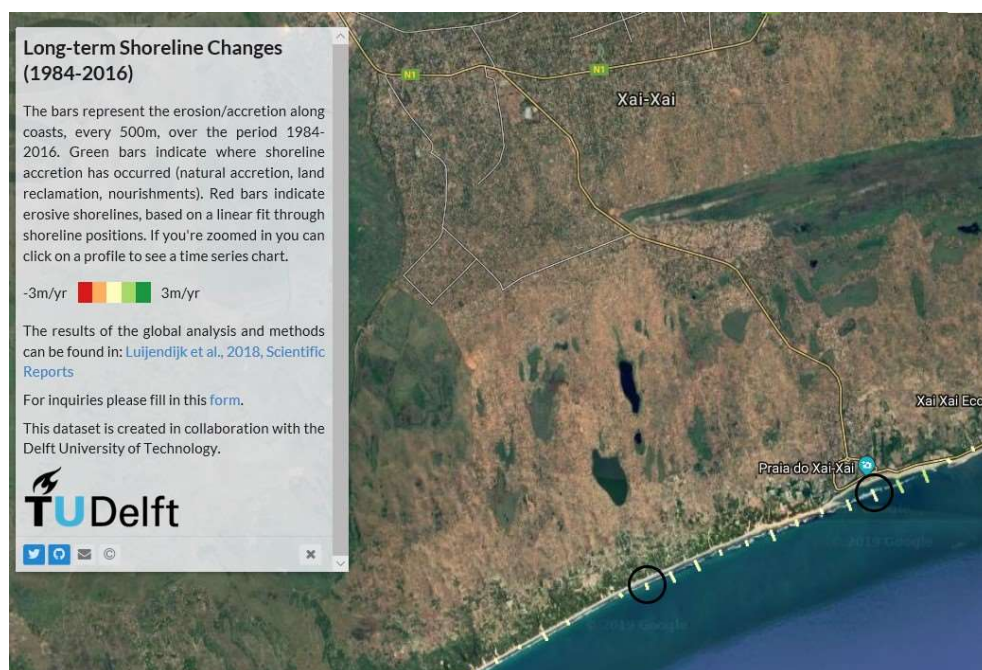
Figura 5.65 - Inhambane (litoral leste), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,6 \text{ m/ano} \pm 0,4$) correspondente ao transecto norte referenciado na 1ª figura deste ponto



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

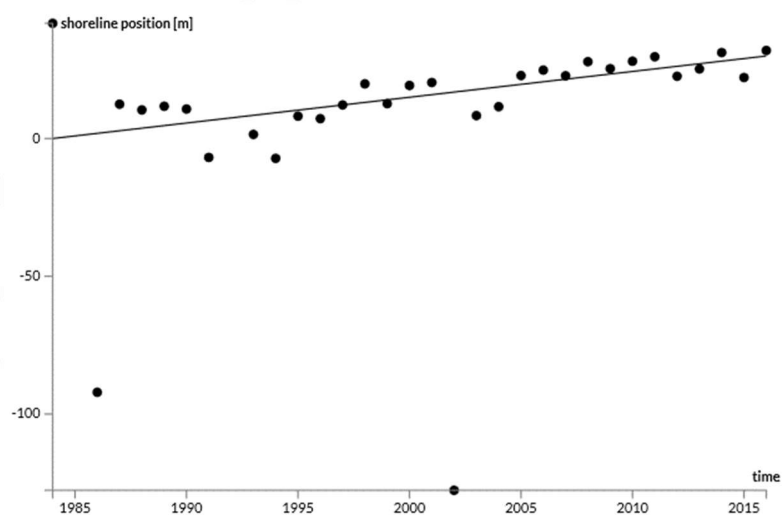
Figura 5.66 - Inhambane (litoral leste, praia do Tofo), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($-0,0 \text{ m/ano} \pm 0,7$) correspondente ao transecto sul referenciado na 1ª figura deste ponto

Xai-Xai



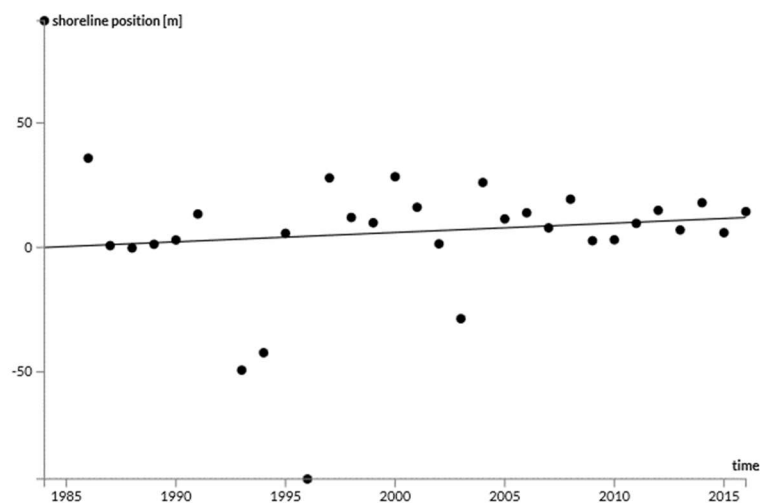
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.67 - Xai-Xai, localização dos transectos (círculo preto) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

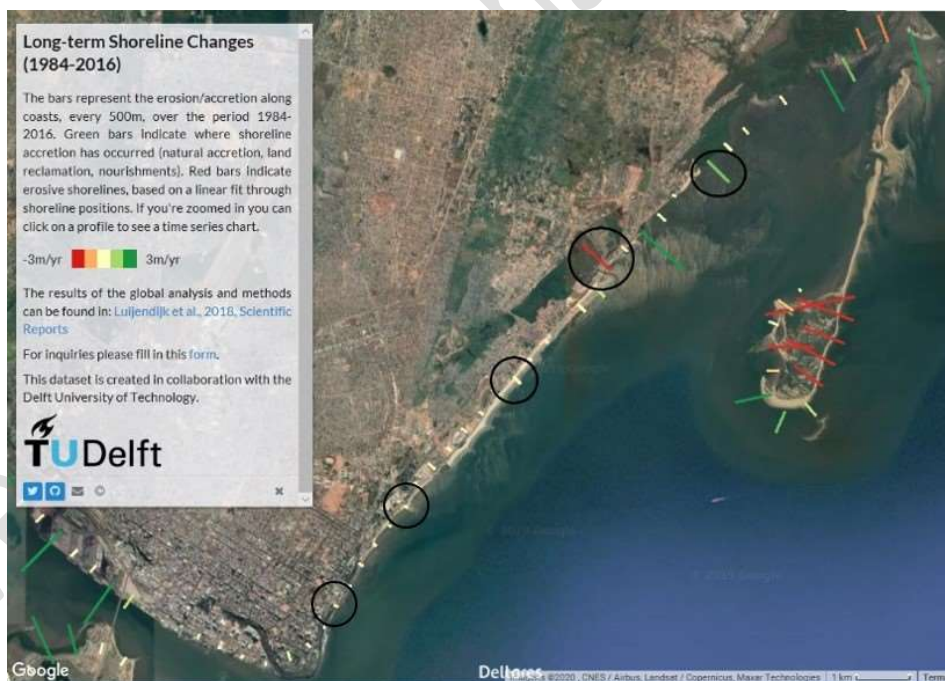
Figura 5.68 - Xai-Xai, posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,9 \text{ m/ano} \pm 0,1$) correspondente ao transecto nordeste referenciado na 1ª figura deste ponto



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

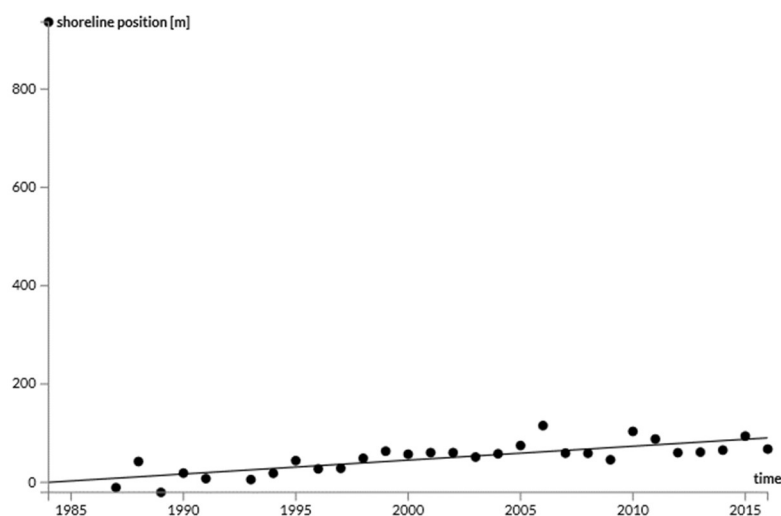
Figura 5.69 - Xai-Xai, posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,4 \text{ m/ano} \pm 0,4$) correspondente ao transecto sudoeste referenciado na 1ª figura deste ponto

Maputo



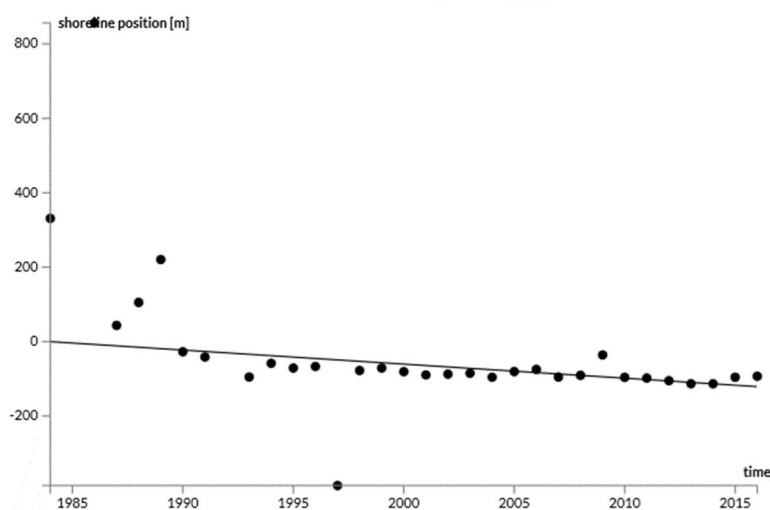
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.70 - Maputo (Costa do Sol), localização dos transectos (círculo preto) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa. Transectos elencados de 1 a 5, de NE para SW



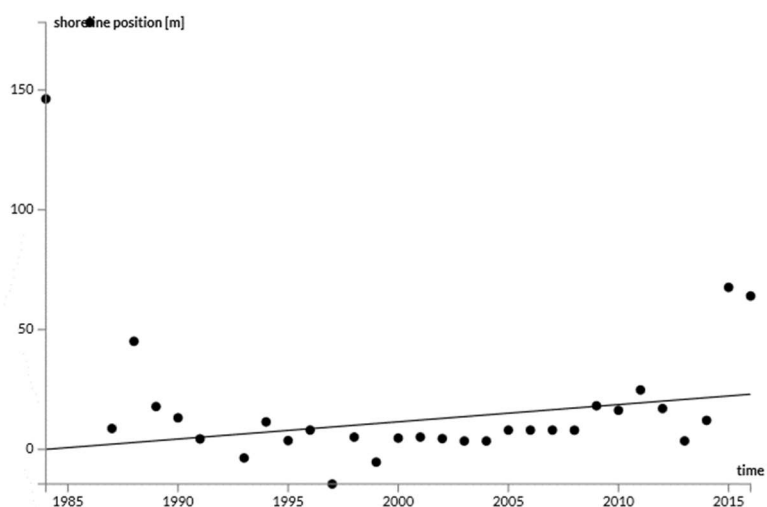
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.71 - Maputo (a norte da Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($2,8 \text{ m/ano} \pm 0,4$) correspondente ao transecto 1 a norte (área de mangal) referenciado na 1ª figura deste ponto



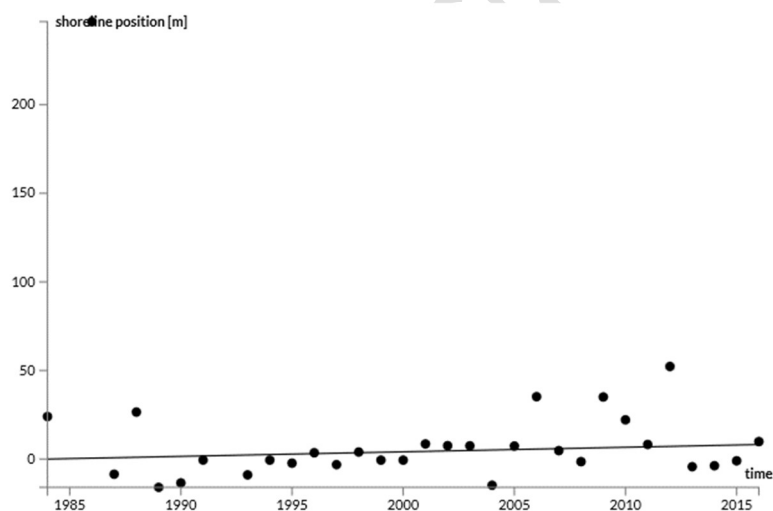
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.72 - Maputo (Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($-3,8 \text{ m/ano} \pm 0,8$) correspondente ao transecto 2 referenciado na 1ª figura deste ponto



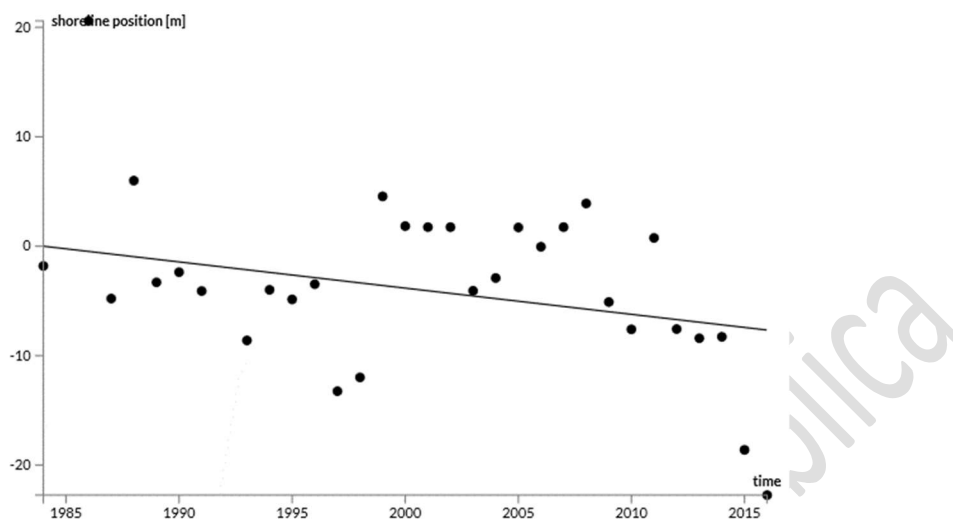
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.73 - Maputo (Norte da Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,7 \text{ m/ano} \pm 0,4$) correspondente ao transecto 3 referenciado na 1ª figura deste ponto



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

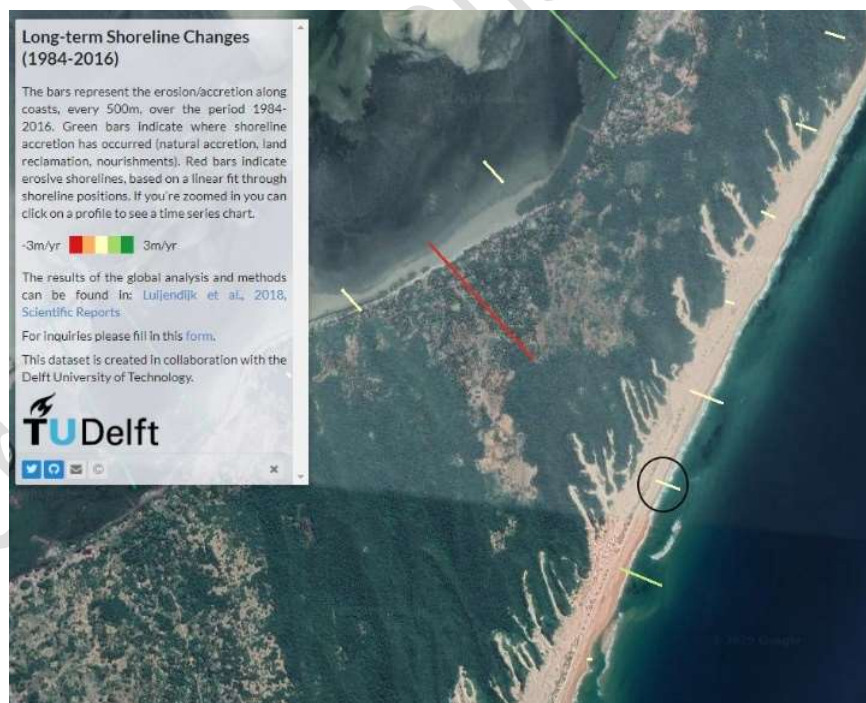
Figura 5.74. Maputo (Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,3 \text{ m/ano} \pm 0,3$) correspondente ao transecto 4 referenciado na 1ª figura deste ponto



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

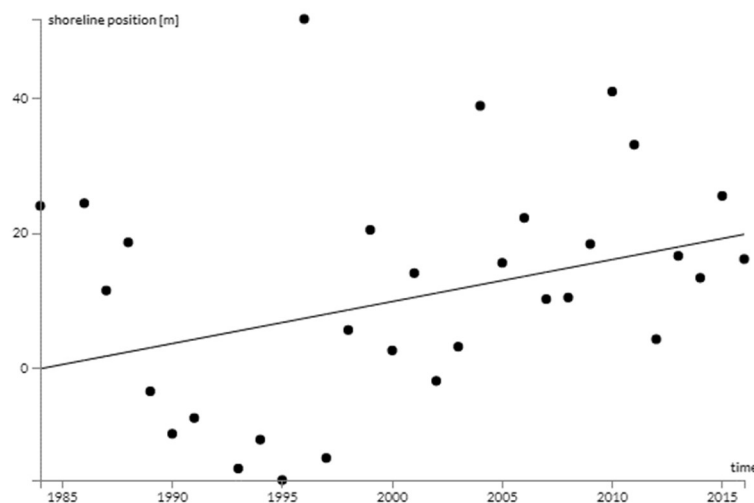
Figura 5.75 - Maputo (Costa do Sol), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão (-0,2 m/ano $\pm$ 0,1) correspondente ao transecto 5 referenciado na 1ª figura deste ponto

Inhaca



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

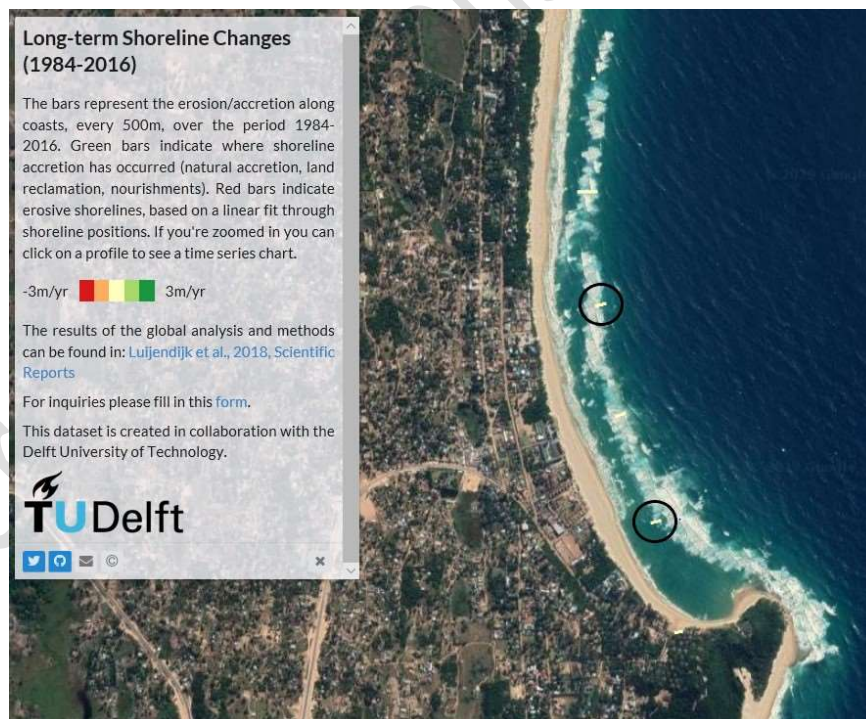
Figura 5.76 - Inhaca, localização do transecto (círculo preto) seleccionado para ilustração da medição da posição da linha de costa



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

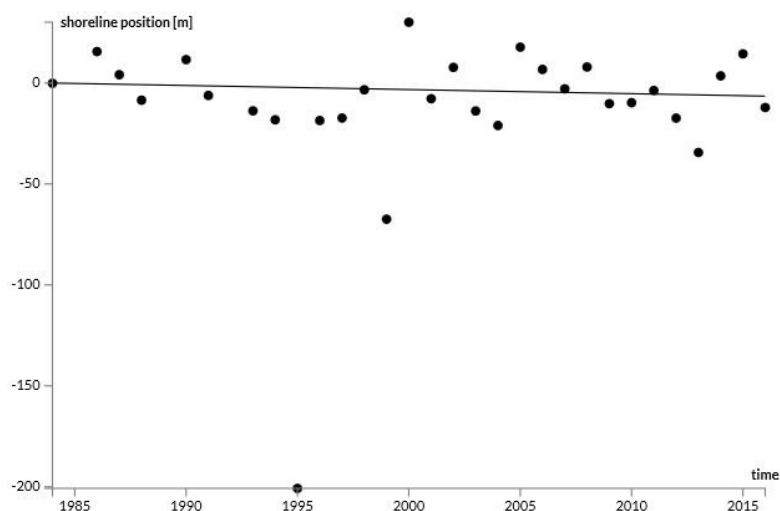
Figura 5.77 - Inhaca (latitude Monte Inhaca), posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,6 \text{ m/ano} \pm 0,3$) referenciado na figura anterior

Ponta do Ouro



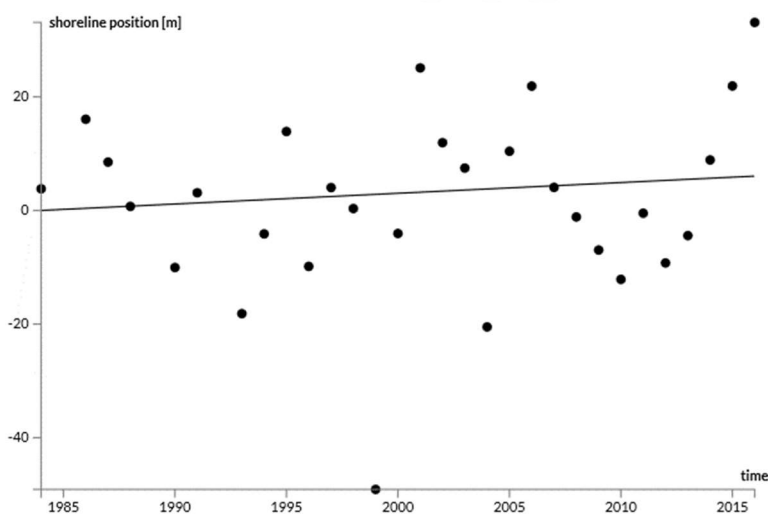
Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.78 - Ponta do Ouro, localização dos transectos (círculo preto) seleccionados para ilustração da medição da posição da linha de costa



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.79 - Ponta do Ouro, posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($-0,2 \text{ m/ano} \pm 0,3$) correspondente ao transecto norte referenciado na 1ª figura deste ponto



Fonte: <http://aqua-monitor.appspot.com/?datasets=shoreline>

Figura 5.80 - Ponta do Ouro, posição da linha de costa (m) e taxa de acreção/erosão ($0,2 \text{ m/ano} \pm 0,3$) correspondente ao transecto sul referenciado na 1ª figura deste ponto

Anexo C - Metodologia detalhada

Como referido acima, a tendência de evolução da linha de costa, em Moçambique, foi determinada a partir de dados globais sobre a variação da posição da linha de fronteira entre sedimento seco e molhado



em imagens de satélite cobrindo uma janela temporal de 33 anos e amostrando a faixa costeira a cada 500 m ao longo de transectos perpendiculares à linha de costa (Luijendijk *et al.*, 2018).

