



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique



Autor:

Virgílio Alberto Mabjaia

Quelimane, Abril de 2019



UNIVERSIDADE
E D U A R D O
MONDLANE

Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras

Monografia submetida para a Obtenção do Grau de Licenciatura em Oceanografia

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

Autor:

Virgílio Alberto Majaia

Supervisor:

Prof. Doutor Fialho P.J. Nehama

Quelimane, Abril de 2019

Dedicatória

Ao meu pai Alberto Tsalala Majaia, minha querida avó Elina Magaia e ao meu amigo Elias Jossias Miguel Manuel Chissico (*in memoriam*), que infelizmente não poderão desfrutar do fruto do suor deles nem usufruir da sensação de missão cumprida. A todos, minha querida mãe, tios e tias, irmãos, primos, primas e amigos que através da fé, do apoio, motivação, orações e do amor que mesmo com a distância fizeram sentir.

E a toda família Majaia e Macandja.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pelo amor que ele tem para comigo e os meus familiares por me conceder força para enfrentar todos os obstáculos e desafios nesta caminhada.

A minha querida Mãe Sra. Amélia que deste os meus 5 anos tem cuidado de nós, desempenando dupla função de pai e mãe, sempre disposta a ajudar no que fosse preciso, sem medir esforços para que tudo desse certo.

Aos meus irmãos, Eulália, Hermínio, Leonel, ao meu cunhado Nelson, meus sobrinhos Bitolas, Zinha, Elina, Wezo, e Júnior pelo amor incondicional apesar das nossas desvaeças sempre estiveram ali me apoiado e motivando, a todos os meus primos em especial a Mana Patrícia, Mano Lourenço, Mano Guza e Mana Esmeralda pela ajuda financeira e motivação. A minha segunda Família Câmara ao tio Armando, Tia Mãezinha, Kiddmaster, Maria em especial a minha querida amiga e irmã Florinda pelo amor incondicional, por acreditar em mim, sempre disposta a ajudar no que fosse preciso, sem medir esforços para que tudo desse certo, pelo companheirismo mesmo a distancia, pelos conselhos e motivação.

Aos amigos distantes, Lito, Gabito, Mário, Felisbela, Xanio, Tiago, Ricardo, Dorito, Venildo, Saily, Simião, Victor, Julieta, e em especial a Agilda, que sempre estiveram presentes, agradeço pelo apoio e motivação. Agradeço também ao Emílio e Benisia por me acolherem mesmo sendo um estranho, aos meus amigos presentes a Lúcia, Tonicha, Odete, Lúcio, Ali, Marcelino, Manuel, Osvaldo, Salé, Abdul, Fernanda. A todos da pousada das CFM vai o meu muito obrigado.

Agradeço ao meu orientador Prof. Doutor Fialho P. J. Nehama por ter aceite supervisionar este trabalho, pela sua grande contribuição, pela paciência que teve, pelas grandes ideias que ele fez questão de me apresentar ao longo do trabalho, mesmo tendo muitos afazeres sempre disponibilizou tempo para mim, por isso o meu muito obrigado de coração.

Aos meus companheiros de vida na academia desde o meu primeiro ano ate ao meu último ano que sempre me acarinham e me deram força para superar as dificuldades, falo da Benelves Macassane,

Zeinul Dufa, Elda Mailim, Resito Moda, Ribeiro Plimbao, que foram verdadeiros companheiros.em especial ao meu amigo colega e irmão Fernando Sibanda.

Aos meus colegas da ESCMC, em particular aos curso de Oceanografia que sempre estiveram disponíveis para me ajudar nos trabalhos e pela ajuda com a sua experiência em matéria de navegação o meu muito obrigado.

Obrigado a todos docentes da ESCMC que dedicaram-se bastante para que eu tivesse conhecimento e me tornar um cientista na área das ciências marinhas e costeiras.

Agradeço também a todos aqueles que directa ou indirectamente influenciaram de forma positiva na minha trajectória académica.

Agradeço a todos funcionários da ESCMC, em especial a Dona Rita, e Sr. Jacinto.

O meu obrigado.

Declaração de honra

Eu, Virgilio Alberto Majaia, declaro por minha honra que esta monografia é resultado do meu próprio trabalho e está a ser submetida para a obtenção do grau de Licenciatura na Universidade Eduardo Mondlane, ESCMC - Quelimane. Este nunca foi antes submetido para obtenção de nenhum grau académico e muito menos para avaliação em nenhuma outra Universidade.

Quelimane, Abril de 2019

O autor

(Virgilio Alberto Majaia)

Resumo

O presente trabalho tinha como objectivo principal, analisar o regime climatológico das ondas no Canal de Moçambique usando um banco de dados que compreende o período entre 1992 e 2013 para altura significativa da onda e entre 2007 a 2017 para a velocidade do vento. A caracterização do regime climatológico das ondas e dos ventos foi feita com base em análises estatísticas. Análises estas feitas usando o python, onde para distribuição espacial e temporal das médias mensais e interanual usou-se as técnicas que permitiram a confecção de mapas da distribuição espacial e gráficos da média mensal e desvio padrão da altura significativa da onda e da velocidade do vento. As análises temporais (mensal e interanual) foram feitas em 3 pontos localizados na costa de Moçambique.

Para tendências, de distribuição espacial e análises temporais (mensais e interanuais). Os resultados indicam que as ondas com maiores alturas significativas são registadas na região sul, diminuindo em direcção ao norte. maiores ondas ocorrem, em média na região sul durante o inverno, na região norte observam-se nos meses de verão. sendo que a região norte é dominada por menores valores de swH e menores velocidade do vento, apresentando valores entre 0 a 1.5m de swH e 3 a 5m/s com os maiores valores de swH e W_s encontradas no sul do canal apresentando valores entre 2 a 3m/s de swH e 7 a 9m/s. Nas análises mensais mostram que maiores valores swH e W_s ocorrem durante a estação do inverno enquanto que as condições mais calmas ocorrem geralmente no período de verão (Novembro a Fevereiro). E que os maiores valores foram observados na costa de Maputo e os menores na costa da Beira e um aumento da costa de Nacala. Em relação a w_s tendo sido observado o mesmo padrão com o da swH. Em relação a variabilidade interanual mostram que em todos os pontos os maiores valores da swH verificam-se nos meses de inverno (Junho ou Julho), os mínimos ocorrem nos meses de verão (Novembro a Fevereiro).

Palavras-chave: Altura significativa onda, Canal de Moçambique, ventos.

Abstract

The present work had as main objective the analysis of the wave regime in the Mozambique Channel through a database that includes the period between 1992 and 2013 for the Significant wave height and 2007 to 2017 for the wind speed. The characterization of the wave and wind climatological regime was made based on statistical analysis. Analysis this is done using python, where the spatial distribution and the monthly and yearly use the techniques that allow a mapping of the distribution. The temporal analyzes were comprehend at 3 points off the coast of Mozambique

For trends, spatial distribution and temporal analyzes (monthly and yearly). The results indicate that waves with higher significant heights are recorded in the southern region, decreasing in direction to the north. The largest waves occur, in average in the southern region during the winter, in the northern region observe if in the summer months. being the northern region dominated by lower Swh values and lower wind speeds, with values ranging from 0 to 1.5m Swh and 3 to 5m / s with the highest values of Swh and Ws found in the south of the channel, presenting values between 2 to 3m / s of Swh and 7 to 9m / s. In the monthly analyzes they show that higher Swh and Ws values occur during the winter season whereas the quieter conditions generally occur in the summer period (November to February). And that the highest values were observed in the coast of Maputo and the smaller ones in the coast of Beira and an increase of the coast of Nacala. In relation to Ws having been observed the same pattern with that of swh. In relation to the yearly variability, they show that in all points the highest values of the swh verify that in the winter months (June or July), the lows occur in the summer months (November to February).

Keywords: Significant wave height, Channel of Mozambique, winds.

Lista de figuras	Páginas
Figura 1: Esquema de uma onda sinusoidal - Representando as características gerais das ondas.....	5
Figura 2: Tipos de ondas superficiais mostrando as relações entre comprimento de onda, frequência da onda, a natureza das forçantes e a quantidade relativa de energia em cada tipo de onda.....	6
Figura 3: Principais Características da Circulação no Canal de Mocambique.....	7
Figura 4: Localização Geográfica do Canal de Moçambique.....	9
Figura 5 : Variação espacial das médias mensais Swh para os anos 1992 a 2013.....	12
Figura 6: Variação espacial das médias mensais da velocidade e Direcção do vento para os anos 2007 a 2017.....	14
Figura 7: Variação da Média mensal e do desvio padrão da altura significativa da onda para Nacala (a), Beira (b) e Maputo (c).....	15
Figura 8: Variação da Média mensal e do desvio padrão mensais da velocidade do vento para Nacala (a), Beira (b) e Maputo (c).....	16
Figura 9: Variação interanual da média e do desvio padrão da altura significativa da onda para Nacala (a), Beira (b) e Maputo (c).....	17
Figura 10: Variação interanual da média e do desvio padrão da velocidade do vento para Nacala (a), Beira (b) e Maputo (c).....	18
Figura 11: Distribuição Especial mensal do stdev da swh para o periodo entre 1992 a 2013.....	27
Figura 12: Distribuição Especial mensal do stdev de Ws no periodo de 2007 a 2013.....	28
Figura13: Variação sazonal da Media swh para o ano 2012.....	29
Figura 14: Variação sazonal de stdev swh para o ano 2012.....	29
Figura 15: Variação sazonal de Media Ws para o ano 2012.....	30
Figura 16: Variação sazonal da stdev da Ws para o ano 2012.....	30

Lista de abreviaturas

Simbolo	Significado
ESCMC	Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras
UEM	Universidade Eduardo Mondlane
SWH	Altura Signifucativa da Onda
W_s	Velocidade do Vento
N	Norte
NNE	Norte nordeste
NE	Nordeste
ENE	Este Nordeste
ESE	Este sudeste
SE	Sudeste
SSE	Sul sudeste
S	Sul
NCEP	Centro Nacional para as Previsoes Ambientais
Mean	Média
Stdev	Desvio padrão
JFM	Janeiro Fevereiro Março
AMJ	Abril Maio Junho
JAS	Julho Agosto Setembro
OND	Outubro Novembro Dezembro

Índice	Páginas
CAPITULO I - INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS.....	1
1. Introdução	1
1.1. Objectivos.....	3
1.2. Objectivos Específicos.....	3
CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	4
2. Conceitos Basicos.....	4
2.1. Propriedades da onda	4
2.2. Características de ondas no mar aberto.....	5
2.2.1. Tipos de ondas	5
2.3. Características Circulatórias do Canal de Moçambique	6
2.2.1. Regime de Ondas	7
2.2.2. Regime dos Ventos.....	8
CAPITULO III - METODOLOGIA.....	9
3. Metodologia	9
3.1. Área de estudo.....	9
3.2. Material.....	10
3.3. Métodos	10
CAPITULO IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
4. Resultados	11
4.1. Variações Temporais e espaciais no campo de Ondas e Ventos.....	11
4.2. Variação Temporal Mensal e Interanual	15
4.2.1. Variação Mensal da Altura significativa da onda e velocidade do vento	15
4.2.2. Variação Interanual da Altura significativa da onda e velocidade do vento.....	17
5. Discussão	19

5.1. Variações Temporais e espaciais no campo de Ondas e Ventos.....	19
CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	21
6.Conclusão	21
6.1.Recomendações	22
CAPITULO VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	23
7.Referências Bibliograficas	23
CAPITULO VII - ANEXOS.....	26
Procedimentos da análise da Variação Espacial da Swh e Ws	26
Procedimentos da análise da Variação Espacial Sazonal da Swh e Ws.....	26
Procedimentos da análise da Variações Sazonais da Swh e Ws.....	26
Procedimentos da análise da Variação Interanual da Swh e Ws.....	26

CAPITULO I - INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

1. Introdução

O estudo climatológico das ondas numa bacia oceânica é de grande importância na identificação das situações mais severas do estado do mar, como é caso do mau tempo ou bom tempo, assim como na planificação para uma boa navegação.

