



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR  
Departamento de Engenharia Eletromecânica

# ANÁLISE DO POTENCIAL DA ENERGIA DAS ONDAS NO LITORAL DE ANGOLA PARA A PRODUÇÃO DE ELETRICIDADE

**Graciano Agostinho Camilo Comboio**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em  
**Engenharia Eletromecânica**  
(2º ciclo de estudos)

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Doutora Maria do Rosário Alves Calado

Covilhã, Abril de 2021

Folha em branco

# Dedicatória

Dedico a presente dissertação a toda minha família, em particular a minha esposa Ludmila Rosa Tomás Paulo, aos meus amados filhos e aos meus pais que apesar de estarem distantes, estão sempre do meu lado, proporcionando-me todo amor, energia positiva e apoio necessário para não desistir, continuar a lutar até que se concretize o objetivo pretendido (obtenção do certificado de mestre).

Folha em branco

# Agradecimento

Primeiramente agradeço a Deus todo poderoso, criador do céu e da terra, à minha esposa e aos meus filhos que são a minha razão de viver, é através deles que não desisto dos meus sonhos, continuo a persistir a cada dia de maneiras que consigo dar-lhes uma vida melhor e digna.

Agradeço também aos meus pais, irmãos, amigos que estão sempre comigo, quer sejam em bons momentos, como também em momentos difíceis da vida, à minha orientadora Doutora Maria do Rosário Alves Calado pela paciência que teve ao longo da elaboração desta dissertação, aos meus colegas que sempre me apoiaram, e a todos aqueles que direta ou indiretamente deram o seu contributo para que a conclusão desta dissertação fosse uma realidade.

Folha em branco

## Resumo

O setor energético é um dos que oferece maiores desafios para Angola. O Governo angolano tem realizado várias ações para melhorar o sistema elétrico; não obstante, os resultados continuam longe de satisfazer as necessidades reais de desenvolvimento e as expectativas da população. Por isso, há ainda um longo caminho a percorrer; é fundamental a organização, investimento e a regulação para tornar a eletricidade mais acessível à população. Anualmente, a procura de eletricidade no país cresce em média cerca de 12% e esse número tende a aumentar à medida que o tempo passa. Assim, é necessário criar condições para a estabilização do fornecimento de energia elétrica com fiabilidade; reabilitar, construir e expandir as infraestruturas; interligar os sistemas de produção de eletricidade (Norte, Centro e Sul) e regional (SADC); implementar um tarifário justo, que reflita os custos, de modo a estimular o investimento; melhorar a eficiência e qualidade do produto e serviços de fornecimento.

O Plano de Ação do Ministério da Energia e Águas (MINEA), para o período de 2013-2017, reforçou o foco em grandes centrais hidroelétricas através da construção de 2.060 MW para Laúca e de 960 MW para Cambambe II. Atualmente, estes projetos já se encontram em fase de conclusão. Entretanto, existem outros projetos hidroelétricos importantes planeados e alguns que já estão em fase de construção, nomeadamente o de Caculo Cabaça (será o maior aproveitamento hidroelétrico do país), Jamba-Ya-Mina, Jamba-Ya-Oma e Baynes, que é um projeto conjunto com a Namíbia, localizado na fronteira.

Olhando para as alterações climáticas que têm ocorrido no mundo, devido à elevada quantidade de gases na atmosfera, como o dióxido de carbono, é responsabilidade de cada Governo criar políticas para o desenvolvimento do país de forma sustentável e limpa, por forma a se reduzir ao máximo os níveis de poluição, contribuindo assim para uma vida saudável na terra. A energia desempenha em qualquer país um papel essencial no desenvolvimento económico e social, proporcionando a elevação dos padrões de qualidade e de bem-estar da população. Assim sendo, Angola reviu em 2014 A Lei Geral da Eletricidade, datada de 31 de Maio de 1996, surgindo com novas Políticas e Estratégia de Segurança Energética Nacional, através do Decreto presidencial n.º 256/11, de 29 de Setembro aprovada em 2008, que define as principais orientações estratégicas para o setor da energia, incluindo a redefinição do quadro institucional vigente, permitindo o crescimento de parques de geração, eletrificação e expansão da rede, revisão tarifária e sustentabilidade económico-financeira, reestruturação e fortalecimento dos operadores do setor da energia, promoção do capital e o aproveitamento das energias renováveis de até 74% da

potência instalada, com o recurso hídrico a representar 66% e as restantes energias renováveis 8%, tendo como preocupação a inclusão do meio rural, com o fim de atender ao consumo interno, para 50% a 60% da população e às exportações até 2025. Com uma meta de se ter 95% de toda a capacidade adicional de produção de energia a partir de fontes de energias renováveis até 2030, como estabelecido no Livro Branco CEEAC.

Desta feita, a presente dissertação tem como propósito o estudo da viabilidade de aproveitar o potencial da energia dos oceanos (ondas) existentes em Angola, como uma das opções a incluir nas políticas energéticas do país, explorando ao máximo os recursos renováveis para a produção de energia elétrica, de forma limpa e sustentável, com o mínimo de impacto ambiental, contribuindo fundamentalmente para a economia angolana, a população e a melhoria da qualidade do meio ambiente que nos rodeia.

## **Palavras-chave**

Potencial de energias renováveis em Angola, Energia das ondas, Sistemas de conversão de energia.

Folha em branco

# Abstract

The energy sector is one of Angola's great challenges. The Angolan Government has taken several actions to improve the electrical system; however, the results are still far from satisfying the real needs of development and the expectations of the population. So, there is still a long way to go. Organization, investment and the regulation are essential to make electricity more accessible to the population. Annually, the demand for electricity in the country grows by an average of about 12% and that number tends to increase as time goes by. Thus, it is necessary to create conditions for the stabilization of the electricity supply with reliability; rehabilitation, construction and expansion of infrastructure; interconnect electricity production systems (North, Center and South) and regional (SADC); implement a fair energy tariff, reflecting costs, in order to stimulate investment; improve the efficiency and quality of the supply service.

The Action Plan of the Ministry of Energy and Water (MINEA), for the period 2013-2017, reinforced the focus on large hydroelectric power plants through the construction of 2,060 MW for Laúca and 960 MW for Cambambe II. Currently, these projects are already underway and being concluded. However, other important hydroelectric projects planned and some that are already under construction, namely Caculo Cabaça (will be the largest hydroelectric project in the country), Jamba-Ya-Mina, Jamba-Ya-Oma and Baynes, which is a project together with Namibia, located on the border.

Looking at the climate changes that have occurred in all the world, due to the high amount of gases in the atmosphere, such as carbon dioxide, it is a responsibility of each Government to create policies for the development of the country in a sustainable and clean way, in order to reduce maximum levels of pollution, thus contributing to a healthy life on earth. Energy plays an essential role in any country for economic and social development, providing the raising of quality and welfare standards for the population. So, Angola in 2014, revised the General Electricity Law, dated May 31, 1996, coming up with new National Energy Security Policies and Strategy, through Presidential Decree No. 256/11, of September 29, approved in 2008, which defines the main strategic guidelines for the energy sector, including the redefinition of the current institutional framework, allowing the growth in number of generation parks, electrification and network expansion, tariff review and economic and financial sustainability, restructuring and strengthening of the energy sector's operators, promotion of capital and the use of renewable energies of up to 74% of the installed power, with the water resource representing 66% and the remaining renewable energies 8%, having as concern the inclusion of the rural environment, with the aim of meet

domestic consumption, for 50% to 60% of the population, and exportations by 2025. With a goal of having 95% of all additional energy production capacity from renewable energy sources until 2030, as set out in the CEEAC White Paper.

Thus, the present dissertation aims to study the viability and feasibility of using the energy potential of oceans waves existing in Angola, as one of the viable options to be included in the country's energy policies in exploiting the maximum the renewable resources for the production of electric energy in a clean and sustainable way, with minimal environmental impact, fundamentally contributing to the Angolan economy, the population well-being and better environmental conditions.

## **Keywords**

Renewable energy potential in Angola, Wave energy, Energy conversion systems.

Folha em branco

# Índice

Dedicatória.....	iii
Agradecimento .....	v
Resumo .....	vii
Palavras-chave.....	viii
Abstract.....	x
Keywords .....	xi
Lista de Figuras.....	xv
Lista de Tabelas .....	xvii
Lista de símbolos, acrónimos e siglas .....	xix
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo do estudo.....	2
1.2 Justificação do tema.....	2
CAPÍTULO II - ENERGIA DAS ONDAS .....	5
2.1 Tecnologias de aproveitamento da energia das ondas .....	6
2.1.1 Classificação das tecnologias.....	6
2.1.1.1 Tipos de conversores de energia das ondas existentes e em funcionamento.....	8
2.1.1.1.1 Exemplos de centrais de energia das ondas em funcionamento.....	12
2.1.1.2 Conversores de energia das ondas em estudo ou em fase de protótipo .....	21
2.1.1.2.1 Exemplos de centrais de energia das ondas em fase de desenvolvimento.....	26
CAPÍTULO III - POTENCIALIDADE ENERGÉTICA DAS ONDAS EM ANGOLA.....	29
3.1 Cálculo da potência das ondas ao longo da costa angolana .....	31
3.1.1 Programa em Matlab utilizado para a realização dos cálculos .....	32
3.1.2 Província de Cabinda .....	33
3.1.3 Província do Zaire.....	37
3.1.4 Província do Bengo.....	44
3.1.5 Província de Luanda .....	48
3.1.6 Província do Kwanza Sul .....	52
3.1.7 Província de Benguela .....	56
3.1.8 Província do Namibe.....	65
3.1.9 Considerações finais e recomendações .....	78
CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES .....	80
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

Folha em branco

## Lista de Figuras

Figura 2.1 - Formação das ondas provocadas pelo vento. (Adaptado de: [2]).....	5
Figura 2.2 - Diagrama de blocos da classificação das tecnologias de energia das ondas de acordo as distâncias da costa e ao modo de conversão de energia das ondas em energia elétrica. ....	6
Figura 2.3 - Dispositivos de galgamento [5]. ....	8
Figura 2.4 - Dispositivos de coluna de água oscilante [5]. ....	9
Figura 2.5 - Conversor oscilante de translação de ondas [4].....	10
Figura 2.6 - Dispositivos submersos de diferença de pressão [5]. ....	10
Figura 2.7 - Atenuador [5]. ....	11
Figura 2.8 - Sistema oscilante de simetria axial [5]. ....	12
Figura 2.9 - Dispositivo de coluna de água oscilante - OWC. (a): Esquema de funcionamento (Adaptado de: [6]); (b): Central piloto europeia da ilha do Pico, Açores [4].....	13
Figura 2.10 - Montagem da turbina eólica da central LIMPET, na ilha de Islay, Escócia [4].....	13
Figura 2.11 - Central LIMPET em funcionamento na ilha de Islay, Escócia [4].....	14
Figura 2.12 - Central piloto no Porto de Pecém - Ceará [7]. ....	14
Figura 2.13 - Esquema de funcionamento do sistema AWS [4].....	15
Figura 2.14 - Ilustrações dos dispositivos AWS [6]. ....	16
Figura 2.15 - Central piloto rebocada do porto de Viana do Castelo [4]. ....	16
Figura 2.16 - Protótipo de Pelamis de 750 kW. (a): Em construção; (b): Operando em alto mar [4].....	17
Figura 2.17 - Dispositivo bioWave [6].....	18
Figura 2.18 - Wave Dragon. (a): Esquema de funcionamento; (b): Protótipo em testes no laboratório; (c): Protótipo em testes no mar [4]. ....	19
Figura 2.19 - Sistema CETO. (a): Diagrama conceitual; (b): Pormenor de uma unidade geradora. (adaptado de: [9]). ....	21
Figura 2.20 Conversor Oyster [5]. ....	22
Figura 2.21 - Poly-A-OWC. (a): Esquema e detalhes da arquitetura (Adaptado de: [10]); (b) Imagem artística da central e detalhes da estrutura interna do coletor [10]). ....	23
Figura 2.22 - IPS Buoy, Hose-Pump e AquaBuOY [10]. ....	25
Figura 2.23 - Waveline Magnet WEC [12]. ....	25
Figura 2.24 - Central de energia das ondas CETO 6. (a): Ilustração artística (Adaptado de: [13]); (b): Testes do CETO 6 no tanque FloWave (Adaptado de: [8]). ....	28

Folha em branco

## Lista de Tabelas

Tabela 3.1 - Altura, período e potência das ondas na província de Cabinda. ....	34
Tabela 3.2 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Cabinda. ....	36
Tabela 3.3 - Altura, período e potência das ondas no município do Nzeto. ....	38
Tabela 3.4 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Nzeto. ....	40
Tabela 3.5 - Altura, período e potência das ondas no município do Soyo. ....	41
Tabela 3.6 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Soyo. ....	43
Tabela 3.7 - Altura, período e potência das ondas no município de Ambriz. ....	45
Tabela 3.8 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município de Ambriz. ....	47
Tabela 3.9 - Altura, período e potência das ondas na província de Luanda. ....	49
Tabela 3.10 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Luanda. ....	51
Tabela 3.11 - Altura, período e potência das ondas no município do Porto Amboim. ....	53
Tabela 3.12 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município de Porto Amboim. ....	55
Tabela 3.13 - Altura, período e potência das ondas na província de Benguela. ....	57
Tabela 3.14 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Benguela. ....	59
Tabela 3.15 - Altura, período e potência das ondas na comuna da Baía dos Elefantes. ....	60
Tabela 3.16 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna Baía dos Elefantes. ....	62
Tabela 3.17 - Altura, período e potência das ondas no município do Lobito. ....	63
Tabela 3.18 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Lobito. ....	65
Tabela 3.19 - Altura, período e potência das ondas na província do Namibe. ....	67
Tabela 3.20 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província do Namibe. ....	69
Tabela 3.21 - Altura, período e potência das ondas na comuna da Baía dos Tigres. ....	70
Tabela 3.22 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna da Baía dos Tigres. ....	72
Tabela 3.23 - Altura, período e potência das ondas na comuna da Santa Marta. ....	73
Tabela 3.24 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna de Santa Marta. ....	75
Tabela 3.25 - Altura, período e potência das ondas no município do Tômbua. ....	76
Tabela 3.26 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Tômbua. ....	78

Folha em branco

## Lista de símbolos, acrónimos e siglas

$C$ : Celeridade de onda única ou velocidade de fase	[m/s]
CAO: Dispositivos de coluna de água oscilante	
CEEAC: Comunidade Económica dos Estados da África Central	
$CO_2$ : Dióxido de carbono	
$C_g$ : Celeridade do grupo de ondas	[m/s]
$E_C$ : Energia cinética da onda	[J]
$E_p$ : Energia potencial da onda	[J]
$E_W$ : Energia da onda	[J]
FAA: Forças Armadas Angolanas	
$g_a$ : Aceleração da gravidade	[m/s <sup>2</sup> ]
$H$ : Altura significativa da onda	[m]
$L$ : Largura da onda	[m]
$J_w$ : Densidade de potência da onda	[W/m]
MINEA: Ministério de Energias e Águas	
$NO$ : Óxido de azoto	
PN: Polícia Nacional	
SADC: Comunidade de Desenvolvimento da África Austral (em inglês, Southern Africa Development Community)	
$SO_2$ : Dióxido de enxofre	
$T$ : Período da onda	[s]
ZEE: Zona Económica Exclusiva	
$\lambda$ : Comprimento de onda	[m]

$\rho$ : Densidade da água

[Kg/m<sup>3</sup>]

Folha em branco

# CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

A energia, no seu sentido mais lato, é um dos fatores de crescimento contínuo da atividade económica e de melhoria das condições de vida das populações [1]. A produção de energia elétrica a partir de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural) é responsável pela alta emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, como o dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), óxido de azoto ( $NO$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), provocada pela sua queima durante o processo produtivo. Como consequência, provocam alterações climáticas, chuvas ácidas, bem como a degradação do meio ambiente, prejudicando cada vez mais a vida da humanidade no planeta. Infelizmente, os combustíveis fósseis, apesar das agressões que causam na atmosfera e de as suas reservas estarem a diminuir, ainda são amplamente utilizados no mundo inteiro no processo de produção de eletricidade; é também importante frisar que com o rápido crescimento da população mundial, aumentam ainda mais as necessidades energéticas mundiais. Para se poder alterar esta situação e salvar o meio ambiente, crescem cada vez mais as preocupações relacionadas com a segurança energética mundial; assim sendo, são exercidos no mundo grandes esforços para reduzir drasticamente o uso de combustíveis fósseis, substituindo-os pelas energias renováveis. Assim, estão a ser desenvolvidas em todo mundo diversas ações para a introdução cada vez maior de sistemas que utilizem fontes de energias renováveis, limpas e sustentáveis, que satisfaçam as necessidades energéticas atuais e futuras.

Nos últimos tempos, têm-se registado consideráveis progressos a nível global na investigação e desenvolvimento de tecnologias associadas ao aproveitamento da energia proveniente dos oceanos. Nos oceanos podem ser exploradas diversas fontes de energias como as das marés, ondas, gradiente térmico, salinidade, correntes e biomassa marítima. Todas estas formas de energias contidas nos oceanos, para além de serem inesgotáveis, são sustentáveis, limpas e praticamente sem agressões para o meio ambiente, porque apresentam um impacto ambiental muito baixo, ou quase nulo, e não afetam o balanço térmico, nem a composição atmosférica do planeta. São, portanto, uma aposta essencial para reduzir os impactos ambientais, sendo que, e dada a existência de diferentes tipos de tecnologia, podem ser escolhidas de acordo com as possibilidades disponíveis em cada região e de acordo com a capacidade de investimento. É importante sublinhar que as energias renováveis são uma importante contribuição para se alcançar um sistema energeticamente sustentável. As energias dos oceanos também podem ser consideradas fontes de energia “verdes”, sendo uma das possibilidades de produção de energia elétrica recentemente desenvolvida, existindo, entretanto, ainda poucos projetos implementados. Nesse sentido, o presente estudo apresentará uma análise do potencial da energia das ondas existente no litoral de Angola, para a produção de eletricidade, analisando ainda as diversas formas de geração e dando exemplos de aplicação.

A energia das ondas, originadas pela interação da água com o vento, corpos em movimento, distúrbios sísmicos ou campos gravíticos de outros planetas, é simplesmente uma forma de energia acumulada e em transição. A principal fonte energética primária de formação das ondas a nível planetário é o sol. A radiação solar é coletada pelas massas de água e terra do nosso planeta, criando-se um diferencial de temperatura entre as camadas de ar próximas da superfície e as camadas de ar mais afastadas. O ar quente de menor densidade eleva-se dando lugar ao ar mais frio das camadas atmosféricas superiores, gerando correntes

térmicas verticais. Paralelamente a estas correntes, o ar quente das zonas equatoriais desloca-se para as zonas polares, enquanto o ar frio polar se desloca para regiões mais quentes do globo, resultando no padrão meteorológico global da circulação dos ventos [2].

## 1.1 Objetivo do estudo

A presente dissertação tem como propósito analisar o potencial da energia das ondas existentes no litoral angolano para a produção de eletricidade, por forma a contribuir para o bem-estar social, conforto e comodidade da população angolana em geral, bem como para o seu desenvolvimento económico.

## 1.2 Justificação do tema

A maior parte da energia produzida a nível mundial ainda é conseguida a partir de combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural); essas energias não são apenas caracterizadas pela vulnerabilidade e escassez iminente das suas reservas, mas também pela alta emissão de gases de efeito estufa na atmosfera, como o dióxido de enxofre ( $SO_2$ ), óxido de azoto ( $NO$ ) e dióxido de carbono ( $CO_2$ ), resultantes da combustão (queima) dos combustíveis que conseqüentemente, provocam alterações climáticas, bem como a degradação do meio ambiente, prejudicando cada vez mais o meio ambiente e a vida da humanidade. Com isto, crescem as preocupações relacionadas com a segurança energética mundial, as mudanças climáticas, que são efeitos negativos causados pelo uso dos combustíveis fósseis, e também as exigências energéticas crescem com o rápido crescimento da população mundial. Por estas razões, em todo o mundo se tem assistido grandes esforços para reduzir drasticamente o uso de combustíveis fósseis, procurando-se desenvolver as tecnologias baseadas em fontes de energia renováveis limpas e sustentáveis, que satisfaçam as necessidades energéticas atuais e futuras.

O setor elétrico de Angola não reflete as riquezas energéticas que o país possui, isto porque os recursos são subaproveitados, e as tecnologias baseadas em energia renovável são ainda muito recentes. Dos 100% da energia produzida no país, a maior parte provém de recursos hidroelétricos de albufeira, com cerca de 71%, e 29% é produzida a partir de centrais termoelétricas. Estima-se que apenas 30% da população tenham acesso a esta energia produzida e, dentro destes consumidores, 70% vivem na capital do país. Para além disso, o serviço de fornecimento de eletricidade é geralmente pouco regular, sendo as falhas de energia constantes. Por isso, é primordial para Angola melhorar o acesso aos serviços de fornecimento de energia elétrica, promovendo o desenvolvimento do país e o bem-estar social da população [3].

O crescimento da economia e o aumento da população tiveram grande reflexo na procura de eletricidade em Angola. Segundo o “Relatório Sobre a Energia” no país, elaborado por investigadores da Universidade Católica de Angola, entre 2001 e 2005, a procura de energia elétrica em Angola cresceu 36% [3]. Porém, a produção de eletricidade em Angola, ao longo dos anos, tem sido insuficiente para a satisfação das

necessidades dos consumidores, quer sejam domésticos, comerciais ou industriais. O fornecimento de energia elétrica beneficia apenas uma pequena percentagem da população, fundamentalmente nos centros urbanos, e mesmo assim é de modo intermitente. Até 2008, 71,6% da população angolana não tinha acesso à eletricidade. Com maior procura e pouca produção do setor elétrico no país, os consumidores angolanos (industriais, comerciais e domésticos) recorrem a outras alternativas para a satisfação das suas necessidades energéticas, que por sua vez têm um impacto negativo, tanto na saúde da população como no meio ambiente. A maioria das infraestruturas públicas e privadas, tal como as indústrias, centros comerciais, hospitais, escolas e outras instituições do estado, como Governos provinciais, administrações, as Forças Armadas Angolanas (FAA), Polícia Nacional (PN), Finanças, Palácios de Justiça, etc, e a população em geral, têm como fonte de energia alternativa (para os que têm acesso a energia da rede pública) os geradores (diesel e a gasolina) e biomassa, principalmente (para os que não têm acesso a energia da rede pública) nas zonas rurais. Dependem da queima de lenhas para cozinham os seus alimentos, se protegerem do frio e para iluminarem as suas habitações, porque, para além de não terem acesso à energia da rede pública, também não conseguem adquirir um gerador, visto que são zonas isoladas do país, praticamente sem vias de acesso e dependem totalmente da agricultura, pesca e caça para a sua sobrevivência. Todavia, a forte dependência destas fontes alternativas é um problema, porque os geradores diesel e a gasolina, acarretam grandes custos, pois precisam de ser abastecidos diariamente com combustível e se, funcionarem 24 horas por dia, as despesas serão grandes, incluindo ainda os custos com as manutenções.