O litoral de Moçambique abrange 7.400 transectos e em cada um obteve-se um valor médio da taxa de variação (acrecção ou erosão) da linha de costa entre 1984 e 2016. O número mínimo de observações por transecto foi de 6 e o máximo de 33, sendo esta variação resultado da qualidade das imagens em cada local. Contudo, 97% dos resultados foram gerados a partir de 25 ou mais medições da posição da linha de costa.

Os transectos são neste trabalho representados por pontos de amostragem localizados nos respectivos centros geométricos.

Após uma primeira observação dos dados (à escala 1:250.000) verificou-se existirem pontos de amostragem em bancos arenosos dentro de estuários (mouchões, deltas de maré) e dentro de golfos ou estuários estreitos, onde a evolução pode ser determinada por processos diferentes dos que a determinam em troços expostos ao oceano. Estes pontos foram identificados caso a caso e excluídos da análise da evolução da linha de costa. Excluíram-se, ainda, pontos de amostragem em ilhas com área muito reduzida (< 150 ha, aproximadamente) e ilhas contendo pontos de amostragem em menos de metade do seu perímetro.

No total excluíram-se 771 pontos de amostragem, o que corresponde a 10% dos dados originais.

O quadro seguinte apresenta elementos estatísticos de síntese considerando-se separadamente o litoral continental e insular.

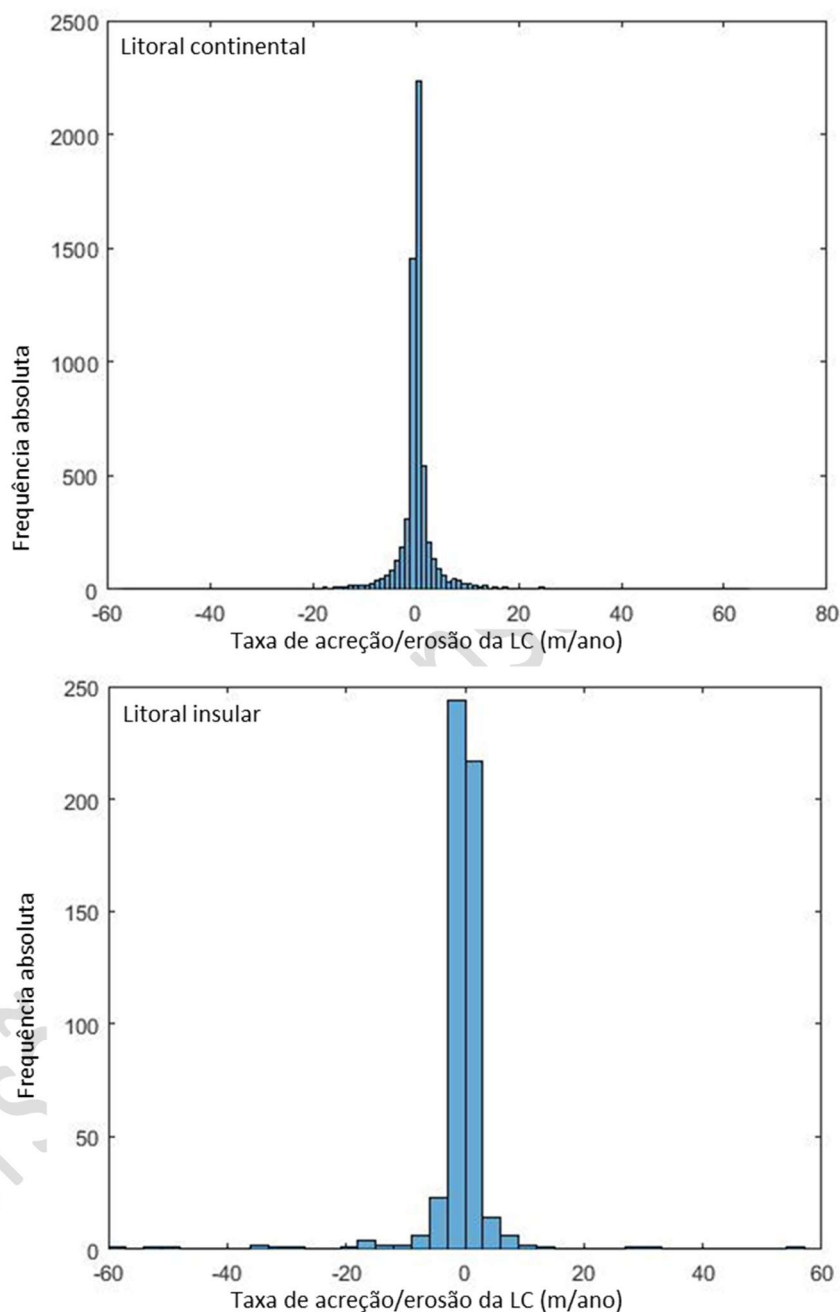
Quadro 5.11 - Estatísticos da taxa de acreção/erosão da linha de costa de Moçambique

Estatísticos I	Taxa de acreção/erosão da linha de costa (m/ano)		
	Global	Continente	Ilhas
Número de pontos (N)	6.629	6.097	532
Média ($\bar{x}$)	0,30	0,39	-0,69
Mediana ($\tilde{x}$)	0,15	0,17	-0,10
Desvio padrão (s)	5,44	5,34	6,38
Anómalos ($\bar{x} \pm 3 \times s$)	-16,02; 16,62	-	-

A análise dos resultados no quadro anterior e, nomeadamente, a comparação entre a média e a mediana, mostram que os valores médios da taxa de acreção/erosão da linha de costa são influenciados pelos valores anómalos, independentemente do domínio costeiro considerado (global, continente ou ilhas). Apesar dos valores da média e da mediana serem pequenos, o valor do desvio padrão é elevado indicando grande variabilidade na evolução em segmentos discretos da linha de costa.



A figura seguinte apresenta os histogramas da taxa de acreção/erosão da linha de costa continental e das ilhas.



Em cima, dados totais; em baixo, dados sem anómalos (ver quadro anterior)

Figura 5.81 - Histograma da taxa de acreção/erosão da linha de costa continental de Moçambique



Os 158 pontos de amostragem com valores anómalos de taxas de variação da linha de costa foram verificados caso a caso, usando as sequências temporais de imagens disponíveis na aplicação Google Earth. Regra geral, estes pontos associam-se a locais de grande dinâmica sedimentar tais como embocaduras fluviais, deltas fluviais, pontas de barreira e deltas de maré, onde os sedimentos e formas construídas apresentam grande mobilidade. A sua distribuição espacial é assimétrica observando-se maior concentração entre Quelimane e o estuário do rio Zambeze, e entre a cidade da Beira e o estuário do rio Save. Em ambos os troços aqueles valores associam-se essencialmente a variações da linha de costa em mangais, onde estes se organizam em manchas muito recortadas por rede densa de canais de maré, aqui e ali marginadas por estreitas praias de areia. As imagens Google Earth confirmam intensa variação da linha de costa entre Quelimane e o estuário do rio Zambeze, mas sugerem que, a sul da Beira representam essencialmente artefactos¹⁰ do método de extracção da linha de costa.

Observou-se ainda translação para terra (*rollover*) de algumas ilhas de barreira e “*cheniers*” (e.g. entre Barroa e Mogincual, nos estuários do rio Save e do rio Zambeze), materializada por deslocamento da totalidade do corpo arenoso marginal. Embora não corresponda, em rigor, a erosão da ilha, este processo de recuo da linha de costa foi como tal interpretado pelo método de análise de imagem. Concluiu-se que 30% dos casos analisados correspondem a artefactos do método de extracção automática da linha de costa; estes resultados foram considerados espúrios e os pontos retirados da base de dados usada para efeitos de análise.

O quadro seguinte apresenta o número de pontos de amostragem envolvidos em cada fase de selecção dos dados utilizados para análise das tendências de evolução da linha de costa de Moçambique.

Quadro 5.12 - Número de pontos de amostragem usados para análise da evolução da linha de costa

Número de pontos (N)	Global	Continente	Ilhas
Inicial	7.400	-	-
Após remoção de pontos em locais onde os processos de evolução não são característicos da fachada exposta ao oceano	6.629	6.097	532
Anómalos espúrios	47	42	5
Total para análise	6.582	6.055	527

O quadro seguinte apresenta elementos estatísticos de síntese dos pontos seleccionados para a análise da linha de costa.

¹⁰ Artefacto do método: corresponde a um resultado espúrio decorrente de identificação incorrecta da linha seco/molhado pelo método (automático) de análise de imagem.

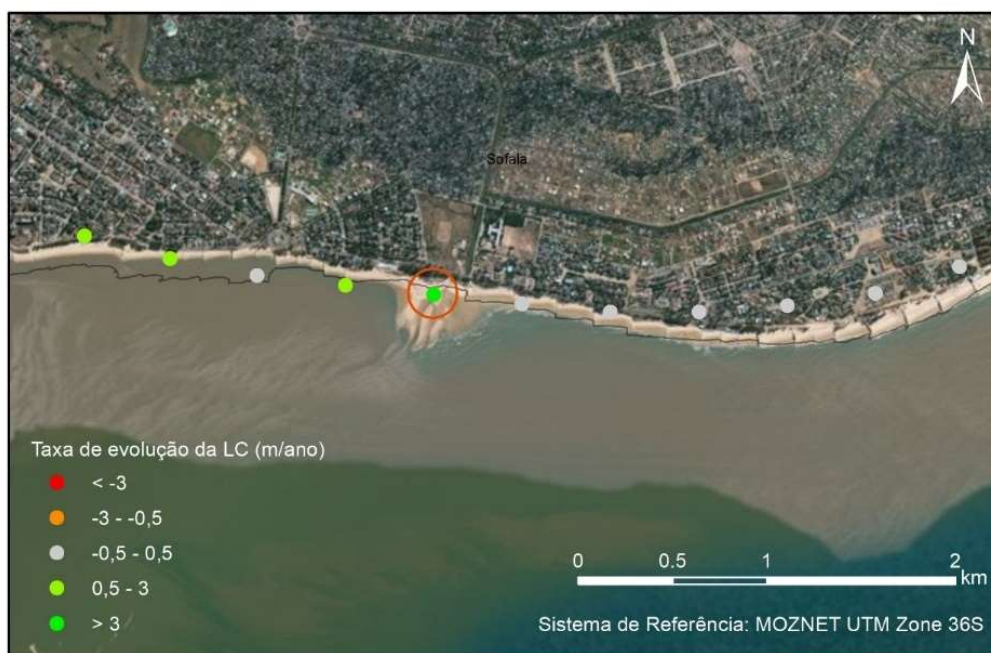


Quadro 5.13 - Estatísticos da taxa de acreção/erosão dos pontos de amostragem usados na análise da evolução da linha de costa

Estatísticos III	Taxa de acreção/erosão da linha de costa (m/ano)		
	Global	Continente	Ilhas
Número de pontos (N)	6.582	6.055	527
Máximo	64,68	64,68	30,10
Mínimo	-58,24	-47,31	-58,24
Média ($\bar{x}$)	0,26	0,34	-0,70
Mediana ($\tilde{x}$)	0,15	0,17	-0,09
Desvio padrão (s)	4,87	4,81	5,39

Luijendijk *et al.* (2018) avaliaram a incerteza posicional das linhas de costa arenosas extraídas para o litoral mundial e a expressão desta incerteza nas taxas de evolução da linha de costa global foi estimada em $\pm 0,5$ m/ano. Aqueles autores adaptaram a classificação proposta por Esteves e Finkl (1998) para hierarquizar a intensidade da evolução da linha de costa, considerando variações no intervalo entre -0,5 a 0,5 m/ano como não significativas.

Para aferir a adequabilidade do intervalo representativo de evolução não significativa da linha de costa ao caso de Moçambique seleccionaram-se os troços mais artificializados da costa, na Beira e em Maputo, onde esta se encontra fixada artificialmente e não é expectável existirem variações muito relevantes da linha de costa (ver as figuras seguintes). No troço litoral da Beira (figura seguinte) observa-se existir um ponto de acreção intensa, situado no enfiamento da foz de uma linha de drenagem (descarregador das Palmeiras) interpretado como um ponto de injeção de sedimento no sistema costeiro; a nascente deste local os pontos de amostragem indicam estabilidade, como esperado; porém, a poente, três dos quatro pontos de amostragem indicam acreção. Esta variação foi interpretada como resultante do transporte longilitoral para sotamar (poente) de sedimentos descarregados pela linha de água acima referida.



O círculo aberto a vermelho indica uma zona pontual de acreção muito intensa

Fonte: ESRI Imagery

Figura 5.82 - Cidade da Beira. Troço costeiro guarnecido por campo de esporões. Pontos de amostragem e indicação da taxa de acreção/erosão da linha de costa

No troço litoral de Maputo (ver figura seguinte) observa-se que 83% dos pontos de amostragem apresentam taxas de acreção/erosão da linha de costa dentro do intervalo de estabilidade, como expectável.



Fonte: ESRI Imagery

Figura 5.83 - Cidade de Maputo. Troço costeiro guarnecido por campo de esporões e margem esquerda do estuário Espírito Santo. Pontos de amostragem e taxas de acreção/erosão da linha de costa

Os resultados acima descritos sugerem que o intervalo de variação adoptado por Luijendijk *et al.* (2018) como indicador de estabilidade, aqui interpretada como representando evolução não significativa, são adequados ao litoral de Moçambique, onde cerca de 40% do total das medições indicam esta situação, quer se considere a linha de costa global, continental ou insular.



5.4 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

5.4.1 Descrição Geral

As projecções do INGC (de 2009) para a zona costeira de Moçambique em cenário de mudança climática, sugerem:

- Alteração de padrões de temperatura, resultando num aumento do nível médio do mar, mudanças na distribuição e disponibilidade dos recursos pesqueiros e também efeitos adversos nos ecossistemas marinhos, tais como recifes de coral.
- Alteração dos padrões da precipitação, com eventos de precipitação intensa e mais concentrados no tempo.
- Aumento da frequência e intensidade dos eventos meteorológicos extremos, resultando na ocorrência de cheias extraordinárias, ciclones mais intensos e secas mais severas.
- Subida do nível médio do mar e consequente aumento da erosão, e do potencial de inundação de áreas costeiras, acompanhadas de intrusão salina, redução de terra arável e aumento da vulnerabilidade de cidades costeiras (como Beira e Maputo).

No âmbito deste estudo foi avaliada a informação existente sobre cenários de evolução futura do nível médio do mar e do regime de agitação marítima (e.g. altura, rumo e período). Estes elementos foram utilizados para avaliar as implicações destas alterações:

- na dinâmica costeira, recorrendo ao conceito de perfil de equilíbrio;
- na distribuição da exposição à erosão, ao galgamento e à inundação ao longo da costa de Moçambique (considerando alterações de forçamento associadas às mudanças climáticas) obtida de um índice que releve as variações do nível do mar e a morfodinâmica costeira.

Serão também avaliados os efeitos do aquecimento das águas sobre os recursos marinhos, nomeadamente os recursos pesqueiros, bem como sobre a biodiversidade e áreas de conservação.

5.4.2 Nível médio do mar

A magnitude da variação do nível médio do mar (NMM) global expectável até 2100 é assunto controverso que não reúne consenso na comunidade científica existindo projecções muito diversas (e.g., IPCC 2001, 2007, 2013; Rahmstorf, 2007; Pfeffer *et al.*, 2008; Church *et al.*, 2008a; Church *et al.*, 2008b, SWIPA, 2017; Oppenheimer *et al.*, 2019). A incerteza que afecta essas projecções deriva em parte da que



caracteriza os cenários de emissão futura de gases com efeito de estufa, mas relaciona-se, principalmente, com a importância da contribuição dos mantos de gelo do Ártico, da Antárctida e da Gronelândia para a variação da temperatura global e para a adição de água ao oceano. A contribuição destes mantos para a variação do NMM só recentemente começou a ser investigada e caracterizada através de medições objectivas, tendo sido sistematicamente subestimada em trabalhos anteriores a 2007. Em consequência, a maior parte dos trabalhos mais recentes, apontam para valores de subida do NMM entre 0,5 e 2,0 m no horizonte 2100.

Em estudo sobre adaptação às mudanças climáticas em Moçambique, Van Logchem e Queface (2012), tal como Theron e Barwell (2012) recomendam a adopção de um cenário de cerca de + 1 m para caracterizar o NMM em 2100. De acordo com o mais recente relatório do IPCC (Oppenheimer *et al.*, 2019), o cenário de emissões RCP 8.5 (cenário adequado para a avaliação de risco, respeitando o princípio da precaução) é congruente com uma subida do NMM no intervalo de 0.51 a 0.92 m na janela temporal de 2081-2100. Neste trabalho optou-se por considerar uma subida total de 0.9 m em 2100, segundo Voudoukas *et al.* (2018) e em congruência com Oppenheimer *et al.* (2019).

5.4.3 Vulnerabilidade do litoral

Introdução

O litoral de Moçambique é susceptível à erosão, galgamento e inundação. Porém, a frequência, magnitude e impactos destes processos variam muito ao longo da costa, espelhando a diversidade de condicionantes geomorfológicas e a variação do forçamento oceanográfico. No âmbito desta análise, que aborda o litoral moçambicano numa perspectiva regional, mas integrada e metodologicamente consistente, considerou-se a exposição à erosão e galgamento separadamente da exposição à inundação.

A construção e mapeamento de índices de exposição do litoral constitui uma forma de hierarquizar segmentos da faixa costeira face a um conjunto de factores de perigosidade. Por outro lado, esta abordagem permite quantificar as diferenças entre uma situação inicial, de referência, e outras projectadas no futuro, em que se incorporam variações expectáveis dos parâmetros de perigosidade em cenários de mudanças climáticas.

Neste ponto reúnem-se os resultados da aplicação de índices de exposição do litoral moçambicano, na situação de referência e para o horizonte temporal de 2100, face aos elementos de perigosidade e aos processos acima referenciados.



Exposição à erosão e galgamento

Metodologia

A selecção de indicadores a utilizar na construção do índice de exposição depende muito da natureza e disponibilidade de dados de base, da incerteza que os afecta, da sua homogeneidade (em termos de qualidade no espaço e no tempo) e da resolução a que os indicadores produzem resultados com significado.

A natureza e qualidade dos dados de base disponíveis sugere que a metodologia descrita em Esteves e Ballesteros (2019) constitui uma abordagem adequada para uma avaliação de escala regional da exposição à erosão e galgamento do litoral de Moçambique.

Em congruência com esta metodologia, o índice de exposição desenvolvido nesta análise incorpora cinco indicadores físicos, três dos quais relacionados com a intensidade dos principais agentes e processos de forçamento da faixa costeira e outros dois que traduzem a resiliência daquele sistema.

Como indicadores do forçamento, optou-se por considerar:

- a altura significativa média anual das ondas, um parâmetro que se relaciona com a quantidade total de energia debitada no sistema costeiro;
- o nível total de água (cota alcançada pela superfície do mar), que influencia o potencial de galgamento e resulta do efeito combinado da maré, do “set-up” associado à agitação marítima e da sobre-elevação meteorológica; e
- os padrões de evolução recente (erosão-acreção) da linha de costa.

Como indicadores de resiliência utilizaram-se:

- os habitats reconhecidos na faixa costeira; e
- o relevo costeiro.

Os vários indicadores foram quantificados amostrando a faixa costeira a cada 500 m ao longo dos transectos perpendiculares à linha de costa utilizados para a caracterização das tendências da sua evolução. De acordo com Gornitz (1990) e Esteves e Ballesteros (2019) os indicadores foram depois ordenados em cinco classes (ver quadro seguinte) sendo que a classe 1 corresponde a exposição menor e a classe 5 corresponde a exposição mais elevada.

Situação de referência

Para caracterizar a situação de referência compilaram-se dados de (i) agitação marítima, (ii) níveis de água totais, (iii) evolução da linha de costa, (iv) relevo e (v) habitats costeiros,



- Para caracterizar o forçamento associado à agitação marítima utilizaram-se os valores médios anuais de altura de onda (Hs) determinados em oito pontos ao largo da costa moçambicana (ver tópico Agitação marítima) e aplicou-se uma interpolação linear para determinar o valor de Hs em cada um dos cerca de 6.500 transectos analisados.
- Os níveis de água totais ao longo da costa de Moçambique foram extraídos de Voudoukas *et al.* (2018) (ver **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**), tendo-se aplicado uma interpolação idêntica à efectuada para as ondas.
- A evolução da linha de costa baseou-se nos resultados determinados para cada transecto apresentados em Evolução da Linha de Costa.
- O indicador de relevo foi determinado a partir do declive da zona costeira. Este parâmetro foi calculado pela razão entre a cota no limite terrestre de cada transecto (localizado aproximadamente a 1 km da linha de água) e a distância horizontal entre aquele limite e a intersecção do transecto com a curva de nível correspondente ao nível médio do mar, interpolada no modelo digital de terreno (MDT). Utilizou-se o MDT ALOS World 3D (AW3D30)¹¹, com resolução horizontal aproximada de 30 m e altimetria com resolução de 1 m.
- A classificação dos habitats resultou de uma generalização da informação disponibilizada em: (i) atlas globais sobre a distribuição de recifes de coral e de mangais¹²; e (ii) no Relatório de Avaliação Ambiental Estratégica do Desenvolvimento ao Longo da Zona Costeira de Moçambique (MICOA, 2013). Retiveram-se as designações usuais na bibliografia para representar os principais habitats costeiros em Moçambique, incorporando na designação “Costa de mangal” os deltas do rio Zambeze e do rio Save (ver figura seguinte).

Para os indicadores altura de onda, níveis totais e relevo, a ordenação foi efectuada utilizando os quantis 20, 40, 60 e 80 como limites de cada classe de exposição. Para a evolução da linha de costa mantiveram-se os limites adoptados no ponto Evolução da Linha de Costa citado acima.

No caso dos habitats, classificaram-se os segmentos de costa protegidos por defesas aderentes na classe 1, e os troços classificados como “costa de coral”, “costa de dunas” e “costa de mangal” nas classes 2, 4 e 5, respectivamente (ver figura seguinte).

O índice de exposição foi calculado determinando a média geométrica dos indicadores ordenados, em cada transecto, de acordo com a expressão seguinte:

$$IE = \sqrt[5]{Ro \cdot Rnt \cdot Elc \cdot Rr \cdot Rb}$$

¹¹ <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>

¹² <https://data.unep-wcmc.org/datasets>

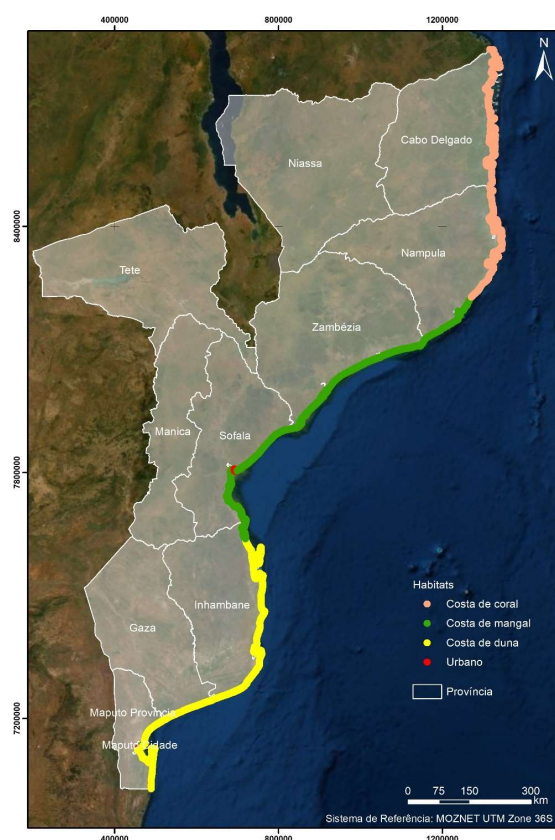


Figura 5.84 - Mapeamento dos principais tipos de habitats ao longo da linha de costa de Moçambique

Os valores do índice de exposição foram depois classificados em cinco categorias (muito baixa, baixa, moderada, elevada, muito elevada) utilizando os quantis 20, 40, 60 e 80 como limites.