Segundo a Organização Mundial de Meteorologia, a determinação da climatologia de ondas para determinada região consiste na quantificação de padrões temporais na agitação marítima da região (Franco. & Filho, 2006).

Estudos relacionados com a climatologia de ondas são referentes a estudos de um longo período de tempo, isto é usa-se uma série temporal muito longa. A aquisição dos dados pode ser feito com bases em três métodos tais como uso de modelos matemáticos, bóias ou ondógrafos e dados de altimetria por satélite (COLI. & MATA, 1996) Para permitir uma melhor caracterização do regime de ondas, o vento e as ondas são medidos em simultâneo pois é sabido que existe uma relação de inter-dependência entre os dois parâmetros.

Para o contexto deste trabalho, a onda é definida como uma perturbação na superfície oceânica que inicia numa parte do fluido oceânico e depois é transferida para as outras partes. Esta propagação da perturbação é acompanhada de transferência de energia mecânica. As ondas do mar podem contribuir significativamente para suprir uma grande parte das necessidades energéticas se estudos forem feitos para estabelecer formas e uso dessa energia de modo que não tenha impactos negativos no meio ambiente (Mucavel, 2014).

As ondas são normalmente caracterizadas por fatores distintos, porém, os principais fatores que determinam e limitam a altura das ondas são a velocidade do vento, a duração (tempo de ação) e a pista do vento (área do mar sobre a qual sopra o vento). Alguns desses fatores são quantificáveis fazem parte duma medição padrão do ondógrafo, que é um instrumento usado nas medições de ondas (Parente., et al., 2015), que coincidentemente está em falta na região de estudo, porém o seu uso permite contribuir nas medições das ondas de modo a melhor caracterizar o regime de ondas na região, embora existam algumas bóias que são usadas para a melhor compreensão do regime elas trazem dados de pequena dimensão espacial o que não ajuda no conhecimento das características gerais das ondas.

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

No que concerne ao Canal de Moçambique, as características das ondas são pouco conhecidas devido a escassez de dados registados a costa Moçambicana. Visto que ao longo da costa assim como no mar temos falta de estações de medição das ondas o que contribui para o não conhecimento do regime assim como características das ondas, pois grande parte da análise de ondas é baseada nas informações disponíveis no WaveWatch III do National Centre for Environmental Prediction (Centro nacional para as previsões Ambientais- NCEP).

O problema de escassez de dados de ondas pode ser resolvido por via dos modelos numéricos abaixo mencionados, e também por via de medições remotas realizadas por altímetros transportados por satélites. Por exemplo, (COLI & MATA, 1996) usando dados do altímetro TOPEX/POSEIDON estabeleceram que as ondas na região ao norte do Rio Grande do Sul apresentam menores alturas quanto mais próximas da costa.

No que concerne ao canal de Moçambique, muito falta por se conhecer sobre as ondas no local, embora já se tenha desenvolvido pelo menos um estudo relacionado com climatologia de ondas na costa de Moçambique por Bié (2011). Este autor usou resultados de 30 anos de simulações do modelo global WAVEWATCH III, e caracterizou as ondas no canal de Moçambique como sendo ondas que exibem grandes alturas significativas na região sul do canal, diminuindo de altura em direção ao norte. Neste estudo implementado no Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, o autor usou um modelo numérico contendo uma grade global de 1 grau de latitude e 1 grau de longitude e resolução direcional de 10 graus, representando um avanço em termos de representação numérica em relação ao estudo de Theron e Barwell (2012), que para a mesma região concluíram que as ondas se caracterizam por apresentarem pouca variabilidade na altura significativa e na direção de proveniência das ondas, quando comparados com os resultados apresentados por Alberto J. Bié (2011).

Contudo, embora esses estudos tenham tentado descrever o regime climatológico das ondas no canal, ainda não se conhece a descrição das alturas significativas das ondas, e a velocidade do vento o que será matéria de análise no presente estudo. Este estudo tendo sido centrado em 3 pontos amostrais, dado ao facto de nesta parte do canal estarem localizados os principais portos de Moçambique, e pela disponibilidade dos dados nestes pontos, tendo em conta que o conhecimento do regime de ondas contribui para planificação de uma boa navegação.

1.1.Objectivos

O objectivo geral do presente estudo é analisar o regime Climatologico de ondas no Canal de Moçambique

1.2.Objectivos Específicos

- Descrever a variação espacial mensal e sazonal da altura significativa da onda e do Vento;
- Descrever a variação mensal da altura significativa da onda e do Vento;
- Descrever a variação interanual da altura significativa da onda e do vento;

CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2. Conceitos Basicos

As ondas forma – se por oscilações de pressão na superfície do mar. As deformações variam de acordo com o estado do vento (Goncalves, 2016) e dependem de três propriedades tais como:

- Intensidade - em que quanto maior for a velocidade do vento Maiores serão as ondas;
- Duração – em que a formação da onda é necessária que ocorra vento durante algum tempo;
- Extensão- que seria necessária que suceda o vento numa área vasta, para que ocorra a formação de um espectro estável.

2.1. Propriedades da onda

Segundo Goncalves (2016) as principais propriedades que caracterizam as ondas são:

- Altura significativa - H_s (m) altura associada a media do terço mais elevado das alturas da onda de zero ascendente;

$$H_s = \sqrt[4]{m_0} \quad \text{eq.(1)}$$

Onde:

m_0 – momento espectral de ordem zero;

- periodo de pico – t_p (s)- periodo associado ao maiornivel de energia em um registo espectral;
- periodo medio – T_{02} (s)- periodo medio das ondas registadas.

$$T_{02} = \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad \text{eq.(2)}$$

Onde:

m_2 – momento espectralde ordem dois

- Direção média – $\text{THTP1}^{(0)}$ – Direcao média de ocorrência do periodo de pico.

2.2. Características de ondas no mar aberto

A forma mais simples de estudar as ondas é através do conceito de que a onda é uma oscilação harmónica:

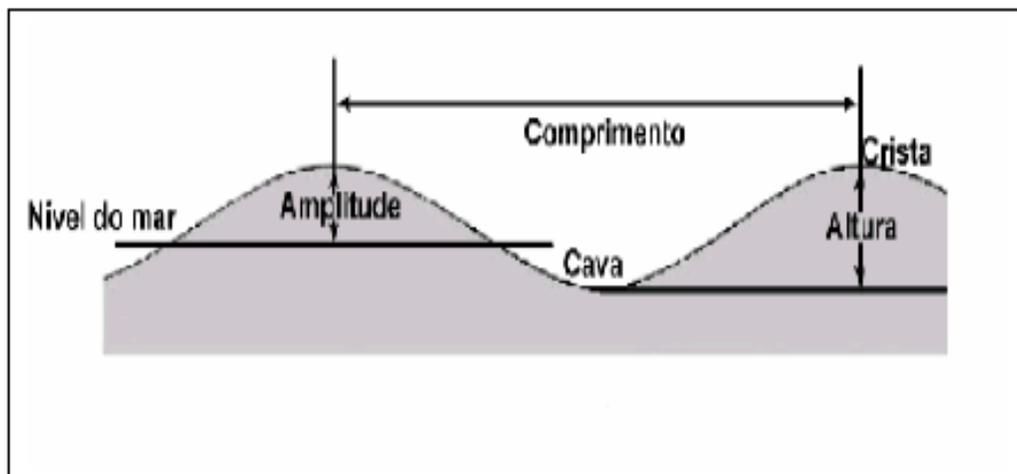


Figura1: Esquema de uma onda senoidal Representando as características gerais das ondas (Gomes, 2003).

Crista: o ponto mais elevado da onda, *Cava:* a depressão entre duas cristas, *Altura (H):* distância vertical entre o topo de uma crista e o fundo de uma cava vizinha, *Comprimento (l):* distância horizontal entre qualquer ponto de uma onda e o ponto correspondente da próxima onda, *Amplitude (T):* deslocamento vertical máximo do nível basal do mar, *Período:* tempo que um l leva para passar por um ponto estacionário, *Velocidade:* velocidade que uma onda passa por um ponto estacionário (Gomes, 2003).

2.2.1. Tipos de ondas

O vento, variações verticais de densidade, distúrbios sísmicos, mudança de pressão atmosférica, influência das forças gravitacionais do Sol e da Lua são algumas das principais causas de fenómenos ondulatórios no oceano (Godoi, 2011).

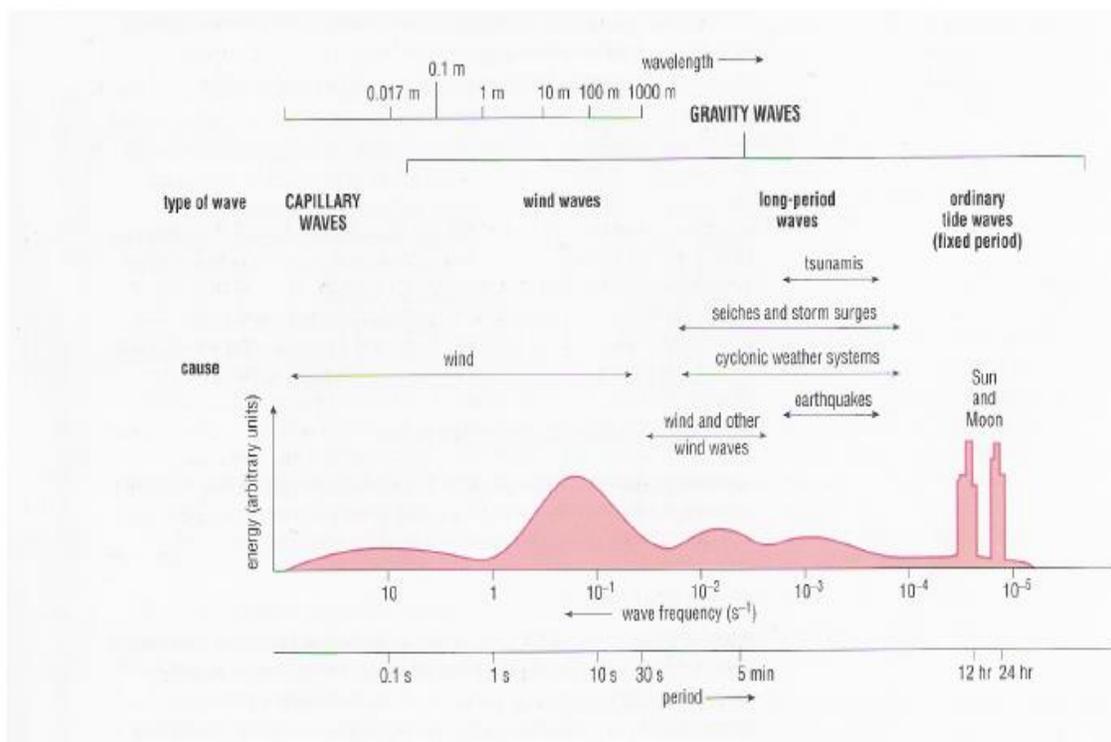


Figura 2: Tipos de ondas superficiais mostrando as relações entre comprimento de onda, frequência da onda, a natureza das forçantes e a quantidade relativa de energia em cada tipo de onda. Fonte: (Godoi, 2011).