A utilização desses geradores tem impactos negativos no meio ambiente porque usam os combustíveis fósseis como a energia primária, ou seja, para além de serem responsáveis pela poluição sonora, são também fontes de gases de combustão que poluem o ar, e que conseqüentemente afetam prejudicialmente a saúde da população angolana. Por outro lado, muitas das edificações e moradias de Angola não estão preparadas para as vibrações causadas pelos geradores. Como consequência, as vibrações causadas pelos geradores nas edificações e moradias irão causar problemas sérios nestas estruturas, e que podem levar os mesmos a ruir. Além disso, nem todas as habitações têm locais adequados para os colocarem, porque os geradores devem permanecer num local propício que lhes permita a ventilação, de modo a evitar o aquecimento dos mesmos. Infelizmente, por falta de um local adequado para se instalar o gerador na habitação, a maior parte da população instala os geradores em locais fechados (como varandas, salas e até mesmo quartos), em vez de serem colocados em locais arejáveis. Ainda, por serem muitas vezes instalados em locais fechados, os moradores inalam o monóxido de carbono libertado no escape do gerador, através da queima de combustíveis, causando mortes de membros de algumas famílias, ou até mesmo famílias inteiras, problemas de saúde e é também a causa de muitos incêndios no país. Em 2008, o Serviço de Bombeiros registou um número crescente de mortes de famílias inteiras e de alguns membros de certas famílias, por inalação de monóxido de carbono libertado pelos escapes dos geradores de corrente elétrica e por incêndios causados pelos mesmo, no momento de abastecimento e às vezes por estarem instalados em locais fechados, principalmente durante o período noturno [3].

Relativamente ao uso da biomassa de forma tradicionais (inadequada) de energia, como fonte de energia térmica e luminosa em zonas rurais de Angola, também tem impactos negativos significativos, isto porque as fumaças libertadas pelos fogões a lenha e para a iluminação destas zonas, emitem altos níveis de poluição

para o meio ambiente. Como consequência, causam sérios problemas de saúde à população exposta, nomeadamente mulheres, crianças e idosos, provocando doenças respiratórias, como a asma e infeções respiratórias agudas, cegueira e doenças cardíacas.

A principal fonte da poluição atmosférica em Angola e em países vizinhos são as queimadas de biomassa de forma tradicional. A pobreza em áreas rurais impede o acesso à eletricidade. Mulheres e crianças ficam entre 2 a 7 horas dedicadas à recolha de lenha e outras formas de biomassa, para serem utilizadas como combustíveis para cozinhar, aquecerem-se e iluminarem as suas aldeias. Este fato reduz o tempo disponível para realizar outras atividades produtivas. As crianças que fazem este tipo de trabalho doméstico são privadas das oportunidades de educação, ou seja, a recolha de biomassa é mais um fator que impede a frequência na escola, portanto, existe um custo de oportunidade por detrás desta prática [3].

Diante das problemáticas supras citadas nos parágrafos anteriores, esta dissertação surge com intuito de aproveitar uma das potenciais energias renováveis, sustentável e limpa que Angola possui, a energia dos oceanos (energia das ondas), por forma a mitigar os défices de eletricidade que assolam o país inteiro; reduzir as emissões causadas por: o elevado número de centrais térmicas que utilizam os combustíveis fósseis, o uso de geradores como fonte alternativa e a queima tradicional de biomassas em zonas rurais; garantir o desenvolvimento económico sustentável no setor elétrico; melhorar o fornecimento de água potável; aumentar a produtividade agrícola através do uso de máquinas e irrigação e proporcionar o bem-estar social da população angolana em geral.

## CAPÍTULO II - ENERGIA DAS ONDAS

As ondas do mar são originadas pela interação da água com o vento, corpos em movimento, distúrbios sísmicos ou campos gravíticos de outros planetas e são simplesmente uma forma de energia acumulada e em transição.

O sol é a principal fonte energética primária de formação das ondas a nível do planeta. A radiação solar é coletada pelas massas de água e terra do nosso planeta, criando-se um diferencial de temperatura entre as camadas de ar próximas da superfície e as camadas de ar mais afastadas. O ar quente de menor densidade eleva-se dando lugar ao ar mais frio das camadas atmosféricas superiores, gerando correntes térmicas verticais. Paralelamente a estas correntes, o ar quente das zonas equatoriais desloca-se para as zonas polares enquanto o ar frio polar se desloca para regiões mais quentes do globo, resultando no padrão meteorológico global da circulação dos ventos.

Uma parte da energia cinética dos ventos formados é posteriormente transferida para a água devido ao atrito entre as duas superfícies, gerando-se desta forma as ondas [2].

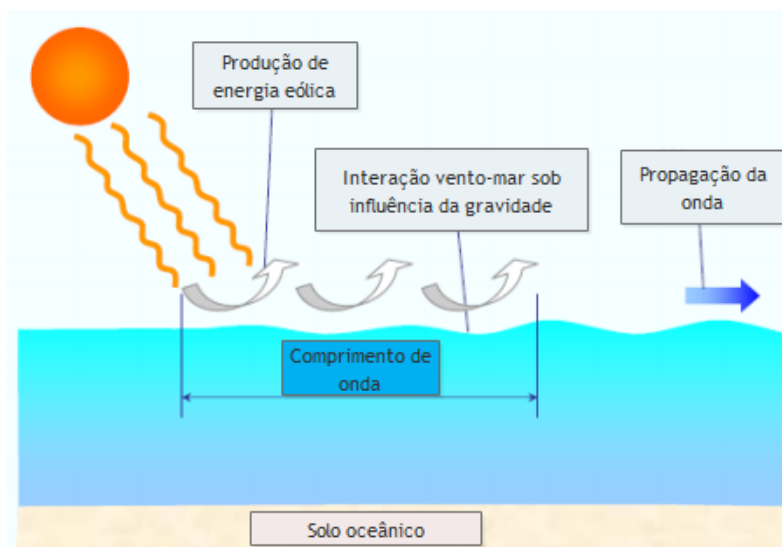


Figura 2.1 - Formação das ondas provocadas pelo vento. (Adaptado de: [2]).

Um dos aspetos mais interessantes da transformação de energia solar em energia das ondas é que a potência por unidade de área normal à direção de transmissão de energia aumenta consideravelmente. Por exemplo a densidade energética solar a  $15^\circ$  de latitude é de  $0,17 \text{ kW/m}^2$ , a velocidade dos ventos nesta latitude a meio do Pacífico ronda os  $10 \text{ m/s}$ , correspondendo a uma densidade de energia eólica de  $0,580 \text{ kW/m}^2$ . A densidade energética das ondas geradas por estes ventos tem uma intensidade de  $8,42 \text{ kW/m}^2$ .

A energia das ondas é proporcional ao quadrado da amplitude da onda e ao período da sua oscilação. Ondas com período de 7 a 10 segundos e amplitude próxima dos 2 m, têm fluxos de energia que normalmente excedem os 40 kW por metro de largura de onda [2].

## 2.1 Tecnologias de aproveitamento da energia das ondas

### 2.1.1 Classificação das tecnologias

O interesse de se explorar e se desenvolver as tecnologias de aproveitamento das energias das ondas tem vindo a crescer cada vez mais. Depois de muitos anos de estudos e desenvolvimento surgiram diferentes soluções capazes de responder aos desafios tecnológicos de extração da energia das ondas. Como ainda estão a ser desenvolvidas outras tecnologias de exploração das energias das ondas, não é correto afirmar que as tecnologias já existentes são as únicas soluções possíveis, atendendo ao crescente interesse nesta área e permanente surgimento de novas ideias, por parte de empresas e outras instituições do ramo que se dedicam fortemente em pesquisar e desenvolver novas tecnologias de aproveitamento das energias das ondas. Sendo assim, num futuro próximo poderemos assistir a desenvolvimentos nesta área.

O critério de classificação das tecnologias das energias das ondas, adotado na conferência Europeia de energia de ondas, foi de acordo com a distância da central à costa, dividindo-os em três grandes grupos de acordo com o diagrama de blocos da Figura 2.2, que se mostra de seguida [4].

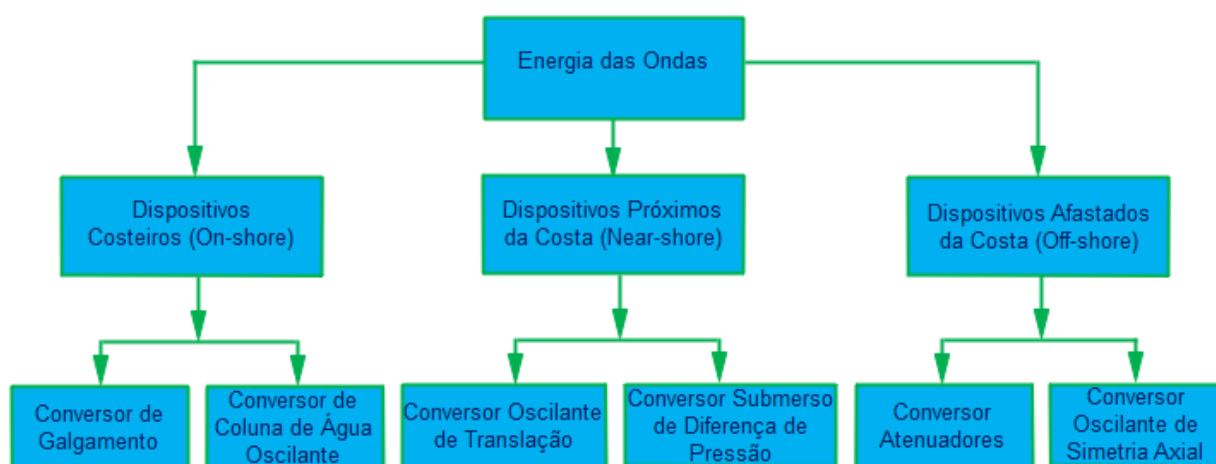


Figura 2.2 - Diagrama de blocos da classificação das tecnologias de energia das ondas de acordo com as distâncias da costa e ao modo de conversão de energia das ondas em energia elétrica.

A principal diferença entre os dispositivos próximos da costa e os afastados da costa resulta das profundidades envolvidas. No primeiro caso, as profundidades serão normalmente inferiores a 20 m e os dispositivos serão apoiados no fundo do mar, enquanto no segundo caso, rondarão os 50 m e os dispositivos serão flutuantes. Com o aumento da profundidade aumenta a energia disponível para extração; dessa forma, seria extremamente vantajoso do ponto de vista de produção, adotar localizações com grandes profundidades.

As expressões On-shore, Near-shore e Off-shore utilizadas para se classificar os dispositivos de extração de energia de ondas tem como fator preponderante a profundidade evidenciada a essa distância e não o valor da distância à costa em si [4].

- **Dispositivos costeiros (On-shore)**

Os dispositivos costeiros são todos os sistemas que se encontram fixados na costa ou que são contruídos na raiz da orla costeira. Por ser um dispositivo costeiro, possui vantagens, tais como maior facilidade da sua instalação e manutenção, menores quantidades de utilização de cabos submarinos e de sistemas de fixação complexos.

Por outro lado, apresentam algumas restrições em termos da sua localização devido à profundidade de água e boa exposição, é uma tecnologia que causa impacto ambiental, sobretudo visual, e um nível de potência média das ondas mais reduzido, em relação ao largo, devido aos efeitos dissipativos de energia por rebentação e atrito no fundo. Isto pode ser parcialmente compensado situando os dispositivos em localizações de concentração natural de energia.

Os efeitos de dissipação de energia devidos ao atrito surgem da interação entre a onda e o fundo do mar, manifestam-se para profundidades inferiores a 80 m e os associados à rebentação das ondas são dominantes para profundidades inferiores a 10 m. Em média, usufrui apenas de entre 25% a 50% do recurso disponível em relação a um dispositivo afastado da costa [4].

- **Dispositivos próximos da costa (Near-shore)**

Os dispositivos próximos da costa são sistemas montados no oceano numa posição entre os sistemas costeiros e os sistemas afastados da costa, apoiados no fundo do mar, normalmente em águas com profundidades inferiores a 20 m ou 25 m da costa. São caracterizados por serem usados para extrair potência diretamente a partir da zona de rebentação e da água imediatamente além da zona de rebentação. Relativamente aos objetivos ambientais, os sistemas Near-shore podem promover soluções alternativas aos sistemas On-shore [4].

- **Dispositivos afastados da costa (Off-shore)**

Os dispositivos afastados da costa são sistemas de conversão de energia das ondas desenvolvidos mais recentemente e são flutuantes, instalados no fundo do mar, em águas com profundidades que rondam normalmente os 25 m, 50 m ou até mais. Por serem sistemas instalados em zonas de elevada profundidade e capazes de aproveitar os regimes de ondas mais energéticos, são intitulados de dispositivos de terceira geração. Quanto maior for a profundidade maior será a energia extraída; dessa forma, é extremamente vantajoso, do ponto de vista de produção, adotar locais com grandes profundidades.

Por serem sistemas que permitem explorar mais plenamente o recurso energético em águas de maior profundidade, apresentam menos restrições quanto à sua localização e têm certamente um menor impacto visual. Contudo, apresentam diversas dificuldades relacionadas principalmente com a sua manutenção, transporte de energia para terra e processos de ancoragem ao fundo [4].

### 2.1.1.1 Tipos de conversores de energia das ondas existentes e em funcionamento

- **Dispositivos de Galgamento (Overtopping Device)**

Estes conversores de energia das ondas são flutuantes, instalados de forma fixa na linha da costa, e consistem numa estrutura semi-submersa em forma de rampa que é galgada (alcançada) pelas ondas, levando a água do mar capturada para um reservatório de armazenamento acima da linha do nível do mar. De um modo geral, os dispositivos de galgamento são estruturas de grandes dimensões, devido às exigências de espaço para o reservatório, que precisa de ter uma capacidade mínima de armazenamento.

Por serem conversores instalados de forma fixa na linha da costa, são classificados como dispositivos costeiros ou On-shore.

O seu funcionamento baseia-se na entrada das águas das marés oriundas das ondas num reservatório, criando uma altura de água que vai passar pelas turbinas convencionais de baixa queda, instaladas no fundo do reservatório. Através destas mesmas turbinas, a massa de água é depois devolvida ao mar [5].



Figura 2.3 - Dispositivos de galgamento [5].

- **Dispositivos de coluna de água oscilante CAO (Oscillating Water Column - OWC)**

Os conversores de energias das ondas de coluna de água oscilante são conversores que consistem basicamente em estruturas ocas parcialmente submersas em forma de câmara, com aberturas para o mar abaixo da superfície livre da água, de forma a que o ar contido no seu interior seja comprimido pela coluna de água, permitindo que a coluna de água oscile, subindo e descendo, e funcionam como um pistão por ação do movimento da onda, promovendo a compressão e a descompressão da coluna de ar contida na câmara, sobre a coluna de água. Estes conversores são habitualmente instalados na linha de costa, apesar de existirem também conversores de coluna de água oscilante flutuantes [4].

Nas classificações dos conversores quanto à sua distância da costa, estão dentro dos dispositivos costeiros ou On-shore.

O processo de produção de eletricidade é feito em duas fases: quando uma onda entra na estrutura, o ar que se encontrava dentro dela é forçado a passar por uma turbina, aumentando a pressão na câmara de ar. Quando a onda regressa ao mar, o ar passa novamente na turbina, desta vez no sentido inverso, dada a pressão inferior no interior da câmara de ar. Os sentidos opostos dos movimentos das ondas são aproveitados através da utilização das turbinas do tipo Wells cujas pás são simétricas. Estas turbinas têm a função de manter o sentido de rotação independentemente do sentido do escoamento do fluido, produzindo eletricidade em ambos os sentidos. Ou seja, a variação de pressão da coluna de ar contida na câmara faz acionar uma turbina de ar do tipo Wells, usualmente de sentido reversível, produzindo eletricidade [4].

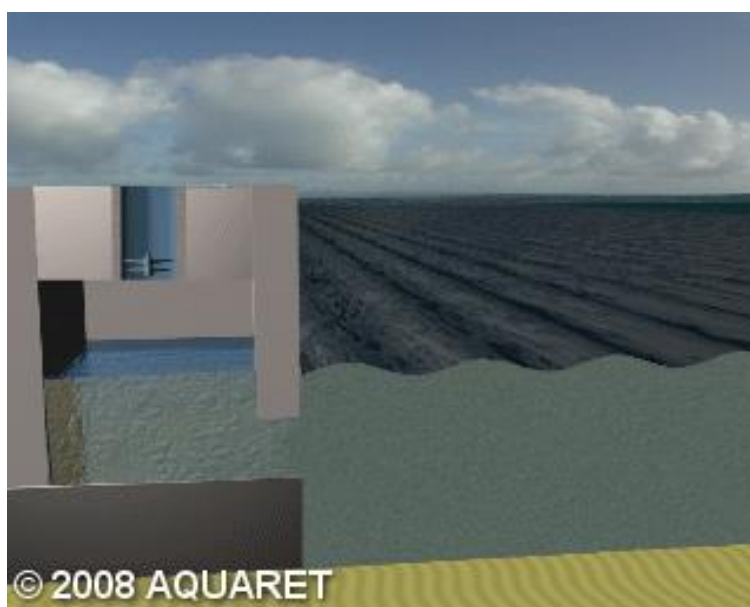


Figura 2.4 - Dispositivos de coluna de água oscilante [5].

- **Conversor Oscilante de translação**

Os conversores oscilantes de translação das ondas (Oscillating Wave Surge Converters - OWSC) são coletores para conversão de energia das ondas em energia elétrica montados sobre um braço e colocados sobre um eixo instalados próximo da superfície terrestre, que ficam submersos no fundo do mar. De acordo com as distâncias da costa, estes conversores fazem parte dos dispositivos próximos da costa ou Near-shore.

À medida que as ondas se movimentam, provocam um movimento de translação, oscilando o braço dos coletores como um pêndulo invertido, devido ao movimento das partículas da água nas ondas. Esse movimento do braço dos coletores é utilizado para a produção de energia elétrica [6]. A Figura 2.5, mostrada abaixo, ilustra o protótipo deste tipo de conversor.

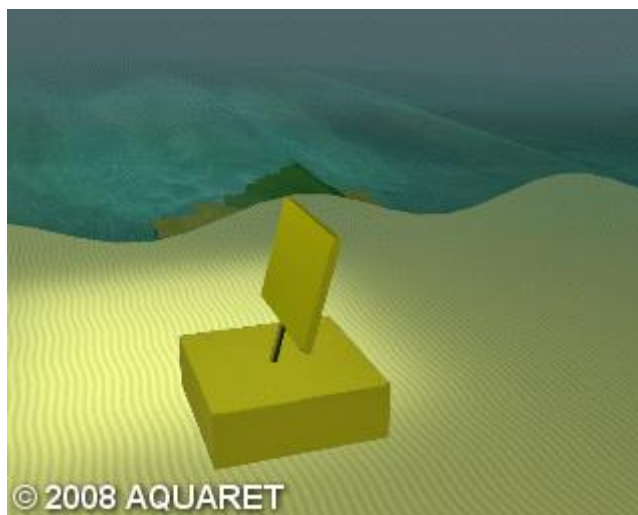


Figura 2.5 - Conversor oscilante de translação de ondas [4].

- **Dispositivos submersos de diferença de pressão (Submerged Pressure Differential)**

Os dispositivos submersos de diferença de pressão são conversores de energias das ondas submersos, normalmente instalados perto da linha costeira, e fixados no fundo do mar.

Nas categorias relativas à distância da costa, os conversores dispositivos submersos de diferença de pressão encontram-se nos dispositivos próximos da costa ou Near-shore.

As circulações das ondas provocam a subida e descida do nível da água do mar acima do dispositivo conversor, induzindo no conversor uma diferença de pressão que provoca a subida e descida do conversor juntamente com as ondas, correspondente ao movimento do pistão de um sistema hidráulico de forma a gerar eletricidade [5].

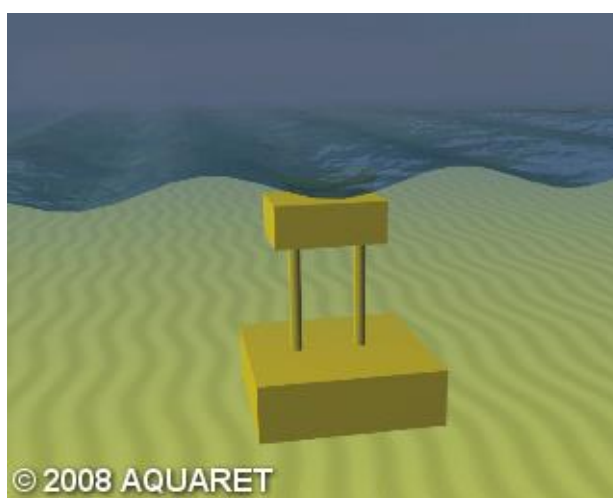


Figura 2.6 - Dispositivos submersos de diferença de pressão [5].

- **Atenuadores**

Os atenuadores são conversores de energia das ondas flutuantes longos, que flutuam na superfície do mar, alinhados perpendicularmente em relação à frente de onda. Com base nas distâncias da costa, os atenuadores estão na classe dos dispositivos afastados da costa ou Off-shore.

O movimento das ondas faz com que este conversor flutua efetivamente sobre as ondas, captando a energia quando as ondas o atravessam, devido ao movimento progressivo que estas provocam ao longo do seu comprimento [5].

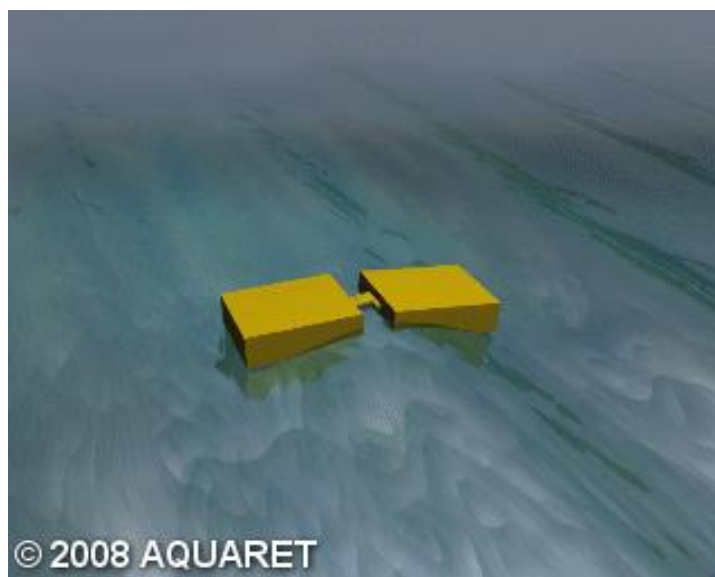


Figura 2.7 - Atenuador [5].

- **Sistema oscilante de simetria axial (Point Absorber)**

O sistema oscilante de simetria axial é um conversor de energia das ondas com uma estrutura flutuante que absorve a energia das ondas em todas as direções, por força dos movimentos das ondas na superfície da água ou perto dela. Este sistema, tendencialmente com poucos metros de diâmetro, é de pequenas dimensões comparado com o comprimento de onda típico. A característica de absorção pontual (point absorbing) significa basicamente a capacidade de absorver energia de uma área do mar superior às dimensões do dispositivo.

Em termos de distância da costa, os conversores de sistema oscilante de simetria axial estão na classe dos dispositivos afastados da costa ou Off-shore.

Os movimentos decorrentes das ondas em qualquer direção na superfície da água provocam um movimento de translação vertical do conversor, sendo este movimento aproveitado para a produção de energia elétrica [5].



Figura 2.8 - Sistema oscilante de simetria axial [5].