Quadro 5.14 - Classes de exposição para os diferentes indicadores

Indicadores	Muito baixa	Baixa	Moderada	Elevada	Muito elevada
	1	2	3	4	5
[R _o] Ondas - Hs (m)	< 1,09	1,09 a 1,21	1,21 a 1,30	1,30 a 1,63	> 1,63
[R _{nt}] Níveis totais - acima do nível médio do mar (m)	< 2,1	2,1 a 2,2	2,2 a 2,3	2,3 a 2,5	> 2,5
[E _{ic}] Evolução da linha de costa (m/ano)	> 3,0	+0,5 a 3,0	-0,5 a +0,5	-0,5 a -3,0	< -3,0
[R _r] Relevo - declive (%)	< 0,7	0,7 a 1,1	1,1 a 2,0	2,0 a 3,9	> 3,9
[R _n] Habitat	Urbano (defendido por estruturas aderentes)	Coral	n/a	Dunas	Mangal



Horizonte 2100

A projecção para o horizonte temporal de 2100 do indicador relativo aos níveis totais considerou as variações no forçamento associadas ao clima de agitação (pouco significativas relativamente à situação de referência excepto no que respeita aos eventos de muito alta energia, ver Theron e Barwell, 2012), à sobre-elevação meteorológica e à elevação do nível do mar, de acordo com os resultados da modelação efectuada por Vousdoukas *et al.* (2018)¹³. Esta modelação incorporou variações expectáveis nas características da agitação (altura, rumo período, *set-up*) e da maré associadas a um nível do mar diferente. Neste trabalho escolheram-se os parâmetros do cenário com emissões mais altas de gases com efeito de estufa (o RCP 8.5). Este cenário, frequentemente associado a modelos de desenvolvimento “*business as usual*”, tem sido usado em instrumentos de planeamento do espaço costeiro e marítimo. Esta opção respeita a aplicação do Princípio da Precaução (um dos princípios basilares do OEM) no quadro de um futuro incerto no que respeita à modificação das condições ambientais.

No que respeita ao indicador da evolução da linha de costa, optou-se por considerar o balanço sedimentar invariante, uma vez que não há elementos que sustentem a definição de cenários futuros para os processos de fornecimento sedimentar ao litoral e as variações esperadas para o regime de agitação não são suficientes para modificar significativamente os processos de distribuição sedimentar (deriva litoral). Assim, para a construção deste indicador adicionou-se aos valores utilizados na situação de referência uma componente associada à elevação do nível médio do mar: o recuo da linha de costa associado à subida do NMM foi determinado combinando os modelos de perfil de equilíbrio de Dean (1991) e Bruun (1962) nos sectores correspondentes a “costa de duna” e “costa de mangal”; para tal, assumiu-se uma elevação total de 0,9 m do nível do mar em 2100 relativamente à situação de referência (Oppenheimer *et al.*, 2019). Os indicadores de relevo e habitat mantiveram-se invariantes.

Para facilitar a comparação dos resultados obtidos na situação de referência e no futuro (2100) mantiveram-se os limites que presidiram à ordenação do índice de exposição no primeiro caso.

Resultados

Os resultados da aplicação desta metodologia para a situação de referência encontram-se ilustrados na figura seguinte onde se representa a média do índice de exposição e o respectivo desvio-padrão, por distrito.

Verifica-se que a generalidade da faixa costeira das províncias de Nampula e Cabo Delgado, correspondente à “costa de coral”, apresenta índice de exposição baixo a muito baixo e também menor variabilidade espacial do desvio-padrão do índice de exposição. Na província de Sofala e região Norte da província de Maputo observa-se exposição muito elevada, que traduz grande susceptibilidade à

¹³ : <http://data.europa.eu/89h/jrc-liscoast-10012>



erosão e ao galgamento oceânico. A elevada densidade de ocupação do território costeiro que caracteriza algumas localidades nestas províncias, como por exemplo a cidade da Beira, traduz-se necessariamente em níveis também elevados de risco.

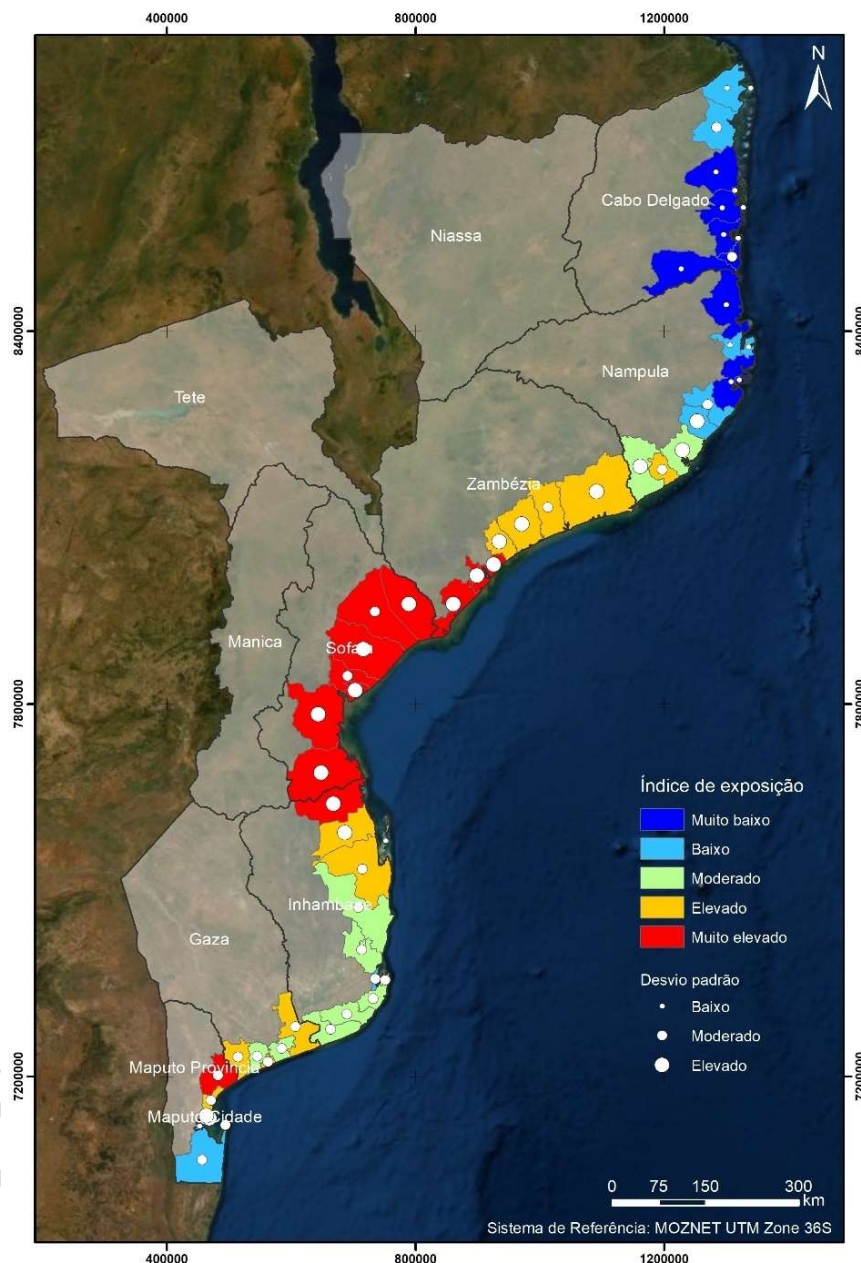


Figura 5.85 - Índice de exposição à erosão e galgamento da linha de costa de Moçambique, na situação de referência (presente). Média por distrito e desvio padrão

A figura seguinte descreve os resultados obtidos na projecção do índice de exposição para 2100. Neste horizonte temporal verifica-se aumento generalizado do índice de exposição, não havendo representação



da classe 1. A “costa de coral”, embora com índice de exposição algo agravado, mantém-se com baixa exposição na generalidade do seu comprimento. A classe 5, de exposição muito elevada expande-se para além de Sofala, ocupando mais de metade do comprimento do litoral da província da Zambézia e grande parte do litoral Sul, incluindo Maputo. Toda a faixa costeira de Inhambane é também reclassificada nas classes de exposição elevada e muito elevada.

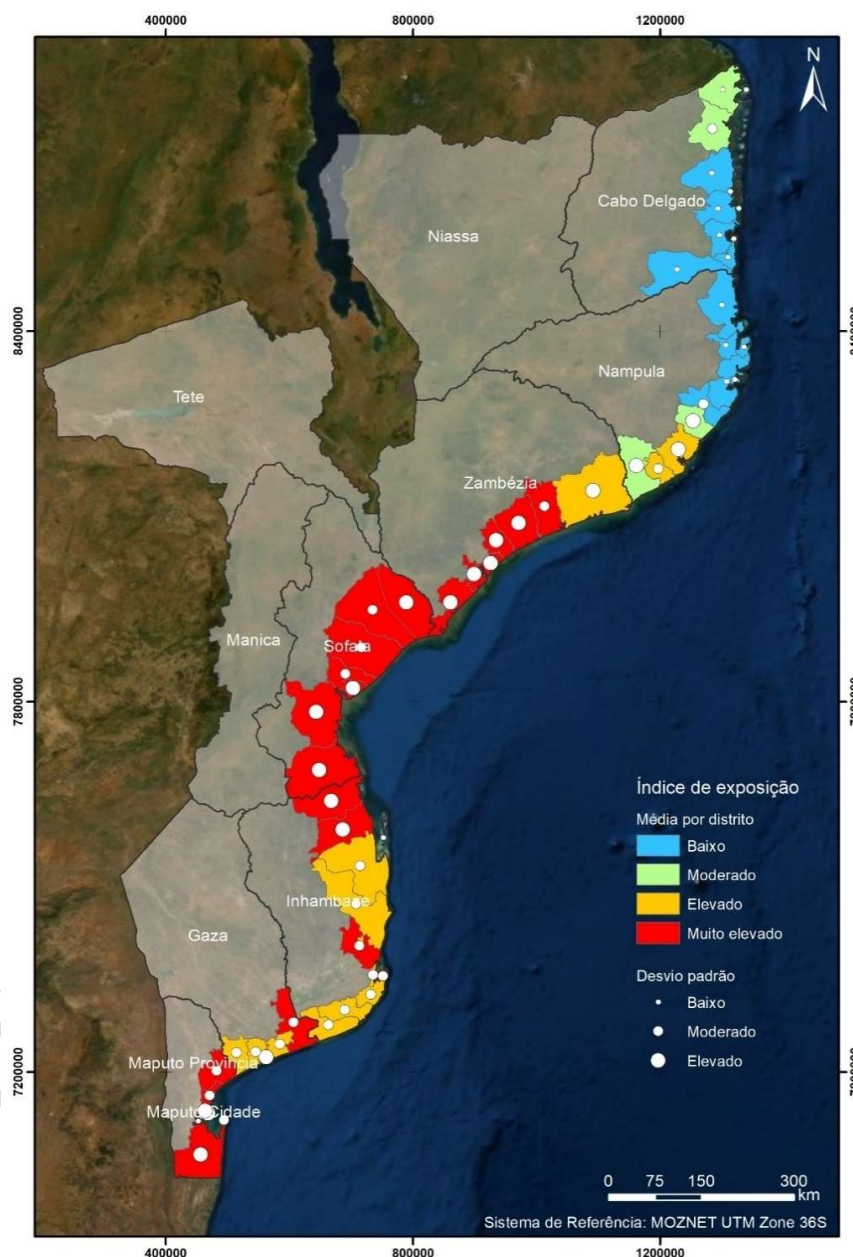


Figura 5.86 - Índice de exposição à erosão e galgamento da linha de costa de Moçambique, no futuro (2100). Média por distrito e desvio padrão



Exposição à inundação

O conceito de inundação aqui utilizado corresponde a submersão episódica (de escala horária ou superior) de território costeiro habitualmente emerso, e também a submersão permanente. A inundação episódica associa-se a tempestades intensas que induzem incremento temporário do nível do mar; a inundação permanente relaciona-se com uma tendência persistente, motivada pela elevação do nível médio do mar, cujas consequências crescem em magnitude em horizontes temporais progressivamente mais longínquos e em contexto de alteração climática.

Metodologia

Nesta análise optou-se por uma aproximação que resulta do confronto directo entre a cota da superfície topográfica (MDT ALOS World 3D) e os níveis de água totais (descritos acima, no tópico Exposição à erosão e galgamento), na situação de referência e no horizonte temporal de 2100. Esta aproximação, simplificada, não considera variações da morfologia (e.g. decorrentes do balanço sedimentar ou de intervenção antrópica na remodelação da superfície) e não pressupõe conectividade entre elementos de superfície inundáveis. A resolução horizontal e vertical dos modelos digitais de terreno disponíveis para a globalidade da zona costeira moçambicana é claramente insuficiente para reduzir a incerteza dos resultados a níveis compatíveis com objectivos de gestão local. No caso presente o MDT permite comparabilidade entre regiões e identificar zonas críticas que deverão ser objecto de estudos de pormenor, com recurso, nomeadamente, a modelação morfodinâmica suportada por dados de base de qualidade superior.

Como indicador de exposição à inundação utilizou-se a área potencialmente inundada em condições extremas de forçamento, na situação de referência e em cenário de mudanças climáticas, sendo os resultados apresentados por distritos.

Resultados

A figura seguinte ilustra os resultados obtidos para a situação de referência e para o horizonte temporal de 2100. Os resultados mostram que a região costeira do centro de Moçambique é aquela que se encontra mais exposta a fenómenos de inundação, destacando-se pela elevada exposição o litoral adjacente ao delta do Zambeze. Os resultados obtidos para as margens Norte e Sul do estuário do rio Pungué e troços costeiros contíguos sugerem uma distribuição espacial assimétrica entre o potencial de inundação (mais elevado na margem direita) e a ocupação (mais densa e na margem esquerda) correspondente à cidade da Beira. Por outro lado, é nas províncias de Cabo Delgado e Nampula que a exposição é mais reduzida.

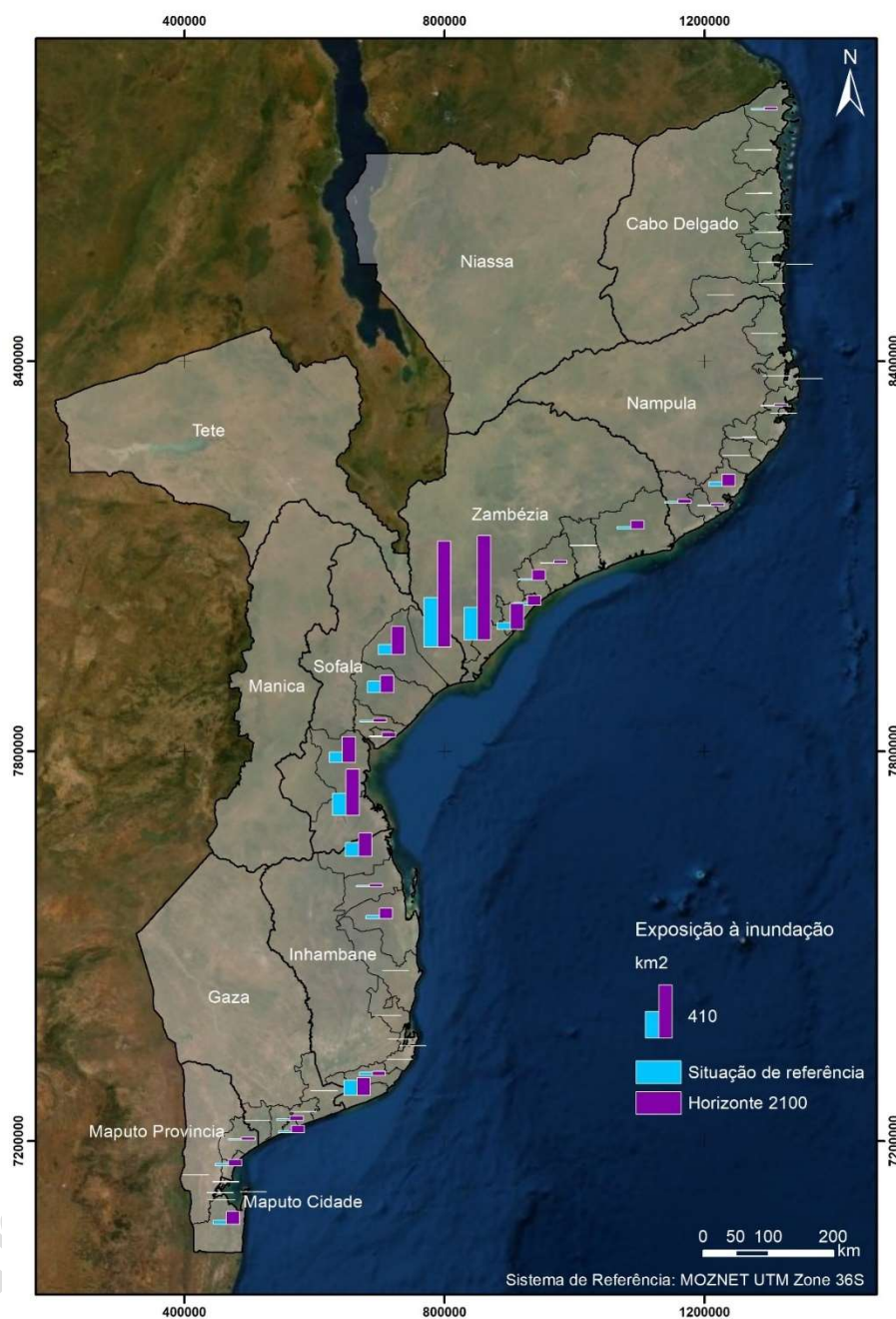


Figura 5.87 - Índice de exposição à inundação da linha de costa de Moçambique, na situação de referência e no futuro (2100)

A distribuição espacial do índice de exposição à inundação em 2100 apresenta estrutura idêntica à da situação de referência, embora com magnitude claramente superior. Em 25% dos casos o índice de exposição mais que triplica, e em mais de 85% dos casos duplica. Chinde e Marromeu, no delta do Zambeze, são exemplo de distritos com proporção muito significativa de superfície potencialmente



inundável (8%) na situação de referência. Em 2100 as áreas afectadas poderão alcançar 25 e 15% da área destes distritos.

5.4.4 Vulnerabilidade dos recursos

A capacidade de adaptação da pesca e aquacultura aos impactos das mudanças climáticas, tendo em consideração possíveis alterações na composição dos recursos pesqueiros disponíveis e no ciclo de vida das espécies, pode ser atingida por um maior e melhor conhecimento destas mudanças e dos seus impactos e pela transmissão dessa informação às partes interessadas. Esta transferência de conhecimento da academia para a sociedade e para o sector é fundamental para capacitar este último na implementação das necessárias reformas e adopção de novas práticas que permitam uma adaptação bem-sucedida.

Nos últimos anos, o país tem sido fustigado por tempestades tropicais cada vez mais severas e frequentes, grandes eventos de degradação dos recifes de coral (*Coral bleaching*) na costa norte, inundações e secas (e.g., IPCC, 2007, Muthiga *et al.*, 2008; INGC, 2009). Em termos de resposta económica e de adaptação potencial da sociedade aos impactos e eventuais oportunidades das mudanças climáticas sobre a pesca, em particular devidos ao aquecimento da água do mar, Moçambique está entre os 10 primeiros países mais vulneráveis, de entre 132 estudados (Allison *et al.*, 2009). Segundo a WWF (2017), Moçambique ocupa o terceiro lugar nos países africanos mais vulneráveis às mudanças climáticas, sobretudo em termos de erosão das infraestruturas costeiras, dificultando o acesso aos mercados, e em termos das secas, que obrigam que as pessoas transitem da agricultura para a pesca, aumentando a pressão sobre as populações marinhas.

Os recursos pesqueiros em Moçambique têm uma dependência muito grande dos recifes de coral, e das áreas de aforamentos rochosos com a pescaria à linha de peixes demersais (e.g. marrecos, cachucho, garoupas e pargos). Esta pescaria encontra-se em regime de sobreexploração na zona sul do País (MIMAIP, 2017a), ficando assim particularmente vulnerável à degradação dos corais por via do aquecimento das águas do mar ou de outro fenómeno ambiental associado às mudanças climáticas. Por outro lado, as bacias hidrográficas dos principais rios moçambicanos alimentam os sistemas de mangal, as pradarias de ervas marinhas e outros habitats costeiros, que são essenciais para a reprodução de muitas espécies marinhas com importância comercial. A ocorrência de fenómenos naturais severos que de forma irregular desorganizam estes sistemas, sendo disruptivos para o recrutamento regular à pesca e para a actividade pesqueira, dificultam a avaliação e gestão dos mananciais pesqueiros (Mualeque e Santos, 2011). Neste contexto, o banco de Sofala, porta de entrada de sedimentos e nutrientes de vários rios entre os quais o Zambeze, um dos maiores rios africanos, suporta um dos principais bancos de pesca do país e uma das mais emblemáticas pescarias, a do camarão de superfície, que igualmente se encontra sobreexplorado (MIMAIP, 2017b). Embora objecto de um plano de recuperação, esta e outras pescarias, que já estão acima ou perto do limite aceitável, necessitam de integrar na avaliação de mananciais



pesqueiros os cenários das mudanças climáticas, para tornar a sua gestão mais eficaz. Outras espécies sobreexploradas, como o peixe pedra, o gonguri e a corvina (na zona sul), e sobretudo a magumba (na baía de Maputo) (MIMAIP, 2017a), por ser uma espécie pelágica mais dependente de factores ambientais, são mais vulneráveis a impactos com outras origens, nomeadamente por via das mudanças climáticas.

Com o aumento de temperatura das águas do mar será de esperar que as espécies com mobilidade tenham tendência para migrarem para sul e/ou para maiores profundidades onde os valores de temperatura são menores. O balanço das espécies que fazem este processo de adaptação ainda não está estudado para a maior parte das costas mundiais, incluindo a costa moçambicana. As mudanças climáticas contribuem para uma redistribuição de recursos pesqueiros e este conhecimento é crucial para antecipar cenários de evolução futura e para preparar os operadores de pesca e de aquacultura.

5.4.5 Bibliografia

Listagem da bibliografia utilizada

- Allison, Edward H., et al. (2009) Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries*
- Bruun, P. (1962). Sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of the Waterways and Harbors division*, 88(1), 117-132.
- Church, J., White, N., Aarup, T., Wilson, W., Woodworth, P., Domingues, C., Hunter, J. e Lambeck, K. (2008a). Understanding global sea levels: past, present and future, *Sustainable Science* 3, Springer, 9-22.
- Church, J.A., White, N., Hunter, J. e Lambeck, K. (2008b). Briefing: A post-IPCC AR4 update on sea level rise, Antarctic Climate & Ecosystems. Cooperative Research Centre, 11p (disponível em www.cmar.csiro.au/sealevel).
- Dean, R. G. (1991). Equilibrium beach profiles: characteristics and applications. *Journal of Coastal Research*, 7, 53-84.
- Esteves, L. S., & Ballesteros, C. (2019). Building an Index of Exposure To Coastal Change in Eastern Africa with Applications to Conservation of Cultural Heritage, 1063-1076. Em: *Proceedings, Coastal Sediments 2019. International Conference on Coastal Sediments, Tampa/St. Petersburg, Florida, USA, 27 - 31 May*. <https://doi.org/10.1142/11391>.
- Gornitz, V. (1990). Vulnerability of the East Coast, U.S.A. to future sea level rise. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 9, 201-237.
- INGC. 2009. Synthesis report. INGC Climate Change Report: Study on the impact of climate change on disaster risk in Mozambique. [van Logchem B and Brito R (ed.)]. INGC, Mozambique.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2001). Climate Change 2001, Third Assessment Report, WG2 Technical Summary: Impacts, Adaptation and Vulnerability, 20-73. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. Climate Change 2007 - The physical science basis, Fourth Assessment Report, 996 pp.
- IPCC (2007) AR4 Climate Change (2007): Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2013). Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change



[Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

MCAA 2013 - Ministério para a Coordenação da Acção Ambiental. *Relatório Avaliação Ambiental Estratégica do Desenvolvimento ao Longo da Zona Costeira de Moçambique*. 2013. Volume I Diagnóstico Ambiental. República de Moçambique.

MIMAIP (2017a). *Boletim Estatístico da Pesca e Aquacultura (2006 - 2017)*. Maputo: Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas. Obtido de www.mozpescas.gov.mz

MIMAIP (2017b). *Relatório de Base de Crustáceos de Profundidade de Moçambique*. Maputo: República de Moçambique, Ministério do Mar, Águas Interiores e Pescas.

Mualeque D, Santos J (2011) Biology, fisheries and distribution of *Thryssa vitirostris* (Gilchrist & Thompson 1908) and other Engraulidae along the coast of the Sofala Bank, western Indian Ocean. *African Journal of Marine Science* 33(1):127-137

Muthiga, N., A. Costa, H. Motta, C. Muhando, R. Mwaipopo and M. Schleyer (2008) Status of the Coral Reefs in East Africa: Kenya, Tanzania, Mozambique and South Africa: 2008, Wilkinson, C. (ed.).