2.3. Características Circulatórias do Canal de Moçambique

O sistema de circulação no canal Moçambique é constituída por uma série de redemoinhos intermitentes de grande escala à deriva em direcção ao sul (Anonimo, 2016). Devido ao efeito do padrão de circulação das águas oceânicas ao longo da costa de Moçambique ser caracterizado por três células anticiclónicas, que variam a sua posição ao longo do ano, e por pequenos vórtices ciclónicos entre os grandes anticiclónicos as ondas em águas pouco profundas junto a costa apresentam-se com grande variabilidade quanto a altura e direcção, no espaço e no tempo. (Hoguan, 2007).

de Maputo. A Norte do canal as ondas são geradas pela monção do nordeste que viajam para o sul e se encontram com as ondas em movimento para o norte no meio do canal. Para o resto do ano, as ondas ao norte do canal viajam para noroeste a fronteira entre Moçambique e a Tanzânia.

2.3.2. Regime dos Ventos

O sistema eólico no Canal de Moçambique é dividido em 20°S , a latitude da posição mais meridional da convergência inter-tropical migratória zona norte-sul. Na região norte de 20°S , (norte e nordeste) os ventos do sistema de monções do Oceano Índico dominam durante o verão austral (outubro a fevereiro). Neste período os ventos estão em geral mais fracos. Ao longo da costa de Moçambique esta divisão é fixada em 15°S , abaixo do qual a monção não tem influência. Entre 20° e 25°S os ventos do sul e do sudeste prevalecem, enquanto que, mais na parte sul do Canal de Moçambique, os ventos de leste dominam o ano (Kulseng, 2010).

Segundo (Bié, 2017) o Regime dos ventos na região é influenciado pela alta subtropical do Índico ao longo da região sudoeste do Índico situado a 10°S e recebe predominantemente ventos aliseos de sudeste/leste durante todo o ano, com o máximo sazonal durante os meses de inverno austral. A norte de 10°S sob influência do regime de monções do Índico entre o equador e 10°S durante os meses de inverno (período de monção de sudoeste) os ventos são de sudeste e esta direção está associada ao posicionamento mais ao norte do ramo norte da Alta Subtropical. Durante o verão, nesta região os ventos do norte/noroeste estão associados ao período de monção de nordeste sendo que a reversão na direção do vento dá-se entre os meses de Março-Abril e Outubro.

CAPITULO III - METODOLOGIA

3. Metodologia

3.1. Área de estudo

O Canal de Moçambique (Figura 4) é uma porção do Oceano Índico, situado entre a costa da África Oriental e Madagáscar, aproximadamente entre as latitudes 10° e 25° S. A amplitude das marés varia em média entre 0,5 e 4 m, podendo ultrapassar os 6 m durante as marés vivas na baía de Sofala, devido à grande extensão da plataforma continental (Cumbe, 2007). Estende se por cerca de 1600 km de comprimento entre as latitudes 12°S e 26°S, e sua largura varia entre 420 a 1000 km (Bié, 2017) a norte é limitado pelas Ilhas Comores (situado a bacia dos Comores) com profundidade máxima de 3600 m e ao sul está conectado ao sistema da Corrente das Agulhas com a profundidade que atinge cerca de 4000 m. A parte mais estreita do Canal (entre 16°S e 18°S) é também a menos profunda, onde a profundidade máxima é de aproximadamente de 2800 m.

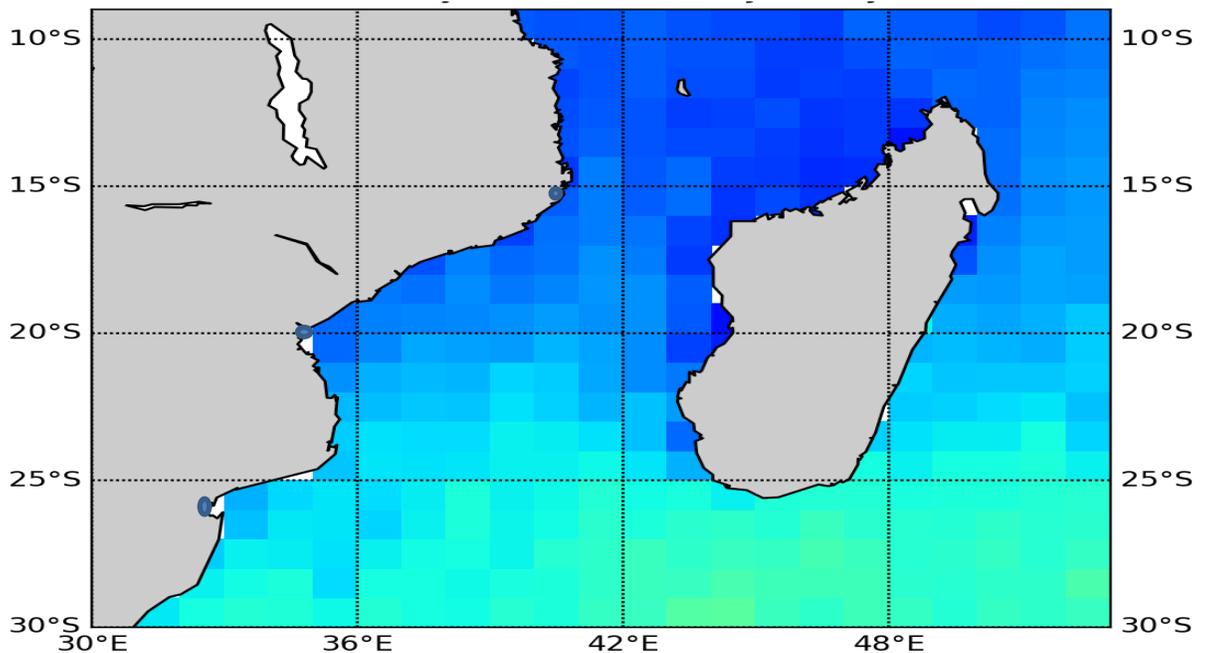


Figura 4: Localização Geográfica do Canal de Moçambique. **Fonte:** Autor

3.2. Material

Na presente secção é feita a descrição dos dados utilizados e das técnicas estatísticas para a análise. Os dados da altura significativa da onda e do vento foram extraídos do banco de dados para a região coberta pelo projeto C-RISe (dentro de $38^{\circ} \text{S} - 9^{\circ} \text{S}$, $12^{\circ} \text{E} - 62^{\circ} \text{E}$) disponibilizados no endereço eletrônico www.c-rise.info. Fornecidos em uma grelha de grade de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ compilados a partir das medições de altímetro de satélite feitas ao longo da pista, em intervalos de 7 km, e em uma pista de terra diretamente abaixo da órbita do satélite. As medições foram disponibilizados por 4 altímetros de satélite: AltiKa /SARAL, Jason-2 e Jason-3 e, Sentinel-3 e em um banco de dados global dentro de 3 horas de medição a uma cobertura global de, duas vezes ao dia para cada mês (com base nos valores médios do satélite passando por um quadrado de grade): Descrição Estatísticas significativas de altura de onda (swh) e da velocidade do vento (W_s) baseadas em valores medianos de altímetro de satélite passando em uma grade de 1 grau. foram produzidos por uma cadeia de Processamento de Entrega Rápida, embora pode-se conter lacunas de dados anomalias na transmissão ou processamento de dados. Os produtos de dados “off-line” forneceu uma cobertura melhor, sendo para os dados da swh compreendem o período entre 1992 -2013 e os de vento cobrem o período de 2007 – 2017 e são fornecidos como um arquivo único em formato NetCDF. Tendo como parâmetros bases a altura significativa da onda e a velocidade do vento, medido por altímetros satélites,

3.3. Métodos

O método para realizações deste trabalho consistiu na revisão bibliografia e o uso de dados mencionados na Secção 3.2. Os dados foram processados no python por forma a obter estatísticas (médias e desvio padrão) para os anos 1992 a 2013 da Swh e 2007 a 2017 para a W_s , na região de estudo. A interpretação dos mapas de distribuição espacial e séries temporais das estatísticas foi feita com base numa inspeção visual dos campos.

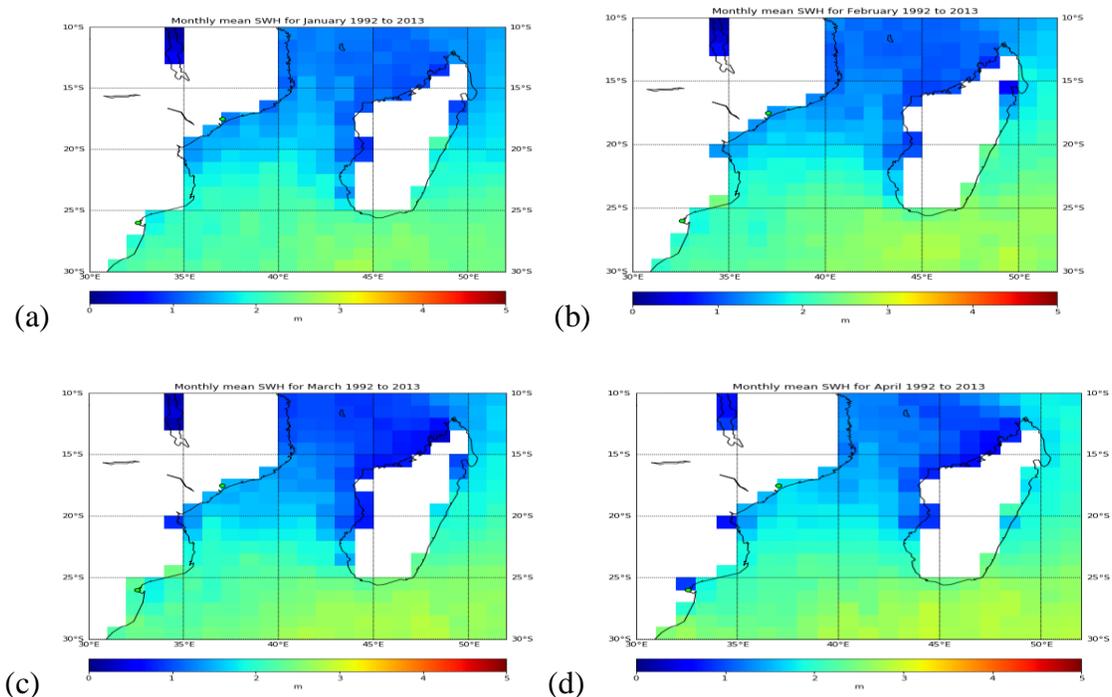
CAPITULO IV- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4. Resultados

4.1. Variações Temporais e espaciais no campo de Ondas e Ventos

Nesta seção, vamos analisar a variabilidade, mensal, interanual e, bem como as distribuição espacial mensal e sazonal.

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial da média da altura significativa da onda para cada mês no período que compreende entre (1992-2013). Como pode ser visto na Fig 5, observa-se que o padrão de distribuição da swh no canal é quase o mesmo em todos os meses de verão (Outubro a Março), onde 50% do canal é dominado por menores valores de swh (região norte) apresentando valores entre 0 a 1.5 m, excepto de Outubro a Dezembro painéis (j), (k). (l) onde verificou-se uma invasão de menores valores de swh na região sul, com destaque para Dezembro painel (l) onde quase 75% do canal é dominada por menores valores de swh, o mesmo acontece com os meses de inverno (Abril a Setembro), 50% do canal é dominado por valores moderados de SwH (região sul) apresentando valores entre 2 a 3 m, excepto em Junho e Julho painéis (f) e (g) onde observa-se uma invasão de valores moderados de swh na região norte,.



Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

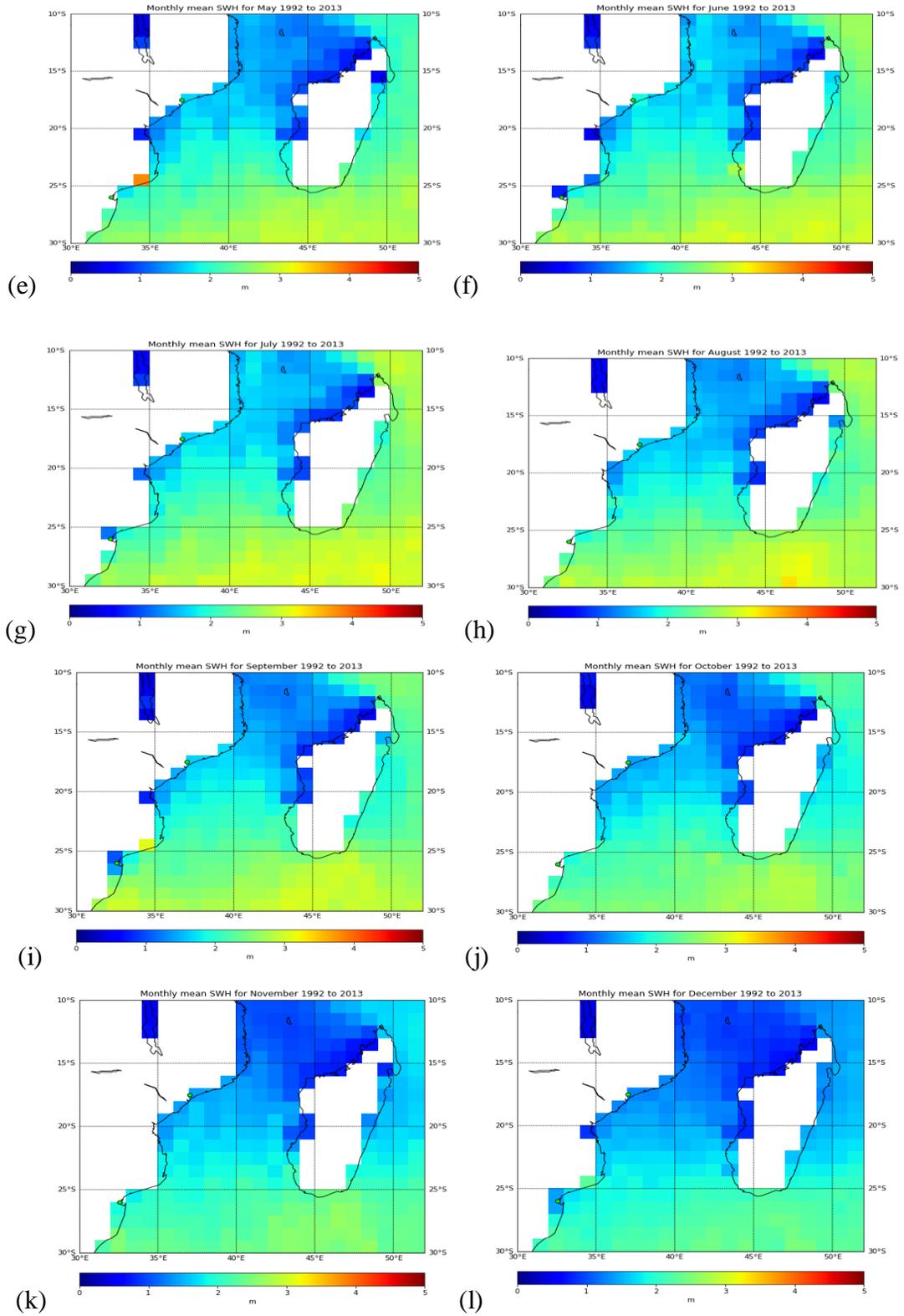
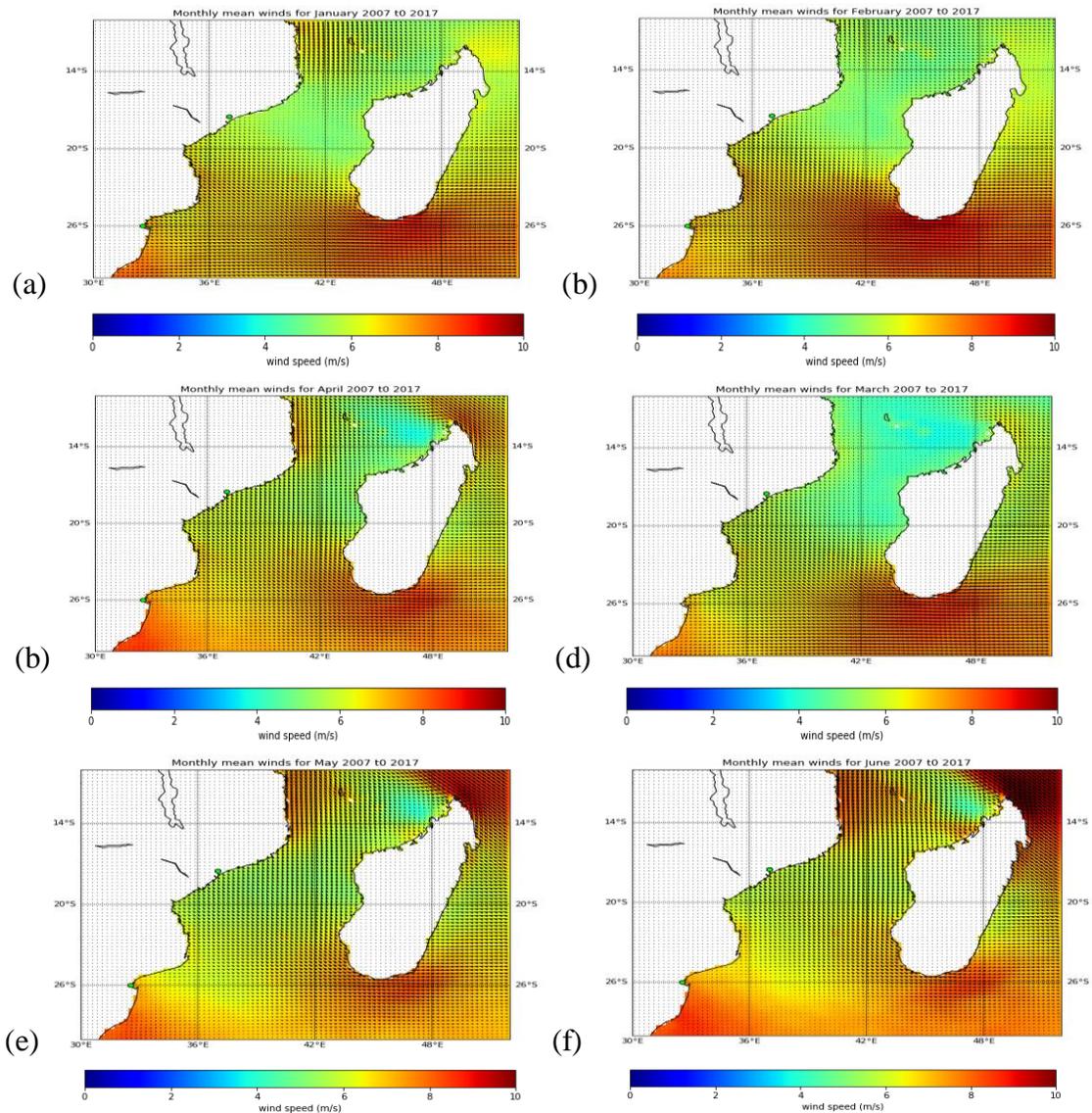


Figura 5: Variação espacial das médias mensais da altura significativa da onda para os anos 1992 a 2013.

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

A Figura 6. mostra a distribuição espacial média do vento para cada mês no período que compreende entre (2007 a 2017) Como pode ser visto na Fig 6, observa-se os mesmo padrão de distribuição observada na figura 5, sendo que, maiores valores da media da Ws observam se na região sul e as menores na região norte do canal. Como se pode ver, o campo de ventos tem variações periódicas claras, durante todos os meses do verão (Outubro a Março) 50% do canal (região norte) é dominada por menores valores da velocidade do vento apresentando valores entre 3 a 5 m/s, com destaque para Dezembro painel (l) onde houve uma invasão de menores valores da Ws na região sul tornando o canal dominado por ventos fracos. E para os meses de inverno (Abril a Setembro) apresentando valores entre 7 a 9 m/s ,o padrão e quase o mesmo excepto em Abril , e Setembro paineis (d) e (j), onde quase 50% é dominado por menores valores da velocidade do vento na região norte e 50% por valores moderados na região sul.



Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

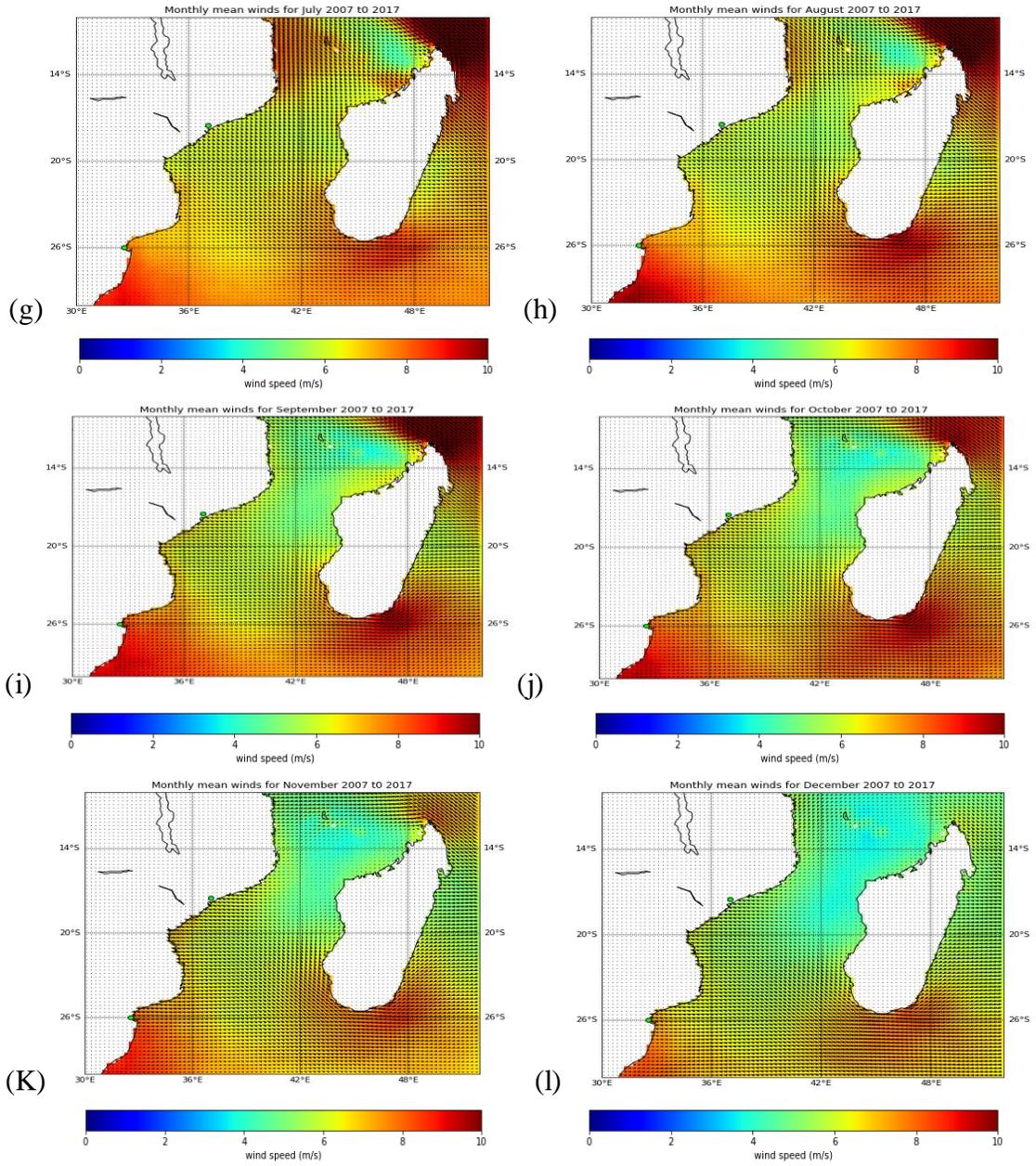


Figura 6: Variação espacial das médias mensais da velocidade e Direcção do vento para os anos 2007 a 2017.