#### 2.1.1.1.1 Exemplos de centrais de energia das ondas em funcionamento

- Central piloto europeia da ilha do Pico, Açores

A central piloto europeia da ilha do Pico, Açores, é a primeira central da energia das ondas do mundo a produzir eletricidade, utilizando a tecnologia da coluna de água oscilante associada a uma turbina Wells e a introduzir a energia produzida numa rede elétrica, apesar de essa produção ter ocorrido apenas pontualmente e durante a fase de ensaios. Esta central; funciona desde 1999, com uma potência instalada de 400 kW [7].

É uma central que também é utilizada para a realização de pesquisas na área de produção de energia das ondas do mar [6].

A potência das centrais de coluna de água oscilante depende muito do número de turbinas instaladas, sendo a potência instalada que cada grupo pode fornecer de no máximo 0,5 MW. Este limite de potência tem a ver com as amplitudes de pressão de ar que normalmente é possível criar neste tipo de centrais e com as dimensões máximas das turbinas.

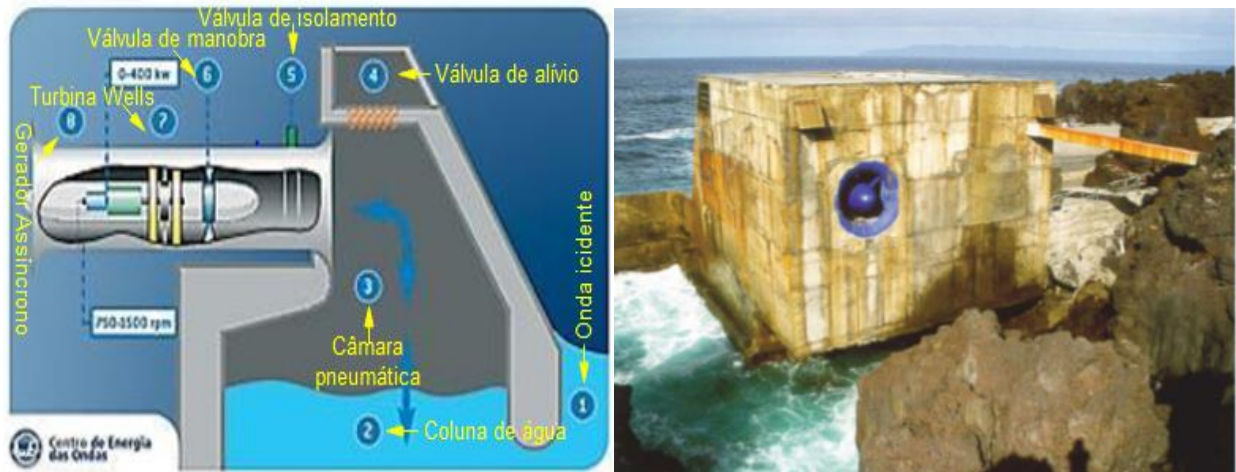


Figura 2.9 - Dispositivo de coluna de água oscilante - OWC. (a): Esquema de funcionamento (Adaptado de: [6]); (b): Central piloto europeia da ilha do Pico, Açores [4].

- Central LIMPET, na ilha de Islay

A central LIMPET (sigla de Land Installed Marine Power Energy Transmitter) encontra-se situada na Escócia, e surgiu como uma sequência natural do sucesso de um protótipo de 75 KW que se encontrava instalado na ilha escocesa de Islay, onde se localiza a central. A central LIMPET também funciona com base na tecnologia de coluna de água oscilante, e foi concebida para produzir uma potência nominal de 500 KW, com a capacidade de fornecer energia elétrica a cerca de 400 habitações. Foi a primeira central de conversão de energia das ondas a ser explorada comercialmente no Reino Unido [4].



Figura 2.10 - Montagem da turbina eólica da central LIMPET, na ilha de Islay, Escócia [4].



Figura 2.11 - Central LIMPET em funcionamento na ilha de Islay, Escócia [4].

- **Central de ondas do Pecém**

A central do Pecém é a primeira central da América Latina com utilização do movimento das ondas para produção de energia elétrica. Fabricada com tecnologia 100% brasileira, a central brasileira é um projeto piloto que se encontra instalada no quebra-mar do porto do Pecém no litoral do Ceará, a 60 km da capital Fortaleza, foi desenvolvido pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE), órgão vinculado à Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Esta central conta com duas unidades geradoras, cada uma com 50 kW de potência e tem como reservatório o próprio mar [7].

Cada módulo da central é constituído por um flutuador de 10 m de diâmetro com um braço mecânico de 22 m de comprimento e uma bomba conectada a um circuito fechado de água doce. À medida que as ondas passam os flutuadores sobem e descem e movimentam o braço mecânico interligado ao flutuador. O movimento alternado aciona uma bomba hidráulica que, por meio de um circuito fechado, injeta a água doce armazenada num sistema de alta pressão, formado por um acumulador híbrido (hidráulico e pneumático) e uma câmara hiperbárica. Esse conjunto liberta o jato equivalente a uma coluna de água de 400 m de altura, similar à de grandes centrais hidroelétricas. O jato de água pressurizado faz girar a turbina que aciona um gerador elétrico e produz eletricidade [7].



Figura 2.12 - Central piloto no Porto de Pecém - Ceará [7].

- **Archimedes Wave Swing**

O Archimedes Wave Swing (AWS) é um dispositivo que possui uma estrutura cilíndrica, que fica totalmente submersa, constituído por um flutuador oco que oscila verticalmente sobre uma base fixa também oca. O interior dos dois corpos é preenchido por ar sob pressão, de tal forma que, na ausência de ondas, a pressão do ar interior produz uma força ascendente sobre o flutuador, que equilibra o seu peso e a força resultante da pressão hidrostática produzida pela água exterior. Durante a passagem de uma onda originam-se diferenças de pressão, a pressão exterior oscila em torno da pressão hidrostática, provocando a oscilação vertical do flutuador sobre a base, num processo em que o ar interior atua como êmbolo ou mola pneumática, produzindo uma força vertical de restituição. Quando a crista da onda passa pelo dispositivo, ocorre um aumento de pressão sobre o mesmo e dessa forma a parte superior do cilindro é pressionada para baixo sobre a parte inferior. No entanto, o ar sob pressão, que se encontra dentro do sistema, também é pressionado, aumentando ainda mais a sua pressão, quando a onda termina a sua passagem, ou seja, quando passa o vale da onda, este ar estabiliza o cilindro, empurrando o flutuador para cima novamente.

O movimento entre o flutuador e a base é utilizado para acionar um gerador linear síncrono, de magnetos permanentes que liga estas duas partes do AWS, convertendo desta forma diretamente a energia mecânica fornecida pelo movimento do cilindro em energia elétrica que, por sua vez, é enviada por um cabo submarino para a costa, onde será transformada antes de ser injetada na rede [6].

Relativamente a outros dispositivos, o dispositivo AWS apresenta a vantagem de ser completamente submerso, evitando desta forma os impactos visuais e a ação destruidora das ondas junto à superfície em mar tempestuoso [4].

O sistema Archimedes Wave Swing, baseia-se na tecnologia de dispositivo conversor de energia das ondas denominada de dispositivos submersos de diferença de pressão. A parte inferior do cilindro, denominada de pontão, fica ancorada ao fundo do mar para não se deslocar com o movimento da água e a parte superior, denominada flutuador, flutua e movimenta-se para cima e para baixo, como um êmbolo, conforme as ondas passam sobre o dispositivo.

Em 2006, a empresa holandesa Teamwork Technology BV desenvolveu um projeto-piloto do sistema Archimedes Wave Swing de 2 MW, instalado ao largo da Póvoa de Varzim [6].

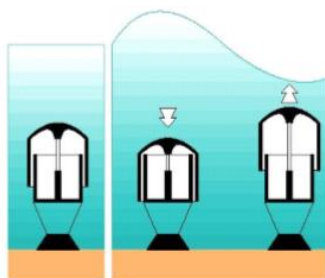


Figura 2.13 - Esquema de funcionamento do sistema AWS [4].



Figura 2.14 - Ilustrações dos dispositivos AWS [6].



Figura 2.15 - Central piloto rebocada do porto de Viana do Castelo [4].

- **Pelamis (Dispositivo Off-shore atenuador)**

Pelamis, que vem de uma palavra do grego que significa serpente, é um sistema de conversão de energia das ondas que utiliza a tecnologia de atenuadores; possui uma estrutura semi-submersa composta por vários cilindros horizontais, ligados entre si por articulações, e dispostos segundo a direção de incidência das ondas. A circulação das ondas provoca o movimento das articulações que estão incorporados com os cilindros hidráulicos que bombeiam óleo em alta pressão para acionar motores hidráulicos. Os motores hidráulicos acionam geradores elétricos, que posteriormente produzem a energia elétrica em todas as articulações. A eletricidade gerada em cada articulação é transmitida para a costa por um cabo submarino comum [4].

Este dispositivo foi desenvolvido pela empresa escocesa Pelamis Wave Power, fazendo com que o mesmo fosse o primeiro dispositivo Off-shore do mundo para aproveitamento das energias das ondas, que produziu e enviou energia para a rede elétrica do Reino Unido em 2004. Desde essa altura, a Pelamis Wave Power construiu e testou mais quatro dispositivos Pelamis. Os três dispositivos de primeira geração, P1, foram testados na costa Portuguesa em 2009 e o primeiro de segunda geração foi testado em Orkney em 2010 [5].



Figura 2.16 - Protótipo de Pelamis de 750 kW. (a): Em construção; (b): Operando em alto mar [4].

#### • Sistema bioWave

A invenção deste sistema foi baseada nos movimentos de algumas algas marinhas, como a *Nereocystis*, que realizam movimentos devido ao deslocamento de água provocado pelas ondas. Este tipo de gerador de energia das ondas é baseado no Conversor Oscilante de Translação das Ondas.

A estrutura deste gerador é formada por uma base triangular onde se encontra localizado o reservatório de óleo, a caixa de distribuição de óleo, os acumuladores, onde ocorre a união dos fluidos de óleo que vêm das bombas e o motor hidráulico, que está ligado ao gerador de energia elétrica. Uma coluna, perpendicular à base, é conectada às pás cilíndricas e flutuantes, num formato que lembra as algas anteriormente referidas. Nestas colunas, passam as linhas do fluido de óleo, que vêm do reservatório, e são levadas para as bombas, localizadas ao lado do eixo. Essas bombas levam o fluido para os acumuladores, onde ocorre a união dos óleos das duas bombas, e é direcionado para o motor hidráulico, que está conectado a um gerador elétrico.

Este gerador de energia das ondas está a ser implementado no estado de Vitória, na Austrália. A Figura 2.17 mostra este tipo de gerador [6].

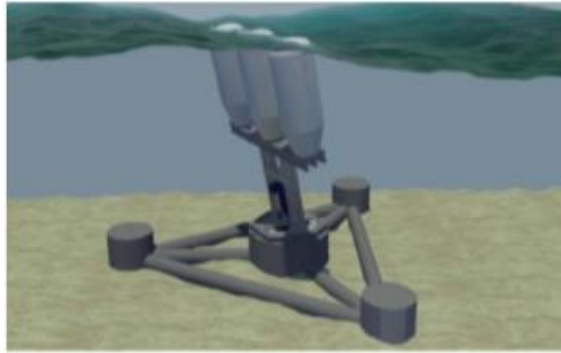


Figura 2.17 - Dispositivo bioWave [6].

#### • Wave Dragon

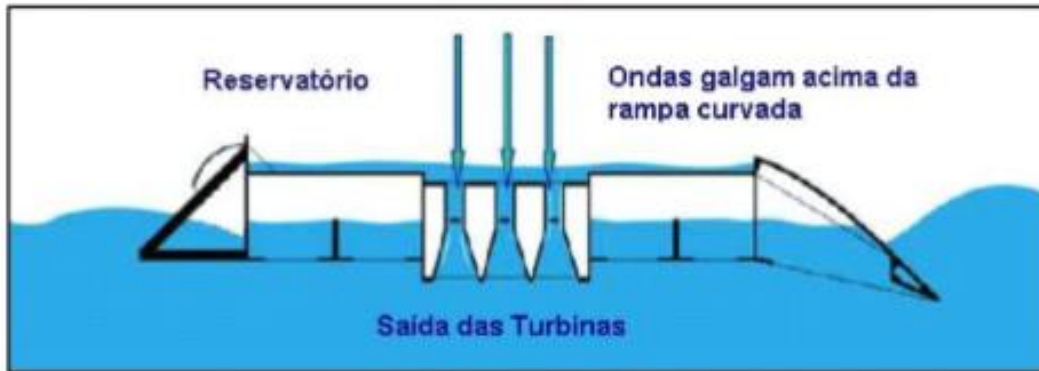
O Wave Dragon é um sistema flutuante de aproveitamento da energia de ondas para aplicação em alto mar, baseado no conversor de energia de ondas da categoria Dispositivos de Galgamento. Esse sistema possui canais cônicos que usam um par de refletores curvos para forçar as ondas a galgar por cima uma rampa, depositando-se num reservatório e onde, depois, a água é libertada através de uma turbina de baixa queda situada no fundo do reservatório. É um sistema dinamarquês que utiliza um método de acumular água sobre o dispositivo, num reservatório, denominado dispositivo de alagamento. O sistema tem uma disposição em arco, cujas pontas possuem uma estrutura em forma de rampa, onde se encontram dispositivos parabólicos que concentram a onda incidente aumentando o desnível. Dessa forma, quando a onda passa, a água é empurrada para o reservatório, localizado num nível superior ao nível do mar, onde é acumulada, passando depois pelas turbinas hidráulicas de baixa pressão, que estão posicionadas no centro do sistema. Ao passar pelas turbinas, é acionado o gerador elétrico e a eletricidade é conduzida para terra por cabos submarinos. Em termos de distâncias da costa, este sistema faz parte da classe dos dispositivos afastados da costa ou Off-shore.

O seu princípio de funcionamento baseia-se na acumulação de água num reservatório sobrelevado relativamente ao nível médio da superfície livre do mar. A água acumulada é devolvida ao mar, através de turbinas hidráulicas Kaplan de baixa queda, que acionam geradores elétricos. A acumulação da água no reservatório sobrelevado produz-se através do galgamento pela onda de uma rampa inclinada. Para aumentar o desnível de galgamento, existem dois refletores parabólicos colocados a montante da rampa que nela concentram a onda incidente. A estrutura metálica do sistema Wave Dragon inclui dois concentradores parabólicos, turbinas do tipo Kaplan, os geradores elétricos, os sistemas de aquisição e controlo, os sistemas auxiliares e o sistema de amarração.

No norte da Dinamarca localiza-se um projeto deste sistema. Foi o primeiro conversor de energia de ondas Off-shore do mundo. O Wave Dragon utiliza os mesmos princípios que as centrais de produção de energia hídricas tradicionais numa plataforma Off-shore flutuante, utilizando a energia das ondas. Faz parte dum projeto de investigação e desenvolvimento da Comunidade Europeia, incluindo parceiros da Áustria,

Dinamarca, Alemanha, Irlanda, Portugal, Suécia e do Reino Unido. O protótipo Wave Dragon, de 237 toneladas, foi lançado a 10 de Março de 2003. O projeto foi afetado pelo contexto de crise económica mundial, encontrando-se momentaneamente parado, aguardando investimento [5].

Também está prevista a instalação de um sistema Wave Dragon com 1,5 MW de potencial energético, em águas com profundidade entre 50 e 80 metros e localizadas a 500 metros de distância do litoral de Um Mess, na Escócia [6].



(a)



(b)



(c)

Figura 2.18 - Wave Dragon. (a): Esquema de funcionamento; (b): Protótipo em testes no laboratório; (c): Protótipo em testes no mar [4].

- **Central de energia de ondas CETO 5**

A Carnegie Wave Energy, com sede na Austrália Ocidental, é uma das empresas que trabalha em projetos na área da energia das ondas, e anunciou recentemente uma nova fase de financiamento para levá-la ao próximo nível.

O desenvolvimento inicial da tecnologia de energia das ondas CETO (em homenagem à deusa grega do mar) começou em 1999 com pesquisa e design em massa. Após o projeto e a análise preliminares, em 2003 começou o trabalho de desenvolvimento da plataforma tecnológica CETO, com a construção da primeira unidade protótipo a partir do final do mesmo ano. O protótipo CETO I provou o conceito de geração de energia de emissão zero e de obtenção de água doce a partir das ondas oceânicas em 2006. Entre 2006 e 2008, foram desenvolvidos e testados nas águas do Fremantle Wave Energy Facility da Carnegie os protótipos CETO II, fornecendo novos conceitos de design comercial.

Durante esse período, foi desenvolvida uma capacidade interna exclusiva e poderosa, aproveitando as modernas técnicas computacionais de análise hidrodinâmica e de poder computacional, o que permitiu que vários projetos CETO fossem testados num ambiente de ondas virtuais, antes que a colheita de dados de testes no mar validasse esses projetos. Essa capacidade foi continuamente aprimorada pela Carnegie e resulta num desenvolvimento de design substancialmente mais barato e mais rápido, além de permitir que uma variedade maior de ideias fosse testada.

A partir de 2011, foi testada no site da Perth Wave Energy (PWEP) da Carnegie em Garden Island a Unidade CETO 3. Em 2013, o protótipo CETO 4, financiado pelo FED, foi construído pelo DCNS para implantação na Ilha da Reunião no Oceano Índico.

O primeiro uso do atual projeto de ondas CETO 5 desenvolvido pela Carnegie Wave Energy Ltd, fabricado e implantado na costa de Garden Island, Austrália Ocidental, deu-se em 2014, quando foi instalado com sucesso, estando atualmente em operação. Foi chamado de projeto Perth, e tudo correu bem durante o teste, com a máquina a suportar águas de 5.8 m de profundidade e ondas de mais de 3 m, dando aos projetistas confiança na resiliência e confiabilidade de seus projetos. O CETO 5 é considerada a primeira central de energia de ondas do mundo conectada à rede, que para além de converter a energia das ondas do oceano em energia renovável de emissão zero, também produz água doce potável dessalinizada. Esse sistema será uma bênção para a Austrália Ocidental, onde vive a grande maioria dos australianos.

No total, os projetos do CETO tiveram mais de 15.000 horas de testes de operação. O CETO é uma tecnologia de energia das ondas exclusiva, totalmente submersa, do tipo Point Absorber, que aproveita a enorme energia inexplorada presente nas ondas do oceano. Uma bóia submersa fica a alguns metros abaixo da superfície do oceano e move-se com as ondas do oceano. Esse movimento aciona um sistema de *power take-off* (PTO) que converte esse movimento em eletricidade pronta para entregar à rede.

Os sistemas CETO funcionam convertendo a energia das ondas oceânicas em eletricidade e água dessalinizada. Operam debaixo da água com bóias redondas totalmente submersas, que são ancoradas a uma série de unidades de bomba do fundo do mar, instaladas a uma profundidade de 25 a 50 metros, e move-se com as ondas do oceano. Esse movimento causado pelas ondas aciona bombas. Isso faz com que a água do mar pressurizada seja empurrada através de um oleoduto no fundo do oceano até uma central hidrelétrica em terra. Uma vez lá, a água de alta pressão aciona as turbinas que se encontram acoplados aos geradores para gerar eletricidade.

Por este sistema operar no fundo do mar, totalmente submerso, fica livre da influência de tempestades e corrosão, com o mínimo de impacto visual. Além disso, espera-se que as bóias subaquáticas atraiam a vida selvagem em vez de afetá-la e não interfiram nas atividades humanas, como passeios de barco, praia ou natação [8].

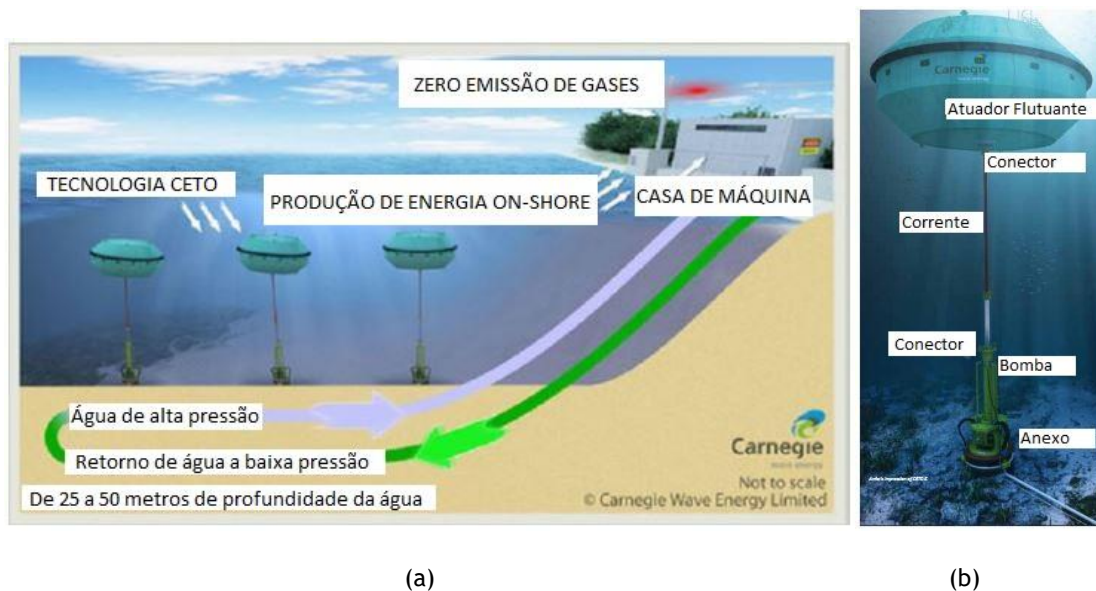


Figura 2.19 - Sistema CETO. (a): Diagrama conceitual; (b): Pormenor de uma unidade geradora. (adaptado de: [9]).

Até o momento, foram instaladas duas das três bóias do projeto, que constituem as unidades CETO 5 da empresa. Quando testados, conseguiram atingir uma capacidade máxima de 240 kW e permaneceram em operação por mais de 2000 horas [8].

### 2.1.1.2 Conversores de energia das ondas em estudo ou em fase de protótipo

- Oyster

O conversor Oyster foi projetado para capturar a energia contida nas ondas perto da costa e converter esta energia em eletricidade. Este conversor de aproveitamento de energia das ondas fica articulado, e é ancorado ao fundo do mar a cerca de 10 metros de profundidade, e sensivelmente a 0.5 Km da costa. É um conversor totalmente submerso. Quanto à sua distância da costa, este conversor faz parte dos dispositivos próximos da costa ou Near-shore.

Este dispositivo submerso e articulado, quando submetido ao movimento das ondas, balança uma asa para trás e para frente. O movimento proveniente da asa impulsiona dois pistões hidráulicos que empurram a água em alta pressão para acionar uma turbina convencional, localizada numa central hidroelétrica que se encontra em terra. Ou seja, este conversor funciona como uma grande bomba que fornece energia a uma central convencional de energia hidroelétrica localizada em terra.

Segundo o seu inventor, o sistema é ideal para áreas com profundidades entre 12 e 16 m e com grande fluxo direcional de ondas, permitindo que a central gere energia de forma contínua na maior parte do tempo. Caso venha a ser comercializado, o conversor Oyster será implantado em parques de energia das ondas tipicamente de 100 MW ou mais [5].