Oppenheimer M., Glavovic B.C., Hinkel J., van de Wal R., Magnan A.K., Abd-Elgawad A., Cai R., Cifuentes-Jara M., DeConto R.M., Ghosh T., Hay J., Isla F., Marzeion B., Meyssignac B. & Sebesvari Z. (2019). Sea Level Rise and Implications for Low-Lying Islands, Coasts and Communities. In: IPCC *Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [Pörtner H.-O., Roberts D.C., Masson-Delmotte V., Zhai P., Tignor M., Poloczanska E., Mintenbeck K., Alegria A., Nicolai M., Okem A., Petzold J., Rama B., Weyer N.M. (eds.)]. In press.

Pfeffer, W.T., Harper, J.T. & O'Neel, S. (2008). Kinematic constraints on glacier contributions to 21st century sea-level rise, *Science* 321, 1340-43.

Rahmstorf, S. (2007). A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise, *Science* 315, 368-370.

SWIPA (Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic). (2017). Arctic Monitoring and Assessment Programme, Oslo, Norway, 269 p.

Theron, A., & Barwell, L. (2012). *Responding to climate change in Mozambique - Theme 2: Coastal planning and adaptation to mitigate climate change impacts*. Stellenbosch: CSIR.

van Logchem, B. e Queface, A.J. (eds.). (2012). Responding to Climate Change in Mozambique: Synthesis Report. Maputo INGC.

Vousdoukas, M. I., Mentaschi, L., Voukouvalas, E., Verlaan, M., Jevrejeva, S., Jackson, L. P., & Feyen, L. (2018). Global probabilistic projections of extreme sea levels show intensification of coastal flood hazard. *Nature communications*, 9(1), 1-12.

WWF (2017) Mozambique: Building a Sustainable Shrimp Fishery

Classificação da informação de base

A informação de base sobre cenários de evolução futura do nível do mar, de carácter global, é suficiente. Porém, as implicações desta subida no potencial de inundação, erosão e galgamento requer descrição da morfologia costeira com resolução espacial muito superior à disponível. Por outro lado, a inexistência de uma “linha de costa” gerada com critérios objectivos e generalizada a todo o litoral moçambicano inviabiliza a cartografia de faixas de salvaguarda, ou de risco, aos fenómenos de erosão, galgamento e inundação.



Informação suplementar a adquirir/produzir

MDT de alta resolução de toda a faixa litoral.

Estabelecimento de critérios conducentes ao traçado de uma “linha de costa” correspondente, por exemplo, à Linha da Máxima Preia-mar de Águas Vivas Equinociais (LMPMAVE) que separa o “leito das águas do mar” da “margem”.

Versão para consulta pública



5.5 QUALIDADE AMBIENTAL

5.5.1 Descrição Geral

A qualidade do ambiente, enquanto conjunto de propriedades e características físicas, generalizadas ou pontuais, que podem ser ou estar alteradas em resultado de processos naturais ou de actividades humanas, ao ponto de se reconhecer a existência de “poluição” e de condicionar a utilização dos recursos naturais, as comunidades bióticas e a saúde humana, é objecto do capítulo III da Lei do Ambiente (Lei n.º 20/97, de 1 de Outubro).

Cerca de 80% da poluição do meio marinho tem origem em terra: o mar é o local de descarga da poluição dos rios e de poluição terrestre produzida a montante, quer por áreas urbanas e industriais quer pela agricultura. No caso de Moçambique são pressões de maior impacto continuado negativo na contaminação costeira: grande parte dos centros urbanos e das principais áreas industriais estão na zona costeira, a maior parte evidencia baixos níveis de tratamento de efluentes domésticos e de resíduos urbanos e, os grandes rios são canais de transporte de poluentes, como plásticos e outros, originados em extensos territórios de Moçambique e dos países vizinhos, certamente responsáveis por um importante passivo ambiental no oceano, todavia pouco quantificado e percebido devido à dimensão e correntes marítimas do meio receptor.

Os terminais portuários e os navios são outra fonte de poluição potencial: nas instalações portuárias concentram-se actividades poluentes e faltam equipamentos para limpeza e para contingências resultantes de acidentes ou da limpeza de tanques nos portos. Acresce que o Canal de Moçambique é vulnerável a acidentes e descargas poluentes, pois é rota de passagem de transporte de petróleo, não tem um plano de contingência para fazer face à sua ocorrência e os meios de controle e de acções de limpeza de tanques são exíguos.

Assim são inventariadas e caracterizadas as fontes de poluição, quer de origem terrestre (áreas urbanas, industriais e agrícolas localizadas na faixa costeira e a poluição carreada por cursos de água que desagüam na faixa costeira), quer de origem marinha (instalações portuárias, explorações de massas minerais e de hidrocarbonetos e poluição dos navios), que poderão afectar a qualidade da água e os recursos existentes no espaço marítimo de Moçambique.

Foram igualmente identificados os valores mais relevantes, ambientais, económicos e sociais, os impactos sobre o meio marítimo, as pressões e ameaças, os recursos necessários a um desenvolvimento mais sustentável, os instrumentos e as necessidades de gestão e, as respectivas lacunas de implementação.



Várias convenções internacionais a que Moçambique aderiu, bem como alguns instrumentos do quadro estratégico nacional incluem como relevantes as questões da poluição e da qualidade ambiental, por via ou dos princípios, ou dos objectivos ou, de medidas e acções nelas inscritas (Ver detalhes no Capítulo 3).

No âmbito do papel do Estado na gestão da poluição e qualidade ambiental importa destacar a Agência Nacional para a Qualidade e Controlo Ambiental (AQUA / no ministério que superintende ao Ambiente) com atribuições de pesquisa, gestão e fiscalização e o Instituto Nacional da Marinha (INAMAR / no ministério que superintende ao Mar), que assegura “Serviços de Prevenção e Combate à Poluição Marinha”. Acresce um conjunto de entidades da esfera do sector público com a maior relevância para a monitorização do estado do ambiente, tais como, no ministério que superintende os Recursos Hídricos e os Serviços de Águas, as Direcções Nacionais de Gestão de Recursos Hídricos (DNGRH), de Abastecimento de Águas e Saneamento (DNAAS) e, no ministério que superintende à Saúde, o Laboratório Nacional de Higiene de Alimentos e Águas. No âmbito da regulação, do licenciamento e da fiscalização do sector estão também atribuídas funções a entidades de outros Ministérios sectoriais (energia e minas, transportes, turismo, pescas e outros) e ao Conselhos Municipais.

Várias fontes de informação foram consideradas para a caracterização dos problemas de poluição, incluindo os estudos realizados no âmbito da Convenção de Nairobi (UNEP) para o Oceano Índico Ocidental, nomeadamente os relacionados com a implementação do Programa Estratégico de Acção para a protecção do Oceano Índico Ocidental de fontes de poluição e actividades terrestres (WIO-SAP, UNEP, 2009). Considerou-se também a informação disponibilizada pelo MITADER e outras entidades, nacionais, bem como estudos e relatórios, de investigação ou institucionais, disponíveis publicamente, relativos a problemas de poluição e aos planos para evitar a poluição, tais como o Regulamento para a prevenção da poluição e protecção do ambiente marinho e costeiro e, as obrigações de Moçambique relacionadas com a Convenção de MARPOL.

Apesar dos desenvolvimentos já verificados, o estado actual da caracterização da qualidade do ambiente, do inventário de fontes poluidoras e da gestão ambiental mostra lacunas importantes, decorrentes de fragilidades legais, institucionais e socioeconómicas.

5.5.2 Caracterização

Estado da poluição ambiental

A qualidade ambiental tem fortes ligações com um conjunto de actividades e funções, de âmbito institucional, socioeconómico e ambiental. Para a compreensão dessas ligações, este subcapítulo contribui com a apresentação de um conjunto de conclusões sobre o seu estado qualitativo.



A caracterização da qualidade ambiental actual (ar, solo e água) baseada em dados de monitorização directa deveria cobrir:

- o território dos distritos costeiros, incluindo os seus rios, estuários, lagoas costeiras e praias;
- as águas interiores marítimas dos estuários, incluindo o mar territorial e, o espaço marítimo.

Todavia, o conjunto das lacunas apontadas neste capítulo, condiciona fortemente um inventário sistemático da situação actual suportado em dados medidos relativos à qualidade da água, do solo, do ar ou do ruído (TPF e Biodesign, 2019). Acresce que, durante a preparação do presente relatório não foram recebidas bases de dados de monitorização regular de indicadores directos da qualidade ambiental (emissões/estado de contaminação), embora se tenha tido acesso a relatórios institucionais e científicos com dados dessa natureza, sobretudo relativos a situações de caso.

Os dados e conclusões na documentação permitem formular algumas hipóteses para o estado e dinâmicas da contaminação ambiental na área de incidência do POEM.

No Plano Nacional de Gestão de Recursos Hídricos (MOPHRH, 2017), é referido que existem 34 estações de qualidade da água sob a jurisdição das ARA¹⁴ bem como, que não tem sido realizada monitorização nas estações das ARA Centro-Norte e Norte e, que os resultados de 2016 revelam uma qualidade que vai de boa (IQA¹⁵ entre 70 e 90) nos rios Save e Maputo, a má (IQA 25-50) nos rios Zambeze e Pungué, possivelmente devido a contaminações da mineração e de fecalismo a céu aberto. Informações mais recentes da mesma rede, compiladas pela DNGRH no Boletim Nacional de Monitoramento da Qualidade da Água, apontam para resultados maus a muito maus para a generalidade das bacias da região Sul, devido às mesmas causas, bem como devido à maior expressão da agricultura intensiva e da indústria.

Johansson (2019) refere que da comparação de resultados de 2015 (águas subterrâneas) e 2019 (águas superficiais de tributários do Zambeze) com os limites da OMS e do MISAU (Ministério da Saúde), a água nessa bacia nem sempre é segura para consumo humano (sulfatos e ferro, embora pH neutro), devido aos efeitos biológicos e químicos da mineração de carvão e, em menor grau, do ouro (pequena escala). Refere que o problema tende a aumentar e alcançar os lençóis freáticos, que os grandes caudais do Zambeze proporcionam diluição natural, mas que os pequenos afluentes estão mais vulneráveis. Nhantumbo *et al.* (2015) referem que na bacia do Zambeze os maiores problemas ocorrem a jusante das mineradoras, ao nível do pH (águas ácidas), mas não apresentam resultados.

¹⁴ ARA: Administração Regional de Águas

¹⁵ IQA: Índice de Qualidade da Água (Estimado a partir de resultados de Oxigénio Dissolvido, Coliformes Fecais, pH, BOD, fosfatos totais, nitratos, alteração de temperatura, turbidez e sólidos totais).



Verlicchi *et al.* (2020) avaliaram as concentrações de poluentes convencionais, produtos químicos inorgânicos, microorganismos, e micropoluentes, comparando os resultados (com os padrões de água potável de Moçambique e concluíram, em relação às águas superficiais, que os microorganismos ocorrem em altas concentrações e o boro é outro parâmetro crítico e, em relação às águas subterrâneas, boro, sódio e cloreto são as principais substâncias críticas. As concentrações de micropoluentes em águas superficiais são muito maiores do que na Europa (os maiores valores respeitam a ibuprofeno, ácido acetilsalicílico, clozapina e estriol). Embora os resultados sejam relativos aos rios Limpopo e Maputo os autores, considerando a totalidade do estudo (que incluiu amostragem mais extensiva na África do Sul) parecem considerá-los generalizáveis à totalidade de Moçambique.

TPF (2017) mostra, para a bacia hidrográfica do Lúrio, a maior do Norte de Moçambique, resultados físico-químicos em águas superficiais, no final da época seca, acima dos padrões de qualidade para consumo humano, excepto para oxigénio dissolvido (talvez devido a baixos caudais) e ferro (provavelmente devido ao fundo geológico natural) e, os fosfatos mostraram-se elevados em alguns casos, talvez devido a contaminação por detergentes ou ao fundo geológico. As águas subterrâneas revelaram, frequentemente, ph baixo (provavelmente devido à litologia) e, alguns casos de condutividade eléctrica elevada (proximidade do mar). Em estudos de planeamento de recursos hídricos abrangendo a quase totalidade das restantes bacias hidrográficas do Centro-Norte de Moçambique, em Nampula e Zambézia TPF e Consultec (2108a e 2018b) alcançaram conclusões de natureza semelhante.

Apesar da pouca informação disponível sobre a qualidade das águas subterrâneas, Smedley (2012) sugere que as águas subterrâneas de Moçambique são em geral boas, embora existam problemas de salinidade significativa em algumas partes dos aquíferos terciários, devido a intrusão salina do mar. Aponta também um maior potencial de poluição próximo de indústrias e aglomerados urbanos, devido a efluentes de esgoto (doméstico, de produção de petróleo e produtos químicos e de portos), bem como da agricultura, concluindo ser provável que a incidência da poluição seja maior nas planícies costeiras.

MITADER, 2016 aponta a existência de registos de ocorrência de salinidade com grande impacto nas bacias do Zambeze, Save, Limpopo, Umbeluzi e Incomáti.

Vários estudos sobre a área de Maputo evidenciam a existência de contaminação microbiológica. Em Louro *et al.* (2004), análises de amostras de água recolhidas nas praias e pontos de drenagem de águas pluviais e resíduos domésticos na baía de Maputo, entre um local de desembarque de pescado a Norte da Costa do Sol e o Zambé, relativas ao período de Novembro de 2003 a Janeiro de 2004, mostraram resultados de qualidade microbiológica (coliformes fecais) ligeira a insignificante nas praias (excepto na Costa do Sol) e, forte nos pontos de drenagem (excepto, médio a razoável, na Ponta Vermelha e Zambé), onde foram ainda encontrados *Vibrio cholerae*, *Vibrio alginoliticus* e *Salmonella sp.*. Em todos os locais de drenagem o BOD e o nível de nutrientes (fosfatos, nitratos e nitritos) foi superior, confirmando os níveis de poluição microbiológica encontrados. Jane (2017) verificou, que a jusante da ETAR de Infulene uma elevada frequência de incumprimento face aos padrões gerais de descargas de águas residuais domésticas no meio receptor, para o CQO e SST (Decreto n.º 18/2004) e para rega (valor de referência internacional para coliformes fecais < 100 CF/100 ml).

Vários EIA relativos a projectos de exploração de hidrocarbonetos na faixa costeira revelam uma situação de referência em terra, que possivelmente se repete noutras áreas, de ocorrência de contaminação microbiológica nos recursos hídricos próximos de comunidades rurais. É o caso da península de Afungi (Impacto *et al.* 2014), em cujas zonas húmidas (lagoas) foram medidos indicadores de contaminação microbiológica (diatomáceas), consistentes com maiores níveis medidos de metais (Cu e Zn) e de poluentes orgânicos (NH₄ e COD), possivelmente devido à proximidade a este local (600 m) de Quitupo, o maior assentamento da península, onde há actividades humanas como agricultura, lavagem de roupas e banhos.



Fonte: Impacto e ERM, 2014

Figura 5.88 - Terras húmidas da península de Afungi

O mesmo relatório (Impacto *et al.* 2014), revela que, nas amostras de sedimentos marinhos (*offshore*), as concentrações de metais pesados são baixas, dentro dos valores das metas de qualidade ambiental para o Oceano Índico Oeste (Tabela 7.1 em UNEP e CSIR, 2009) e, que era esperado, dada a fraca industrialização na região. A maior excepção, em várias estações de amostragem da Área 1, respeitava ao bário, talvez devido à barita, usada nos fluidos de perfuração de actividades de pesquisa anteriores.

A contaminação ambiental relacionada com a emissão e gestão de resíduos sólidos e, de RSU em particular, tem elevado impacto de peso na qualidade ambiental da faixa costeira e do oceano adjacente,



sendo evidência mais directa o estado que se observa na paisagem dos espaços urbanos da generalidade das cidades e vilas ao longo do litoral do País.

Vários estudos consultados, como é o caso de Jambeck *et al.* (2017), indicam que 60% a 80% dos resíduos gerados em Moçambique tem uma gestão inadequada.

Os pontos seguintes permitem ilustrar bem esta problemática a partir de uma análise de caso sobre a cidade de Maputo (Chambela, 2016), sendo incluídas as referências aos documentos citados pelo autor:

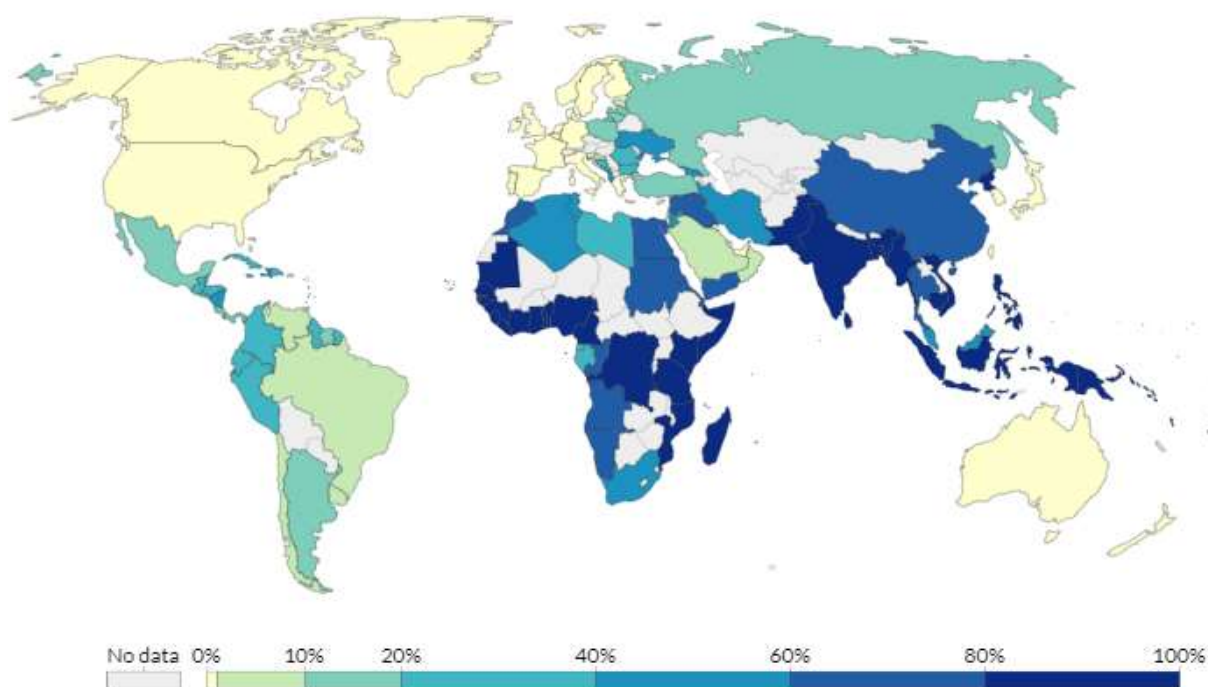
- Segundo o Banco Mundial (2012) o total de resíduos sólidos produzidos pela população urbana mundial é cerca de 1,3 mil milhões de toneladas/ano (1,2 kg/dia/habitante urbano). Esta captação é maior nos países desenvolvidos, com os EUA em primeiro lugar (2,5 kg/dia/hab. urbano). De acordo com Bernardo (2008), em África a estimativa média de geração de lixo é de 0,5 a 0,8 kg/dia/habitante e, quanto mais rico e urbanizado o país, maior a geração de lixo.
- Do total de resíduos colectados, 23% são depositados de forma sanitária e ambientalmente adequada, o restante é destinado a lixeiras a céu aberto ou aterros “controlados”. Na mesma linha, segundo o Programa Ambiental das Nações Unidas (1999), do total de lixo produzido nas cidades africanas só 20% recebem tratamento adequado e 80% são descartados em espaços abertos e corpos de água.
- Em média, na área urbana de Maputo produz-se 1 kg de lixo sólido por pessoa por dia, 0,49 kg por dia nos bairros suburbanos e na KaTembe e 0,20 kg por dia na KaNyaka (Mertanen *et al.*, 2013).
- Na zona formal da cidade, o lixo recolhido contém 68% do seu peso em matéria orgânica, 12% de papel e cartão e 10% de plásticos. Nas zonas informais da cidade, mais de metade do lixo consiste em terra. Se esta for excluída, 69% é lixo orgânico, 5% papel e cartão, 8% plásticos e 9% outros, incluindo entulho (Allan; Jossias, 2012).
- De acordo com Inge *et al.* (2015) os resíduos sólidos são visíveis por toda a parte na cidade de Maputo. Mesmo nas ruas mais limpas acontece observar-se contentores de lixo, muitos deles com pilhas de lixo no chão, junto deles.

A acumulação temporária de lixo não contentorizado no espaço público aumenta o risco de boa parte do mesmo ser arrastado para a rede de drenagem, quando da ocorrência de eventos pluviosos mais intensos, acabando uma parte por alcançar os rios principais e a orla costeira. Pode dizer-se que este risco está presente não só em Maputo, como também na generalidade dos espaços urbanos de todo o território de Moçambique, incluindo os situados ao longo da faixa costeira, onde são numerosos e de dimensão por vezes significativa.

Acresce que, de acordo com Buque (2013), citado em Chambela (2016), em todos os municípios do país (incluindo Maputo), são enviados resíduos sólidos para deposição a céu aberto em lixeiras, muitas vezes em condições de tratamento insuficientes.

A importância global da poluição de plásticos (e microplásticos) é atestada em vários relatórios internacionais. Segundo Ritchie *et al.* (2018):

- A poluição por plásticos está a afectar negativamente a saúde dos oceanos e da vida selvagem e os países de maior renda geram mais resíduos de plástico por pessoa.
- No entanto, é a gestão que determina o risco de o plástico entrar nos oceanos. A deficiente gestão de resíduos de muitos países de renda média e baixa é o principal factor de poluição oceânica global de plásticos. Moçambique (84%) e os países vizinhos estão nessa categoria (figura seguinte).



Fonte: Jambeck *et al.*, 2015 citado em Ritchie *et al.*, 2018

Figura 5.89 - Percentagem de lixo plástico gerido inadequadamente (2010)

- Estima-se que 20% de todo o lixo plástico nos oceanos vem de fontes marinhas (80% terrestre).
- Parte do lixo plástico não chega aos oceanos, é retido em aterros sanitários, estimando-se que a parcela do lixo plástico global que entra nos oceanos seja de cerca de 3% (2010).
- O lixo plástico que entra no oceano, de acordo com o modelo global de Lebreton, Egger e Slat (2019), acumula-se em três ambientes: o território costeiro, as águas costeiras com profundidade inferior a 200 metros e *offshore* (profundidade superior a 200 metros). A grande maioria é retida no território costeiro - 82 e 40 milhões de toneladas de, respectivamente, macroplásticos (mais de 0,5 cm de diâmetro) e microplásticos - onde grande parte dos macroplásticos é dos últimos 15 anos. Nas águas costeiras encontram-se 80.000 e 150.000 toneladas de, respectivamente,



macroplásticos e microplásticos) e, *offshore*, depositam-se meio milhão e um milhão de toneladas de, respectivamente, macroplásticos e microplásticos, com várias décadas de antiguidade.

Karlsson (2015) investigou a presença de plásticos na baía de Maputo, incluindo a ilha de Inhaca, comparando a abundância numa área poluída com duas áreas pristinas (não poluídas), através de pesquisas de praia (para macrodetritos) e amostras de sedimentos e do sistema digestivo de organismos marinhos (para microplásticos). Concluiu que o local poluído tinha muito mais macrodetritos e, que os locais eram semelhantes ao nível dos microplásticos, com 32% das amostras biológicas e 100% das de sedimentos a evidenciarem a sua presença.

Caracterização do mercado

O mercado relacionado com a qualidade ambiental tem frequentemente como foco principal o tratamento das emissões poluentes sobre o meio (água, solo e ar). Em Moçambique os dados existentes são poucos, o que também traduz um mercado ainda muito incipiente, com cadeias de valor pouco desenvolvidas, seja ao nível do tratamento, seja, ainda mais, ao nível da prevenção, monitorização e fiscalização.