4.2. Variação Temporal Mensal e Interanual

4.2.1. Variação Mensal da Altura significativa da onda e velocidade do vento

A Figura 7 a apresenta a variabilidade da média e o desvio padrão da swh do período entre janeiro de 1992 a Dezembro de 2013 em 3 pontos selecionados na costa de Moçambique: Nacala, Beira e Maptuto, onde pode observa-se que os maiores valores de swh ocorrem durante a estação de inverno (Junho ou Julho), enquanto que as condições mais calmas verifica-se geralmente no verão (Novembro a Fevereiro) com destaque para Dezembro.

Note-se também que na costa da Beira fig:7 b) observam-se menores valores da média da shw comparativamente aos outros dois pontos, não excedendo a 1.58 m de máxima em Julho e de 1.39 m de mínima em Dezembro, e os valores mais elevados observam-se na costa de Maputo fig:7 c), neste ponto a máxima (1.9 m) verifica-se em julho, e de 1.79 m de mínima em Dezembro, outro maior comparativamente a Beira (1.7 m), a verifica-se em Junho na costa de Nacala fig:7 a) e o mínimo de 1.19 m em Dezembro. No que concerne ao desvio padrão os menores valores observam-se em Nacala fig:7 a) comparativamente aos outros dois pontos, não excedendo a 0.6 m, e os mais elevados em Maputo fig:7 c), neste ponto a máxima (0.8 m) verificou-se em Julho e outro maior em comparativamente a Nacala fig:7 a), a verificar-se na Beira fig:7 b) com 0.61m em Junho.

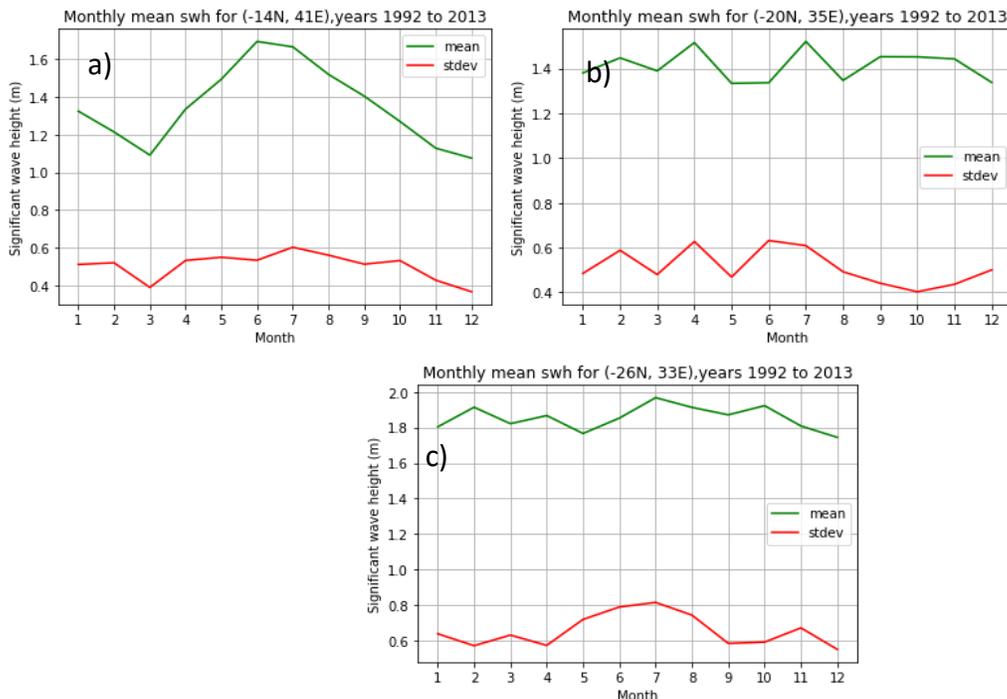


Figura 7: Variação da Média mensal e o desvio padrão da altura significativa da onda para Nacala (a), Beira (b) e Maputo (c).

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

A Figura 8 apresenta a variabilidade da média e o desvio padrão mensal da velocidade do vento em cada mês para o período de janeiro de 2007 a dezembro de 2017 nas 3 costas de Moçambique. onde pode observa-se que maior valores de W_s ocorrem durante a estação de inverno (Junho e Setembro) em Nacala fig:8.a) e Maputo fig8: c) respectivamente e no verão (Novembro) na beira fig:8 b), enquanto que as condições mais calmas verifica-se geralmente no verão (novembro a fevereiro) no excepto na beira onde foram calmas no inverno (Maio e Junho).

Os valores médios sugerem um ciclo interanual alcançando valores elevados a observam se em Maputo fig8.c), neste ponto a maxima (8.1 m/s) a verificar se em Setembro e 7.8m/s de minimo em Janeiro ou Dezembro, e outro valor maior (7.9m/s), em relação a Beira, mas com menor intensidade, verifica se em Junho ou Julho em Nacala fig: a) e 6.8m/s de minima em Dezembro. Os menores valores em relação aos outros dois pontos a observam se na Beira fig:8 b) não escedendo a 7m/s maxima em novembro e 6m/s de minima em Maio ou Junho. No que concerne ao desvio padrão os menores valores observam se em Nacala fig:8 a) não escedendo a 2 m/s, e os mais elevados na Beira fig:8 b) e em Maputo fig:8 c), nestes pontos a maxima (2.1 m/s) verifica se em Abril.

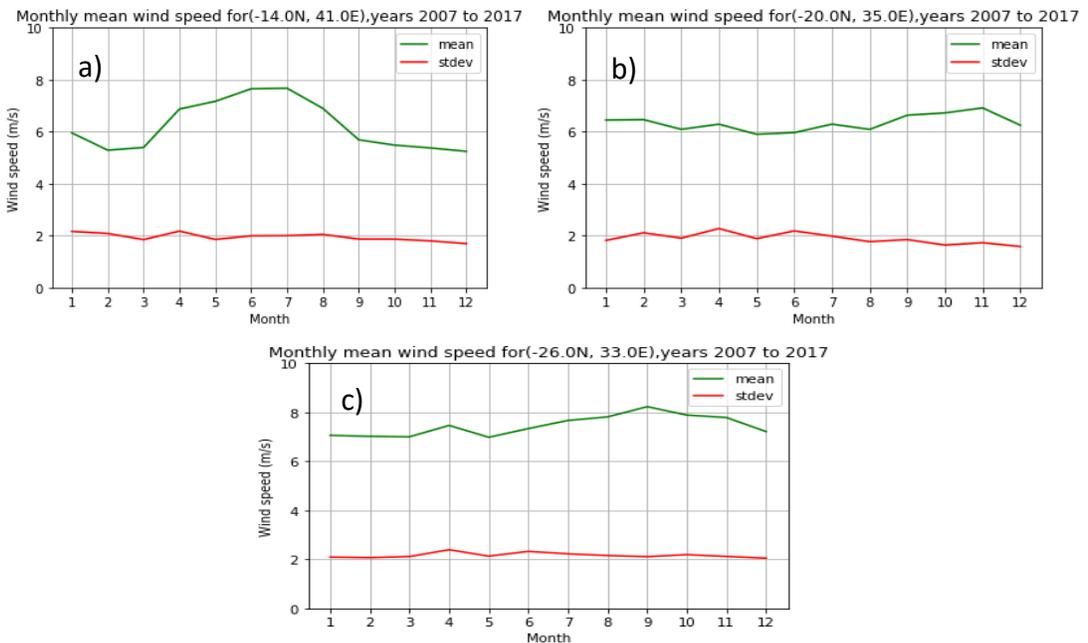


Figura 8: Variação da Média mensal e o desvio padrão mensais da velocidade do vento para Nacala (a), Beira (b) e Maputo (c).

4.2.2. Variação Interanual da altura significativa da onda e velocidade do vento

A figura 9 a apresenta a variabilidade interanual da swh e o desvio padrão em cada ponto do período entre janeiro de 1992 a Dezembro de 2013 em 3 pontos selecionados : Nacala, Beira e Maputo, onde pode observa-se que em todos os pontos os Maiores valores da swh verificam se nos meses de inverno (Junho ou Julho), Os mínimos ocorrem nos meses de verão (Novembro a Fevereiro). Sendo que o maximo de 2.9 m verificou-se em Junho de 2012 na costa de Maputo.

Note-se tambem que em Nacala fig: 9 a) observam – se menores valores da media da Swh e não escedendo a 2 m de maxima , e os valores mais elevados observam - se em Maputo fig: 9 c), neste ponto a maxima (2.9 m) verifica se no inverno (Junho) de 2012. e outro maior valor (2.2 m), verifica se no verão (Abril) 2012 na Beira fig: 9 b). No que concerne ao de desvio padrão os menores valores observam – se na Beira não escedendo a 1 m, os mais elevados em Maputo fig: 9 c), neste ponto a maxima(1.4 m) verifica se no inverno(Julho) 2010 , e outro maior em Nacala fig: 9 a) com 1.2 m no inverno (Junho) 2012.

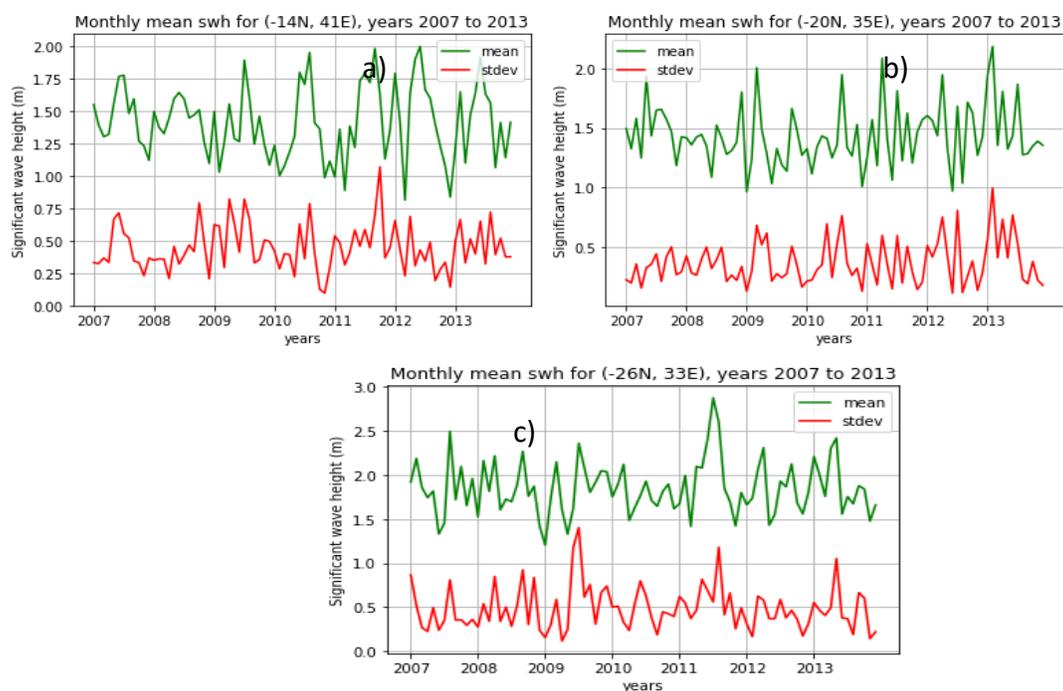


Figura 9: Variação interanual da média e o desvio padrão da altura significativa da onda para Nacala (a), Beira (b) e Maputo (c).