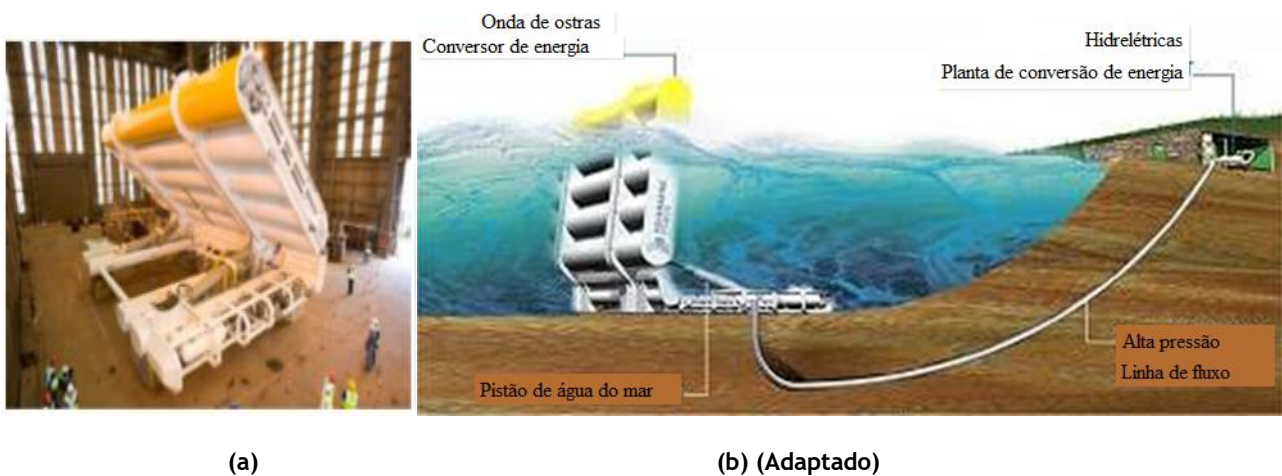


Figura 2.20 Conversor Oyster [5].

- Poly-A-OWC

O Poly-A-OWC é um conversor de energia das ondas em desenvolvimento, baseado no conversor do tipo coluna de água oscilante (OWC) de simetria axial. Apresenta um coletor em forma de U que visa aumentar a inércia hidrodinâmica do sistema e combinar uma frequência de onda alvo com a frequência natural do dispositivo. É também equipado com um sistema de PTO polimérico deformável, consistindo num dispositivo de conversão direta (CD) baseado em geradores de dielétrico elastómero (DEG) fixado na parte superior da câmara de ar, como está mostrado esquematicamente na Figura 2.21. Já foi construído e testado num tanque de ondas um protótipo físico do conversor Poly-A-OWC baseado em CD-DEG. A conversão de energia elétrica das ondas foi demonstrada com sucesso, tanto em ondas regulares quanto irregulares, com uma potência de pico notável de até 3,8 W, que corresponde a várias centenas de quilowatts em larga escala, em condições de similaridade hidrodinâmica.

Os DEGs são dispositivos eletrostáticos que exploram a variação da capacitância para permitir uma conversão direta de energia mecânica em energia elétrica, ao mesmo tempo que são isentos de componentes sensíveis à corrosão e caros, componentes estes tradicionais dos sistemas de PTO eletromagnéticos.

O seu princípio de funcionamento é semelhante ao de um OWC convencional, mas a conversão de energia é conseguida explorando a deformação cíclica do CD-DEG. Especificamente, a onda de indução pressuriza a câmara de ar que produz a inflação (ou deflação) e a variação cíclica da capacitância do CD-DEG. A conversão do trabalho mecânico realizado pela pressão do ar (assim, indiretamente, pelas ondas) em induzir a deformação do CD-DEG é obtida por meio de um controlo apropriado do estado elétrico do DEG. A combinação proposta de um coletor em forma de U axial-simétrico e um CD-DEG foi concebida com o objetivo de implementar um conceito de OWC baseado em DEG que seja sintonizado dinamicamente com as frequências de ondas alvo, a fim de maximizar a sua capacidade de capturar/convertir energia das ondas em energia elétrica. Num OWC equipado com um PTO convencional, a ressonância é normalmente obtida quando a inércia hidrodinâmica é suficiente grande para contrabalançar a rigidez hidrostática gerada pelas forças de gravidade que atuam na coluna de água. Nos OWCs baseados em DEG, é necessária mais inércia hidrodinâmica para equilibrar a rigidez elástica do CD-DEG, o que adiciona uma contribuição à rigidez hidrostática.

O conversor é baseado em duas estruturas coaxiais: um invólucro cilíndrico interno, que envolve a coluna de água principal, e um cilindro externo coaxial. O volume do anel cilíndrico encerrado entre as duas conchas cilíndricas é chamado de duto de massa adicional e tem como objetivo aumentar a inércia do sistema. Como uma vantagem adicional, essa geometria do conversor possui a seção de entrada de água próxima da superfície livre, proporcionando assim grandes forças de excitação das ondas à coluna de água. O invólucro cilíndrico interno pode ser equipado com um duto convergente-divergente (Figura 2.21 (a)) para aumentar ainda mais a velocidade do fluxo de água e aumentar a inércia hidrodinâmica.

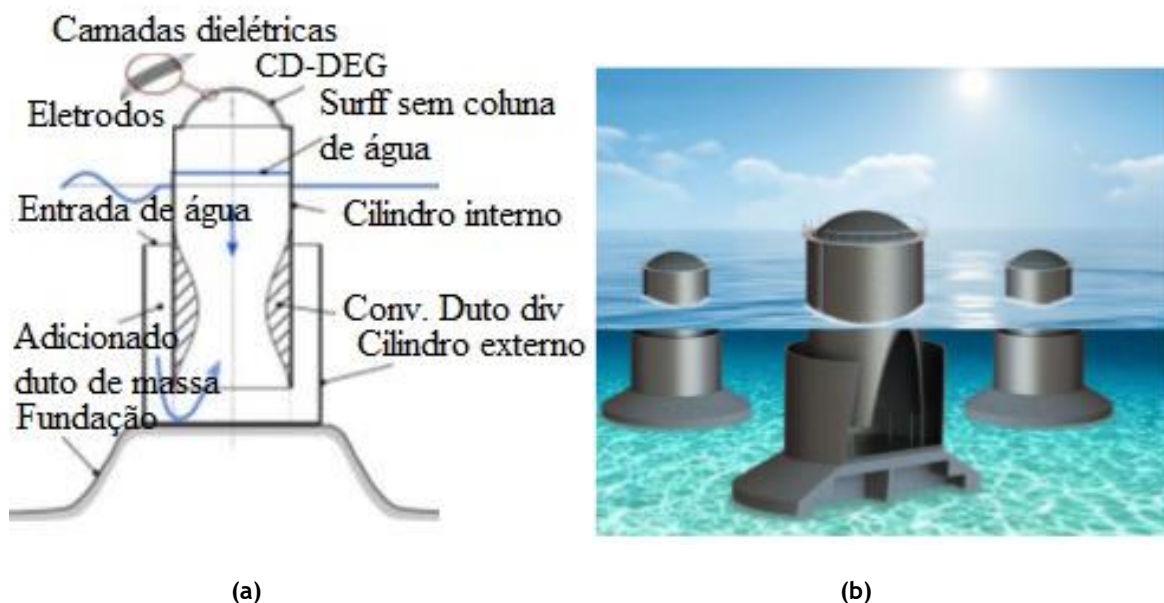


Figura 2.21 - Poly-A-OWC. (a): Esquema e detalhes da arquitetura (Adaptado de: [10]); (b) Imagem artística da central e detalhes da estrutura interna do coletor [10].

Os testes a este conversor foram feitos com ondas regulares e irregulares geradas artificialmente. Os resultados do procedimento de validação mostram que, apesar das inúmeras suposições, o modelo descreve com precisão os vários fenómenos envolvidos na dinâmica do Poly-A-OWC, incluindo aqueles relacionados com os efeitos não lineares, sendo, portanto, uma ferramenta apropriada para o projeto, para novos testes de controladores, e para avaliações do conceito.

Além de fornecer resultados encorajadores para possíveis aplicações de colheita de energia em larga escala, esses resultados também representam uma etapa de desenvolvimento relevante para a tecnologia DEG. À luz dos resultados promissores alcançados até o momento, serão ainda necessárias outras etapas fundamentais para que os DEGs se tornem uma tecnologia viável para sistemas de PTO de energia das ondas. Isso inclui: a síntese de materiais elétricos avançados, com uma força elétrica melhorada e uma sensibilidade relativa, capaz de suportar milhões de ciclos de ativação de maneira confiável em grandes campos elétricos; o desenvolvimento de processos de fabricação para membranas dielétricas de alta qualidade, livres de defeitos, e com dimensões consistentes com a escala de aplicação de energia das ondas [10].

#### • AquaBuOY

O AquaBuOY é um dispositivo do tipo de absorção pontual que está a ser desenvolvido pela AquaEnergy Group, Ltd. É baseado em duas tecnologias precedentes: o dispositivo de absorção pontual desenvolvido pela empresa Interproject Service (IPS) e o dispositivo designado por HosePump desenvolvido pela Technocean, ambas empresas suecas. O AquaBuOY é constituído por quatro elementos essenciais que são:

- (1) Bóia;
- (2) Tubo de aceleração;
- (3) Pistão;
- (4) Hose-Pump.

A bóia é o sistema IPS Buoy, fixado por uma amarração flexível permitindo o seu movimento vertical, com um longo tubo vertical sob essa bóia, designado por tubo de aceleração. A massa de água amortecedora contida no tubo de aceleração atua como corpo de referência do movimento. O movimento relativo entre a bóia e a massa de água amortecedora é transferido, por um cilindro no tubo de aceleração, para um subsistema de conversão localizado no corpo do flutuador. A Hose-Pump é uma mangueira de borracha reforçada com aço, cujo volume interno é reduzido quando o tubo é esticado, agindo assim como uma bomba. A água do mar pressurizada é subsequentemente expelida para um acumulador de alta pressão, que por sua vez alimenta uma turbina que aciona um gerador produzindo-se a eletricidade. O tubo de aceleração é um cilindro oco vertical rigidamente montado sob o corpo da bóia. O tubo é aberto em ambas as extremidades para a água do mar poder transitar livremente para trás e para frente, forçando o pistão a mover-se e, por sua vez, alargar ou comprimir as mangueiras. Posicionado no ponto médio do tubo de aceleração está o pistão, e um amplo disco de flutuação neutro. Quando a bóia está em repouso, o pistão é

seguro no ponto médio pela tensão equilibrada das duas mangueiras que estão ligadas em lados opostos do pistão, e se estendem até ao topo e fundo do tubo de aceleração. O sistema de conversão previsto para o protótipo Aquabuoy é uma turbina Pelton, que ainda não foi utilizada por outros dispositivos [11].



Figura 2.22 - IPS Buoy, Hose-Pump e AquaBuoy [10].

- **BLUSphere**

A BLUSphere é uma tecnologia de conversor de energia de ondas que está a ser desenvolvida pela empresa portuguesa Emove. Contém um gerador esférico no seu interior, capaz de captar a energia cinética da onda proveniente de qualquer direção. Um sistema deste género, com 3 m de diâmetro, é capaz de produzir 500 kW [12].

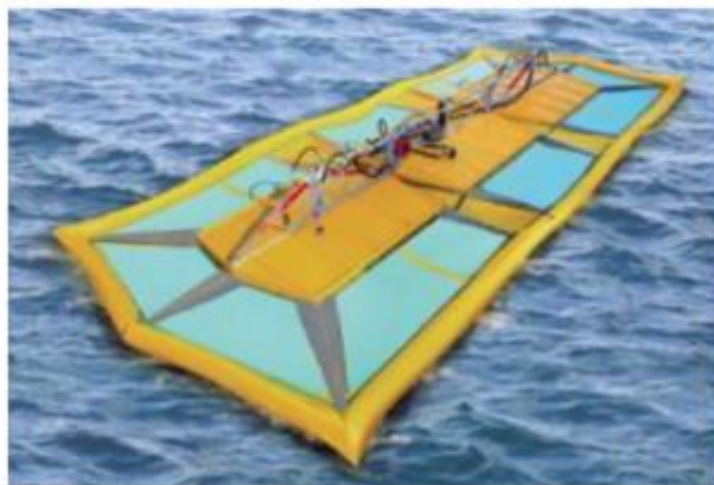


Figura 2.23 - Waveline Magnet WEC [12].

### 2.1.1.2.1 Exemplos de centrais de energia das ondas em fase de desenvolvimento

- **Central de energia das ondas CETO 6**

A central de energia das ondas CETO 6 é a maior de todas da empresa Carnegie Wave Energy Ltd, está em fase de desenvolvimento, e será concebida para uma capacidade de produção de energia quatro vezes maior que a central CETO 5.

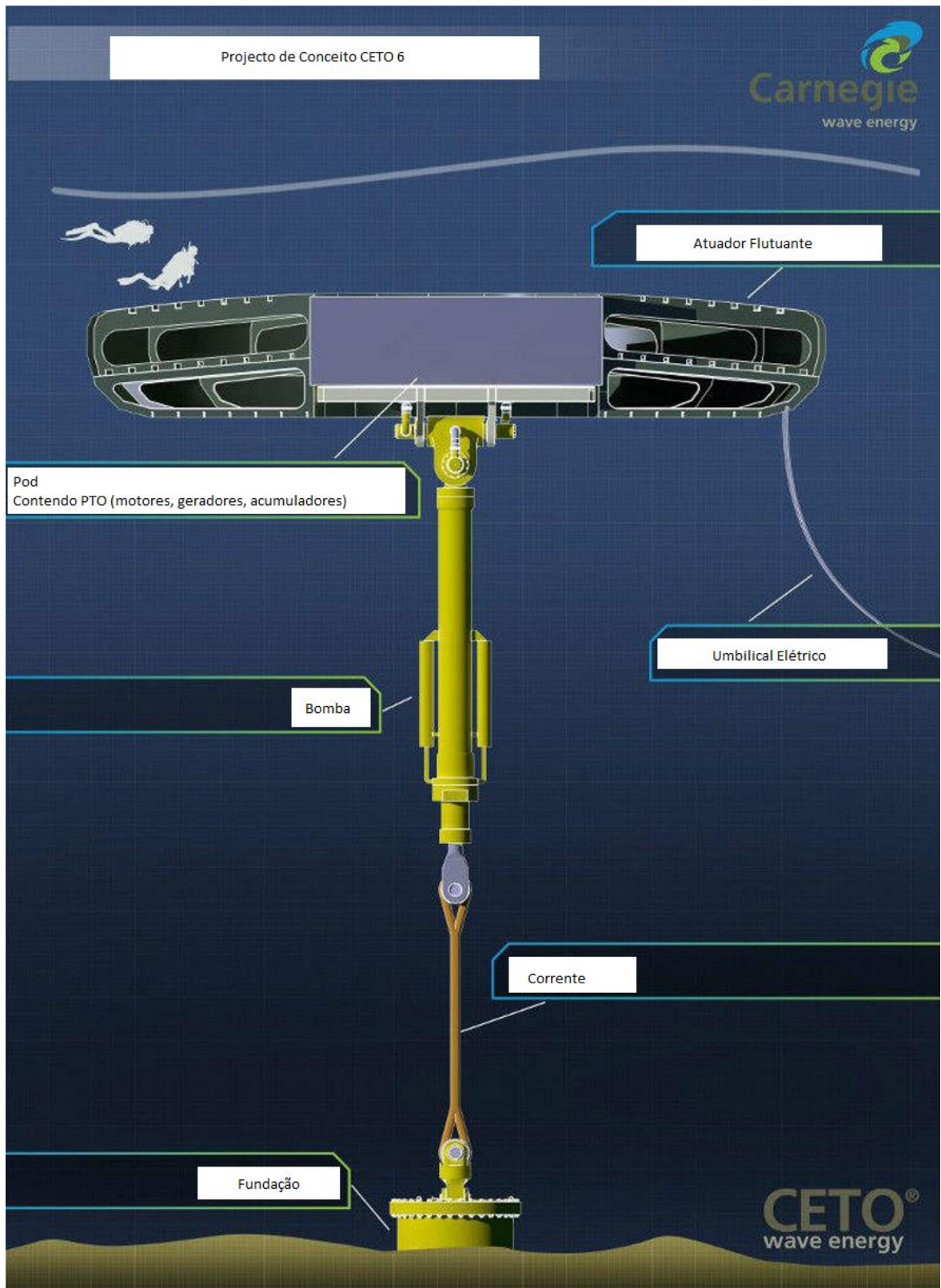
O projeto CETO 6 baseia-se na propriedade intelectual apresentada pela Carnegie em 2013, incorporando geração de energia a bordo e vários módulos de ancoragem e de PTO. Esta patente americana, concedida em 6 de novembro de 2017, inclui recursos adicionais que aumentam a produção de energia e a eficiência da unidade.

Cada unidade CETO 6 terá 1 MW de capacidade de potência, aproximadamente quatro vezes superior à dos sistemas CETO 5, transmitindo essa energia para terra via cabo submarino. O dispositivo distingue-se de outros pelo fato de estar submerso, além de proporcionar às máquinas maior proteção contra grandes tempestades e ser invisível a partir da costa. A tecnologia significa que a energia pode ser produzida On-shore ou Off-shore, dependendo das características do projeto.

O CETO 6 incorpora uma série de inovações importantes no design, que proporcionam uma eficiência superior, e investimento e custos de manutenção menores, quando comparado com as outras gerações de produtos CETO desenvolvida até o momento.

Para esta solução, está a ser desenvolvido um sistema de controlo inteligente baseado em *learning machine* (um subconjunto dos métodos de inteligência artificial). Este controlador poderá prever as ondas que incidirão na unidade, sendo essa informação usada pelo controlador para garantir que a produção de energia seja otimizada e que possa ocorrer também com cargas extremas durante grandes tempestades.

É ainda possível migrar de um sistema PTO hidráulico convencional para um sistema PTO elétrico, melhorando significativamente a eficiência e a confiabilidade do sistema [8].



(a)



(b)

Figura 2.24 - Central de energia das ondas CETO 6. (a): Ilustração artística (Adaptado de: [13]); (b): Testes do CETO 6 no tanque FloWave (Adaptado de: [8]).

Para levar a cabo os testes deste sistema, foram construídas duas topologias diferentes de atuadores flutuantes CETO na escala 1:20 e cada uma foi testada num total de 25 condições de onda (15 regulares e 10 irregulares). Para cada topologia, e sob cada condição de onda, foram testadas cinco configurações diferentes. Além disso, foram realizados quatro testes com correntes e um teste para ondas de crista curta.

## CAPÍTULO III - POTENCIALIDADE ENERGÉTICA DAS ONDAS EM ANGOLA

Angola situa-se na costa ocidental de África, faz parte dos países da África Austral, ocupa uma área territorial de cerca de 1.246.700 km<sup>2</sup>, tornando-a como o sexto maior país de África. A extensão do seu litoral é de aproximadamente 1.650 km, estabelecida entre as latitudes S 05° 00' e S 05° 47' (Costa de Cabinda) e entre as latitudes S 06° 00' (Foz do Rio Congo) e S 17° 25' (Foz do Rio Cunene), e é banhada pelo Oceano Atlântico na parte oeste. Angola faz fronteira terrestre a norte e nordeste com a República Democrática do Congo, a leste com a República da Zâmbia e a Sul com a República da Namíbia, com uma extensão de mais de 1.400 km. A Zona Económica Exclusiva (ZEE) está estabelecida a duzentas milhas náuticas a partir da linha da costa e cobre uma área de 330.000 km<sup>2</sup>.

O estado angolano tem duas estações no ano: a das chuvas (verão) e a do cacimbo (inverno). A do cacimbo ou seca é menos quente e vai de Maio a Setembro, perfazendo quatro meses. A das chuvas, mais quente, normalmente dura de Setembro a Maio, o que perfaz oito meses. O regime de chuvas e a variação anual das temperaturas, são as duas características climáticas, comuns a todas as regiões. A temperatura média é superior a 23 °C.

Administrativamente, o estado angolano está dividido em 18 províncias, subdivididas em 163 municípios e 547 comunas ou distritos. A Constituição prevê que os municípios e as comunas sejam os órgãos responsáveis pela promoção dos interesses da população local, seus representantes e por eles eleitos. O clima é tropical, fortemente influenciado por um conjunto de fatores, dos quais se destacam a latitude (de 6° a 18°), a altitude, a orografia, a corrente fria de Benguela e as bacias hidrográficas do Zaire, Zambeze, Kwanza, Kubango, Kuando e Cunene. Para além de um importante património natural, Angola possui um vasto e diversificado conjunto de recursos minerais, destacando-se o petróleo e diamantes (que situam o país no grupo dos principais produtores africanos), recursos hídricos (que posicionam o país numa situação privilegiada na África Austral, designadamente do ponto de vista do potencial hidroelétrico), abundantes recursos do mar, e solo com um potencial muito variado e elevado. Porém, grande parte das riquezas do subsolo angolano está ainda por explorar.

Angola é um país com enormes potencialidades e diversidade energética, tanto renováveis como não renováveis, nomeadamente o petróleo, gás natural, carvão, biomassa, geotérmica, hídrica, eólica, solar, dos oceanos, entre outras. É o segundo maior produtor de petróleo de África, ficando somente atrás da Nigéria. Até o final de 2014, as suas reservas confirmadas ascendiam até 9 bilhões de barris, o que representa cerca de 15 anos de produção. Além do petróleo, Angola dispõe de reservas consideráveis de gás natural, que estão a ser exploradas através do projeto Angola GNL. As reservas totais representam mais de 270.000 milhões de m<sup>3</sup>.

Na vertente das energias renováveis, é considerado como um dos países do mundo com grandes potencialidades. De entre as energias renováveis, Angola também possui grandes potencialidades nas energias dos oceanos, estendendo-se o seu litoral por mais de 1.600 km, englobando sete províncias do país, nomeadamente: Cabinda, Zaire, Bengo, Luanda, Kwanza Sul, Benguela e Namibe, conforme ilustra o mapa da Figura 3.1.



Figura 3.1 - Mapa de Angola.

### 3.1 Cálculo da potência das ondas ao longo da costa angolana

As ondas do mar representam energia mecânica em transição, que por sua vez resulta da soma das energias cinética e potencial das ondas superficiais. Estas características são fundamentais para o funcionamento dos sistemas de conversão de energia, condicionando o projeto e o desempenho dos dispositivos de conversão [14].

De acordo com a teoria linear das ondas, a energia cinética  $E_c$  é dada por:

$$E_c = \frac{\rho g_a H^2 \lambda L}{16} \quad (1)$$

com  $\lambda$  O comprimento de onda (medido entre duas cristas de ondas consecutivas) e  $L$  a largura de onda, e a energia potencial  $E_p$  é dada por:

$$E_p = \frac{\rho g_a H^2 \lambda L}{16} \quad (2)$$

Então, a energia total  $E_w$  contida numa onda é dada por:

$$E_w = E_c + E_p = \frac{\rho g_a H^2 \lambda L}{8} \quad (3)$$

Quanto ao cálculo da energia por unidade de superfície de área, ou seja, por comprimento de onda, considerando uma largura unitária, tem-se que a densidade de energia  $E_\lambda$  é:

$$E_\lambda = \frac{E_w}{\lambda} = \frac{\rho g_a H^2}{8} \quad (4)$$

O fluxo de energia ou potência  $J$  representa a taxa de transporte de energia na direção de propagação das ondas e depende da força induzida no plano normal à direção de propagação da onda e pela velocidade horizontal das partículas de água nesse plano, podendo ser calculado através de:

$$J = \frac{\rho g_a H^2 C_g L}{8} \quad (5)$$

onde  $C_g$  é a celeridade ou velocidade do grupo de ondas dada por:

$$C_g = \frac{C}{2} \quad (6)$$

com  $C$  a celeridade ou velocidade da onda, calculada através de:

$$C = \frac{g_a T}{2\pi} \quad (7)$$

onde  $T$  é o período da onda.