O seu desenvolvimento dependerá do estabelecimento efectivo de um conjunto de actores, públicos ou privados, num contexto das cadeias de valor e da governação do sector:

- Desenvolvimento socioeconómico da população em geral, fundamental para se gerarem níveis de procura potencial suficientes para atrair todo o tipo de agentes necessários à cadeia de valor dos serviços de tratamento de emissões poluentes.
- Estabelecimento de políticas que permitam dar suporte ao desenvolvimento da Oferta (Modelos de negócio e de financiamento dos agentes produtivos das cadeias de valor) e da Procura (Subsídios, etc.), num quadro de acção que contemple opções sustentáveis (reciclagem de resíduos sólidos, reutilização na agricultura (Jane, 2017) e outras. Mais uma vez o factor económico é decisivo, na medida em que pode condicionar a execução das políticas.
- Actores na cadeia de valor: comerciantes de insumos (consumíveis, instrumentos tecnológicos, etc.) necessários ao funcionamento das instalações/equipamentos referidos e, prestadores de serviços de transporte, de monitorização ambiental, de assistência técnica especializada, de seguros, de financiamento (bancos), ONG e outros.
- Instituições públicas de referência para a prevenção, monitoria, controlo e fiscalização da qualidade ambiental, bem apetrechadas e com funções claramente definidas, incluindo um quadro de actuação coordenado das entidades com maior relevância.

Considerando a sua relevância para o estado de poluição do mar, apresentam-se em seguida as principais actividades e objectivos de gestão na cadeia de valor dos resíduos de plástico, da terra ao mar, passível de generalização a outras emissões poluentes com maior dependência da dinâmica dos rios:

1. Produção de matéria prima (plástico) - Reduzir a produção.



2. Fabrico de produtos comerciais (máquinas, etc.) - Inovação de materiais e de produtos comerciais.
3. Geração de resíduos de plástico - Reduzir a geração de lixo.
4. Gestão de resíduos (em terra) - Melhorar a gestão global (em terra).
5. Recolha de resíduos nos rios e nos oceanos - Aumentar a captura de lixo nos rios e reduzir os *inputs* no mar (Objectivo Zero).

Do lado da oferta de serviços aqueles que até agora atraem mais operadores privados actuam na área do tratamento de águas residuais e de resíduos (fecais e sólidos em geral, os catadores). Esses operadores são em geral individuais ou de pequena dimensão e preferem territórios onde o volume de procura é potencialmente maior e tem maior capacidade de pagar, o que faz com que muitos aglomerados urbanos fiquem fora das suas opções. Consequentemente, o número de agentes que importam ou oferecem equipamentos tecnológicos e consumíveis é também baixo.

A DNAAS (Direcção Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento), a AIAS (Administração de Infraestruturas de Água e Saneamento) e os Municípios podem prestar serviços desta natureza, estabelecendo contratos de gestão com operadores privados, quando proposto e quando estes consideram economicamente viável a actividade. A DNAAS tem como prioridade o meio rural e a AIAS os pequenos aglomerados.

Algumas ONG e outras organizações não lucrativas, muitas delas com suporte de governos internacionais, oferecem serviços de saneamento ou promovem e catalisam experiências específicas, incidindo sobre situações diversas, frequentemente de pequena escala, mas, com elevado interesse potencial para o desenvolvimento sustentável do sector. É o caso de vários projectos de âmbito internacional (MARPLASTICS e outros) ou de âmbito local, estabelecidos em Maputo e noutras cidades, seguindo uma lógica de economia circular.

Pese embora a necessidade da população em beneficiar do desenvolvimento do saneamento do meio, a procura é fraca, resultado da fraca capacidade socioeconómica da população e das limitações financeiras das instituições governativas envolvidas (para financiar e subsidiar). A nível empresarial e industrial, admite-se que exista procura, mas contarão certamente a consciência dos impactos que causam e os fracos níveis de fiscalização sobre as actividades poluidoras. A procura para valorização e reciclagem de resíduos também não está desenvolvida, manifestando-se apenas em algumas áreas.

A evolução do sector tenderá e terá mesmo de crescer dada a situação actual do saneamento do meio e da sua monitorização e fiscalização e, dados os objectivos políticos e estratégicos assumidos pelo Governo. Todavia esse desenvolvimento terá também uma evolução muito sensível ao estado geral da economia do país.



5.5.3 Valores (actuais e potenciais)

Os valores actuais e potenciais da qualidade ambiental são aqui enquadrados numa perspectiva geral bem como segundo a lógica dos danos que pode sofrer ou dos custos que têm a prevenção e tratamento dos problemas de poluição.

Valor Ambiental

A valorização ambiental da poluição respeita, simplifadamente, à conservação e restauro:

- Dos recursos hídricos superficiais e, em especial, dos subterrâneos (os impactos negativos tendem a ser mais duradouros).
- Da biodiversidade, particularmente importante nas áreas com elevado valor ecológico. A nível global, de acordo com a IUCN, afluem aos oceanos 12 milhões de toneladas por ano de plásticos e os custos da poluição dos ecossistemas marinhos são de USD 13 milhões por ano.
- Do solo, especialmente nas áreas urbanas, áreas industriais e vizinhança destas.
- Da paisagem, com especial atenção a áreas urbanas, periurbanas de fruição pública e para áreas com elevado valor paisagístico natural.

Valor Económico

Numa perspectiva económica são vários os factores a ter em conta para a valorização da qualidade ambiental e da poluição. No âmbito de um Plano como o POEM, considerando a magnitude nacional e internacional da geração de resíduos em terra, a ligação óbvia desta com o ambiente e a poluição marinha e, o papel que poderá caber à reciclagem e reutilização, em linha com políticas sustentáveis que apontam a princípios da economia circular, devem destacar-se em primeiro lugar os seguintes aspectos, relacionados com o valor acrescentado potencial de actividades de reutilização e reciclagem de resíduos:

- Em vários países africanos existem numerosas experiências em curso desde há vários anos, tais como na África do Sul e no Quênia, para referir os mais próximos. Na generalidade dos casos o financiamento é municipal (em alguns existem apoios internacionais) e envolve dois tipos de entidades, de natureza diversa (associações, cooperativas, pequenas empresas e indústrias de maior dimensão): i) as que asseguram a recolha de resíduos, recorrendo a força laboral das comunidades locais, muitas vezes socialmente desfavorecidas (jovens, mulheres, etc.); ii) as que asseguram o tratamento dos resíduos seja para reciclar matéria prima à sua forma mais primária (normalmente de carácter mais industrial/tecnológico), seja para reutilização e reciclagem mais simples (muitas podem ser pequenas empresas locais), tais como tijolo prensado e plástico para agricultura.
- Neste contexto funcionam iniciativas como o MARPLASTICS (plásticos marinhos e comunidades costeiras), que com o suporte do Governo da Suécia e forte ligação à Convenção de Nairobi, incidem, na costa Oriental Africana, sobre a África do Sul, Moçambique e Quênia. A sua



abordagem considera o conhecimento, os negócios, as políticas e a capacitação, e procura melhorar o quadro legal e ligar os planos de acção dos governos aos princípios da Iniciativa Verde 2011-2014 (promovida pela UNEP) e da economia circular (IUCN, 2010).

- Num projecto analisado na África do Sul, o custo total do despejo em aterros - incluindo a logística, a preparação dos locais e a perda de uso do solo - é cerca de USD 77/tonelada e o retorno dos investimentos feitos a partir do desvio de resíduos do aterro para ser transformado em novos produtos é de 1.500 %. Considerando os indicadores de produção de resíduos apresentados anteriormente, em Moçambique o custo potencial de despejo de resíduos em aterro poderá variar actualmente entre USD 400 e 500 milhões/ano.
- Monteiro *et al.* (2017) fizeram uma avaliação custo-benefício do Projecto de Economia Circular de Saneamento para a Área Metropolitana de Maputo e concluíram que a valorização agrícola das lamas das cinco ETAR a operar é uma solução ambiental e economicamente mais adequada do que a deposição em aterro (-32%), estimando, para 2025, uma produção de lamas de 32.303 m³/ano, uma distribuição de 29.132 m³/ano, um custo para a sua deposição em aterro de USD 294.516 por ano e, um custo de valorização agrícola em áreas a menos de 10 km de USD 202.097 por ano. Concluíram ainda que o potencial de utilização de efluentes tratados em ETAR é também muito elevado, desde que seja garantida a adequada desinfecção e desde que a sua utilização seja feita em áreas próximas, sendo a oferta de efluente tratado bastante inferior à procura actual.
- Até ao momento, mais de 98% dos resíduos colectados são despejados em lixeiras não controladas e disso resultam emissões de gases de efeito estufa de 1,5 milhões de toneladas de CO₂e por ano e sérias ameaças à saúde das pessoas que vivem nas áreas circundantes (dados na página *web* do NAMA Support Project (NSP)¹⁶. Considerando um preço indicativo médio mundial de USD 25/tonelada de emissão de CO₂e, o valor indicado corresponde, para Moçambique, a cerca de USD 37,5 milhões/ano.

Para além da valorização económica da reciclagem e reutilização dos resíduos sólidos, outros aspectos podem ser considerados:

- Através do valor económico nacional da redução dos custos com a prevenção e tratamento da saúde humana em geral e, dos resultados potenciados ao longo da sua própria cadeia de valor (qualidade ambiental e controlo da poluição) ou das cadeias de valor do mercado de outras actividades económicas (turismo, pesca., etc.).

¹⁶ NSP. Projecto promovido pela Agência Francesa para o Desenvolvimento, em parceria com o MITADER, o FNDS (Fundo Nacional de Desenvolvimento Sustentável) e a Associação Nacional de Municípios de Moçambique, para apoiar o Governo a enfrentar os desafios associados à gestão de resíduos urbanos através da implementação do ProSWM (Programa de Gestão Sustentável de Resíduos), que prevê uma transformação completa do sector de resíduos em Moçambique, com o objectivo final de construir uma economia circular.

<https://www.nama-facility.org/projects/mozambique-sustainable-waste-management-laying-the-foundations-for-a-circular-economy/>



- Através dos custos de investimento em equipamentos e infraestruturas para a prevenção e tratamento de recursos na origem (água bruta para abastecimento público) e de emissões poluentes tais como: águas residuais, RSU, resíduos de obras de construção ou emissões e resíduos específicos (hospitalares, etc.), resíduos e emissões atmosféricas de actividade industrial e emissões atmosféricas decorrentes da mobilidade (circulação rodoviária, etc.), resíduos plásticos nas praias e no mar.
- Através do comércio e geração de emprego em actividades de bens e serviços para operação daquelas infraestruturas e equipamentos e para a monitorização e protecção específica do ambiente. Por exemplo, em Moçambique (Chambela, 2016), para esvaziamento das fossas, o utente ou o interessado, contrata especialistas de colecta (camionistas) por um valor médio de MZN 300 por cada metro cúbico colectado.
- Através do valor acrescentado em actividades económicas como o turismo e a pesca e através da valorização da paisagem, da biodiversidade e do ambiente em geral. Impacto no desenvolvimento do turismo (praias, etc.), de outras actividades económicas e de serviços como, por exemplo, os que tendem a estabelecer-se nas zonas urbanas.

Valor Social

- Do ponto anterior é fácil perceber a dimensão socioeconómica que a recolha e processamento de resíduos e águas residuais podem ter, devido à geração de emprego em estratos da sociedade mais desfavorecidos
- Saúde das populações: as dependentes da captação directa de água (com reduzido nível de tratamento) para consumo humano ou, para a pecuária e a agricultura; as vizinhas de fontes de poluição do ar (poeiras, poluentes, ruído, etc.).
- Qualidade de vida nos aglomerados urbanos e de fruição de espaços públicos de lazer.
- Disponibilidade de recursos naturais para actividades artesanais e de subsistência e valor sociocultural associado.

5.5.4 Interacção

Apesar das lacunas de informação sobre esta matéria, a relativamente reduzida densidade de ocupação humana e a baixa industrialização que se verifica em grande parte do território nacional conduzem a que os problemas de poluição sejam, na generalidade, pouco significativos ou percebidos como tal, existindo todavia situações mais preocupantes (TPF e Biodesign, 2019), elencadas neste subcapítulo, que inclui uma caracterização das actividades geradoras de pressões e ameaças sobre a qualidade ambiental (ar, solo e água), permitindo uma aferição indirecta dos problemas ambientais.



Impactos sobre o meio marítimo

Os impactos

A degradação da qualidade ambiental afecta o meio marítimo a vários níveis, tendo origem no espaço terrestre e marítimo.

Os impactos da degradação ambiental sobre o meio marítimo manifestam-se:

- Num primeiro nível, através do aumento da concentração de sedimentos, de poluentes químicos e orgânicos ou, do teor em resíduos diversos (microplásticos, plásticos, etc.).
- Num segundo nível, através da perturbação de toda a cadeia trófica que depende das concentrações e equilíbrios entre esses contaminantes, estendendo-se até aos recursos pesqueiros e marinhos do mar territorial e do espaço marítimo em geral.
- Num terceiro nível, através de impactos sobre diversas actividades humanas e socioeconómicas no, ou dependentes, do meio marítimo.

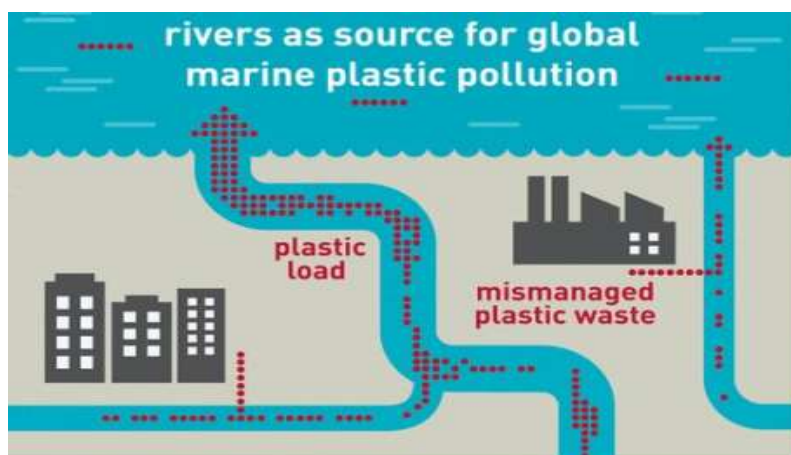
As dinâmicas territoriais da contaminação ambiental

O reconhecimento de que a poluição que se manifesta no espaço marítimo resulta de dinâmicas que ocorrem no espaço terrestre (Poluição baseada em Terra¹⁷) e no marítimo, pode ser identificado em diversos documentos de referência nacionais (EGIZC - MITADER, 2016) ou internacionais.

Os cursos de água são o principal veículo da degradação da qualidade ambiental entre o espaço terrestre e o mar, juntamente com as actividades humanas ao longo da linha de costa (lagoas, estuários, praias, etc.):

- A água transportada pelos rios carrega sedimentos e poluentes que são injectados nas correntes costeiras, dispersando na direcção transversal e ao longo da costa, por vezes a grandes distâncias, dependendo a configuração e extensão da pluma de dispersão de cada poluente, da sua natureza e, da relação entre a direcção e a potência dos fluxos hidráulicos dos rios e das correntes marítimas costeiras quando se interceptam.

¹⁷ Poluição endereçada no Protocolo de LBSA (Protocolo para a Protecção do Ambiente Marinho e Costeiro da Região Ocidental do Oceano Índico por Fontes e Actividades Baseadas em Terra) – Res. 3/2014, de 3 de Junho



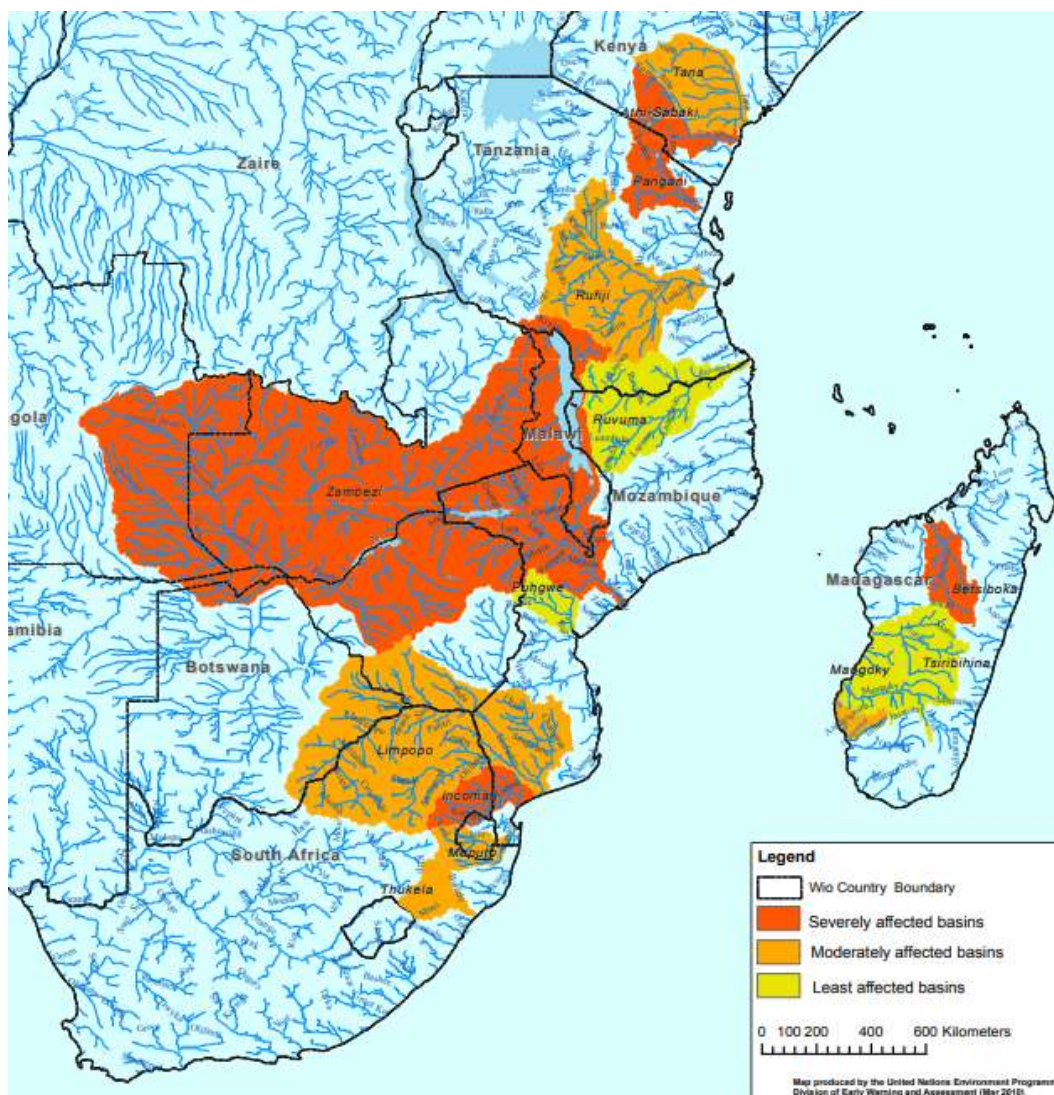
Fonte: IUCN, 2010

Figura 5.90 - Esquema geral do papel dos rios na poluição de plásticos marinha

- Os rios internacionais “importam” grandes quantidades de contaminantes e resíduos, gerados nas bacias hidrográficas pertencentes aos países vizinhos e, até à sua foz, incorporam as cargas poluentes da parte nacional das suas bacias. O Zambeze é, de longe, o rio que tem uma maior bacia internacional e, provavelmente, será também o principal rio emissor de poluentes no mar de Moçambique apesar do efeito de “retenção” das numerosas e grandes barragens existentes na sua bacia. A figura seguinte mostra os pontos críticos da interacção rio-costa na região do Oceano Índico Ocidental (WIO) que reflecte o estado de alterações (de causas naturais e humanas) do regime de caudais líquidos e sólidos e de degradação da qualidade da água, sendo bem evidente o estado severamente crítico das bacias do Zambeze e do Incomati, moderadamente crítico, das bacias do Limpopo e Maputo e, com menos afectação, as bacias do Rovuma e Pungué. Apenas os rios internacionais Save e Búzi não estão nesta lista.
- Nas bacias hidrográficas costeiras de menor dimensão, muitas delas com uma densidade de ocupação humana e económica mais elevada, tende-se a gerar maior quantidade de resíduos líquidos e sólidos. Parte dos resíduos poluentes acumulam-se *in situ*, no espaço natural, e sem tratamento. Outra parte é transportada pelo sistema de drenagem até se acumular em lagoas, estuários e praias da linha de costa próxima. O impacto local tende a ser mais forte quando a capacidade hidráulica dos rios da região é reduzida e as correntes costeiras não são favoráveis.
- Em muitos dos aglomerados urbanos do litoral os problemas apontados no ponto anterior manifestam-se de forma mais aguda, devido à maior densidade populacional, à maior concentração de actividades industriais, portuárias e pesqueiras e a deficiências nos sistemas, quando existem, de tratamento de emissões poluentes.
- Estas dinâmicas têm um carácter permanente e afectam com maior intensidade o estado físico, químico e ecológico das massas de água dos estuários e lagoas, base da cadeia trófica que se estende até aos recursos marinhos do espaço marítimo em geral. Há um efeito de dispersão acentuado com o afastamento da costa.



- A degradação da qualidade ambiental no espaço terrestre manifesta-se na faixa costeira não só em consequência do processo permanente/continuado referido, como também devido a acontecimentos episódicos locais (acidentes) ou mais abrangentes (fenómenos extremos, que aumentam os fluxos hidráulicos e o arraste de resíduos).



Fonte: WIO-SAP (UNEP, 2009)

Figura 5.91 - Pontos críticos da interacção rio-costa na região WIO

No espaço marítimo acumulam-se os efeitos das dinâmicas geradas no espaço terrestre bem como as consequências de actividades e ocorrências no espaço marítimo, incluindo as correntes oceânicas, que podem promover a exportação/importação dos poluentes mais móveis, tais como os plásticos.



No mar, os impactos mais acentuados com origem em problemas terrestres tendem a ser mais elevados na linha de costa (praias), directamente ou por efeito da deposição com origem em pontos da costa a maiores distâncias (caso de resíduos mais “flutuantes”, como os de plástico). Os impactos decorrentes de actividades no mar dependem fortemente da sua localização (corredores de navegação, áreas de exploração de hidrocarbonetos, áreas de pesca, etc.) e de como se fazem sentir as correntes e marés em cada zona.

Na história de Moçambique e segundo a OMI (Organização Marítima Internacional), consta o incidente que envolveu o petroleiro grego, Katina-P, ao largo da baía de Maputo, em Abril de 1992 (figura seguinte) e, posteriormente, foram reportados alguns incidentes, como o da plataforma da Anadarko, no distrito de Palma e o de exploração de areias pesadas em Moma, porém com impactos de menor magnitude (MITADER, 2016).



Fonte: MITADER, 2016

Figura 5.92 - Incidente do navio petroleiro Katina-P, na baía de Maputo, em Abril 1992

Pressões e ameaças

Os elementos afectados (água, solo e ar)

A disponibilidade hídrica superficial “tem forte variação ao longo do território, determinada por factores naturais e pelo desenvolvimento socioeconómico nacional e dos países de montante” (TPF *et al.*, 2019).

Este facto é determinante da vulnerabilidade qualitativa dos recursos hídricos na foz dos grandes rios de Moçambique, pois na fronteira com os países de montante acumulam-se os efeitos dos baixos níveis de gestão de resíduos sólidos e líquidos nesses países, com a agravante de fortes reduções sazonais e interanuais de caudais, por razões naturais ou de consumos a montante, aumentarem a concentração e o efeito poluente. Este quadro negativo é ainda penalizado por processos locais como o avanço da cunha



salina nos principais rios (MITADER, 2016), potenciado pela conjugação da subida do nível médio do mar (mudanças climáticas) com a variabilidade hidrológica.