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

A Figura 10 apresenta a variabilidade interanual da média e o desvio padrão do Ws em cada ponto do período entre Janeiro de 1992 a Dezembro de 2013 em 3 pontos selecionados: Nacala, Beira e Maputo, onde pode Note-se que o padrão do regime de Ws não segue aproximadamente o mesmo daquele apresentado pelo swH médio na Figura 9. Entretanto, os valores superiores de vento em alguns pontos tem pouca influência em SwH. Observa-se que na costa de Maputo (fig: 10c) tem o mesmo padrão de distribuição com a costa da Beira (fig: 10b) onde os maiores valores ocorrem no inverno (Maio a julho) e na costa de Nacala (fig: 10a) nos meses de verão (Novembro a Fevereiro) e os mínimos em meses de verão (Outubro a Março).

Note-se também que na Beira (fig: 10b) ocorrem menores valores da média da Ws e não excedem a 7.9 m/s comparativamente aos outros dois pontos, e os valores mais elevados da média da Ws mensal ocorrem em Maputo (fig: 10c), e neste ponto a máxima (9.8 m/s) verifica-se no inverno (Maio) de 2009. e outro maior valor (8.1 m/s), verifica-se no verão (Janeiro) 2009 e (Dezembro) 2010 em Nacala (fig: 10a). O caso de desvio padrão os menores valores ocorrem na Beira (fig: 10b) não excedendo a 2.9 m/s, e os mais elevados em Maputo (fig: 10c) e Nacala (fig: 10a) e neste ponto a máxima (3 m/s) verifica-se no verão (Outubro) 2011 (fig: 10a) e inverno (Julho) de 2008 (fig: 10c).

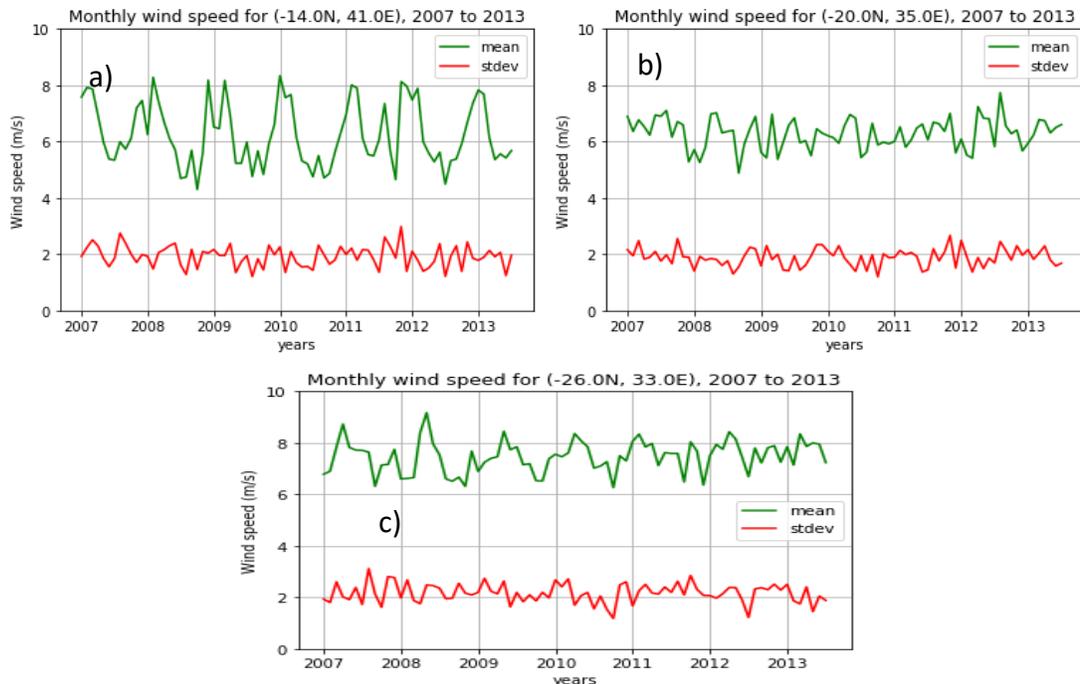


Figura 10: Variação interanual da média e o desvio padrão da velocidade do vento para Nacala (a), Beira (b) e Maputo (c).

5. Discussão

5.1. Variações Temporais e espaciais no campo de Ondas e Ventos

Os resultados acima revelam que o padrão de distribuição da altura significativa da onda e da velocidade do vento é o mesmo embora os dados não sejam do mesmo período. De referir que a região norte do canal é dominada por ondas com menores alturas e Centro a sul por ondas com altura moderada. Este comportamento pode estar associado à influência do sistema de monções do oceano Índico com os ventos do norte e noroeste a dominarem a região norte, período no qual os ventos estão em geral mais fracos. Na parte central, região no qual a monção não tem influência, as alturas tendem a ser moderadas os ventos do sul e do sudeste prevalecem, enquanto que, mais na parte sul do Canal de Moçambique, os ventos de leste dominam o ano (Kulseng, 2010).

No geral o canal de Moçambique é dominado por ondas com menor altura durante nos meses do verão (Outubro a Março) apresentando valores entre 0 a 1.5 m, com destaque para o mês de Dezembro onde foram observadas em quase 75% do canal e durante os meses de inverno (Abril a Setembro), 50% do canal é dominado por valores moderados de S_{wh} (região sul) apresentando valores entre 2 a 3 m, excepto em Junho e Julho onde observa-se uma invasão de valores moderados de s_{wh} na região norte 50% do canal (região norte) é dominado por menores valores da velocidade do vento apresentando valores entre 3 a 5 m/s, com destaque para Dezembro onde houve uma invasão de menores valores da W_s na região sul tornando o canal dominado por ventos fracos. E para os meses de inverno (Abril a Setembro) apresentando valores entre 7 a 9 m/s, o padrão é quase o mesmo excepto em Abril e Setembro, onde quase 50% é dominado por menores valores da velocidade do vento na região norte e 50% por valores moderados na região sul. De referir que a velocidade do vento é o factor que determina e limita a altura das ondas a diminuir em direcção ao norte Palalane (2016).

Mostram ainda que no que concerne à variação temporal da média mensal da s_{wh} diminuir, do sul do canal para o norte de 1.9 m na costa de Maputo para de 1.58 m na costa da Beira tendo-se verificado um aumento para 1.7 na costa de Nacala. Isto está associado à localização da costa da Beira pós a pouca variabilidade na direcção das ondas nesta região, enquanto que na região sul e norte que se localizam nas aberturas do canal de Moçambique, apresentam grande variabilidade da direcção das ondas como resultados de diferentes sistemas atmosféricos que actuam para produzir ondas altas ondas nestas regiões Bie, et al.,(2012). De uma maneira geral, não observa-se uma discrepância entre os resultados obtidos nos três (3) pontos, face às estações do ano, onde pode observar-se que maior

valores de swh ocorrem durante a estação do inverno enquanto que as condições mais calmas ocorrem geralmente no período de verão (Novembro a Fevereiro). Estes resultados concordam com os obtidos por Theron & Barwell, (2012) , O observa se o mesmo com a velocidade do vento que são mais intensos na região sul costa de Maputo e diminui em direcção ao norte tendo sido observado uma media maxima de 8.9 m/s na costa de Maputo e 6.9 m/s na Beira e um aumento para 7.9 m/s na costa de Nacala e as Ws maximas a ocorrem durante a estação do inverno enquanto que as condicoes mais calmas ocorrem geralmente no período de verão (Novembro a Fevereiro). Notando-se que na Beira fig: 8 b) obsevam se menores valores da media da swh não escedendo a 1.58 m em relação as outros pontos, e os valores mais elevados em Maputo fig: 8 c), neste ponto a maxima(1.9 m) e (1.7 m/s) em Nacala fig a). No que concerne ao desvio padrão os menores valores observam se em Nacala fig: 8 a) não escedendo a 0.6 m, e os mais elevados em Maputo fig: 8 c), neste ponto a maxima (0.8 m) na Beira fig:8 b) com 0.61 m.

Em relação a variabilidade interanual mostram que em todos os pontos os Maiores valores da swh verificam se nos meses de inverno (Junho ou Julho), Os mínimos ocorrem nos meses de verão (Novembro a Fevereiro). Sendo que o maximo de 2.9 m verificou-se em Junho de 2012 na costa de Maputo, e que o padrão do regime de Ws não segue aproximadamente o mesmo daquele apresentado pelo swh médio . Entretanto, os valores superiores de vento em alguns pontos tem pouca influência na swh. Observou-se que na costa de Maputo fig: 10 c) tem o mesmo padrão de distribuição com a costa da Beira fig: 10 b) onde os maiores valores ocorrem no inverno (Maio a julho) e na costa de Nacala fig: 10 a) nos meses de verão (Novembro a Fevereiro) e os minimos em meses de verão (Outobro a Março) .

CAPÍTULO V – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste capítulo são apresentadas as conclusões e recomendações de toda pesquisa realizada

6. Conclusão

Para o presente estudo, os resultados apresentados durante a realização e pesquisa do trabalho, permitiram chegar as seguintes conclusões:

- Os resultados obtidos de distribuição espacial da altura significativa de ondas e da velocidade do vento mostram que o canal de Moçambique é dominada por ondas com menor altura na região norte e moderadas na região sul, notou se ainda que durante o verão (Outubro a Março) com destaque para mês de Dezembro observaram-se em quase 75% do canal e valores moderados no inverno (Abril a Setembro), com destaque para Junho e Julho onde observou-se uma invasão de valores moderados de swH na região norte.
- Em relação a velocidade do vento durante o verão (Outubro a Março) é dominada por menores valores da velocidade do vento apresentando valores entre 3 a 5m/s, com destaque para Dezembro onde houve uma invasão de menores valores da ws na região sul. E para os meses de inverno (Abril a Setembro) apresentando valores entre 7 a 9m/s, e quase o mesmo excepto em Abril e Setembro, onde quase 50% é dominado por menores valores da velocidade do vento na região norte e 50% por valores moderados na região sul sendo o mês de Dezembro onde foram observadas em quase 75% do canal e que não foram verificados valores mínimos entre 0 a 2.5m/s
- Nas análises mensais mostram que maior valores shw e Ws ocorrem durante a estação do inverno enquanto que as condições mais calmas ocorrem geralmente no período de verão (Novembro a Fevereiro). E que os maiores valores foram observados na costa de Maputo e os menores na costa da Beira e um aumento da costa de Nacala. Em relação a ws tendo sido observado o mesmo padrão com o da shw.
- Em relação a variabilidade interanual mostram que em todos os pontos os maiores valores da swH verificam-se nos meses de inverno (Junho ou Julho), os mínimos ocorrem nos meses de verão (Novembro a Fevereiro). Sendo, e que o padrão do regime de Ws não segue aproximadamente o mesmo daquele apresentado pelo swH médio. Entretanto, os valores

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

superiores de vento em alguns pontos tem pouca influência na swh. Observou-se que a costa de Maputo tem o mesmo padrão de distribuição com a costa da Beira com os maiores valores ocorrem no inverno (Maio a julho) e na costa de Nacala nos meses de verão (Novembro a Fevereiro) e os mínimos em meses de verão (Outubro a Março).

6.1.Recomendações:

- Nos próximos estudos que se use o banco de dados dos dois parâmetros nos mesmos períodos.
- Que se considere também alguns pontos na costa de Madagascar.