Para o cálculo da densidade de potência das ondas (por largura de onda)  $J_w$ , das diferentes zonas consideradas, aplicou-se a seguinte equação [15]:

$$J_w = \frac{\rho g_a H^2 C_g}{8} \quad (8)$$

### 3.1.1 Programa em Matlab utilizado para a realização dos cálculos

Por forma a calcular a potência disponível nos diferentes locais considerados, e para os quais se obtiveram os valores da altura e do período das ondas, procedeu-se ao desenvolvimento de um programa de cálculo utilizando a plataforma Matlab, e que se mostra de seguida.

```
clear all
close all
clc

% DADOS
for iter= 1:1:32
load('baia_dos_elefantes');
H = baia_dos_elefantes(:,1);
T = baia_dos_elefantes(:,2);
format short

%H = Altura significativa da onda (m)
% T = Período pico da onda é igual a T(s)
pi = 3.14; % Valor de pi
ga = 9.81; % aceleração gravitacional (m/s^2)
p = 1000; % Densidade da água do mar (kg/m^3)
% CÁLCULO DE VELOCIDADE DE FASE C E A CELERIDADE DO GRUPO DE ONDAS

C = ga*T/2*pi; % celeridade de onda única ou velocidade de fase (m/s)
Cg = C/2; % celeridade do grupo de ondas (m/s)

% CÁLCULO DA DENSIDADE DE POTÊNCIA DA ONDA [KW/m]
```

```
J_w = (p*ga.*H.^2.*Cg)/8;
```

```
end
```

```
% fprintf o valor da P_wave;
```

```
fprintf ('A desidade de potência a produzir será: %.2f kW/m',J_w);
```

```
% DADOS_POTENCIA_wind = table (H, Tp, Te, P_wave);
```

```
Dados = table (H, T, C, Cg, J_w);
```

```
media_altura_da_onda= mean(baia_dos_elefantes(:,1));
```

```
media_periodo_da_onda= mean(baia_dos_elefantes(:,2));
```

```
media_c= mean(C(:,1));
```

```
media_cg= mean(Cg(:,1));
```

```
media_de_densidade_de_potencia= mean(J_w(:,1));
```

### 3.1.2 Província de Cabinda

Cabinda é a província mais a norte de Angola, localizada na costa, sendo limitada a norte pela República do Congo, a leste e a sul pela República Democrática do Congo e a oeste pelo Oceano Atlântico. Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, a província conta com uma população de 801.374 habitantes e com uma área territorial de 7 283 km<sup>2</sup>, sendo a província mais densamente povoada de Angola, depois de Luanda. O clima predominante em toda a província é tropical de savana. A temperatura média anual varia entre os 25 °C e os 30° °C. A Figura 3.2, mostra de seguida o mapa da província de Cabinda.



Figura 3.2 - Mapa da província de Cabinda.

Os dados da altura e do período das ondas ao longo da costa angolana foram retirados nos meses de Maio e de Junho. Para o mês de Maio, que representa o último mês de verão (estação quente), os dados considerados foram os dos dias 12 a 31. No mês de Junho, que representa o inverno ou cacimbo (estação fria), foram considerados os dias 1 a 12 [16] e [17]. Na Tabela 3.1 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas na província de Cabinda relativos a um mês.

Tabela 3.1 - Altura, período e potência das ondas na província de Cabinda.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,8	9	138,615	69,3077	54,393
Qua	13/05/020	0,729	10	154,02	77,009	50,185
Qui	14/05/020	0,7	10	154,017	77,009	46,272
Sex	15/05/020	0,841	9	138,615	69,308	60,111
Sáb	16/05/020	0,926	9	138,615	69,308	72,876
Dom	17/05/020	0,978	11	169,419	84,7094	99,355
Seg	18/05/020	1,026	10	154,017	77,009	99,406
Ter	19/05/020	0,847	10	154,017	77,009	67,746
Qua	20/05/020	0,713	10	154,017	77,009	48,006
Qui	21/05/020	0,752	11	169,419	84,709	58,742
Sex	22/05/020	0,791	11	169,419	84,709	64,993
Sáb	23/05/020	1,03	12	184,82	92,41	120,219
Dom	24/05/020	1,213	12	184,82	92,41	166,733
Seg	25/05/020	1,2	10	154,017	77,009	135,982
Ter	26/05/020	1,166	9	138,615	69,308	115,547
Qua	27/05/020	1,183	10	154,017	77,009	132,156
Qui	28/05/020	1,3	9	138,615	69,308	143,631
Sex	29/05/020	1,12	9	138,615	69,308	106,61
Sáb	30/05/020	0,958	10	154,017	77,009	86,666
Dom	31/05/020	0,833	10	154,017	77,009	65,525
Seg	1/06/020	0,829	10	154,017	77,009	64,897
Ter	2/06/020	1,041	13	200,222	100,111	133,034
Qua	3/06/020	1,379	15	231,025	115,512	269,363
Qui	4/06/020	1,358	13	200,222	100,111	226,392
Sex	5/06/020	1,295	13	200,222	100,111	205,874
Sáb	6/06/020	1,133	11	169,419	84,709	133,341
Dom	7/06/020	1	10	154,017	77,009	94,432
Seg	8/06/020	1,504	11	169,419	84,709	234,967
Ter	9/06/020	1,07	10	154,017	77,009	108,115
Qua	10/06/020	1	8	123,214	61,607	75,545
Qui	11/06/020	1	8	123,214	61,607	75,545
Sex	12/06/020	1,221	10	154,017	77,009	140,783
Média mensal		1,029	10,406	160,274	80,137	111,170

Para a altura das ondas, o menor valor foi de 0,7 m registado no dia 14 de Maio e o maior valor de 1,504 m, foi registado no dia 8 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,029 m de altura. Para o período das ondas, o menor valor foi de 8 s, registado nos dias 10 e 11 de Junho e o maior valor foi de 15 s, registado no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 10,406 s. Finalmente, para a potência das ondas, o menor valor calculado foi de 46,272 kW/m, para o dia 14 de Maio, e o maior valor calculado foi de 269,363 kW/m, para o dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 111,170 kW/m.

O gráfico da Figura 3.3 abaixo, ilustra as alturas das ondas em metro recolhidas durante 1 mês para cada dia do mês na província de Cabinda, sendo a menor altura de 0,7 m e a maior de 1,504 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

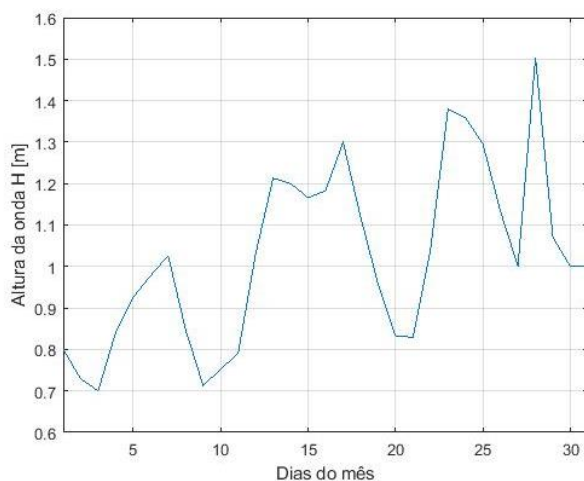


Figura 3.3 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês em Cabinda.

O gráfico da Figura 3.4 ilustra os valores do período da onda, em segundos, recolhidos durante 1 mês em função dos dias do mês, na província de Cabinda, sendo o menor período de 8 s e o maior de 15 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

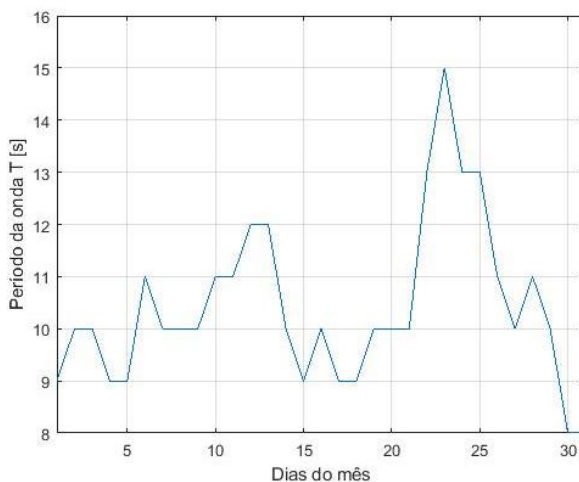


Figura 3.4 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês em Cabinda.

O gráfico da Figura 3.5 ilustra a densidade de potência das ondas em kW/m obtida durante 1 mês em função dos dias do mês na província de Cabinda. Verifica-se que a menor densidade é de 46,272 kW/m e a maior de 269,363 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente. Na Tabela 3.2 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Cabinda.

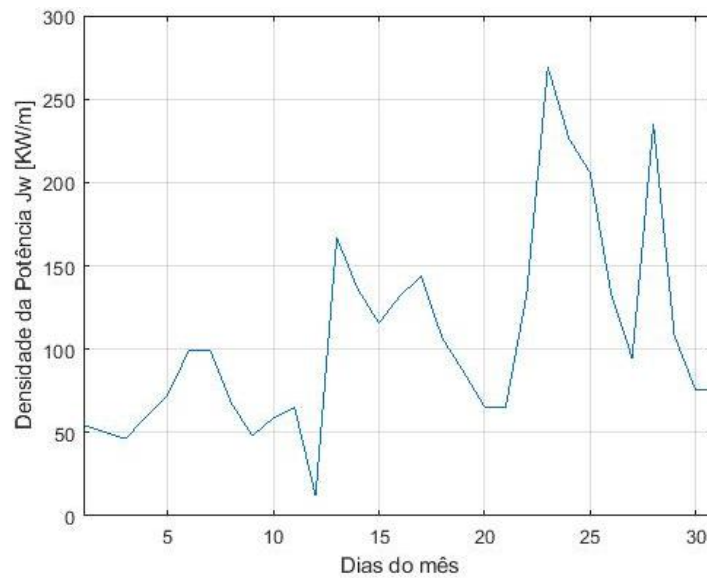


Figura 3.5 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês em Cabinda.

Tabela 3.2 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Cabinda.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,7	8
Valor máximo	1,504	15
Desvio padrão	0,2143	1,5658
Valor médio	1,029	10,406

### 3.1.3 Província do Zaire

O Zaire é uma província de Angola que se encontra localizada na costa e na região norte do país. Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, a província possui uma população de 676 649 habitantes e uma área territorial de 40 130 km<sup>2</sup>. Esta província faz fronteira a oeste com o Oceano Atlântico, a norte com a República Democrática do Congo, a leste com a província do Uíge, e a sul com a província do Bengo. A temperatura da região varia entre 24 °C e 26 °C. A Figura 3.6 ilustra o mapa da província do Zaire.



Figura 3.6 - Mapa da província do Zaire.

Na Tabela 3.3 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas num mês no município do Nzeto, pertencente à província do Zaire.

Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,863 m no dia 13 de Maio e o maior valor foi de 1,975 m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,322 m de altura de onda. Para o período das ondas, o menor valor foi de 8 s, nos dias 10 e 11 de Junho, e o maior valor foi de 15 s no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 10,406 s. Finalmente, para a potência das ondas, o menor valor foi de 63,297 kW/m no dia 13 de Maio e o maior valor foi de 552,514 kW/m no dia 3 de junho, perfazendo uma média mensal de 186,870 kW/m.

Tabela 3.3 - Altura, período e potência das ondas no município do Nzeto.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,908	11	169,419	84,7094	85,641
Qua	13/05/020	0,863	9	138,615	69,308	63,297
Qui	14/05/020	0,867	9	138,615	69,308	63,885
Sex	15/05/020	1,092	9	138,615	69,308	101,346
Sáb	16/05/020	1,129	9	138,615	69,308	108,33
Dom	17/05/020	1,308	11	169,419	84,71	177,716
Seg	18/05/020	1,238	10	154,017	77,01	144,73
Ter	19/05/020	1,004	10	154,017	77,01	95,189
Qua	20/05/020	0,9	10	154,017	77,01	76,49
Qui	21/05/020	0,979	10	154,017	77,01	90,507
Sex	22/05/020	1,054	10	154,017	77,01	104,906
Sáb	23/05/020	1,533	12	184,82	92,41	266,307
Dom	24/05/020	1,621	11	169,419	84,71	272,946
Seg	25/05/020	1,592	10	154,017	77,01	239,334
Ter	26/05/020	1,442	9	138,615	69,31	176,722
Qua	27/05/020	1,567	10	154,017	77,01	231,876
Qui	28/05/020	1,613	10	154,017	77,01	245,689
Sex	29/05/020	1,317	9	138,615	69,308	147,412
Sáb	30/05/020	1,196	10	154,017	77,01	135,077
Dom	31/05/020	1,1	10	154,017	77,01	114,262
Seg	1/06/020	1,221	12	184,82	92,41	168,939
Ter	2/06/020	1,488	14	215,624	107,812	292,719
Qua	3/06/020	1,975	15	231,025	115,513	552,514
Qui	4/06/020	1,842	13	200,222	100,111	416,524
Sex	5/06/020	1,725	12	184,82	92,41	337,192
Sáb	6/06/020	1,45	11	169,419	84,71	218,397
Dom	7/06/020	1,3	10	154,017	77,01	159,59
Seg	8/06/020	1,367	11	169,419	84,71	194,11
Ter	9/06/020	1,342	10	154,017	77,01	170,068
Qua	10/06/020	1,263	8	123,214	61,61	120,508
Qui	11/06/020	1,229	8	123,214	61,61	114,107
Sex	12/06/020	1,763	10	154,017	77,01	293,51
Média mensal		1,322	10,406	160,274	80,137	186,870

O gráfico da Figura 3.7 ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante 1 mês em função dos dias do mês no município do Nzeto da província do Zaire, sendo a menor altura de 0,863 m e a maior de 1,975 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

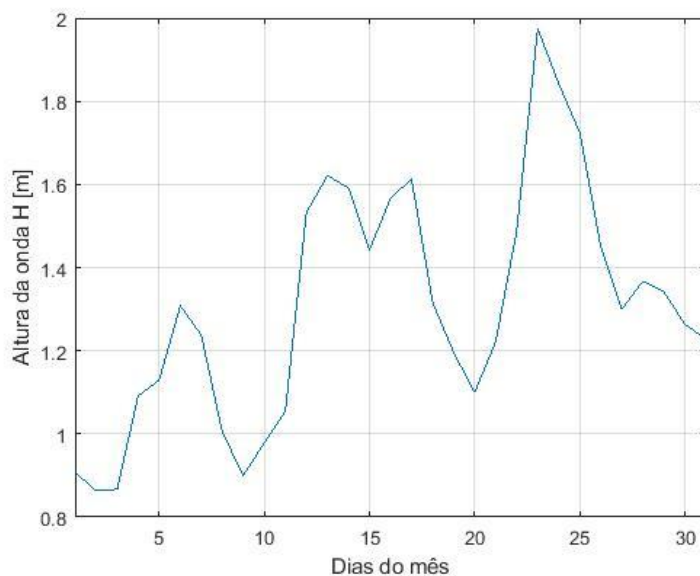


Figura 3.7 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês no Nzeto.

O gráfico da Figura 3.8 ilustra os valores do período das ondas recolhido durante 1 mês em função dos dias do mês do município do Nzeto da província do Zaire, sendo o menor período de 8 s e o maior de 15 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

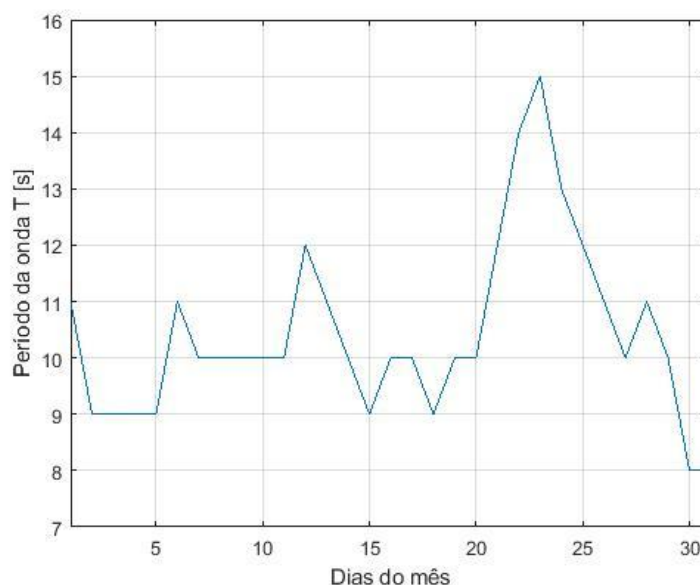


Figura 3.8 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês no Nzeto.

O gráfico da Figura 3.9 mostra a densidade de potência das ondas obtida durante 1 mês em função dos dias do mês no município do Nzeto da província do Zaire. A menor densidade é de 63,297 kW/m e a maior é de 552,514 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

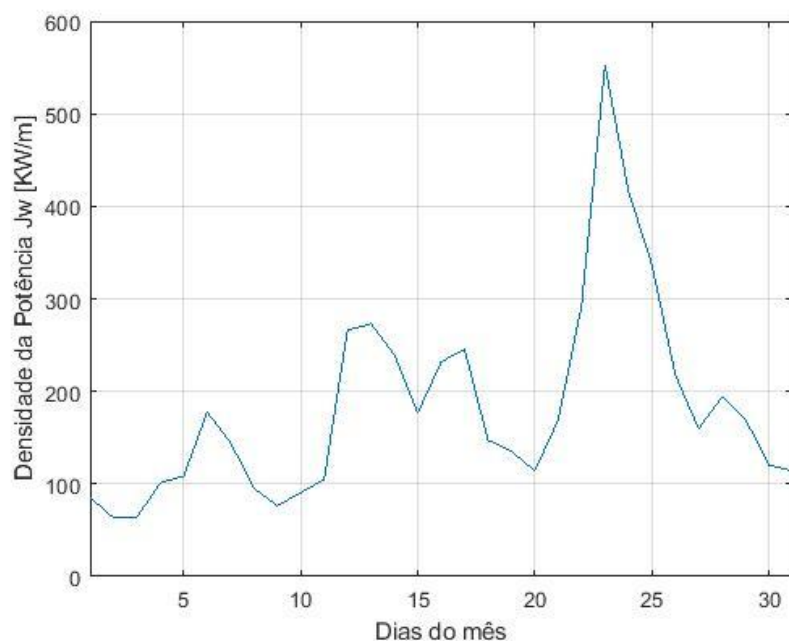


Figura 3.9 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês no Nzeto.

Na Tabela 3.4 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Nzeto.

Tabela 3.4 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Nzeto.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,863	8
Valor máximo	1,975	15
Desvio padrão	0,2891	1,5869
Valor médio	1,322	10,406

Na Tabela 3.5 mostram-se os valores da altura, período e potência das ondas num mês, no município do Soyo pertencente à província do Zaire. Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,842 m, nos dias 13 e 14 de Maio, e o maior valor foi de 1,758 m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,225 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 7 s, nos dias 10 e 11 de Junho e o maior valor foi 14 s no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 10 s. Finalmente, para a potência das ondas o menor valor foi de 60,828 kW/m no dia 20 de Maio e o maior valor foi de 408,586 kW/m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 152,396 kW/m.

Tabela 3.5 - Altura, período e potência das ondas no município do Soyo.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,908	9	138,615	69,308	70,07
Qua	13/05/020	0,842	10	154,017	77,01	66,949
Qui	14/05/020	0,842	10	154,017	77,01	66,949
Sex	15/05/020	1,029	8	123,214	61,607	79,991
Sáb	16/05/020	1,042	8	123,214	61,607	82,024
Dom	17/05/020	1,183	10	154,017	77,01	132,156
Seg	18/05/020	1,217	10	154,017	77,01	139,862
Ter	19/05/020	1,004	10	154,017	77,01	95,189
Qua	20/05/020	0,846	9	138,615	69,308	60,828
Qui	21/05/020	0,879	10	154,017	77,01	72,962
Sex	22/05/020	0,933	10	154,017	77,01	82,202
Sáb	23/05/020	1,292	12	184,82	92,41	189,158
Dom	24/05/020	1,5	11	169,419	84,71	233,718
Seg	25/05/020	1,496	10	154,017	77,01	211,34
Ter	26/05/020	1,404	9	138,615	69,308	167,531
Qua	27/05/020	1,479	9	138,615	69,308	185,907
Qui	28/05/020	1,563	9	138,615	69,308	207,624
Sex	29/05/020	1,342	9	138,615	69,308	153,061
Sáb	30/05/020	1,133	9	138,615	69,308	109,099
Dom	31/05/020	1,008	9	138,615	69,308	86,354
Seg	1/06/020	1,046	12	184,82	92,41	123,983
Ter	2/06/020	1,304	13	200,222	100,111	208,745
Qua	3/06/020	1,758	14	215,624	107,812	408,586
Qui	4/06/020	1,667	13	200,222	100,111	341,14
Sex	5/06/020	1,583	12	184,82	92,41	283,962
Sáb	6/06/020	1,379	11	169,419	84,709	197,533
Dom	7/06/020	1,2	10	154,017	77,01	135,982
Seg	8/06/020	1,254	11	169,419	84,709	163,345
Ter	9/06/020	1,258	10	154,017	77,01	149,444
Qua	10/06/020	1,158	7	107,812	53,906	88,641
Qui	11/06/020	1,125	7	107,812	53,906	83,661
Sex	12/06/020	1,529	9	138,615	69,308	198,69
Média mensal		1,225	10,000	154,017	77,01	152,396

O gráfico da Figura 3.10 ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês no município do Soyo da província do Zaire, sendo a menor altura de 0,842 m e a maior de 1,758 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

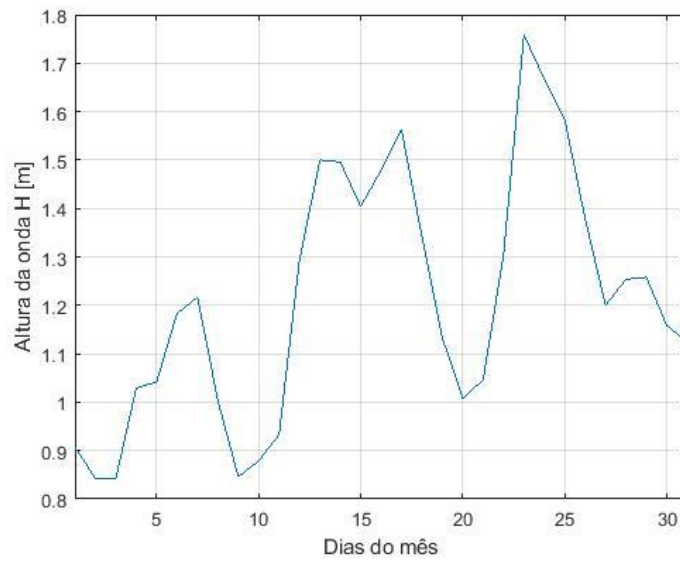


Figura 3.10 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês no Soyo.