Acrescem as actividades e a gestão do saneamento em todo o território de Moçambique, que acentuam a pressão sobre a qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos:

- Lacunas nos sistemas de saneamento, capazes de suscitar maiores problemas de poluição e saúde pública quando se verificam em zonas urbanas e periurbanas das cidades e vilas, ainda mais se as suas origens para abastecimento de água às populações forem afectadas pela poluição dessas mesmas áreas; nas zonas rurais, de menor densidade populacional, a capacidade de autodepuração do meio receptor pode atenuar problemas graves de poluição da água, mas a ausência de soluções de saneamento melhorado não deixa de colocar riscos ainda assim apreciáveis:
 - Um inquérito realizado na cidade de Maputo, cuja população é cerca de um milhão de habitantes (Censo de 2007), mostrou que cerca de 9% dos inquiridos tinham infraestrutura ligada a rede dos esgotos, 33% utilizavam latrinas melhoradas, 37% utilizavam latrinas ligadas a fossa séptica, e aproximadamente 20% não detinham acesso a nenhum tipo de infraestrutura de saneamento (Engidro, Hidra, Aquapor, 2015, citado em Jane, 2017). A ETAR (Infulene) que trata uma pequena parte das águas residuais, tem uma capacidade (90.000 habitantes) que não tem sido aproveitada e tem um reduzido desempenho (ver Caracterização neste sub-capítulo). Existem mais ETAR, incluindo algumas compactas. As restantes águas descarregam na baía de Maputo, através de vários emissários, ou infiltram-se, com ou sem passagem por fossas sépticas ou latrinas.
 - Actualmente, apenas Maputo, Beira, Songo e Nampula dispõem de ETAR. De acordo com MITADER, 2016 (EGIZC) todas as restantes capitais provinciais, bem como Matola, Nacala e os grandes aglomerados turísticos costeiros (ex.: Ponta do Ouro, Tofo, Inhassoro, Vilanculos, etc.) não estão providas de ETAR ou ETARI (indústria).
 - A maioria dos centros urbanos de maior população de Moçambique situam-se na zona costeira ou próximo de rios, as suas áreas urbanizadas (cidade de cimento) dispõem de redes de colectores das águas residuais e pluviais, mais ou menos funcionais, descarregando directamente no meio, sem nenhum tratamento. Nas zonas urbanas menos estruturadas o cenário repete-se, agravado pelo estado de desordenamento desses territórios.
 - Em geral o tratamento do esgoto é feito por fossas sépticas e latrinas e os níveis de fecalismo a céu aberto são elevados em muitas áreas.
 - Em vários Municípios faz-se colecta e transporte das lamas fecais de esvaziamento de fossas sépticas (com camiões-tanque) até pontos de descarga nem sempre com as características ou procedimentos de tratamento mínimo adequados.
- Como é referido adiante, a propósito da contaminação do solo, a inexistência de soluções para o adequado destino final dos resíduos sólidos (urbanos e industriais), bem patente no diagnóstico da EGIZC (MITADER, 2016), implica a presença de múltiplas fontes de poluição do meio hídrico



a partir das escorrências geradas nos espaços urbanos, sem ou com deficiente recolha de lixo, e nas lixeiras.

- As actividades extractivas legais, como por exemplo as de grande escala em Moatize/Tete (apesar das medidas de gestão ambiental), ou ilegais, como por exemplo o garimpo na província de Manica (grande número de pequenas unidades), dão origem a múltiplas fontes de poluição do meio hídrico.
- A actividade industrial de grande escala (Matola / Maputo), dos maiores portos (Maputo, Beira e Nacala) e, em menor escala, o armazenamento e uso de combustíveis e outras substâncias perigosas, constituem múltiplas fontes de poluição com potencial de degradação relevante do meio hídrico.
- A agricultura intensiva (ainda pouco desenvolvida), com a utilização de adubos e pesticidas indevidamente geridos, origina escorrências contaminadas importantes nos regadios existentes.

A poluição química do solo não constitui um problema importante na generalidade do país, dada a tipologia e o número reduzido das fontes de poluição existentes e a sua dispersão geográfica, de um modo geral gerando contaminações inferiores à capacidade depurativa do meio natural. A agricultura que se pratica é sobretudo extensiva, com reduzida ou nenhuma utilização de pesticidas ou fertilizantes, os focos de contaminação tóxica (por exemplo, instalações de armazenamento e postos de abastecimento de combustíveis e estabelecimentos industriais que utilizam substâncias perigosas) são em número relativamente reduzido e a densidade de ocupação humana é em geral baixa.

A situação mais negativa, embora pontual, ocorre nos solos que suportam maior desenvolvimento industrial e portuário, bem como nos espaços urbanos e balneares, por deficiências de gestão dos resíduos sólidos (urbanos e industriais), onde se incluem as lixeiras. A este propósito, é de salientar o “Projecto Ambiente em Movimento (Gestão Ambiental)”, incluído no Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável (PNDS) 2015 - 2030, que prevê a construção de 10 aterros sanitários (são explicitados os de Pemba, Pebane, Massinga, Matola e Maputo-Cidade).

Ainda na área de influência dos territórios urbanos, em paralelo, ou não, com problemas de poluição do solo, são notórias fortes degradações da paisagem urbana e balnear, com especial destaque para os efeitos da fraca gestão dos resíduos, plásticos e outros.

Na situação actual, a informação existente sobre a poluição do ar, em termos de inventário de emissões e de concentrações de poluentes atmosféricos, é muito reduzida, não permitindo um diagnóstico assente em elementos quantitativos e objectivos.

A ausência de actividade industrial na maior parte do território nacional leva a que seja diminuta a influência que as emissões provenientes deste sector de actividade têm na qualidade do ar. Contudo, são conhecidas algumas situações potencialmente significativas, com implicações na saúde pública. A título de exemplo refere-se a poluição do ar associável à actividade extractiva, ao processamento de alumínio e produção de cimento na Matola/Maputo, agravada pela proximidade de áreas habitadas



(receptores sensíveis). A logística associada a algumas destas actividades industriais origina também emissões de partículas, através da circulação de comboios e de veículos pesados, questão sensível quando atravessam áreas urbanas de cidades como Maputo, Beira, Nacala, Tete, Cuamba ou Nampula, entre outras. Os projectos termoeléctricos, sobretudo os que assentem na queima do carvão, e o funcionamento de certas áreas dos portos (terminais de matérias primas específicas como o carvão, em Nacala e na Beira) também podem afectar a qualidade do ar.

A poluição do ar associada ao tráfego automóvel (poeiras e emissões do funcionamento dos motores de combustão dos veículos) tem expressão sobretudo nas zonas urbanas de maior dimensão (Maputo e as maiores cidades), onde se conjugam maiores densidades de tráfego e de ocupação humana (presença de maior número de receptores sensíveis). A importação de elevada quantidade de viaturas usadas, que se tem registado no país e a utilização de gasóleo de elevado teor de enxofre são factores que agravaram os problemas de poluição do ar associados ao tráfego automóvel no passado, mas relativamente aos quais são conhecidas iniciativas governamentais no sentido da mitigação.

A queima de biomassa, em contextos distintos, constitui uma das principais fontes de emissões atmosféricas em praticamente todo o país, muitas vezes com reflexos na saúde pública. Destacam-se como mais relevantes: i) a frequente utilização de queimadas para a abertura de áreas para a agricultura (machambas), como estratégia de caça, para a produção de carvão de uso doméstico e para outros fins; ii) a queima doméstica de lenha ou carvão, sobretudo para cozinhar, constitui, à semelhança do que acontece na generalidade de todo o continente africano e de outras regiões do globo, o principal problema de poluição do ar, como é demonstrado em vários estudos internacionais; iii) a queima de lixos, em lixeiras ou junto a áreas habitadas, que é uma prática corrente.

O arraste dos materiais finos do solo pelo vento durante a estação seca constitui um outro problema potencial em termos de qualidade do ar. As nuvens de poeiras podem ter expressão importante nalgumas zonas do País com solos desprotegidos e maiores condições de aridez.

Para além da situação específica das áreas urbanas, em que a concentração de actividades e de tráfego conduz necessariamente a uma alteração do ambiente acústico, bem como das áreas adjacentes ao perímetro de instalações industriais, na maior parte do tempo e na generalidade do território nacional os níveis de ruído são baixos, típicos de áreas rurais ou naturais.

Para além das actividades humanas e industriais mais acentuadas nas circunstâncias e localizações referidas anteriormente, acresce o tráfego aéreo como fonte de ruído potencial, embora as poucas infraestruturas aeroportuárias existentes e o relativamente reduzido número de movimentos (descolagens e aterragens), mesmo nos aeroportos de maior dimensão, leva a que os seus impactos sobre o ambiente acústico sejam pouco significativos.



Os processos específicos da actividade urbana e económica

Entre os aspectos tidos como relevantes no âmbito da elaboração do POEM, destaca-se a “degradação da qualidade do ambiente associada aos assentamentos humanos e às actividades económicas nos países vizinhos e em Moçambique” (TPF e Biodesign, 2019).

Em Moçambique, o número de pessoas residentes em áreas urbanas aumentou tremendamente, de 3,3 milhões, em 1990, para mais de 10 milhões, em 2017. Essa rápida urbanização, combinada com o aumento da actividade económica, levou a um crescimento substancial do volume de emissões poluentes (NSP¹⁶).

A degradação associada aos assentamentos humanos, em Moçambique, decorre:

- Da produção crescente de emissões poluentes e de grandes carências de saneamento básico e de gestão de resíduos sólidos urbanos, generalizadas em todo o país, que conduzem a problemas de poluição do solo, do meio hídrico (superficial e subterrâneo) e do ar, mais significativos nos casos dos assentamentos urbanos e periurbanos de maior dimensão.
- Do tráfego automóvel e actividades diversas nas principais cidades do país (com evidente destaque para Maputo), que origina poluição atmosférica importante, com redução da qualidade do ar e aumento dos níveis de ruído.
- Da grande generalização e potencial gravidade para a saúde pública que é a situação da qualidade do ar interior, devido à queima doméstica de biomassa (lenha ou carvão); ainda a este nível, o aumento do uso de equipamentos de ar condicionado, que acompanha a tendência para soluções construtivas pouco adaptadas ao clima do país, apresenta igualmente alguns riscos, sobretudo nos casos em que a sua manutenção é deficiente.
- Das queimadas no meio rural, que também têm implicações significativas na poluição do ar.

Quanto à degradação da qualidade do ambiente decorrente de actividades económicas importa sublinhar:

- Problemas no meio hídrico superficial, que decorrem da carga poluente nos rios internacionais à entrada em Moçambique, consequência das actividades ao longo das áreas atravessadas nos países de montante.
- Áreas industriais de maior dimensão potencialmente mais significativas como fontes poluidoras: Matola/Maputo, Moatize/Tete e as áreas portuárias (sobretudo Maputo, Beira e Nacala).
- Focos de poluição mais dispersos e pontuais, em diversas partes do país, associados a outras actividades económicas como o garimpo (nalguns casos com carácter de ilegalidade, como é frequente na província de Manica) e a agricultura intensiva (com tendência para crescer) e outras.
- As actividades económicas no mar, com especial relevo para a exploração de recursos geológicos e para a navegação.



- Limitações ao nível do ordenamento do território, nos processos de licenciamento de actividades económicas e de gestão dos IOT que levam à coexistência de actividades industriais, infraestruturas de transporte e assentamentos humanos em situações de proximidade física que potenciam vulnerabilidade à poluição, designadamente atmosférica.
- Ainda que não se trate de uma situação actualmente percebida como significativa, importa notar que a (falta de) qualidade do ambiente pode representar um factor limitante ao desenvolvimento económico, por exemplo no caso da qualidade das águas balneares e da sua influência no aproveitamento de potencialidades turísticas de determinadas zonas.

A Figura 5.91 e a seguinte mostram como se distribui no território e no mar o conjunto das pressões que afectam a qualidade ambiental do mar de Moçambique. Como se pode observar, o factor demográfico tem o maior peso no Norte (Nampula e Zambézia) e em Maputo, e outros pontos “negros” estarão na foz dos rios Zambeze, Limpopo e Maputo, devido a poluição proveniente dos países do *hinterland*, bem como nas áreas portuárias e industriais de Maputo, Beira e Nacala. Existem riscos potenciais a Norte, no Centro e no Sul devido a eventual crescimento da pesquisa e exploração de hidrocarbonetos.

Em resumo, a degradação da qualidade ambiental no espaço marítimo ocorre por efeito de várias pressões e ameaças, de carácter operacional, continuado ou episódico (acidentes e fenómenos extremos), tais como:

- No mar:
 - Descargas de substâncias perigosas originadas por actividades:
 - de navegação, em situação de operação normal (navios em más condições ou más práticas) ou em consequência de acidentes imprevistos (encalhes, colisões, incêndios e explosões), situação que ocupa o primeiro lugar nas estatísticas dos grandes incidentes (MITADER, 2016);
 - em plataformas *offshore* de prospecção e extracção de hidrocarbonetos, em situação de operação normal (más práticas) ou em consequência de acidentes imprevistos (incêndios e explosões);
 - portuárias (aproximações, zonas de espera, tráfego portuário).
 - Despejo de resíduos orgânicos e outros, produzidos no âmbito da operação continuada de instalações e equipamentos ao longo do espaço marítimo, normalmente concentradas em corredores de navegação marítima, em baías portuárias e em zonas de extracção de recursos.

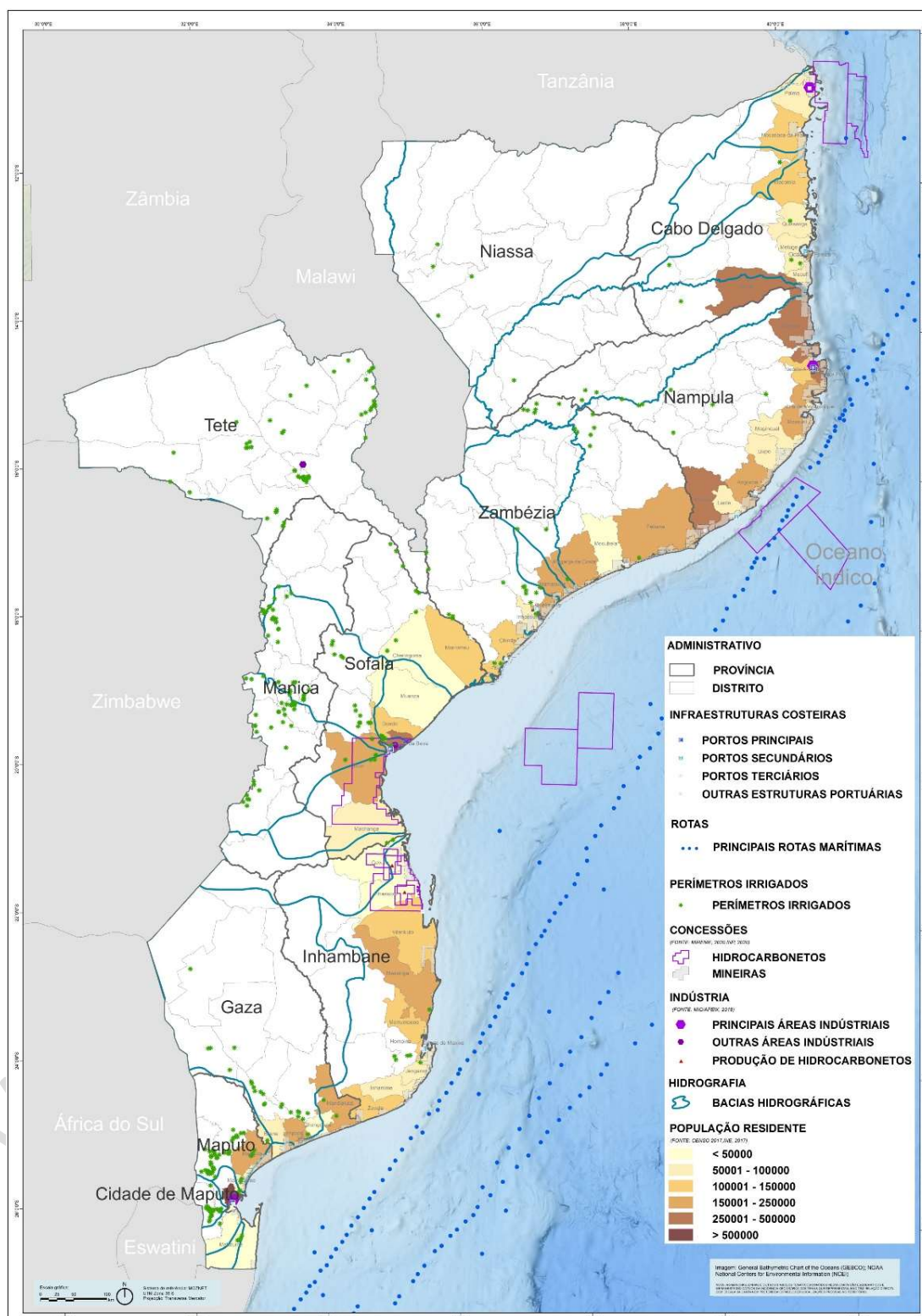


Figura 5.93 - Mapeamento síntese de factores de pressão sobre a qualidade ambiental



- Em terra:
 - Operação regular de cargas e descargas e de reabastecimento, ou acidentes, em terminais portuários, especialmente nos de importação/exportação de produtos com substâncias perigosas, situação que também ocupa os primeiros lugares nas estatísticas dos grandes incidentes (MITADER, 2016).
 - Operação regular ou acidentes em indústrias, em particular as que utilizem ou produzam substâncias perigosas, situadas próximo de lagoas, de estuários, de praias e do litoral, em geral.
 - Actividade urbana, em particular a que envolva produtos ou substâncias mais poluentes, e que estejam próximas de lagoas, de estuários, de praias e do litoral, em geral.

Importa elencar aqui também as razões de natureza não operacional, institucional, regulamentar ou económica, que em Moçambique contribuem para a degradação do ambiente:

- Deficiências no sistema e procedimentos de licenciamento ambiental geral e para actividades poluidoras específicas, para além do licenciamento ambiental geral de AIA. Por exemplo, licenças para descarga de águas residuais, para utilização de substâncias perigosas, etc.).
- Ambiguidades nas responsabilidades de diferentes entidades públicas no âmbito do controlo da qualidade ambiental, desde a prevenção até à fiscalização.
- Lacunas no normativo relativo a valores de referência.
- Insuficiente alocação de recursos financeiros para o sector público responsável pelo controlo da qualidade ambiental, incluindo a aplicação dos regimes de coimas.
- Consequente deficiência de meios para implementação do controlo sistemático da qualidade ambiental, onde se inclui a operacionalização total da AQUA.

5.5.5 Recursos necessários à sua existência/ desenvolvimento sustentável

Os recursos necessários ao desenvolvimento da qualidade ambiental em Moçambique compreendem recursos de gestão, entre os quais se incluem instrumentos apropriados, objecto do subcapítulo seguinte, equipamentos e infraestruturas específicos para o seu crescimento e operacionalização, desde a prevenção até à fiscalização, passando pela monitorização e pelo tratamento de emissões poluentes.

Também são fundamentais recursos de capital para assegurar os investimentos necessários e todos os restantes recursos próprios das cadeias de valor onde se inserem as respectivas actividades.

Dentro da área da poluição marinha e costeira a EGIZC (MITADER, 2016) identifica como desafio a disponibilização de recursos financeiros e capacitação técnica e de recursos humanos capazes de investigar, responder a eventuais acidentes e monitorar derrames de hidrocarbonetos. Constatando que



a resposta aos derrames e poluição é uma actividade bastante onerosa, a EGIZC considera também como desafio o estabelecimento de mecanismos de implementação do princípio de poluidor-pagador, tendo em vista financiar a reparação de danos ambientais.

O Regulamento de Prevenção da Poluição e Protecção do Ambiente Marinho e Costeiro (Decreto 45/2006) prevê um conjunto de instrumentos tendo em vista o financiamento da prevenção e controlo da poluição marinha:

- Taxa sobre os resíduos gerados em navios (artigo 10), tendo em vista cobrir os custos de utilização dos meios portuários de recepção dos resíduos gerados em navios, incluindo os de tratamento e eliminação desses resíduos, cobrada a todos os navios que não sejam de pesca e embarcações de recreio, com uma componente fixa, independente da utilização efectiva dos meios existentes, mas dependente da categoria, tipo e dimensão do navio e, uma componente variável, dependente do tipo e quantidade de resíduos gerados no navio e efectivamente entregue no porto e, da demonstração de uma gestão ambiental geradora de poucos resíduos.
- Multas por infracções ao regulamento em terra, cujo destino é o seguinte (artigo 85): “a) 60% para o INAMAR; b) 10 % para o orçamento do Estado; c) 30 % para o Fundo do Ambiente (FUNAB)”.

Também no contexto do financiamento o POLMAR, no âmbito do Pilar D (Desenvolvimento económico), inclui uma linha de acção (D3), que prevê estabelecer e cobrar taxas de acesso ao mar e por utilização, com fins lucrativos, das zonas costeiras, visando proporcionar retorno para o Estado e para as comunidades, estando no seu âmbito calcular e taxar a poluição.

O financiamento dos planos de acção das estratégias pertinentes de âmbito nacional ou de acções e programas de âmbito local é normalmente equacionado através de vários tipos de fontes: o orçamento do Estado, fundos nacionais e fundos de investimento internacional. No que respeita ao orçamento do Estado, cada sector deverá assegurar a inscrição de acções nos seus Cenários Fiscais e Planos Económicos e Sociais e, em Cenários Fiscais de Médio prazo, em linha com o PQG e a coordenação do Ministério da Economia e Finanças. Os fundos de organizações financeiras internacionais são normalmente construídos para objectivos específicos tais como, o combate à poluição marinha.

É incontornável a necessidade de desenvolvimento dos recursos humanos, em quantidade e qualidade, capacitados e qualificados (técnicos de formação superior, de informática, de laboratório, fiscais e outros técnicos de formação média e auxiliares) para actividades específicas, tendo em vista:

- Melhorar a organização e o funcionamento dos procedimentos gerais e específicos de licenciamento ambiental de actividades poluidoras (substâncias perigosas, solos contaminados, descargas de águas residuais, ruído, etc.), abrangendo vários níveis de decisão pública, desde o nacional até ao local.
- Melhorar a operacionalização do sistema de monitorização ambiental integrado, tendo em conta a importância do papel de entidades públicas e privadas ao longo do território, focado na



aquisição regular de dados relativos ao estado de contaminação do meio, com especial atenção para os distritos costeiros, as praias, as áreas de maior valor ecológico e ambiental e aos locais com maior potencial conhecido de concentração de contaminantes, tais como os rios, estuários e lagoas naturais situados a jusante de fontes de emissões previsivelmente importantes, com ou sem tratamento (ETAR, extensos espaços urbanos não qualificados, áreas industriais, grandes lixeiras, etc.).

- Aumentar o número e operacionalizar instalações de tratamento de emissões poluentes eficientes, que sejam de responsabilidade pública ou municipal (águas e resíduos sólidos urbanos, por exemplo).
- Aumentar os efectivos necessários para operacionalizar um sistema público de fiscalização ambiental descentralizado, focado em actividades poluidoras específicas (indústrias perigosas, lixeiras, tratamento de águas residuais, terminais portuários específicos, etc.).
- Assegurar as funções de regulação, de informação e sensibilização pública e de gestão superior, das instituições centrais e descentralizadas, incluindo o seu papel na criação de condições para dinamizar a acção dos agentes privados no sector.

Para o efeito será fundamental que o sistema de ensino nacional incorpore, nos cursos de formação média e superior, estas áreas de conhecimento e que, para colmatar lacunas de formação dos técnicos em actividade no sector, sejam encontradas soluções de capacitação ou formação intermédia para promover e dinamizar o aumento das suas competências no exercício das funções que lhes estão atribuídas (oferta de cursos, subsídios à formação/capacitação, financiamento de entidades formadoras, etc.).

O desenvolvimento do sector requer um conjunto de meios estruturais e materiais, tais como:

- Instalações/equipamentos de tratamento de descargas poluentes adequados ao contexto socioeconómico do país (lagoas, filtração biológica, ETAR, filtros industriais, lixeiras melhoradas, aterros sanitários, latrinas melhoradas, fossas sépticas, etc.).
- Equipamentos de recolha e transporte de resíduos e outras emissões poluentes (contentores, camiões, barcos e outros, especiais para acidentes no mar ou em terra).
- Instalações adequadas ao funcionamento das entidades públicas do sector, a nível nacional e regional.
- Laboratórios públicos adequadamente equipados e funcionais, tanto a nível nacional como regional.
- Veículos, barcos e outros meios de mobilidade, para terra ou mar, para assegurar os serviços de monitorização e fiscalização das entidades públicas.

O sucesso do processo dependerá também do estabelecimento efectivo de um conjunto de actores, públicos ou privados, frequentemente num contexto de mercado, como referido anteriormente.



De entre as entidades públicas a lei confere à AQUA, um papel muito especial no quadro da gestão ambiental e controlo da poluição, em coordenação com outras entidades como o INAMAR, a DNGRH (e respectivas ARA), a DNAAS e o Laboratório Nacional de Higiene de Alimentos e Águas. Do conhecimento que se tem, é necessário continuar o processo de operacionalização completa da AQUA.

De referir ainda que o POLMAR dispõe sobre matérias específicas da poluição e gestão de resíduos, num quadro de acção de exigente articulação e harmonização entre numerosas instituições (ver Necessidades de gestão) mas, contudo, não refere de forma explícita a articulação com as responsabilidades atribuídas à AQUA, na esfera do ministério que tutela o ambiente.