CAPITULO VI - REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

7. Referencias Bibliograficas

- Anonimo, 2016. *relatório preliminar de definição de âmbito do projecto do oleoduto e da fso da sasoL*, s.l.: s.n.
- Antonio, M. H. P., 2013. *Estudo da Hidrodinamica do Estuario Bon Sinais*, s.l.: s.n.
- Bidlot, J. R., 2013. *Marine Prediction Section Predictability Division of the Research Department*. s.l.:s.n.
- Bié, A. J., 2017. *Estudo numérico de marés meteorológicas na costa de Moçambique*, São Paulo: Universidade de São Paulo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas Departamento de Ciências Atmosféricas.
- Bie, A. J., Mavure, A. F. & de Camargo, R., 2012. *caracterização do clima de ondas na costa de Mocambique*, São Paulo: Universidade de São Paulo.
- Chuva, M. C., 2017. *Estudo do impacto de propagação de Ondas de Rayleigh na dinâmica da praia de Zalala, distrito de Quelimane.*, UEM- ESCMC- Quelimane- Zambezia: s.n.
- COLI., A. B. & MATA, M. M., 1996. *Caracterização das Alturas de Onda no Atlântico Sul Ocidental Através da Altimetria*, Fundação Universidade do Rio Grande: s.n.
- COLI, A. B. & MATA, M. M., 1996. *Caracterização das Alturas de Onda no Atlântico Sul Ocidental Através da Altimetria TOPEX/POSEIDON*, Fundação Universidade do Rio Grande Laboratório de Oceanografia Física - Departamento de Física: s.n.
- Cuchiara., D., Fernandes., E. H., Strauch., J. C. & Callia, L. J., 2008. *modelagem numérica do comportamento das ondas na costa do Rio Grande do Sul*, Universidade Federal do Rio Grande, Departamento de Física, Laboratório de Oceanografia Física, Campus Carreiros: s.n.
- Cumbe, Â. N. F., 2007. *O Património Geológico de Moçambique: Proposta de Metodologia de Inventariação*,, Braga: UNIVERSIDADE DO MINHO ESCOLA DE CIÊNCIAS DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DA TERRA.

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

- Delgado, A. L. S. A. P., 2011. *Caracterização hidrodinâmica e sedimentar do estuário do rio minho*, s.l.: s.n.
- Franco., D. & Filho, E. M., 2006. *Relevância dos mares secundários na caracterização do regime de ondas ao largo da Ilha de Santa Catarina, SC (2002 – 2005)*, Laboratório de Hidráulica Marítima – Depto Engenharia Sanitária e Ambiental – UFSC: s.n.
- Godoi, S. S. d., 2011. *Ondas no mar*. Universidade de São Paulo Instituto Oceanografico Laboratorio de Dinamica Oceanica: s.n.
- Gomes, A. S., 2003. *Ondas Marihas*, Departamento de Biologia Marinha.
- Goncalves, R. D. S., 2016. *Metodologia de Determinacao de Alturas de Ondas para Dimensionamento de Obras Maritimas*, Madeira: Universidade da Madeira- Faculdade de Ciencias Exatas e de Engenharia.
- Hogueane, A. M., 2007. *Perfil Diagnóstico da Zona Costeira de Moçambique*, Universidade Eduardo Mondlane, Escola Superior de Ciências Marinhas e Costeiras, Chuabo Dembe, P.O.Box 128,: s.n.
- Kulseng, R. K., 2010. *100-year waves in theMozambique Channel*. UNIVERSITY OF BERGEN: Geophysical Institute.
- Marquez, d. L., 2017. *Projeções futuras das ondas de gravidade da superfície dos oceanos para a américa do sul*, São José dos Campos: s.n.
- Mucavel, E. G., 2014. *Estudo do potencial energético de ondas na praia de Xai-Xai e a viabilidade do seu aproveitamento*. 2 12.
- Palalane, J., 2016. *Processesof long- term coast evolution and their mathemayical modelilng Application to the Mozambican coast*, s.l.: Lund Univrsity.
- Parente., C. E., Nogueira., i. C. M., Martins., r. P. & ribeiro, E. o., 2015. *climatologia das ondas*, Rio de Janeiro: s.n.
- Rodewald, D., 2016. *Relatório preliminar de definição de âmbito do projecto do oleoduto e da fso da sasol*, s.l.: ERM .

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

- Sagatto, S. A., 2011. *Estimativa de um índice de exposição às ondas na zona costeira da ilha de santa catarina*. Florianópolis: s.n.
- Theron, A. & Barwell, L., 2012. *Respondendo as mudanças climáticas em Moçambique: Tema 2: Proteção Costeira*, s.l.: Stellenbosch: CSIR..

A. Análises Estatísticas do campo de ondas e do vento

Procedimentos da análise da Variação Espacial da Swh e Ws

Para a confecção de mapas da variação da altura significativa usou `wavestats_region.py` uma técnica estatística do software python que permitiu determinar as media e desvio padrão mensais, e `windstasts_region.py` para a média e o desvio padrão mensais velocidade e direcção do vento em forma de mapas.

Procedimentos da análise da Variações Espacial Sazonal da Swh e Ws

Para a confecção de mapas da variação espacial sazonal da altura significativa usou `wavestats_region.py` uma técnica estatística do software python que permitiu determinar as media e desvio padrão mensais, e `windstasts_region.py` para a média e o desvio padrão mensais velocidade e direcção do vento em forma de mapas.

Procedimentos da análise da Variações Sazonais da Swh e Ws

Para os gráficos da variação Sazonal usou se a técnica estatística `wavestats_point.py`, que permitiu a determinar as médias e desvio padrão mensais para SWH e `windstats_point.py` para as médias e desvio padrão mensais da velocidade do vento.

Procedimentos da análise da Variação Interanual da Swh e Ws

Para os gráficos das variações interanuais usou se a técnica estatística `wavestats_point_timeseries.py` para SWH e `windstats_point_timeseries_py3.py` que permite determinar a media e desvio padrão da velocidade do vento, onde para achar as medias e desvio padrão em função dos anos acrescentou se um comando `(labels = ((np.arange(10)*1)+2007).astype(str) # this sets up tables in years as text, 11 for the number of ticks for full range of years)`. Mais detalhes sobre as descrições do software e as técnicas estatísticas consultem o site www.c-rise.info

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

B.

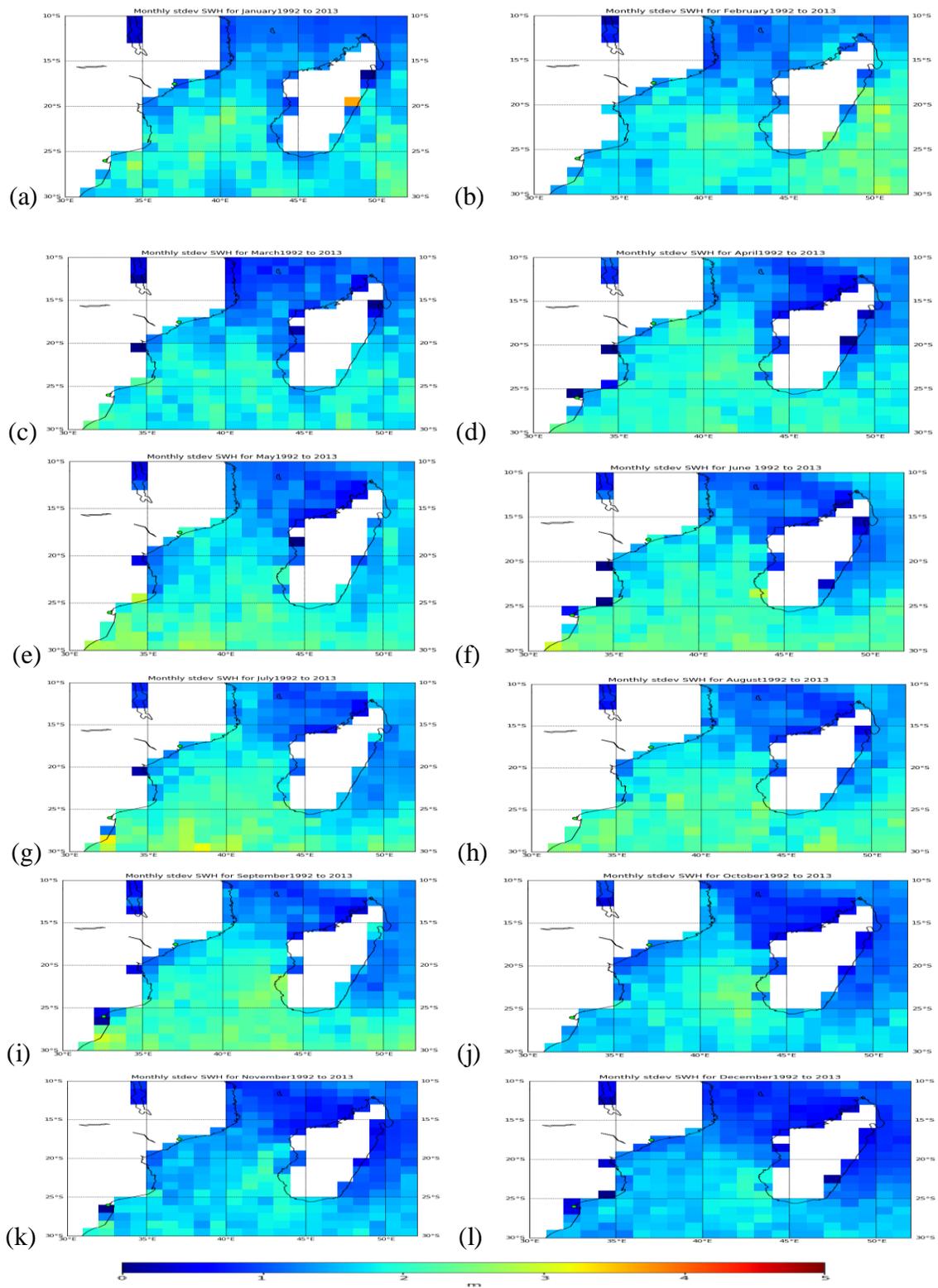


Figura 11: Distribuição Especial mensal do desvio padrão da altura significativa da onda para o período entre 1992 a 2013

Análise Climatológica das Ondas no Canal de Moçambique

C.