O gráfico da Figura 3.11 ilustra os períodos das ondas recolhido durante um mês em função dos dias do mês no município do Soyo da província do Zaire, sendo o menor período 7 s e o maior 14 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

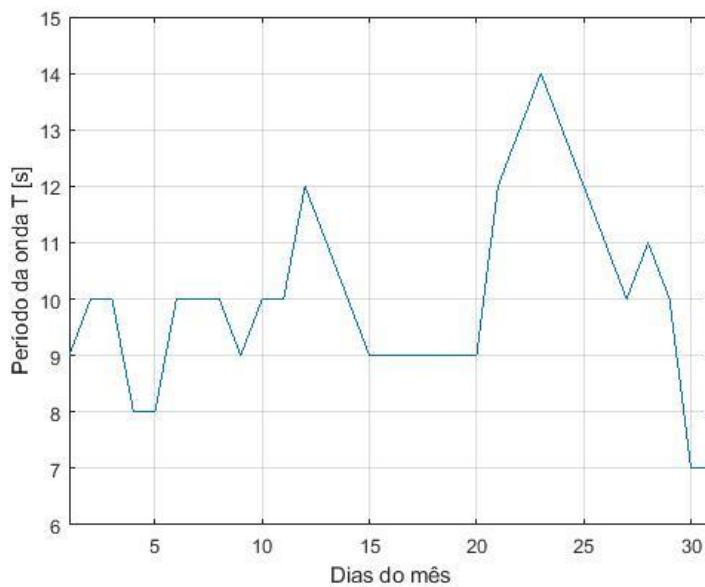


Figura 3.11 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês no Soyo.

O gráfico da Figura 3.12 ilustra a densidade de potência das ondas obtida durante um mês em função dos dias do mês no município do Soyo da província do Zaire. A menor densidade foi de 60,828 kW/m e a maior de 408,586 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

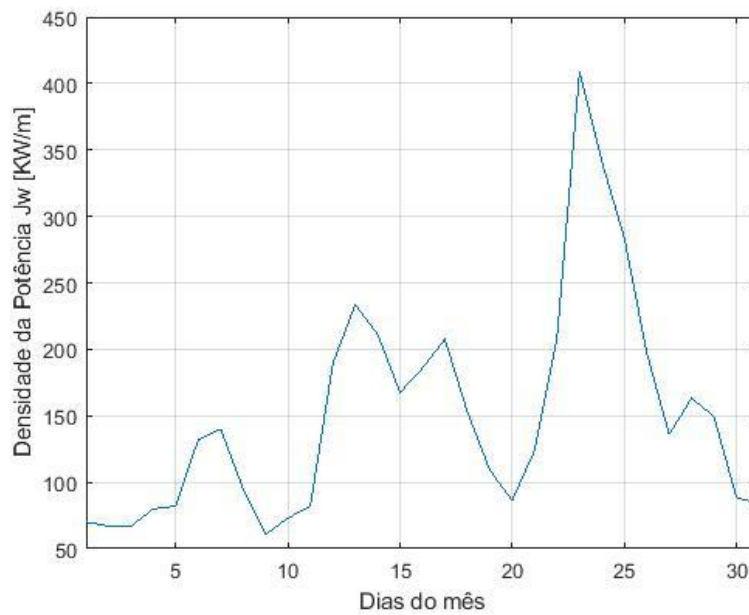


Figura 3.12 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês no Soyo.

Na Tabela 3.6 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Soyo.

Tabela 3.6 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Soyo.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,842	7
Valor máximo	1,758	14
Desvio padrão	0,2571	1,663
Valor médio	1,271	10,037

### 3.1.4 Província do Bengo

O Bengo é uma província de Angola, localizada na costa e na região centro-norte do país, sendo adjacente à província de Luanda. A sua capital é Caxito. Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, a província tem uma população de 429.322 habitantes e uma área de 31 371 km<sup>2</sup>, sendo a província menos povoada de Angola. A província do Bengo limita-se ao norte com as províncias do Zaire e Uíge, ao leste com a província do Cuanza Norte, ao sul com a província de Luanda, e; ao oeste com o Oceano Atlântico. O clima da província é tropical de savana, com a temperatura média anual de 29 °C. A Figura 3.13 ilustra o mapa da província do Bengo.



Figura 3.13 - Mapa da província do Bengo.

Na Tabela 3.7 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas num mês no município de Ambriz pertencente à província do Bengo. Para a altura das ondas o menor valor obtido foi de 0,7 m no dia 13 de Maio e o maior valor de 1,629 m nos dias 3 e 4 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,083 m de altura. Para o período das ondas, o menor valor foi de 8 s, nos dias 10 e 11 de Junho, e o maior valor foi de 15 s no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 10,25 s. Finalmente, para a potência das ondas o menor valor foi de 41,644 kW/m no dia 13 de Maio e o maior valor foi de 375,882 kW/m no dia 3 de junho, perfazendo uma média mensal de 125,580 kW/m.

Tabela 3.7 - Altura, período e potência das ondas no município de Ambriz.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,733	10	154,017	77,009	50,737
Qua	13/05/020	0,7	9	138,615	69,3077	41,644
Qui	14/05/020	0,891	9	138,615	69,3077	67,471
Sex	15/05/020	0,766	9	138,615	69,3077	49,868
Sáb	16/05/020	0,841	9	138,615	69,3077	60,111
Dom	17/05/020	1,008	10	154,017	77,009	95,949
Seg	18/05/020	1,004	10	154,017	77,009	95,189
Ter	19/05/020	0,821	10	154,017	77,009	63,651
Qua	20/05/020	0,788	9	138,6153	69,308	52,773
Qui	21/05/020	0,8	10	154,017	77,009	60,436
Sex	22/05/020	0,871	10	154,017	77,009	71,64
Sáb	23/05/020	1,254	12	184,82	92,41	178,194
Dom	24/05/020	1,4	11	169,419	84,709	203,595
Seg	25/05/020	1,32	10	154,017	77,009	164,538
Ter	26/05/020	1,208	9	138,615	69,308	124,021
Qua	27/05/020	1,325	10	154,017	77,009	165,787
Qui	28/05/020	1,321	10	154,017	77,009	164,787
Sex	29/05/020	1,05	9	138,615	69,308	93,7
Sáb	30/05/020	0,9	9	138,615	69,308	68,841
Dom	31/05/020	0,8	10	154,017	77,009	60,436
Seg	1/06/020	0,842	11	169,419	84,709	73,644
Ter	2/06/020	1,1	14	215,624	107,812	159,967
Qua	3/06/020	1,629	15	231,025	115,513	375,882
Qui	4/06/020	1,629	14	215,624	107,812	350,823
Sex	5/06/020	1,429	12	184,82	92,41	231,4
Sáb	6/06/020	1,229	11	169,419	84,709	156,897
Dom	7/06/020	1,1	10	154,017	77,009	114,262
Seg	8/06/020	1,154	10	154,017	77,009	125,756
Ter	9/06/020	1,158	10	154,017	77,009	126,629
Qua	10/06/020	1,1	8	123,214	61,607	91,41
Qui	11/06/020	1,029	8	123,214	61,607	79,991
Sex	12/06/020	1,45	10	154,017	77,009	198,543
Média mensal		1,083	10,25	157,867	78,933	125,580

O gráfico da Figura 3.14 ilustra da altura das ondas recolhidas durante um mês em função dos dias do mês no município de Ambriz da província do Bengo, sendo a menor altura de 0,7 m e o maior valor de 1,629 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

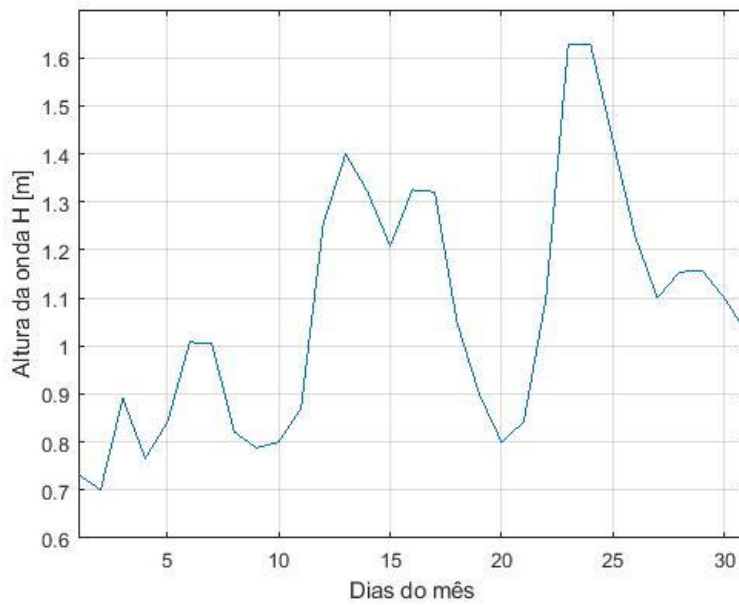


Figura 3.14 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês em Ambriz.

O gráfico da Figura 3.15 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês no município de Ambriz da província do Bengo, sendo o menor período de 8 s e o maior de 15 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

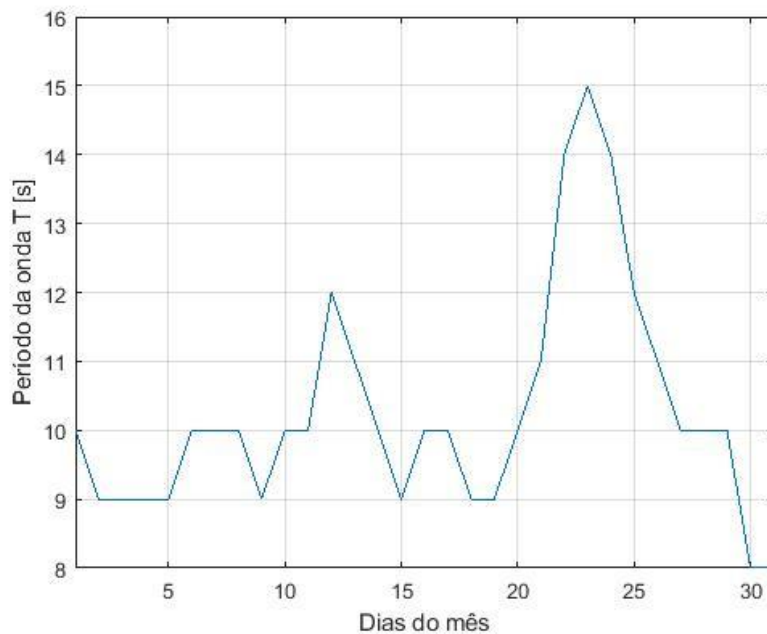


Figura 3.15 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês em Ambriz.

O gráfico da Figura 3.16 ilustra a densidade de potência das ondas obtida durante um mês em função dos dias do mês no município de Ambriz da província do Bengo. A menor densidade é de 41,644 kW/m e o maior valor de 375,882 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

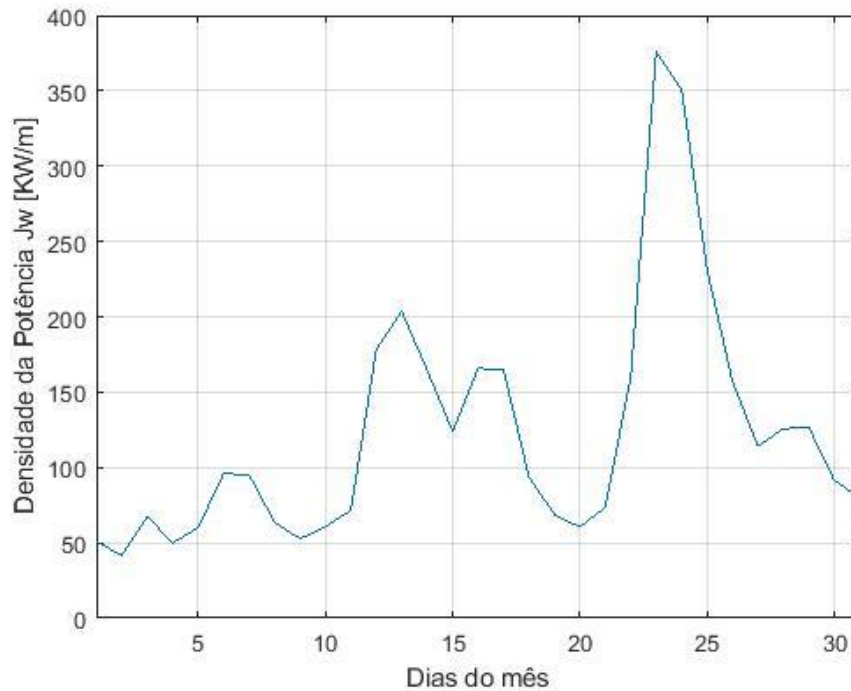


Figura 3.16 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês em Ambriz.

Na Tabela 3.8 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município de Ambriz.

Tabela 3.8 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município de Ambriz.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,7	8
Valor máximo	1,629	15
Desvio padrão	0,2578	1,6526
Valor médio	1,083	10,25

### 3.1.5 Província de Luanda

Luanda é uma província de Angola localizada na costa e na região centro-norte do país. É a capital do país e tem como capital o município de Luanda. Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, conta com uma população de 7 976 907 habitantes e área territorial de 18 826 km<sup>2</sup>, sendo a província mais populosa e densamente povoada de Angola. A província de Luanda tem os seguintes limites: ao norte com a província do Bengo, ao leste com a província do Cuanza Norte, ao sul com a província do Cuanza Sul, e ao oeste com o Oceano Atlântico. É uma província com um clima tropical de savana. A temperatura média anual da província situa-se entre os 25 °C e os 26 °C, com o máximo de 27 °C. Julho e Agosto são os meses mais frescos da província, especialmente no litoral, onde a temperatura desce um pouco abaixo dos 25°C. A Figura 3.17 ilustra o mapa da província de Luanda.



Figura 3.17 - Mapa da província de Luanda.

Na Tabela 3.9 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas para um mês na província de Luanda. Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,8 m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 1,629 m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,168 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 6 s nos dias 15, 30 e 31 de Maio e o maior valor foi de 14 s no dia 2 de Junho, perfazendo uma média mensal de 8,594 s. Finalmente, para a potência das ondas o menor valor foi de 45,428 kW/m no dia 13 de Maio e o maior valor foi de 325,764 kW/m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 123,525 kW/m.

Tabela 3.9 - Altura, período e potência das ondas na província de Luanda.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,8	9	138,615	69,308	54,393
Qua	13/05/020	0,829	7	107,812	53,91	45,428
Qui	14/05/020	0,842	7	107,812	53,91	46,864
Sex	15/05/020	0,929	6	92,41	46,205	48,899
Sáb	16/05/020	0,929	7	107,812	53,91	57,049
Dom	17/05/020	1,113	8	123,214	61,61	93,583
Seg	18/05/020	1,046	8	123,214	61,61	82,655
Ter	19/05/020	0,875	7	107,812	53,91	50,609
Qua	20/05/020	0,85	8	123,214	61,61	54,582
Qui	21/05/020	0,888	8	123,214	61,61	59,571
Sex	22/05/020	0,975	8	123,214	61,61	71,815
Sáb	23/05/020	1,4	12	184,82	92,41	222,103
Dom	24/05/020	1,438	10	154,017	77,009	195,27
Seg	25/05/020	1,408	8	123,214	61,61	149,770
Ter	26/05/020	1,317	8	123,214	61,61	131,033
Qua	27/05/020	1,479	8	123,214	61,61	165,251
Qui	28/05/020	1,417	8	123,214	61,61	151,687
Sex	29/05/020	1,121	7	107,812	53,91	83,067
Sáb	30/05/020	1	6	92,41	46,205	56,659
Dom	31/05/020	0,913	6	92,41	46,205	47,229
Seg	1/06/020	0,942	7	107,812	53,91	58,657
Ter	2/06/020	1,188	14	215,624	107,812	186,586
Qua	3/06/020	1,629	13	200,222	100,111	325,764
Qui	4/06/020	1,608	12	184,82	92,41	293,002
Sex	5/06/020	1,504	10	154,017	77,009	213,606
Sáb	6/06/020	1,292	10	154,017	77,009	157,631
Dom	7/06/020	1,175	8	123,214	61,61	104,3
Seg	8/06/020	1,238	11	169,419	84,71	159,203
Ter	9/06/020	1,208	9	138,615	69,31	124,021
Qua	10/06/020	1,188	8	123,214	61,61	106,62
Qui	11/06/020	1,146	7	107,812	53,91	86,813
Sex	12/06/020	1,688	10	154,017	77,009	269,068
Média mensal		1,168	8,594	132,358	66,179	123,525

O gráfico da Figura 3.18, ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na província de Luanda, sendo a menor altura de 0,8 m e o maior valor de 1,629 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

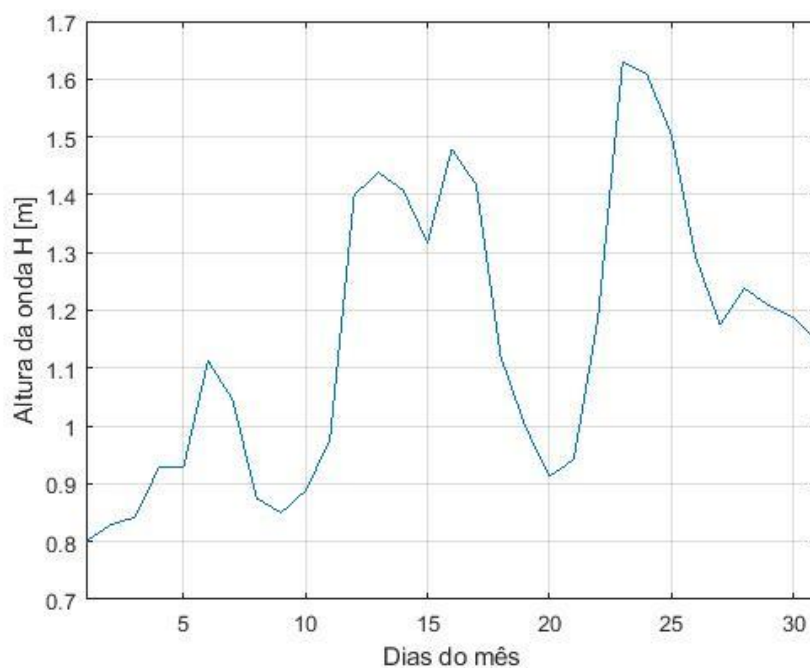


Figura 3.18 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês em Luanda.

O gráfico da Figura 3.19 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na província de Luanda, sendo o menor período de 6 s e o maior de 14 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

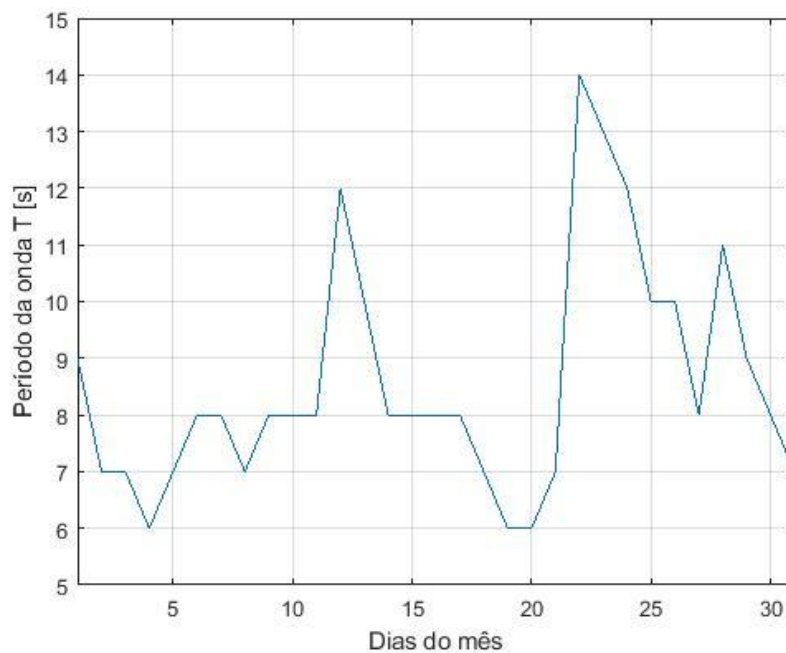


Figura 3.19 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês em Luanda.

O gráfico da Figura 3.20 ilustra a densidade de potência das ondas obtidos durante um mês em função dos dias do mês na província de Luanda. A menor densidade é de 45,428 kW/m e o maior valor é de 325,764 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

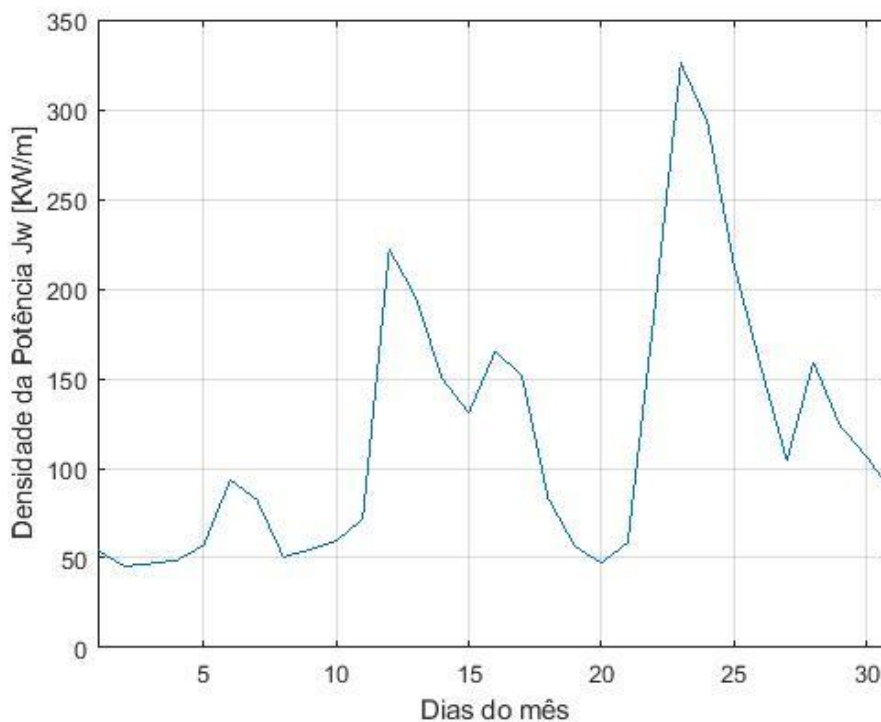


Figura 3.20 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês em Luanda.

Na Tabela 3.10 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Luanda.

Tabela 3.10 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Luanda.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,8	8
Valor máximo	1,629	15
Desvio padrão	0,2474	2,0468
Valor médio	1,168	8,594

### 3.1.6 Província do Kwanza Sul

O Kwanza Sul é uma província de Angola localizada na costa e na região central do país. A sua capital é o município de Sumbe. Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, a província conta com uma população de 2 109 999 habitantes e área territorial de 55 660 km<sup>2</sup>, sendo a quinta província mais populosa de Angola. Limita-se a norte e nordeste pelos rios Longa e Cuanza, com as províncias de Luanda, Cuanza Norte e Malange, ao sul com a província de Benguela, ao sudeste com as províncias do Bié e Huambo, e; ao oeste com o Oceano Atlântico. O clima tropical de savana, com uma temperatura média anual de 29 °C. A Figura 3.21 ilustra o mapa da província do Kwanza Sul.