É necessário que o quadro de acção das entidades referidas seja objecto do maior esclarecimento, no âmbito da qualidade ambiental.

A propósito do tratamento de águas residuais e resíduos sólidos é necessário que Moçambique consiga ver crescer o grau de cobertura do saneamento do meio, através do crescimento do número de instalações e de soluções de gestão específicas para o efeito, adequadas às limitações do país em recursos humanos especializados, em tecnologia para tratamento e em capacidade de investimento directo.

Segundo vários autores e entidades públicas do sector, é recomendável a utilização de soluções tecnológicas simples, sustentáveis e adaptáveis à realidade nacional, requerendo custos de operação (energia, água, reagentes, materiais e equipamentos importados) proporcionais às condições socioeconómicas das áreas abrangidas.

No saneamento geral do meio rural e urbano é necessário aumentar a cobertura de latrinas (de várias tipologias) e de fossas sépticas (sempre que aplicável).

Verlicchi *et al.* (2020), tal como outros autores e fontes, recomendam a adopção de medidas específicas para melhorar o tratamento de águas residuais nas áreas rurais e a salvaguarda das massas de água, de superfície e subterrâneas, que são fontes de necessidades de consumo.

No tratamento centralizado de águas residuais é necessário implementar soluções de lagunagem, filtração biológica ou os leitos de macrófitas e adoptar ETAR apenas quando seja possível garantir o capital para o respectivo investimento e, acima de tudo, providenciar a capacidade tecnológica e económica para assegurar a sua operação eficaz e continuada ao longo dos anos, sejam de pequena (compactas) ou de grande dimensão.

No tratamento de lamas fecais o estabelecimento de instalações receptoras de lamas transportadas por tanque poderá ser uma opção de curto prazo para muitas situações, uma vez que grande parte do saneamento praticado é do tipo a seco (Jane, 2017).

Especificamente em relação à gestão de resíduos sólidos, cujo impacto na qualidade ambiental da faixa costeira e no oceano é relevante, destacam-se alguns aspectos da situação actual e necessidades de



melhoria da gestão de RSU¹⁸ em Maputo e, em Moçambique, de acordo com várias fontes consultadas, entre as quais Chambela (2016):

- A gestão de resíduos sólidos em Maputo baseia-se historicamente na colecta e afastamento. Os catadores são responsáveis pelo desvio na cidade de cerca de 600 toneladas/mês de RSU, equivalente a 2% dos resíduos produzidos mensalmente pela cidade de Maputo, alimentando assim o mercado local de pequenas empresas de reciclagem emergente.
- O conceito de gestão integrada e sustentável de resíduos sólidos, da qual o serviço de colecta selectiva faz parte, ainda é tímido no município de Maputo, a inclusão social de diversos actores na cadeia de gestão de RSU mostra-se desajustada e a população não participa activamente nesse processo.
- Embora o município esteja a melhorar o sistema nas zonas formais da cidade (separação e reutilização de diferentes tipos de lixo, etc.), as pessoas nos aglomerados informais não obtêm os serviços pelos quais pagam e vêem a acumulação de lixo como um problema importante nas suas vidas.
- A acumulação no espaço público e as deficiências de recolha e tratamento tem implicações tangíveis sobre os territórios, em particular os urbanos, e sobre a auto-estima, bem-estar e saúde das pessoas.
- Sendo assim, há necessidade de reforçar a componente de educação ambiental e a responsabilidade partilhada e fazer com que o sujeito se sinta inserido na gestão ambiental do município.
- A fraca expansão dos projectos de colecta selectiva acompanha o baixo crescimento do mercado de recicláveis no país. Além de ser baixa a parcela da sociedade mais sensibilizada para as questões de reciclagem, o fraco avanço tecnológico do país dificulta a valorização comercial de materiais recicláveis. No entanto, a valorização dos recicláveis tem estimulado a multiplicação de catadores autónomos dando maior visibilidade à colecta selectiva.
- Os projectos de reciclagem, apesar da sua pequena escala, demonstraram ser geradores de benefício económico (para as famílias envolvidas), ambiental (reciclagem de diversos materiais) e social (o trabalho proporciona possibilidades de integração social de pessoas marginalizadas).
- A colecta selectiva praticada pelas organizações presentes em Maputo não faz parte da gestão de RSU do Município, as cooperativas não são remuneradas pelos serviços de colecta e triagem e as suas receitas provem da venda de materiais recicláveis.

¹⁸ RSU: Resíduos Sólidos Urbanos



5.5.6 Instrumentos de gestão

Instrumentos de âmbito local com maior especificidade para o sector

A qualidade ambiental e o controlo da poluição, no âmbito do licenciamento e da gestão de actividades socioeconómicas e de conservação, constituem matérias obrigatoriamente integradas em instrumentos de planeamento específicos de projectos, tais como:

- Planos de Maneio (por Área de Conservação, por Área de Concessão Florestal).
- Planos de Gestão Ambiental (por projecto, no âmbito do licenciamento ambiental geral).
- Planos de Gestão de Resíduos (por projecto, no âmbito de licenciamento específico para o tipo de actividade).
- Planos de contingência (por projecto, no âmbito do Decreto n.º 45/2006, o Regulamento para Prevenção da Poluição e Protecção do Ambiente Marinho e Costeiro).

Instrumentos de âmbito nacional com maior especificidade para o sector

Em Moçambique não existem ou estão previstos planos de ordenamento específicos para a qualidade ambiental e seu controlo. No entanto, vários instrumentos de ordenamento requerem a consideração e análise desta questão. Ao nível dos IOT¹⁹, a caracterização da situação de referência e a proposta de zoneamento, de acordo com a Lei e o Regulamento de Ordenamento do Território, devem considerar a qualidade ambiental dos espaços para usos específicos, bem como os riscos de poluição (qualidade do ar e da água, ruído, etc.) incidentes sobre as diferentes classes de uso propostas (espaços verdes, indústria, etc.).

A EGIZC (MITADER, 2016), no âmbito da sua área temática III, relativa ao Plano de Acção para a Prevenção da Poluição Marinha e Costeira, constituiu um documento de referência recente para esta problemática. A EGIZC identifica dois instrumentos da maior relevância para a prevenção da poluição marinha e costeira, cuja análise não foi suscitada nem realizada (não houve acesso aos documentos):

- DNGA/MICOA (2007). Manual de Gestão Integrada da Zona Costeira. Maputo.
- MTC, 2014. Plano Nacional de Contingência marinha de combate à poluição por hidrocarbonetos. Aprovado na 5ª Sessão Ordinária do Conselho de Ministros de 25 Junho. Maputo.

¹⁹ IOT: Instrumentos de Ordenamento do Território, de âmbito Nacional (PNDT e PEOT), de nível provincial (PPDT), de nível distrital (PDUT) e, de nível autárquico, Plano Geral de Urbanização (PGU), Plano Parcial de Urbanização (PPU), Plano de Estrutura Urbana (PEU) e Plano de Pormenor (PP).



Dentro daquele Plano de Acção, a EGIZC (MITADER, 2016) identifica como maior desafio a operacionalização e implementação do Plano Nacional de Contingência (PNC) de combate à poluição por hidrocarbonetos, entre outros.

O Plano de Acção da EGIZC prevê, no mesmo âmbito, dentro do conjunto dos objectivos e acções estratégicas, a criação ou operacionalização de diversos instrumentos de gestão, tais como:

- elaborar Planos Provinciais de Contingência;
- apetrechar o Centro de comunicação na gestão de incidentes de poluição marinha;
- adquirir equipamento e material de: intervenção contra a poluição; de recepção de resíduos nos principais portos;
- elaborar de Mapas de Sensibilidade Ambiental (ESI Mapas) da Costa de Moçambique;
- elaborar padrões de qualidade ambiental das águas (bacias e oceano);
- estabelecer programas de monitoria da poluição em estuários e baías;
- construir ETAR domésticas e industriais nos aglomerados humanos costeiros;
- elaborar normas e procedimentos para classificação e construção de ETAR;
- construir aterros sanitários nas principais cidades e vilas costeiras;
- elaborar o quadro legal para o controlo e gestão de águas de lastro e dragagens.

O Plano de Acção da EGIZC prevê, no âmbito das restantes três áreas temáticas estratégicas (natureza, desenvolvimento sustentável e quadro legal/institucional) várias acções e instrumentos que também contribuirão para a prevenção da poluição.

A estratégia do POLMAR contempla o desenvolvimento da gestão da poluição e dos resíduos, através de instrumentos institucionais, programas de capacitação, implementação de planos de gestão e monitorização hidrográfica, inventário de poluições críticas, aplicação de normas de segurança portuária e de prevenção da poluição marinha e costeira, entre outras, evidenciando articulação institucional (quadro seguinte).

Quadro 5.15 - Estratégias do POLMAR para a qualidade ambiental e controlo da poluição

Estratégias (Por Linha de Política e por Pilar)		Responsabilidade de Execução / Harmonizar
Pilar A: Governação e quadro legal		
Linha de Política: A.b. Reprime (...): (entre outros) a poluição (...)		
A.b1. Pôr em funcionamento os Tribunais Marítimos criados pela Lei nº. 5/96, de 4 de Janeiro		MJACR / MIMAIP; MTC; MEF
A.b2. Potenciar a PRM - Polícia Costeira, Lacustre e Fluvial a Polícia dos Municípios e o Serviço Nacional de Salvação Pública (PA)		MINT /



Estratégias (Por Linha de Política e por Pilar)	Responsabilidade de Execução / Harmonizar
	MIMAIP; MTC; MITADER; GOVPROV; Municípios
A.b3. Implementar programas de capacitação dos agentes de fiscalização marítima incluindo os fiscais comunitários	MINT / MIMAIP; MITADER; GOVPROV; Municípios; OCB
Pilar C: Ambiente marinho e costeiro	
Linha de Política: C.c. Desenvolve acções dirigidas a melhorar a gestão das bacias hidrográficas, das fontes de poluição (...)	
C.c1. Elaborar, aplicar e monitorizar os planos de gestão das bacias hidrográficas com impactos nos ecossistemas marinhos (PA)	MOPHRH / MIMAIP; MASA; MITADER; MIREME; Municípios; GOVPROV; SEPRIV; OCB
Linha de Política: C.d. Promove a gestão dos resíduos marinhos emanados de várias fontes (...)	
C.d1. Inventariar e mapear as fontes com concentração de resíduos marinhos que se acumulam na costa e no mar (PA)	MITADER + MIMAIP / Sectores utilizadores do mar; MISAU; GOVPROV; Municípios; SEPRIV; OCB
C.d2. Implantar um sistema multisectorial de gestão de resíduos marinhos, seu controlo e inspecção.	MIMAIP / MITADER; MINT MDN, MTC; MIREME; MASA, GOVPROV; OCB; SEPRIV; SOCIVIL; Municípios
C.d3. Potenciar a fiscalização para controlar o tratamento dado aos resíduos produzidos pelas actividades exercidas no mar, (...) (ver Pilar A, estratégia Ab2)	MIMAIP + MDN + MINT / MIREME; MITADER; MTC; MEF; GOVPROV; Municípios
Pilar DA: Portos e infraestruturas	
DA.a. Garante um sistema portuário, apetrechado e moderno, com ligação às vias férreas e rodoviárias e às cadeias logísticas de abastecimento, para acomodar embarcações de transporte marítimo de carga e de passageiros e para as embarcações de pesca.	
DA.a2. Assegurar a aplicação das normas inerentes (1) à segurança portuária e (2) à prevenção da poluição marítima e costeira.	(1) MTC + (2) MIMAIP/ MITADER; MINT; SEPRIV; OCB

PA = Prioridade alta

No âmbito do desenvolvimento da gestão de qualidade das águas interiores a nível nacional está previsto um sistema abrangente de aquisição e processamento de dados hidrológicos (quantidade/qualidade) em tempo real, a instalar num Centro de Gestão Integrada de Recursos Hídricos (MOPHRH, 2017), com prioridade para as bacias internacionais. Nhantumbo *et al.* (2015), aponta um desenvolvimento no mesmo sentido, para a bacia do Zambeze, em que a monitorização de toda a bacia é executada para a ARA Zambeze por consultores especializados, sendo que ainda terão de ser dados muitos passos até à concretização desse sistema.

Por outro lado, os estudos do projecto conhecido por Hidromet (Salomon *et al.*, 2016) preconizam a automatização de 5 estações de qualidade da água (uma em cada ARA). Ao que se sabe, ainda não aconteceram desenvolvimentos sobre esta matéria.



Instrumentos de âmbito nacional gerais com impacto sobre o sector

Para além destes instrumentos, aplicáveis caso a caso (por projecto), e dos instrumentos de planeamento nacional mais específicos, algumas políticas, estratégias e tipologias de planos apontam para linhas de acção visando a qualidade ambiental e o controlo da poluição. Muitas dessas linhas são ou devem ser incluídas nos instrumentos de gestão de cada projecto ou concretizadas através de acções de incidência Nacional.

Neste contexto, para além da EGIZC, existem várias políticas e estratégias nacionais para o Ambiente, o Mar, a Zona Costeira e de Águas, referidas anteriormente (Capítulo 3), nas quais são previstas acções de investimento estrutural e não estrutural (como a formação e capacitação) no âmbito da qualidade ambiental e do controlo da poluição ou, em âmbitos fortemente relacionados. Todavia não se encontrou definido qualquer sistema de incentivos específico para os investimentos no sector, incluindo ao nível da formação.

O PQG, através do qual o Governo programa a afectação de recursos financeiros para um prazo de execução quinquenal, gera as condições de base para a materialização das medidas de política, entre as quais, as que permitem responder a necessidades do âmbito da qualidade ambiental.

Plano Quinquenal do Governo (PQG)

O PQG é o instrumento de política que cria as condições efectivas para a materialização, num quadro de programação quinquenal, as diversas políticas e estratégias do Governo. Como se diz no Capítulo 3, “Reforçar a capacidade de avaliação e monitoria da qualidade ambiental, em especial nas áreas de implementação de projectos de desenvolvimento” é um dos objectivos estratégicos definidos no âmbito da Prioridade 5 do PQG 2015-2019, “Gestão sustentável e transparente dos recursos naturais e do ambiente”, abrangendo várias linhas de acção respeitantes ao espaço marítimo nacional. De facto, no PQG, para o referido objectivo estratégico “(...) o Governo prioriza as seguintes acções, entre outras: (...) e) Introduzir o controlo de resíduos de drogas veterinárias, contaminantes ambientais e sanidade dos organismos aquáticos; (...) i) Promover pesquisa aplicada para assegurar a prevenção, controlo, e mitigação de problemas ambientais; j) Promover a pesquisa sobre o ambiente aquático, recursos pesqueiros e aquícolas; (...); e l) Melhorar a gestão de resíduos sólidos e químicos nocivos, (...)”.

Estratégias nacionais

Do quadro estratégico nacional (Detalhes no Capítulo 3) destacam-se:

- A Política Nacional do Ambiente, constitui a base das várias estratégias e planos na área do ambiente e consagra, entre outros, o princípio do poluidor pagador.
- A Política e Estratégia do Mar (POLMAR) identifica ameaças de poluição, adopta o princípio do poluidor-pagador e, entre as Linhas de Política, “garante a qualidade ambiental dos ecossistemas e dos recursos marinhos e costeiros e assegura que os investimentos produtivos não comprometem ou deterioreem a qualidade ambiental (...)”, “Reprime, no cumprimento das leis



nacionais e em conjugação com os instrumentos internacionais ratificados por Moçambique, a) (...); ii. poluição marinha e costeira e o uso desregrado dos respectivos recursos; (...); guia-se, no domínio do ambiente marinho e costeiro, por: “(...) c) Desenvolve acções dirigidas a melhorar a gestão das bacias hidrográficas, das fontes de poluição pelas actividades baseadas em terra, especialmente no que concerne ao controlo da erosão, fluxos de água, sedimentação e poluição, com impacto no ecossistema marinho. d) Promove a gestão dos resíduos²⁰ marinhos emanados de várias fontes para garantir o bem-estar dos ecossistemas marinhos; (...)”

- A Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira (EGIZC) 2016-2025, referida anteriormente, cuja Visão aponta a “uma zona costeira ... livre de degradação ambiental, ...” identificando objectivos estratégicos e principais metas (a 10 anos: 2025) para as suas quatro áreas temáticas: Preservação Natural; Planeamento e Desenvolvimento Sustentável; Prevenção da Poluição Marinha e Costeira; e Quadro legal e Coordenação Interinstitucional.
- A Estratégia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável (2007-2017), ainda que ultrapassado o respectivo horizonte temporal, analisa cenários e define objectivos e estratégias para a poluição, das águas e do ar, de ecossistemas terrestres, costeiros e marinhos, do meio urbano e da indústria, reconhece a existência de problemas de poluição e aponta estratégias, das quais se destacam:
 - “Intensificar a prevenção da poluição das águas, (...), através da introdução de tecnologias economicamente acessíveis de tratamento de resíduos (...), bem como tratamento de águas residuais, visando mitigar os efeitos da contaminação das águas subterrâneas, estabelecendo um sistema formal de monitoria do sistema ao nível nacional”.
 - “Intensificar a prevenção da poluição da água (...), através de tecnologias que assegurem saneamento acessível e tratamento dos efluentes líquidos domésticos e industriais, através da mitigação dos efeitos da contaminação das águas subterrâneas e através do estabelecimento de sistemas de monitoria e de quadros legais eficazes”.
 - “Ratificar e implementar as convenções, protocolos e outros instrumentos da Organização Marítima Internacional referentes à segurança e protecção do ambiente marinho, contra a poluição e danos ambientais causados pelos navios”.
 - “Implementar programas de prevenção e controle de erosão, poluição e perda de habitats nas zonas costeiras e ilhas”.
 - Inclui também estratégias específicas para os aglomerados urbanos, de “Urbanização e planeamento” e de “Ambiente saudável, lixo, esgotos, água e infra-estruturas de recreio, e segurança” e para as indústrias, incluindo a poluição do ar e as emissões de GEE.
- A Política Nacional de Águas (Resolução n.º 46/2007, de 21 de Agosto) considera uma visão de disponibilidade de água “em quantidade e qualidade adequadas para as gerações actuais e

²⁰ Resíduos: as substâncias ou objectos que se eliminam, que se tem a intenção de eliminar ou que se é obrigado por lei a eliminar, também designados por lixos (POLMAR).



futuras, (...)", por sua vez traduzida na Estratégia Nacional de Recursos Hídricos (aprovada em 21 de Agosto de 2007).

- A Estratégia Nacional de Desenvolvimento (2015-2035), apesar de não referir a qualidade ambiental e a poluição, aponta ao investimento em saneamento do meio para superar desafios tendo, em vista a saúde pública e o desenvolvimento do capital humano e, projecta que a taxa de usos de serviços de saneamento passe de 24% para 70%, em 2035.
- A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável influencia as estratégias nacionais e foi adoptada pelo Governo como instrumento de enquadramento do PQG 2015-2019. Entre os ODS alguns tem ligação evidente às questões da poluição e da qualidade ambiental (IUCN, 2010):
 - ODS 3: Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades. Meta 3.9 (Até 2030, reduzir substancialmente o número de mortes e doenças por produtos químicos perigosos, contaminação e poluição do ar e água do solo).
 - ODS 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos. Meta 6.3 (Até 2030, melhorar a qualidade da água, reduzindo a poluição eliminando despejo e minimizando a liberação de produtos químicos e materiais perigosos, reduzindo à metade a proporção de águas residuais não tratadas e aumentando substancialmente a reciclagem e reutilização segura globalmente).
 - ODS 11: Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Meta 11.6 (Até 2030, reduzir o impacto ambiental negativo per capitadas cidades, inclusiveprestando especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos municipais e outros).
 - ODS 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis. Meta 12.5 (Até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reutilização).
 - ODS 14: Conservar e usar de forma sustentável os oceanos, mares e os recursos marinhos). Meta 14.1 (Até 2025, prevenir e reduzir significativamente a poluição marinha de todos os tipos, em particular a resultante das actividades terrestres, incluindo a poluição de nutrientes e detritos marinhos) e 14.a ("Aumentar o conhecimento científico, desenvolver capacidades de investigação (...)).
 - ODS 2: Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável (Como consequência das metas enumeradas).

Lei do Ambiente e regime jurídico conexo

A publicação da Lei do Ambiente (Lei n.º 20/97, de 1 de Outubro), despoletou um assinalável esforço de regulamentação (TPF e Biodesign, 2019). Entre as bases legais com maior relevância no âmbito da gestão da qualidade ambiental, que funcionam como instrumentos para a sua orientação e execução, entendemos destacar vários regulamentos:



- Prevenção da Poluição e Protecção do Ambiente Marinho e Costeiro (Decreto n.º 45/2006, de 30 de Novembro), aplicável ao domínio público, desde as águas interiores (zonas húmidas, estuários, baías e portos) até ao alto mar.
- Padrões de Qualidade Ambiental e de Emissão de Efluentes (Decreto n.º 67/2010, de 31 de Dezembro, que alterou o Decreto n.º 18/2004, de 2 de Junho).
- Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (Decreto n.º 94/2014, de 31 de Dezembro, que revogou o Decreto n.º 13/2006, de 15 de Junho).
- Gestão dos Lixos Biomédicos (Decreto n.º 8/2003, de 18 de Fevereiro).
- Gestão de Resíduos (Decreto n.º 13/2006, de 15 de Junho).
- Gestão de Resíduos Perigosos (Decreto n.º 83/2014, de 31 de Dezembro).
- Gestão das Substâncias que Destroem a Camada de Ozono (Decreto n.º 24/2008, de 1 de Julho) (na parte que respeito à poluição).
- Banimento do Amianto e seus Derivados (Decreto n.º 55/2010, de 22 de Novembro) (na parte que respeito à poluição).
- Inspeção Ambiental (Decreto n.º 11/2006, de 15 de Junho).
- Processo de Auditoria Ambiental (Decreto n.º 25/2011, de 15 de Junho).

O Regulamento do Processo de Avaliação de Impacto Ambiental (Decreto n.º 54/2015, de 31 de Dezembro) constitui outro instrumento com a maior importância para a gestão e salvaguarda da qualidade ambiental.

Lei do Mar

A Lei do Mar (Lei n.º 20/2019, de 8 de Novembro):

- adopta o princípio do poluidor-pagador (artigo 5) e estabelece o controlo da poluição marinha como condição de passagem inofensiva de navios (artigo 30);
- no âmbito da protecção e conservação do meio marinho (artigo 42):
 - esclarece que Moçambique adopta legislação de carácter internacional para prevenir, reduzir e controlar a poluição do meio marinho, define um conjunto de proibições, no meio marinho, de emissão ou poluição com origem em actividades terrestres, ou no mar, identificadas;
 - define a competência do Governo para exercer poderes de jurisdição civil ou criminal quando tenha sérios motivos para suspeitar que determinada embarcação que se ache no espaço marítimo nacional violou regras e normas internacionais aplicáveis para prevenir, reduzir e controlar a poluição do meio marinho, (...).



- A poluição marinha é objecto efectivo dos artigos 53 (Protecção e preservação do meio marinho), 58 (Mecanismos jurisdicionais para o controlo da poluição marinha), 91 (Âmbito da fiscalização marítima) e Capítulo X (Crimes e Contravenções).