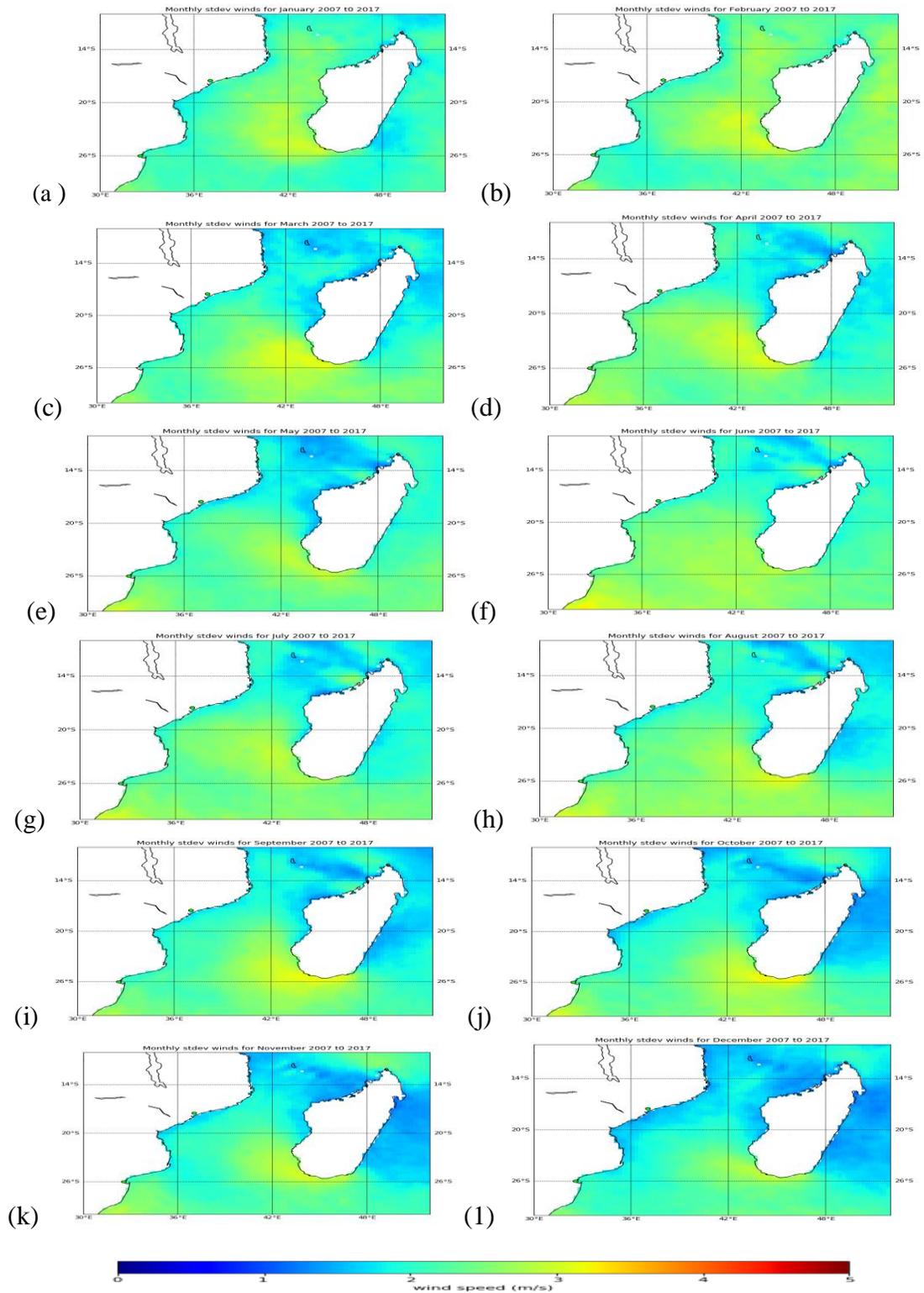


Figura12: Distribuição Especial mensal do desvio padrão da velocidade do vento no período de 2007 a 2017

D.

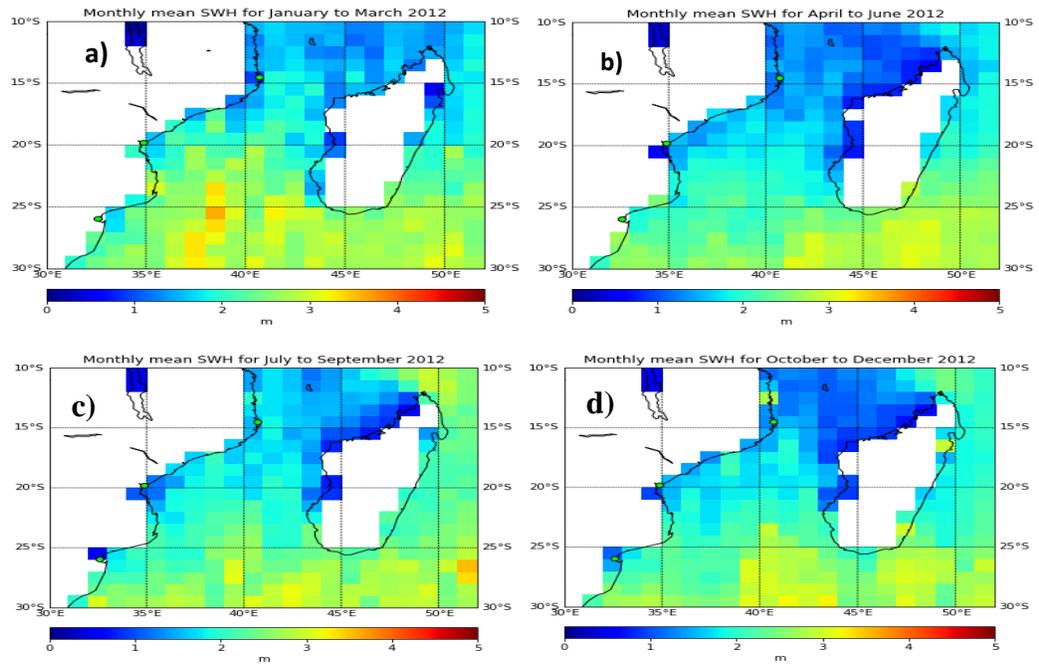


Figura 13: Variação sazonal da Media swh para o ano 2012 a) (JFM), b) (AMJ), c) (JAS) e d) (OND).

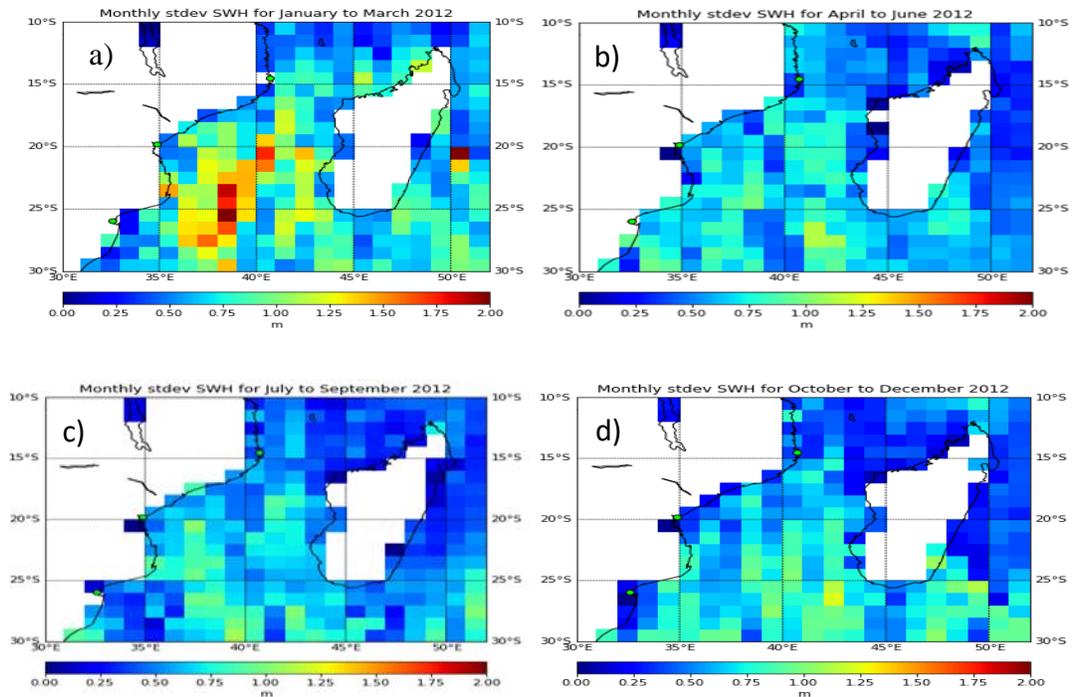


Figura 14: Variação sazonal de stdev swh para o ano 2012 a) (JFM), b) (AMJ), C) (JAS) e d) (OND).

E.

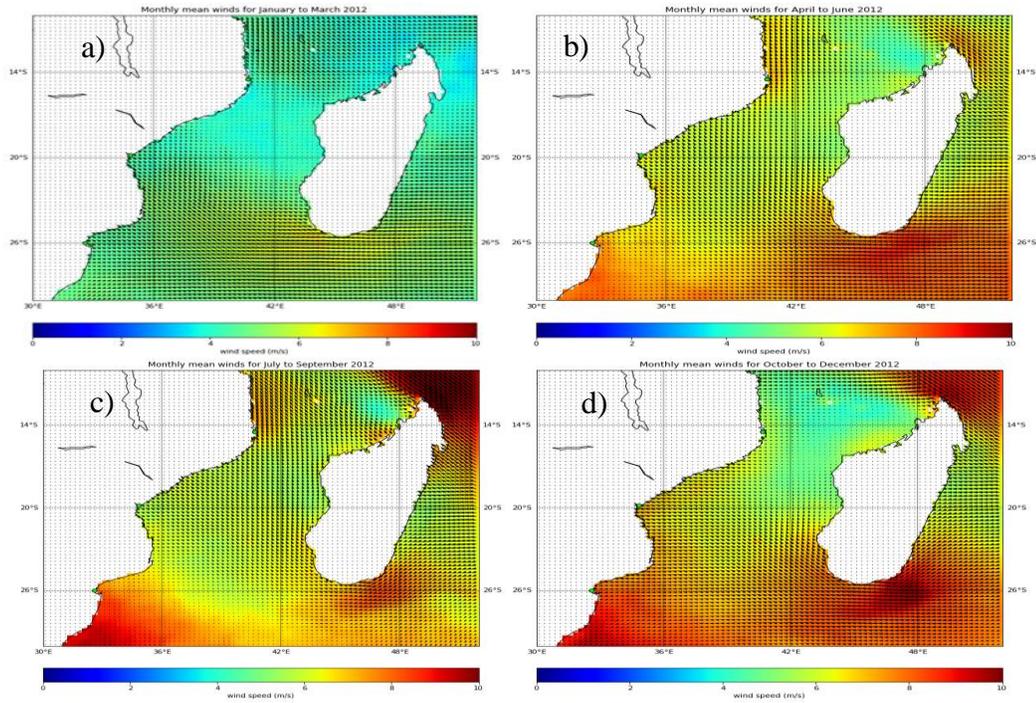


Figura 15: Variação sazonal de Media Ws para o ano 2012 a) (JFM), b) (AMJ), C) (JAS) e d) (OND).

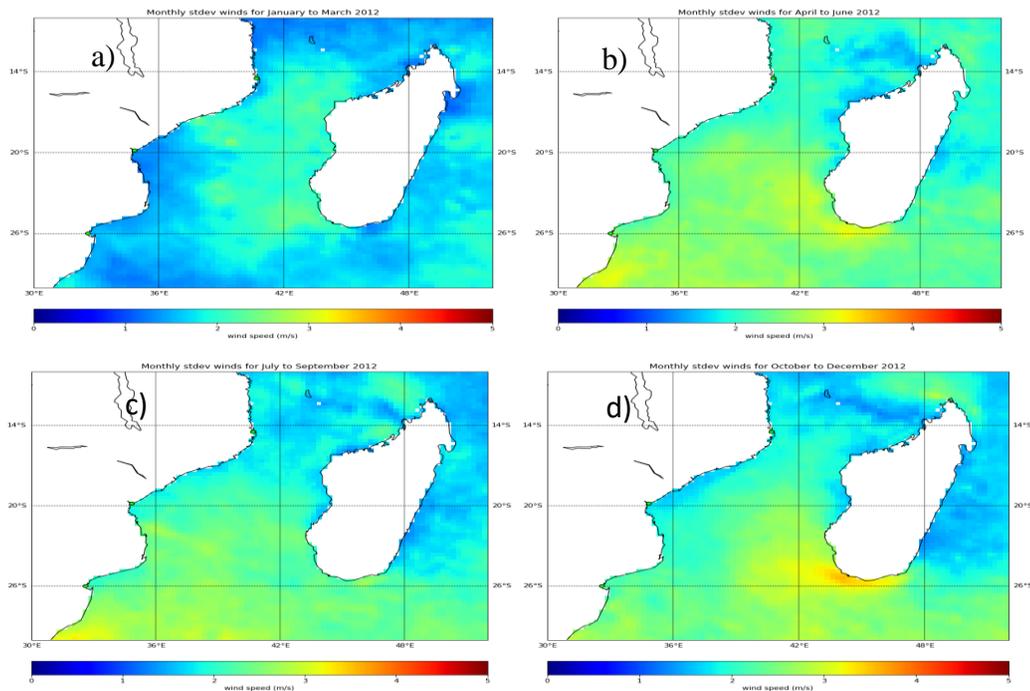


Figura 16: Variação sazonal da stdev da Ws para o ano 2012 a) (JFM), b) (AMJ), C) (JAS) e d) (OND).