Figura 3.21 - Mapa da província do Kwanza Sul.

Na Tabela 3.11 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas recolhidos durante um mês no município de Porto Amboim da província de Kwanza Sul. Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,642 m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 1,863 m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,113 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 7 s no dia 30 de Maio e o maior valor foi de 16 s no dia 2 de Junho, perfazendo uma média mensal de 9,969 s. Finalmente, para a potência das ondas o menor valor foi de 38,921 kW/m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 458,857 kW/m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 134,989 kW/m.

Tabela 3.11 - Altura, período e potência das ondas no município do Porto Amboim.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,642	10	154,017	77,009	38,921
Qua	13/05/020	0,742	8	123,214	61,607	41,593
Qui	14/05/020	0,825	8	123,214	61,607	51,418
Sex	15/05/020	0,825	8	123,214	61,607	51,418
Sáb	16/05/020	0,783	9	138,615	69,308	52,106
Dom	17/05/020	0,971	10	154,017	77,009	89,034
Seg	18/05/020	0,896	10	154,017	77,009	75,811
Ter	19/05/020	0,8	9	138,615	69,308	54,393
Qua	20/05/020	0,746	9	138,615	69,308	47,297
Qui	21/05/020	0,842	10	154,017	77,009	66,949
Sex	22/05/020	1,008	10	154,017	77,009	95,949
Sáb	23/05/020	1,521	12	184,8204	92,41	262,155
Dom	24/05/020	1,458	11	169419	84,709	220,813
Seg	25/05/020	1,279	10	154,017	77,009	154,475
Ter	26/05/020	1,263	9	138,615	69,308	135,571
Qua	27/05/020	1,396	10	154,017	77,009	184,03
Qui	28/05/020	1,188	10	154,017	77,009	133,276
Sex	29/05/020	0,892	8	123,214	61,607	60,109
Sáb	30/05/020	0,825	7	107,812	53,906	44,991
Dom	31/05/020	0,771	8	123,214	61,607	44,907
Seg	1/06/020	0,808	9	138,615	69,308	55,486
Ter	2/06/020	1,217	16	246,427	123,214	223,779
Qua	3/06/020	1,863	14	215,624	107,812	458,857
Qui	4/06/020	1,667	13	200,222	100,111	341,14
Sex	5/06/020	1,504	12	184,82	92,41	256,327
Sáb	6/06/020	1,25	10	154,017	77,009	147,549
Dom	7/06/020	1,142	10	154,017	77,009	123,154
Seg	8/06/020	1,238	12	184,82	92,41	173,676
Ter	9/06/020	1,2	9	138,615	69,308	122,383
Qua	10/06/020	1,196	8	123,214	61,607	108,061
Qui	11/06/020	1,229	9	138,6153	69,308	128,37
Sex	12/06/020	1,629	11	169,419	84,709	275,647
Média mensal		1,113	9,969	153,535	76,767	134,989

O gráfico da Figura 3.22 ilustra os valores da altura das ondas recolhidas durante um mês em função dos dias do mês no município de Porto Amboim, sendo a menor altura de 0,642 m e o maior valor de 1,863 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

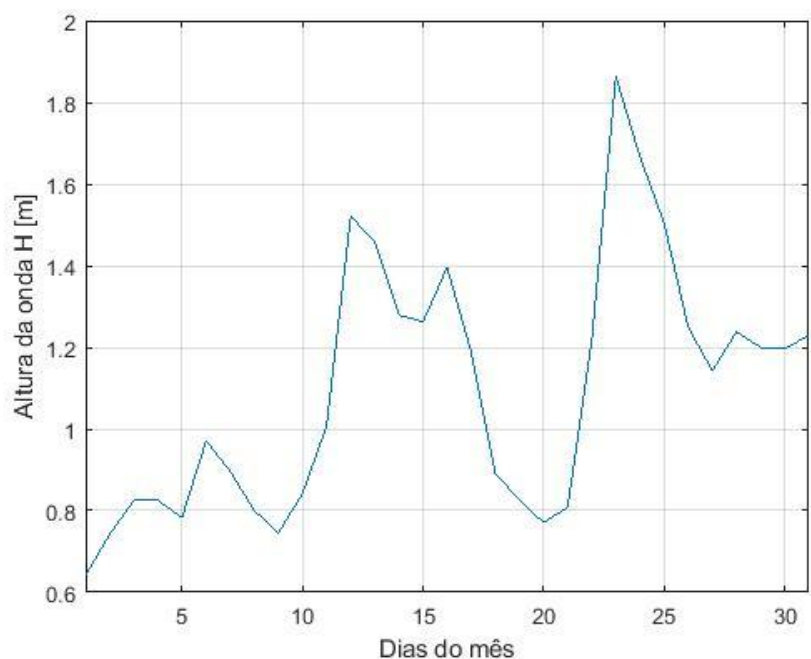


Figura 3.22 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês no Porto Amboim.

O gráfico da Figura 3.23 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês no município de Porto Amboim, sendo o menor período de 7 s e o maior de 16 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

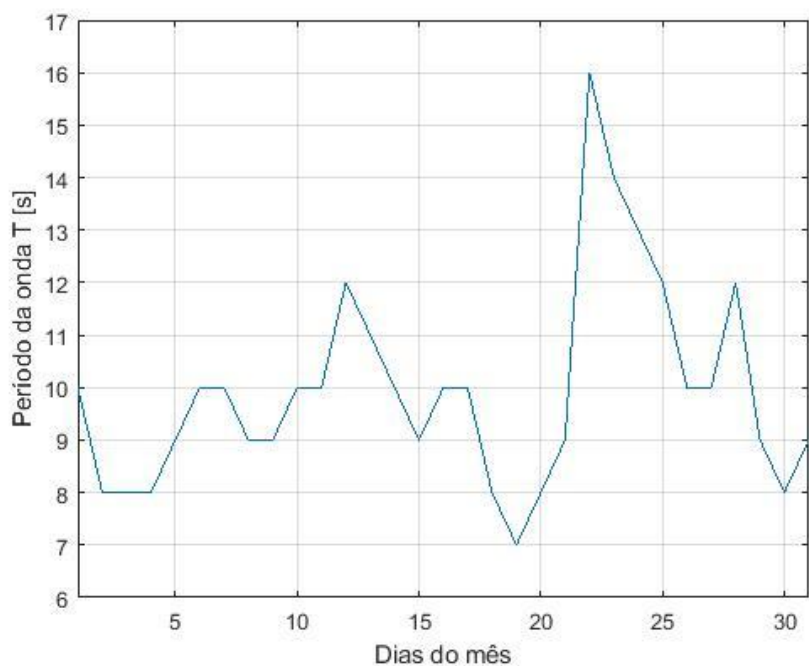


Figura 3.23 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês no Porto Amboim.

O gráfico da Figura 3.24 ilustra os valores da densidade da potência das ondas obtidos durante um mês em função dos dias no mês no município de Porto Amboim. A menor densidade foi de 38,921 kW/m e o maior foi de 458,857 Kw/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

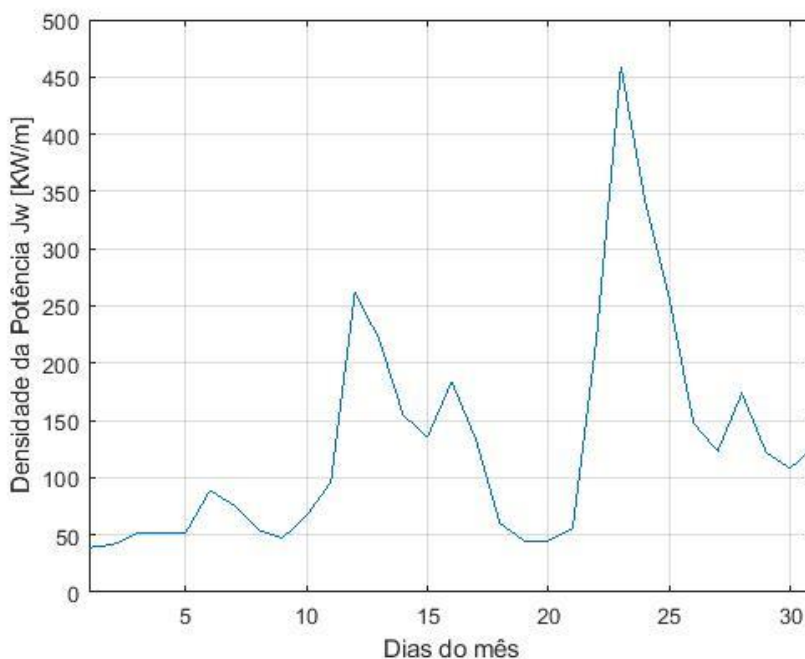


Figura 3.24 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês no Porto Amboim.

Na Tabela 3.12 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município de Porto Amboim.

Tabela 3.12 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município de Porto Amboim.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,642	7
Valor máximo	1,863	16
Desvio padrão	0,3093	1,9483
Valor médio	1,113	9,969

### 3.1.7 Província de Benguela

Benguela é a província de Angola localizada na costa e na região central do país. Tem como capital o município de Benguela. Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, conta com uma população de 2.477.595 habitantes e uma área de 39.827 km<sup>2</sup>, sendo a província mais populosa da faixa central da nação. A província de Benguela limita-se a norte com a província do Cuanza Sul, a leste com a província do Huambo a sudeste com a província da Huíla, a sudoeste com a província do Namibe e a oeste com o Oceano Atlântico. O clima é tropical, com a temperatura média é 24.2 °C. A Figura 3.25 ilustra o mapa da província de Benguela.



Figura 3.25 - Mapa da província de Benguela.

Na Tabela 3.13 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas recolhidas durante um mês na província de Benguela.

Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,508 m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 1,329 m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 0,813 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 5 s nos dias 29, 30 e 31 de Maio e o maior valor foi de 14 s nos dias 2 e 4 de Junho, perfazendo uma média mensal de 7,969 s. Finalmente, para a potência das ondas o menor valor foi de 13,87 kW/m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 216,826 kW/m no dia 3 de junho, perfazendo uma média mensal de 59,466 kW/m.

Tabela 3.13 - Altura, período e potência das ondas na província de Benguela.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,508	8	123,214	61,61	19,496
Qua	13/05/020	0,567	7	107,812	53,906	21,251
Qui	14/05/020	0,592	7	107,812	53,906	23,166
Sex	15/05/020	0,608	5	77,009	38,504	17,454
Sáb	16/05/020	0,596	6	92,41	46,205	20,126
Dom	17/05/020	0,625	7	107,812	53,906	25,821
Seg	18/05/020	0,613	7	107,812	53,906	24,839
Ter	19/05/020	0,546	6	92,41	46,2051	16,891
Qua	20/05/020	0,567	7	107,812	53,906	21,251
Qui	21/05/020	0,638	8	123,214	61,607	30,75
Sex	22/05/020	0,779	8	123,214	61,607	45,844
Sáb	23/05/020	1,079	11	169,419	84,709	120,935
Dom	24/05/020	1,025	9	138,615	69,308	89,291
Seg	25/05/020	0,942	7	107,812	53,906	58,657
Ter	26/05/020	0,971	7	107,812	53,906	62,324
Qua	27/05/020	0,95	7	107,812	53,906	59,657
Qui	28/05/020	0,842	7	107,812	53,906	46,864
Sex	29/05/020	0,617	5	77,009	38,504	17,975
Sáb	30/05/020	0,567	5	77,009	38,504	15,179
Dom	31/05/020	0,542	5	77,009	38,504	13,87
Seg	1/06/020	0,579	8	123,214	61,61	25,326
Ter	2/06/020	1,008	14	215,624	107,812	134,328
Qua	3/06/020	1,329	13	200,222	100,111	216,826
Qui	4/06/020	1,146	14	215,624	107,812	173,626
Sex	5/06/020	1,1	9	138,615	69,308	102,836
Sáb	6/06/020	0,879	8	123,214	61,61	58,369
Dom	7/06/020	0,767	10	154,017	77,009	55,553
Seg	8/06/020	0,892	10	154,017	77,009	75,136
Ter	9/06/020	0,954	8	123,214	61,61	68,755
Qua	10/06/020	1,013	6	92,41	46,205	58,142
Qui	11/06/020	1,004	7	107,812	53,91	66,632
Sex	12/06/020	1,167	9	138,615	69,31	115,745
Média mensal		0,813	7,969	122,732	61,366	59,466

O gráfico da Figura 3.26 ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na província de Benguela, sendo que a menor altura foi de 0,508 m e a maior foi de 1,329 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

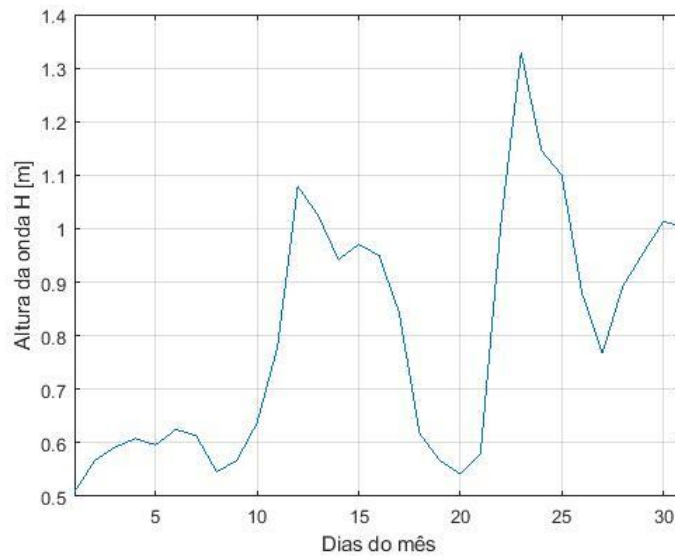


Figura 3.26 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês em Benguela.

O gráfico da Figura 3.27 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na província de Benguela, sendo o menor período de 5 s e o maior de 14 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

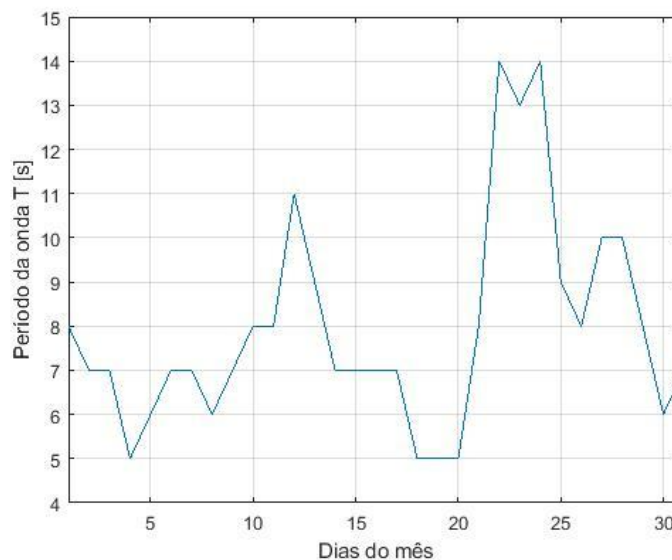


Figura 3.27 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês em Benguela.

O gráfico da Figura 3.28 ilustra os valores da densidade da potência das ondas obtidos durante um mês em função dos dias do mês na província de Benguela. A menor densidade foi de 13,87 kW/m e a maior foi de 216,826 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

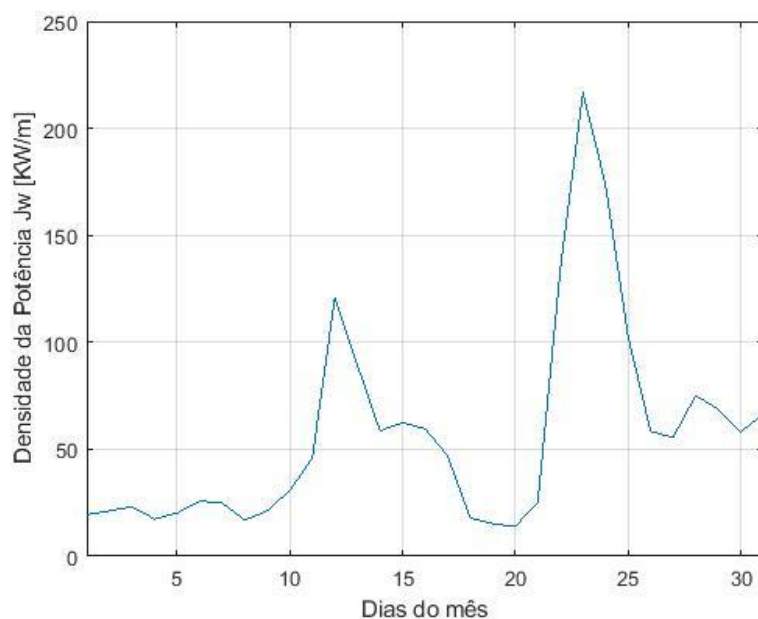


Figura 3.28 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês em Benguela.

Na Tabela 3.14 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Benguela.

Tabela 3.14 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província de Benguela.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,508	5
Valor máximo	1,329	14
Desvio padrão	0,2263	2,4074
Valor médio	0,813	7,969

Na Tabela 3.15 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas obtidos durante um mês na Baía dos Elefantes, comuna do município da Baía Farta da província de Benguela. Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,808 m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 1,888 m no dia 12 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,222 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 6 s nos dias 13, 14, 19 e 31 de Maio, 1 e 6 de junho e o maior valor foi 12 s nos dias 23 e 24 de maio, perfazendo uma média mensal de 8,063 s. Finalmente, para a potência das ondas o menor valor foi de 34,031 kW/m no dia 19 de Maio e o maior valor foi de 294,975 kW/m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 125,766 kW/m.

Tabela 3.15 - Altura, período e potência das ondas na comuna da Baía dos Elefantes.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,808	8	123,214	61,607	49,321
Qua	13/05/020	0,908	6	92,410	46,205	46,713
Qui	14/05/020	0,908	6	92,410	46,205	46,713
Sex	15/05/020	0,908	8	123,214	61,607	62,284
Sáb	16/05/020	0,971	10	154,017	77,009	89,034
Dom	17/05/020	1,058	7	107,812	53,906	73,992
Seg	18/05/020	0,933	9	138,615	69,308	73,982
Ter	19/05/020	0,775	6	92,410	46,205	34,031
Qua	20/05/020	0,833	8	123,214	61,607	52,42
Qui	21/05/020	0,929	8	123,214	61,607	65,199
Sex	22/05/020	1,2	11	169,419	84,709	149,58
Sáb	23/05/020	1,592	12	184,820	92,410	287,2
Dom	24/05/020	1,529	12	184,820	92,410	264,919
Seg	25/05/020	1,375	8	123,214	61,607	142,828
Ter	26/05/020	1,475	8	123,214	61,607	164,358
Qua	27/05/020	1,446	7	107,812	53,906	138,214
Qui	28/05/020	1,229	7	107,812	53,906	99,843
Sex	29/05/020	0,983	8	123,214	61,607	72,999
Sáb	30/05/020	0,925	8	123,214	61,607	64,638
Dom	31/05/020	0,883	6	92,410	46,205	44,176
Seg	1/06/020	0,929	6	92,410	46,205	48,899
Ter	2/06/020	1,529	9	138,615	69,308	198,69
Qua	3/06/020	1,863	9	138,615	69,308	294,975
Qui	4/06/020	1,696	7	107,812	53,906	190,137
Sex	5/06/020	1,521	7	107,812	53,906	152,923
Sáb	6/06/020	1,242	6	92,410	46,205	87,4
Dom	7/06/020	1,154	9	138,615	69,308	113,181
Seg	8/06/020	1,254	8	123,214	61,607	118,796
Ter	9/06/020	1,367	7	107,812	53,906	123,524
Qua	10/06/020	1,467	10	154,017	77,009	203,225
Qui	11/06/020	1,538	9	138,615	69,308	201,036
Sex	12/06/020	1,888	8	123,214	61,607	269,285
Média mensal		1,222	8,063	124,176	62,088	125,766

O gráfico da Figura 3.29 ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na comuna Baía dos Elefantes, sendo a menor altura de 0,808 m e a maior altura de 1,888 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

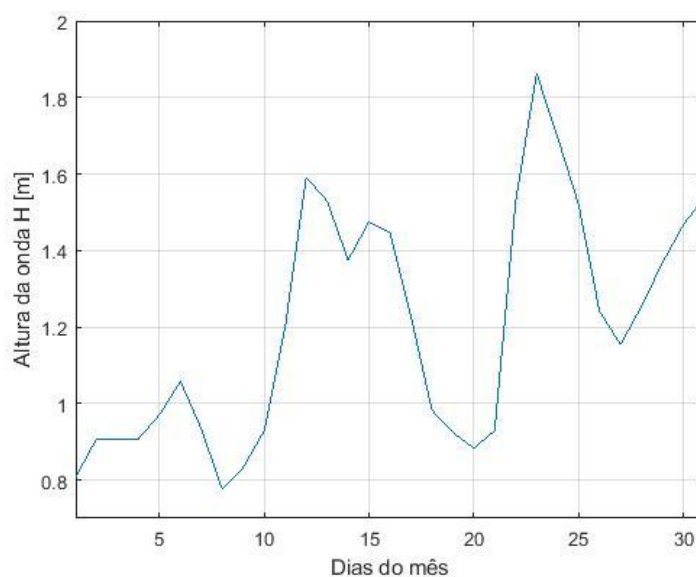


Figura 3.29 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês na Baía dos Elefantes.

O gráfico da Figura 3.30 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na comuna Baía dos Elefantes, sendo o menor período de 6 s e o maior de 12 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

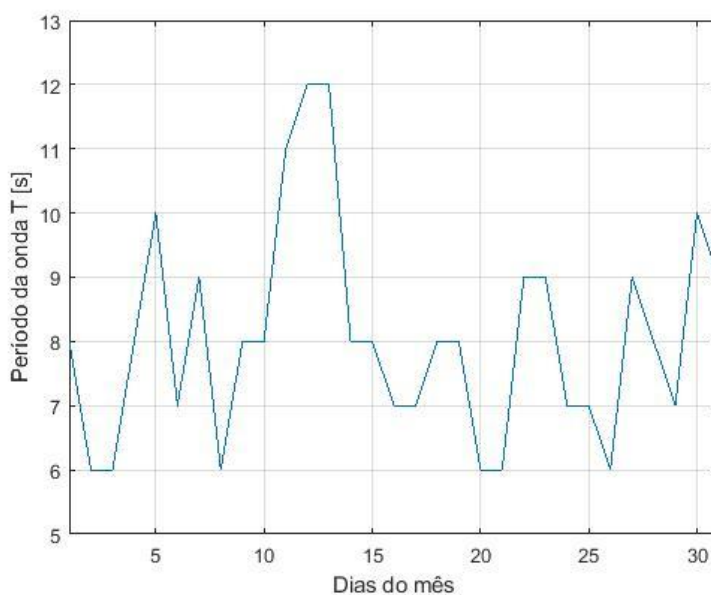


Figura 3.30 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês na Baía dos Elefantes.