Outras leis e regulamentos

Entre outras leis e regulamentos sectoriais identificam-se também disposições que apontam a princípios, objectivos, medidas e acções da maior relevância para orientação da gestão da qualidade ambiental:

- Regulamento do Regime Jurídico de Utilização do Espaço Marítimo Nacional (RJUEM), aprovado pelo Decreto n.º 21/2017 de 24 de Maio.
- A Lei de Pescas (Lei n.º 22/2013 de 1 de Novembro), que define o regime jurídico das actividades pesqueiras e complementares, inclui entre outros, o princípio da protecção, conservação e utilização sustentável dos recursos biológicos aquáticos e dos respectivos ecossistemas e o princípio do poluidor pagador.
- A Lei dos Petróleos (Lei n.º 21/2014, de 18 de Junho) prevê a obrigação de indemnização por parte dos operadores petrolíferos que causem dano ambiental ou poluição, no manuseamento, transporte, pesquisa e exploração de petróleo e gás.
- Outros instrumentos legais da área do ministério que tutela a exploração de recursos mineiros são o Regulamento Ambiental para as Operações Petrolíferas (Decreto n.º 56/2010) e o Regulamento Ambiental para a Actividade Mineira (Decreto n.º 26/2004).
- A Lei das Águas (Lei n.º 16/91, de 3 de Agosto) respeita às águas interiores²¹ e entre os seus objectivos estão a “definir o regime jurídico geral das actividades de protecção e conservação, inventário, uso e aproveitamento, controlo e fiscalização dos recursos hídricos”. Ancora-se no conceito clássico de responsabilização por danos e o seu texto contém diversas disposições de prevenção e combate às causas de degradação do domínio hídrico, com destaque para os Capítulos III (Utilização das águas), IV, (Protecção qualitativa das águas) e V (Efeitos nocivos das águas).
- Outros instrumentos que executam a Lei de Águas, mais relacionados com a qualidade ambiental, são: Regulamento de Licenças e Concessões de Águas (Decreto n.º 43/2007, de 30 de Outubro); Regulamento dos Sistemas Públicos de Distribuição de Água e Drenagem de Águas Residuais (Decreto n.º 30/2003, de 1 de Julho); Programa Nacional de Abastecimento de Água e Saneamento (PRONASAR); Plano Estratégico de Água e Saneamento Urbano 2006-2025 (PESA-ASU); Plano Estratégico de Água e Saneamento Rural (PESA-ASR); Regulamento sobre

²¹ Águas interiores. Situadas no interior da linha de base do mar territorial, incluindo baías, portos, estuários, lagos naturais e artificiais, rios e águas continentais incluindo correntes de água doce (Estratégia Nacional de Recursos Hídricos).



Qualidade da Água para o Consumo Humano (Decreto Diploma Ministerial n.º 180/2004, de 15 de Setembro).

Convenções internacionais

Entre o conjunto de convenções internacionais a que Moçambique aderiu, algumas incluem como relevantes as questões da poluição e da qualidade ambiental, por via ou dos princípios, ou dos objectivos ou, de medidas nelas inscritas (Ver detalhes no Capítulo 3).

- Das convenções sobre o mar: a Convenção Internacional para a Prevenção da Poluição por Navios, de 1973, o respectivo Protocolo, de 1978 (MARPOL) e, a Convenção Internacional sobre a Preparação, Combate e Cooperação contra a Poluição por Hidrocarbonetos.
- Outras convenções de âmbito global: a Convenção de Basileia sobre o Controlo de Movimentos Transfronteiriços de Resíduos Perigosos e sua Eliminação e a Convenção de Roterdão relativa ao Procedimento de Prévia Informação e Consentimento para Determinados Produtos Químicos e Pesticidas Perigosos no Comércio Internacional.
- No contexto continental, Africano: a revisão de 2002 da Convenção Africana sobre a Conservação da Natureza e dos Recursos Naturais e, a Convenção de Bamako.
- A nível regional: a Convenção de Nairobi (Convenção para a Protecção, Gestão e Desenvolvimento Marinho e Costeiro da Região Oriental de África) e, vários Protocolos da SADC, com ligação mais óbvia à qualidade ambiental ao espaço costeiro e marítimo.

5.5.7 Necessidades de gestão

Necessidades de investimento em capital e/ou em formação

Como se depreende da leitura dos subcapítulos anteriores é manifestamente necessário investimento público e privado no capital humano e no crescimento da sua competência específica para as várias tipologias de actividade do sector.

Do lado do Governo fará todo o sentido aperfeiçoar um sistema de incentivos e, criar condições para novas soluções, que possam ser aplicadas a instituições do Estado ou a agentes privados:

- Incorporar no sistema de ensino, público ou privado, cursos de formação média e superior nas áreas de conhecimento mais relevantes para o sector.
 - Promover a capacitação ou formação intermédia dos técnicos que exercem funções no sector.
 - Definir incentivos para aumentar a oferta de ensino por parte de entidades públicas ou privadas.
- Exemplos:



- financiamento da construção de equipamentos de ensino profissional;
- financiamento de entidades formadoras;
- subsídios ou outros incentivos para os capacitandos/formandos.

Interesse em potenciar a integração numa rede

No PNDD (TPF e Biodesign, 2019) concluiu-se ser “necessário desenvolver um quadro de coordenação e articulação interinstitucional em matéria de qualidade ambiental”, questão fundamental para a melhoria da sua gestão:

- O desenvolvimento da qualidade do ambiente depende fortemente da melhoria da coordenação e articulação institucional, dentro e entre áreas tão diversas quanto os serviços urbanos de água e saneamento, os recursos hídricos, os recursos marinhos e a zona costeira, a biodiversidade e a conservação do ambiente, a agricultura, a pecuária, a floresta, as pescas, a indústria, a mineração, o turismo, os transportes e outras actividades.
- Até ao presente, não se estabeleceu esse quadro de acção em matéria de qualidade ambiental (ou mesmo de saúde ambiental), quer ao nível do estabelecimento de políticas e objectivos estratégicos, quer de monitoria e avaliação, e não estão em prática requisitos ou mecanismos que enquadrem e promovam a realização de inventários de fontes poluidoras ou de estudos sistemáticos abrangentes, periódicos e publicamente disponíveis, sobre a qualidade do ambiente.
- Existem, por exemplo, estudos pontuais (geográfica ou temporalmente), realizados no âmbito de estudos de impacto ambiental ou da implementação dos planos de gestão ambiental aprovados no decurso dos processos de AIA, ou actividades de monitoria da qualidade da água de rios e colectores de drenagem realizadas pelas ARA, pelos municípios ou pelo Laboratório Nacional de Higiene, Alimentos e Águas que, actualmente, não contribuem para uma caracterização conjunta, abrangente, consistente e representativa do estado da qualidade do ambiente no país.
- É fundamental a melhoria substancial de um quadro de coordenação interinstitucional e, que se estabeleça a efectiva operacionalização dessa coordenação, no contexto do ordenamento do território e do planeamento, para prevenir ou para corrigir.

Indo ainda mais longe, a EGIZC 2016-2025 (MITADER, 2016) afirma “(...) a implementação de actividades de forma isolada pelos diversos actores pode resultar, muitas vezes, na sobreposição destas nos mesmos espaços e com consequentes impactos de diversa natureza. Adicionalmente, a ausência de uma instituição com responsabilidades restritas na gestão da zona marinha e costeira possibilita a ocorrência de acções não apropriadas e ambientalmente não sustentáveis”.

A articulação referida deve estabelecer-se segundo uma lógica de rede integrada, em que as entidades actuando sobre o mesmo território partilham estratégias, práticas e dados recolhidos e cada uma adapta a sua acção tendo em conta um entendimento comum, emergente do diálogo entre as mesmas.



Esta rede deverá ter uma contextualização internacional. Um exemplo importante é, no Zambeze, o da partilha institucional de dados de qualidade da água, desde a ZAMCOM (Comissão de Bacia do Zambeze) até às entidades governamentais (ARA Zambeze, IIP-Songo) e utilizadores/poluidores, tais como as mineradoras e os municípios (Nhantumbo *et al.*, 2015).

Esta rede deve ir além das instituições públicas chave da monitorização, controlo e fiscalização da qualidade ambiental, estendendo-se também aos agentes privados envolvidos nas diferentes actividades das cadeias de valor do sector, sejam potenciais poluidores, agentes comerciais ou agentes da monitorização ambiental e dos processos de tratamento de emissões poluentes.

Mecanismos de observação, controlo e fiscalização necessários

Os mecanismos de observação, controlo e fiscalização para a qualidade ambiental dependem, como referido anteriormente, de disposições de topo para a gestão da qualidade ambiental.

Para o mar, essa gestão de topo cabe, em grande parte, ao ministério que tutela a área do ambiente, através de entidades como a AQUA e outras, em termos gerais e, com maior incidência, no âmbito da regulação e prevenção, incluindo o Licenciamento Ambiental.

Papel igualmente importante cabe ao INAMAR e à Autoridade Marítima no âmbito da actividade marítima potencialmente geradora de poluição, da autorização e licenciamento de actividades na zona costeira ou no mar e, da fiscalização do cumprimento do Regulamento de Prevenção da Poluição e Protecção do Ambiente Marinho e Costeiro.

No quadro de acção regulamentar é definida a articulação destas entidades e de outras (Autoridades Portuárias, Ministérios sectoriais, Governos Provinciais e Conselhos Municipais, nas suas áreas de jurisdição), tendo em vista a operacionalização de um conjunto de mecanismos (incluindo regimes) aplicáveis a fontes de poluição no mar e em terra, apresentados no quadro seguinte.



Quadro 5.16 - Mecanismos de observação, controlo e fiscalização para a qualidade ambiental e poluição no âmbito do Regulamento (Decreto 45/2006)

NAVIOS E PLATAFORMAS (Título II)
Sistemas de Prevenção e Controlo da Poluição (Capítulo I)
<u>Meios de recolha e tratamento de resíduos (Artigo 5)</u> 1. Todo o porto, instalação portuária, plataforma, instalações emissoras ao longo da costa bem como suas instalações de apoio, deverão dispor obrigatoriamente de instalações ou meios adequados para a recolha e tratamento dos diversos tipos de resíduos e para o combate da poluição. 2. A definição das características das instalações e meios destinados à recepção e tratamento de resíduos e ao combate da poluição será efectuada mediante estudo de impacto ambiental.
Manual de procedimentos (Artigo 6) Planos de contingência (Artigo 7) Depósito de resíduos gerados em navios (Artigo 8)
Transporte de Óleos, Hidrocarbonetos e Substâncias Nocivas ou Perigosas (Capítulo II)
Livros de registo (Artigo 11) “As plataformas e os navios com mais de 50 toneladas brutas que transportem óleo, ou o utilizem para sua movimentação ou operação, ... Todo o navio que transportar substâncias nocivas ou perigosas a granel ...” Localização no Navio (Artigo 12) Embalagens de substâncias nocivas (Artigo 13) Certificados e garantia (Artigo 14) Para certas tipologias e acima de certas capacidades de carga é obrigatório que os navios sejam detentores de certificado comprovativo de seguro, ou certificado internacional para a prevenção da poluição por hidrocarbonetos.
Descargas de Óleo, Substâncias Nocivas ou Perigosas (Capítulo III) (Proibições) Competências da Autoridade Marítima para Evitar Poluição (Capítulo IV) (e Medidas) Investigação de Incidentes, Sanções e Compensação de Prejuízos (Capítulo V)
PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO MARINHA E COSTEIRA POR FONTES BASEADAS EM TERRA (Título II)
Actividades Proibidas ou Condicionadas (Capítulo I) Prevenção e controlo (Artigo 43) Decreto n.º 30/2003, de 1 de Julho (Regulamento dos sistemas públicos de distribuição de água e de drenagem de águas residuais) Decreto n.º 18/2004, de 2 de Junho (regulamento sobre os padrões de qualidade ambiental e de emissão de efluentes)”. Valores - limite para substâncias perigosas constantes do Anexo IV (Artigo 45) Emissão zero (Artigo 46) (aplicado às descargas de determinadas substâncias do Anexo IV) Normas de emissão (Artigo 48) Programas de Acção (Artigo 50)



Águas residuais e substâncias de natureza tóxica (Artigo 51) e Deposição de resíduos (Artigo 52) (regime. proibições)
Gestão de praias (capítulo II) Praias reservadas para banhistas (Artigo 53) Condução de veículos terrestres motorizados, desportos náuticos motorizados, outras actividades desportivas e culturais, embarcações e animais domésticos (Artigos 54 a 58) (regime. proibições e outras condições)
Proibições (Capítulo III) Pesca, Conchas e peixes ornamentais, corais, flora nativa litoral, introdução de espécies novas ou exóticas, Tartarugas marinhas e, Terras húmidas (Artigos 59 a 65) (regime. proibições e outras condições)
Zonas de Protecção, Infra-Estruturas e Vias de Acesso (Capítulo IV) Zonas de protecção parcial (Artigo 66) "1. Constituem zonas de protecção parcial à luz do presente Regulamento as seguintes: a) O leito das águas interiores, do mar territorial e da zona económica exclusiva; b) A plataforma continental; c) A faixa da orla marítima e no contorno de ilhas, baías e estuários, medida da linha das máximas preia-mares até 100 metros para o interior do território; 30 d) A faixa de terreno até 100 metros confinante com as nascentes de água; e) A faixa de terreno no contorno de barragens e albufeiras até 250 metros; f) A faixa de terreno que orla as águas fluviais e lacustres navegáveis até 50 metros medidos a partir da linha máxima de tais águas. 2. Nas zonas acima referidas no artigo anterior e no n.º 1 do presente artigo não podem ser adquiridos direitos de uso e aproveitamento da terra, podendo, unicamente, ser emitidas licenças especiais para o exercício de actividades determinadas ..." Construção de Infra-estruturas e vias de acesso às praias (Artigos 67 e 68) (Regime. Condições)
Autorizações e Licenciamentos (Capítulo V) Artigos 69 a 72 (Regime. Competências, pedidos, prazos, procedimentos e caducidade) Fiscalização (Capítulo VI) Artigos 74 a 80 (Regime. Competências, deveres, autos, apreensões e pagamento de multas)

Complementarmente, no âmbito dos instrumentos de orientação de topo refere-se que fará sentido a revisão da Estratégia Ambiental para o Desenvolvimento Sustentável (ver 5.5.1), cujo prazo de vigência está ultrapassado (2017). E, acrescentar, que o Regulamento do Processo de Avaliação de Impacto Ambiental (Decreto n.º 54/2015, de 31 de Dezembro), bem como outros instrumentos que completam o regime de licenciamento de actividades específicas, não asseguram, por si só, o controlo da qualidade ambiental. Este depende igualmente da aplicação efectiva e consequente desses instrumentos legais, situação que ainda revela muitas lacunas.

Importante ainda referir a existência de um amplo conjunto de mecanismos definidos num contexto internacional do programa do Programa Estratégico de Acção para a protecção do Oceano Índico Ocidental de fontes de poluição e actividades terrestres (WIO-SAP, UNEP, 2009).



5.5.8 Conclusões

Apesar dos desenvolvimentos já verificados, o estado actual da caracterização da qualidade do ambiente e do inventário de fontes poluidoras mostra lacunas decorrentes do quadro legal (TPF e Biodesign, 2019), institucional e operacional.

Cerca de 80% da poluição do meio marinho tem origem em terra: o mar é o local de descarga da poluição dos rios e de poluição terrestre produzida a montante, quer por áreas urbanas e industriais quer pela agricultura. No caso de Moçambique são pressões de maior impacto continuado negativo na contaminação costeira: grande parte dos centros urbanos e das principais áreas industriais estão na zona costeira, a maior parte evidencia baixos níveis de tratamento de efluentes domésticos e de resíduos urbanos e, os grandes rios são canais de transporte de poluentes, como plásticos e outros, originados em extensos territórios de Moçambique e dos países vizinhos, certamente responsáveis por um importante passivo ambiental no oceano, todavia pouco quantificado e percepcionado devido à dimensão e correntes marítimas do meio receptor.

Os terminais portuários e os navios são outra fonte de poluição potencial: nas instalações portuárias concentram-se actividades poluentes e faltam equipamentos para limpeza e para contingências resultantes de acidentes ou da limpeza de tanques nos portos. Acresce que o Canal de Moçambique é vulnerável a acidentes e descargas poluentes, pois é rota de passagem de transporte de petróleo, não tem um plano de contingência para fazer face à sua ocorrência e os meios de controle e de acções de limpeza de tanques são exíguos.

A materialização ou a operacionalização de muitas das acções e mecanismos previstos na Estratégia de Gestão Integrada da Zona Costeira e no Regulamento de Prevenção da Poluição e Protecção do Ambiente Marinho e Costeiro (Decreto 45/2006), têm implícita a necessidade de investimento em recursos e de aumentar fortemente os níveis de coordenação institucional. Serão certamente factores de peso para o desenvolvimento futuro do sector.

A AQUA poderá desempenhar um papel muito importante de coordenação e articulação interinstitucional em matéria de qualidade ambiental, sobretudo se a sua operacionalização for enquadrada pelo estabelecimento ou aplicação, de forma transversal e intersectorial, de políticas e de objectivos estratégicos a serem alcançados para a qualidade ambiental, em geral, e para cada uma das suas componentes (designadamente meio hídrico, solo, ar e ruído).

Há necessidade de clarificar o papel da AQUA no quadro do POLMAR, pois está em causa uma necessária afectação otimizada de recursos de todo o tipo, para acções que vão desde a pesquisa e monitorização até à fiscalização ambiental. Acresce que, do que se conhece, o processo da sua operacionalização ainda está em curso (TPF e Biodesign, 2019) e, consequentemente, existe muito



trabalho de articulação institucional a desenvolver, em particular integrando a perspectiva da operacionalização.

O Regulamento sobre Padrões de Qualidade Ambiental e Emissão de Efluentes, que constitui uma referência incontornável na abordagem do tema da qualidade do ambiente em Moçambique, contém aspectos a carecer de regulamentação específica, como é o caso do ruído, a que acresce que, decorridos 14 anos desde a sua publicação, o balanço que se faz aponta no sentido de uma frágil implementação dos mecanismos de prevenção e controlo da poluição, não sendo sequer possível verificar em que medida o seu objectivo está a ser alcançado (TPF e Biodesign, 2019).

O mesmo regulamento não contém valores limites para as descargas de águas residuais domésticas em relação aos parâmetros BOD₂₂, COQ₂₃, CT e CF₂₄, o que, sobretudo para os dois últimos, dado o seu peso na poluição microbiológica frequentemente encontrada em Moçambique, deve ser reflectido na revisão futura dos regulamentos (Jane, 2017).

5.5.9 Bibliografia

Listagem da bibliografia utilizada

Chambela, Adelto Américo. 2016. Impacto e Perspectivas Socioeconómicas e Ambientais na Gestão de Resíduos Sólidos: Caso de Estudo Município de Maputo (Moçambique). Trabalho apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Economia e Meio Ambiente. s.l. : Curso de Pós-Graduação em Economia e Meio Ambiente do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016, 2016.

Impacto and ERM. 2014. Environmental Impact Assessment (EIA) Report for the Liquefied Natural Gas Project in Cabo Delgado FINAL EIA REPORT- VOLUME I. s.l. : Consórcio Anadarko. área 1 & ENI, February , 2014, 2014.

IUCN. 2010. Marine Plastics and Coastal Communities (MARPLASTICCs). s.l. : IUCN.
[http://naibconvention.org/Meeting%20Documents/December%202018/Presentations%20Day%201%20\(10th%20December%202018\)/5.%20MARPLASTICCs%20dEC%2010%20_IUCN.pdf](http://naibconvention.org/Meeting%20Documents/December%202018/Presentations%20Day%201%20(10th%20December%202018)/5.%20MARPLASTICCs%20dEC%2010%20_IUCN.pdf), 2010.

Jambeck, J., et al. 2017. Challenges and emerging solutions to the land-based plastic waste issue in Africa. Marine Policy 96 (2018) 256-263. 2017.

Jane, Assucena Francisco. 2017. Tratamento de Águas Residuais e Gestão de Lamas Fecais em Moçambique: Ponto de Situação, Desafios e Perspetivas. Caso de Estudo - Cidade da Beira. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. s.l. : Instituto Superior Técnico, Lisboa, Junho de 2017, 2017.

Johansson, Vibeke. 2019. A water quality assessment and environmental impact analysis of the local mining along the Zambezi River in Tete, Mozambique. s.l. : Master Thesis, TVVR19/5012. Department of Water Resource Engineering, Lund University. August 2019, 2019.

²² BOD: Demanda Bioquímica de Oxigénio.

²³ COQ: Carência Bioquímica de Oxigénio.

²⁴ CT e CF: Coliforme Totais e Coliformes Fecais



Karlsson, Maja. 2015. Identifying the presence of microplastics in Maputo Bay - Quantifying microplastic debris in a field setting. Degree project for Bachelor of Science in Biology, University of Gothenburg, spring-summer 2015. 2015.

Louro, C. M. M. and Pereira, M. A. M. 2004. Avaliação preliminar da poluição microbiológica na Baía de Maputo. Relatório de Investigação No 1: 9 pp. Maputo, Centro Terra Viva. 2004.

MITADER. 2016. Estratégia para a Gestão Integrada da Zona Costeira 2016-2025. Aprovada pela 3ª Sessão Ordinária do Conselho de Ministros em 9 de Fevereiro, 2016. Maputo. 2016.

Monteiro, António, et al. 2017. Avaliação do Projeto de Economia Circular de Saneamento para a Área Metropolitana de Maputo (Moçambique). 8º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia / V Congresso de Engenharia de Moçambique. Maputo, 4-8 Setembro 2017 : Ed: J.F. Silva Gomes et al.; Publ: INEGI/FEUP (2017), 2017.

MOPHRH. 2017. National Master Plan for Water Resources. s.l. : Elaborado pela KOICA, Korea International Cooperation Agency para a DNGRH, Out. 2017. Aprovado pelo Governo em Setembro de 2018, 2017.

Nhantumbo, C.M.C., et al. 2015. Key Issues for Water Quality Monitoring in the Zambezi River Basin in Mozambique in the Context of Mining Development. s.l. : Journal of Water Resource and Protection, 7, 430-447. <http://dx.doi.org/>, 2015.

Ritchie, Hannah e Roser, Max. 2018. Plastic Pollution. s.l. : Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/plastic-pollution>' [Online Resource], 2018.

Salomon and al. 2016. Optimização Nacional do Monitoramento e Previsão Hidrometeorológica. Concepção do Projecto e Plano de Implementação da Rede e Serviços Hidromet Optimizados (Fase D). Volume I - Relatório Principal. Versão Final, Setembro de 2016. 2016.

Smedley, Pauline. 2002. Groundwater quality: Mozambique. s.l. : British Geological Survey © NERC, 2002.

TPF and Biodesign. 2019. PNDT. Plano Nacional de Desenvolvimento Territorial. Relatório R.I/02. Diagnóstico Nacional. Fase I - Caracterização Territorial e Diagnóstico Nacional. Versão Final. Fevereiro, 2019. Lisboa : s.n., 2019.

TPF, Planege-Cenor, Consultores de Engenharia e Gestão. 2017. Lurio. Plano Estratégico para a Utilização e Desenvolvimento da Bacia Hidrográfica do Lúrio. Fase 1. Entregável 4 - Monografia da Bacia Hidrográfica do Lúrio. Volume 2 - Avaliação dos Recursos Hídricos. s.l. : TPF, Setembro de 2017, 2017.

UNEP, Nairobi Convention Secretariat. 2009. Strategic Action Programme for the Protection of the Coastal and Marine Environment of the Western Indian Ocean from Land-based Sources and Activities. Nairobi, Kenya, 140 pp. : Dr. Peter Scheren, Dr. Johnson Kitheka and Ms. Daisy Ouya, 2009.

Verlicchi, P. and Grillini. 2020. V. Surface Water and Groundwater Quality in South Africa and Mozambique — Analysis of the Most Critical Pollutants for Drinking Purposes and Challenges in Water Treatment Selection. s.l. : Water 2020, 12, 305., 2020

Classificação da informação de base (boa, suficiente, insuficiente)

A informação de base obtida ou recebida foi suficiente para uma caracterização adequada do tema face aos objectivos do POEM, com algumas carências ao nível da sua territorialização ao longo da faixa costeira, em grande parte fruto do número relativamente reduzido de casos, com dados de monitorização efectiva ao longo do território, que foram recebidos ou obtidos para análise.

Acresce, que a caracterização se baseou, em grande parte, em dados encontrados em relatórios de fontes oficiais e não oficiais (teses de estudo e outros), tais como “declarações de situação”, “conclusões de impacto” e outras medidas indirectas. Os dados de monitorização analisados, de medição directa de parâmetros analíticos de indicadores de qualidade e contaminação física, química ou biológica, foram obtidos caso a caso em documentação diversa, uma pequena parte fornecida pelo Cliente.



Certamente que o “inventário” agora concluído teria beneficiado se mais informação sistematizada, que cremos existente, tivesse sido disponibilizada para análise em tempo útil.

Informação suplementar a adquirir/produzir

Sugere-se que o Ministério que tutela a área do ambiente promova e coordene uma acção de recolha e sistematização de dados de qualidade ambiental existentes, de medições analíticas sobre solos, de água, ar, ou outras, junto das entidades públicas e privadas que medem, recolhem ou sistematizam esse tipo de informação.

Recomenda-se ainda que o mesmo Ministério promova a realização de um Relatório de Estado da Produção e Gestão de Resíduos Sólidos abrangendo todas as suas capitais provinciais, Municípios e alguns Distritos (Estudos de caso), aproveitando informação eventualmente já registada ao nível dos Conselhos Municipais ou de outras entidades com responsabilidades ou que lidam o tratamento de resíduos sólidos, tratando de forma específica, algumas das quais identificadas neste relatório.