O gráfico da Figura 3.31 ilustra a densidade de potência das ondas obtida durante um mês em função dos dias do mês na comuna Baía dos Elefantes. A menor densidade foi de 34,031 kW/m e o maior valor foi de 294,975 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

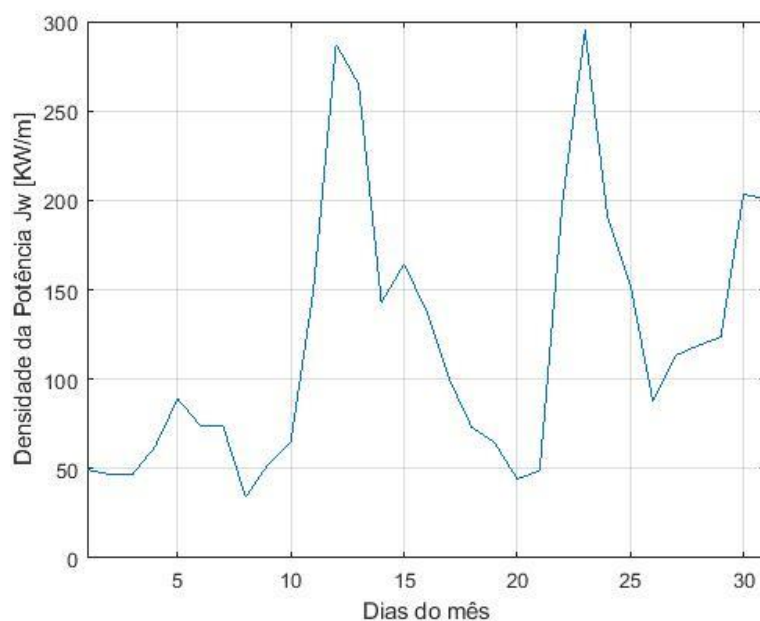


Figura 3.31 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês na Baía dos Elefantes.

Na Tabela 3.16 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna Baía dos Elefantes.

Tabela 3.16 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna Baía dos Elefantes.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,775	6
Valor máximo	1,863	12
Desvio padrão	0,3047	1,672
Valor médio	1,222	8,063

Na Tabela 3.17 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas obtidos durante um mês no Lobito, município da província de Benguela. Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,367 m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 1,175 m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 0,682 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 6 s nos dias 15, 29, 30 e 31 de Maio e o maior valor foi de 15 s no dia 2 de Junho, perfazendo uma média mensal de 8,656 s. Finalmente, para a potência das ondas o menor valor foi de 13 kW/m no dia 19 de Maio e o maior valor foi de 169,487 kW/m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 44,682 kW/m.

Tabela 3.17 - Altura, período e potência das ondas no município do Lobito.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,367	13	200,222	100,111	16,535
Qua	13/05/020	0,492	7	107,812	53,906	16,001
Qui	14/05/020	0,504	7	107,812	53,906	16,791
Sex	15/05/020	0,525	6	92,41	46,205	15,617
Sáb	16/05/020	0,492	7	107,812	53,906	16,001
Dom	17/05/020	0,554	7	107,812	53,906	20,288
Seg	18/05/020	0,513	7	107,812	53,906	17,396
Ter	19/05/020	0,483	7	107,812	53,906	15,421
Qua	20/05/020	0,479	8	123,214	61,61	17,333
Qui	21/05/020	0,525	8	123,214	61,61	20,822
Sex	22/05/020	0,638	9	138,615	69,31	34,594
Sáb	23/05/020	0,904	12	184,82	92,41	92,605
Dom	24/05/020	0,871	10	154,017	77,009	71,64
Seg	25/05/020	0,775	7	107,812	53,91	39,703
Ter	26/05/020	0,8	8	123,214	61,61	48,349
Qua	27/05/020	0,796	7	107,812	53,91	41,883
Qui	28/05/020	0,7	8	123,214	61,61	37,017
Sex	29/05/020	0,508	6	92,41	46,205	14,622
Sáb	30/05/020	0,479	6	92,41	46,205	13
Dom	31/05/020	0,463	6	92,41	46,205	12,146
Seg	1/06/020	0,475	9	138,615	69,31	19,176
Ter	2/06/020	0,829	15	231,025	115,513	97,346
Qua	3/06/020	1,175	13	200,222	100,111	169,487
Qui	4/06/020	1,004	12	184,82	92,41	114,226
Sex	5/06/020	0,925	10	154,017	77,009	80,798
Sáb	6/06/020	0,783	8	123,214	61,61	46,316
Dom	7/06/020	0,679	10	154,017	77,009	43,537
Seg	8/06/020	0,754	11	169,419	84,709	59,055
Ter	9/06/020	0,792	8	123,214	61,607	47,387
Qua	10/06/020	0,8	7	107,812	53,906	42,305
Qui	11/06/020	0,821	8	123,214	61,607	50,921
Sex	12/06/020	0,929	10	154,017	77,009	81,498
Média mensal		0,682	8,656	133,321	66,661	44,682

O gráfico da Figura 3.32 ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês no município do Lobito, sendo a menor altura de 0,367 m e o maior valor de 1,175 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

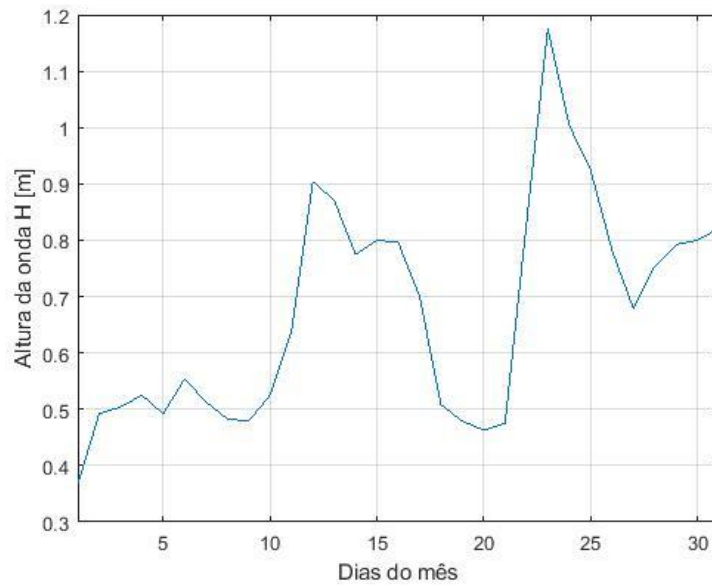


Figura 3.32 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês no Lobito.

O gráfico da Figura 3.33 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês no município do Lobito, sendo o menor período de 6 s e o maior de 15 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

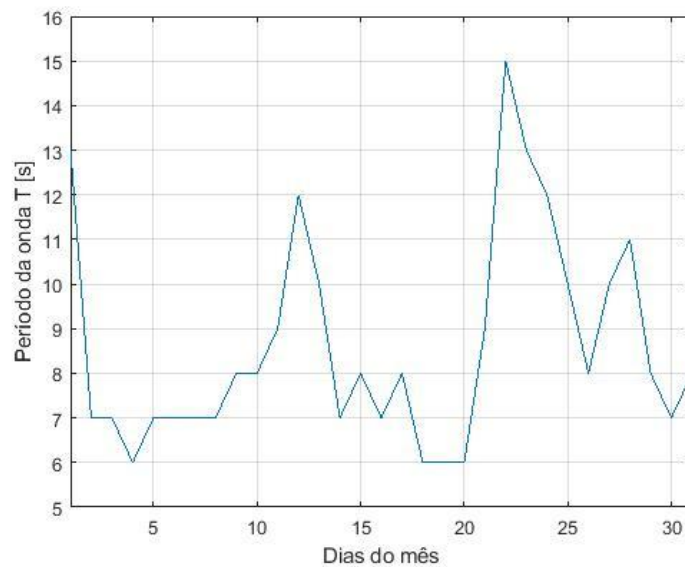


Figura 3.33 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês no Lobito.

O gráfico da Figura 3.34 ilustra os valores da densidade de potência das ondas obtidos durante um mês em função dos dias do mês no município do Lobito. A menor densidade é de 13 kW/m e o maior valor foi de 169,487 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

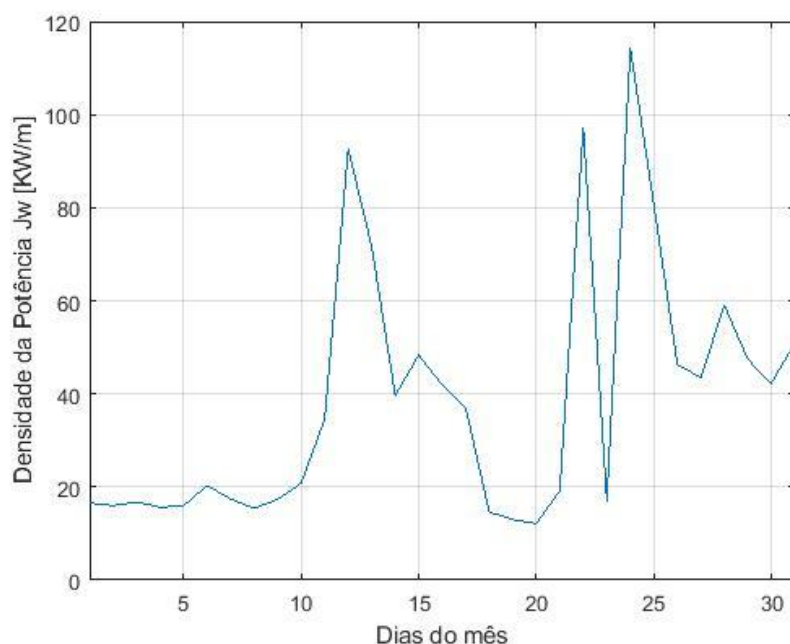


Figura 3.34 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês no Lobito.

Na Tabela 3.18 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Lobito.

Tabela 3.18 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Lobito.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,367	6
Valor máximo	1,175	15
Desvio padrão	0,1958	2,3619
Valor médio	0,682	8,656

### 3.1.8 Província do Namibe

O Namibe é uma província de Angola localizada na costa e no sul do país. A capital é o município de Moçâmedes. Segundo as projeções populacionais de 2018, elaboradas pelo Instituto Nacional de Estatística, conta com uma população de 568 722 habitantes e área territorial de 57 091 km<sup>2</sup>. A província do Namibe é limitada ao norte pela província de Benguela, ao leste pelas províncias de Huíla e Cunene, ao sul pela Namíbia e ao oeste pelo Oceano Atlântico. O clima da província do Namibe é quente, com uma temperatura média de 20.7 °C. A Figura 3.35 ilustra o mapa da província do Namibe.



Figura 3.35 - Mapa da província do Namibe.

Na Tabela 3.19 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas recolhido durante um mês na província do Namibe. Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,646 m no dia 19 de Maio e o maior valor foi de 1,513 m no dia 12 de Junho, perfazendo uma média mensal de 0,979 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 7 s nos dias 29, 30 de Maio e 10 de Junho, o maior valor foi de 15 s no dia 2 de Junho, perfazendo uma média mensal de 9,719 s. Finalmente, para a densidade de potência das ondas o menor valor foi de 31,526 kW/m no dia 19 de Maio e o maior valor foi de 255,102 kW/m no dia 2 de Junho, perfazendo uma média mensal de 97,959 kW/m.

Tabela 3.19 - Altura, período e potência das ondas na província do Namibe.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [KW/m]
Ter	12/05/020	0,704	10	154,017	77,01	46,802
Qua	13/05/020	0,779	8	123,214	61,61	45,844
Qui	14/05/020	0,813	9	138,615	69,31	56,175
Sex	15/05/020	0,742	8	123,214	61,61	41,593
Sáb	16/05/020	0,842	9	138,615	69,31	60,254
Dom	17/05/020	0,8	10	154,017	77,01	60,436
Seg	18/05/020	0,738	9	138,615	69,31	46,288
Ter	19/05/020	0,646	8	123,214	61,61	31,526
Qua	20/05/020	0,696	10	154,017	77,01	45,744
Qui	21/05/020	0,804	10	154,017	77,01	61,042
Sex	22/05/020	1,104	11	169,419	84,71	126,604
Sáb	23/05/020	1,296	11	169,419	84,71	174,47
Dom	24/05/020	1,133	10	154,017	77,01	121,221
Seg	25/05/020	1,042	8	123,214	61,61	82,024
Ter	26/05/020	1,225	9	138,615	69,31	127,536
Qua	27/05/020	1,121	10	154,017	77,01	118,667
Qui	28/05/020	0,879	9	138,615	69,31	65,667
Sex	29/05/020	0,767	7	107,812	53,91	38,887
Sáb	30/05/020	0,763	9	138,615	69,31	49,478
Dom	31/05/020	0,767	9	138,615	69,31	49,998
Seg	1/06/020	0,817	10	154,017	77,01	63,032
Ter	2/06/020	1,342	15	231,025	115,513	255,102
Qua	3/06/020	1,438	13	200,222	100,111	253,851
Qui	4/06/020	1,271	13	200,222	100,111	198,313
Sex	5/06/020	1,083	10	154,017	77,01	110,758
Sáb	6/06/020	0,908	9	138,615	69,31	70,07
Dom	7/06/020	0,933	11	169,419	84,71	90,422
Seg	8/06/020	1	11	169,419	84,71	103,875
Ter	9/06/020	0,954	8	123,214	61,61	68,755
Qua	10/06/020	1,042	7	107,812	53,91	71,771
Qui	11/06/020	1,375	9	138,615	69,31	160,681
Sex	12/06/020	1,513	11	169,419	84,71	237,787
Média mensal		0,979	9,719	149,685	74,842	97,959

O gráfico da Figura 3.36 ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na província do Namibe, sendo a menor altura de 0,646 m e o maior valor de 1,513 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

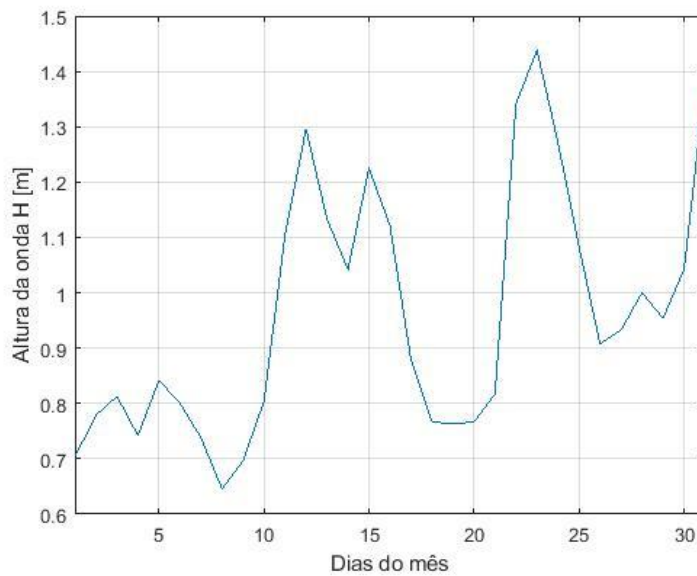


Figura 3.36 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês no Namibe.

O gráfico da Figura 3.37 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na província do Namibe, sendo o menor período de 7 s e o maior de 15 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

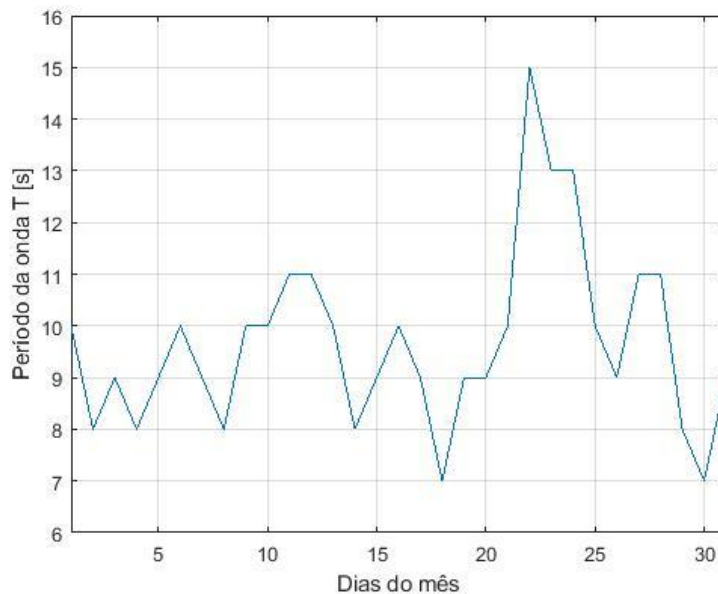


Figura 3.37 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês no Namibe.

O gráfico da Figura 3.38 ilustra os valores da densidade de potência das ondas obtidos durante um mês em função dos dias do mês na província do Namibe. A menor densidade foi de 31,526 kW/m e a maior foi de 255,102 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

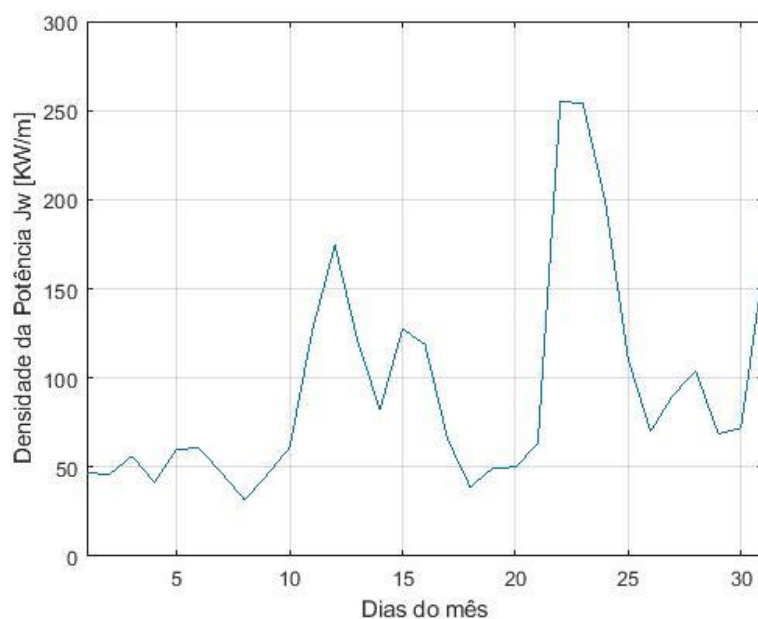


Figura 3.38 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês no Namibe.

Na Tabela 3.20 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província do Namibe.

Tabela 3.20 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na província do Namibe.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,646	7
Valor máximo	1,438	15
Desvio padrão	0,2255	1,7395
Valor médio	0,979	9,719

Na Tabela 3.21 estão representados os dados da altura, período e densidade de potência das ondas recolhidos durante um mês na Baía dos Tigres, comuna do município do Tômbua, província do Namibe. Para a altura das ondas o menor valor obtido foi de 1,138 m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 3,225 m no dia 12 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,846 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 6 s nos dias 12 de Maio e 10 de Junho, o maior valor foi de 14 s no dia 2 de Junho, perfazendo uma média mensal de 9,313 s. Finalmente, para a potência das ondas o menor valor foi de 73,376 kW/m no dia 12 de Maio e o maior valor foi de 982,148 kW/m no dia 12 de Junho, perfazendo uma média mensal de 329,171 kW/m.

Tabela 3.21 - Altura, período e potência das ondas na comuna da Baía dos Tigres.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [KW/m]
Ter	12/05/020	1,138	6	92,41	46,205	73,376
Qua	13/05/020	1,229	7	107,812	53,906	99,843
Qui	14/05/020	1,642	7	107,812	53,906	178,222
Sex	15/05/020	1,488	9	138,615	69,308	188,177
Sáb	16/05/020	1,996	9	138,615	69,308	338,596
Dom	17/05/020	1,75	8	123,214	61,607	231,358
Seg	18/05/020	1,496	8	123,214	61,607	169,072
Ter	19/05/020	1,221	9	138,615	69,308	126,704
Qua	20/05/020	1,242	11	169,419	84,709	160,234
Qui	21/05/020	1,554	9	138,615	69,308	205,24
Sex	22/05/020	2,088	11	169,419	84,7094	452,868
Sáb	23/05/020	2,304	10	154,017	77,009	501,283
Dom	24/05/020	2,025	10	154,017	77,009	387,229
Seg	25/05/020	2,046	8	123,214	61,607	316,242
Ter	26/05/020	2,621	8	123,214	61,607	518,969
Qua	27/05/020	2,417	9	138,615	69,308	496,493
Qui	28/05/020	1,938	9	138,615	69,308	319,204
Sex	29/05/020	1,638	8	123,214	61,607	202,691
Sáb	30/05/020	1,583	9	138,615	69,308	212,972
Dom	31/05/020	1,775	10	154,017	77,009	297,519
Seg	1/06/020	1,763	10	154,017	77,009	293,51
Ter	2/06/020	2,263	14	215,624	107,812	677,041
Qua	3/06/020	2,188	13	200,222	100,111	587,7
Qui	4/06/020	2,025	13	200,222	100,111	503,398
Sex	5/06/020	1,704	10	154,017	77,009	274,193
Sáb	6/06/020	1,458	9	138,615	69,308	180,666
Dom	7/06/020	1,508	11	169,419	84,709	236,218
Seg	8/06/020	1,504	10	154,017	77,009	213,606
Ter	9/06/020	1,429	8	123,214	61,607	154,267
Qua	10/06/020	1,829	6	92,41	46,205	189,538
Qui	11/06/020	3	9	138,615	69,308	764,897
Sex	12/06/020	3,225	10	154,017	77,009	982,148
Média mensal		1,846	9,313	143,428	71,714	329,171

O gráfico da Figura 3.39 ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na Baía dos Tigres, sendo a menor altura de 1,138 m e a maior de 3,225 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

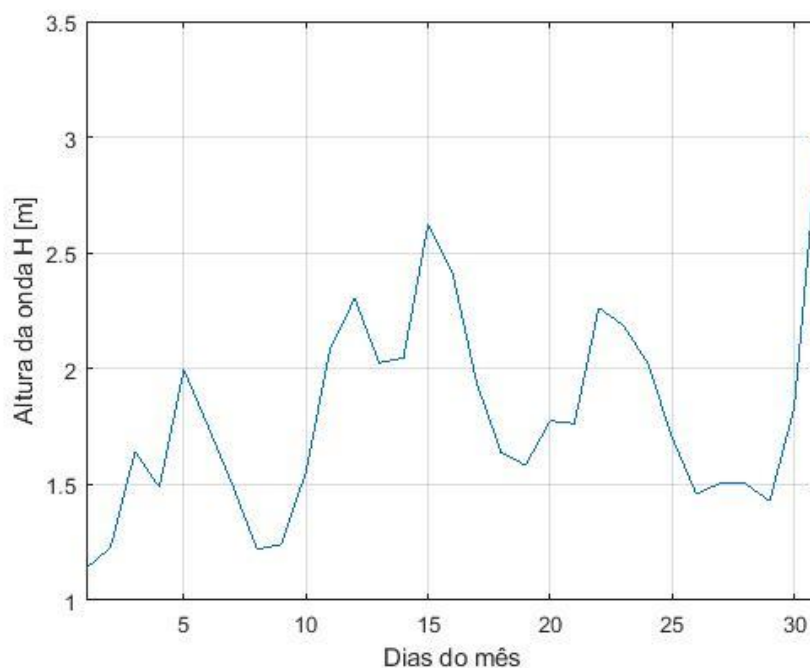


Figura 3.39 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês na Baía dos Tigres.

O gráfico da Figura 3.40 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na Baía dos Tigres, sendo o menor período de 7 s e o maior de 15 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

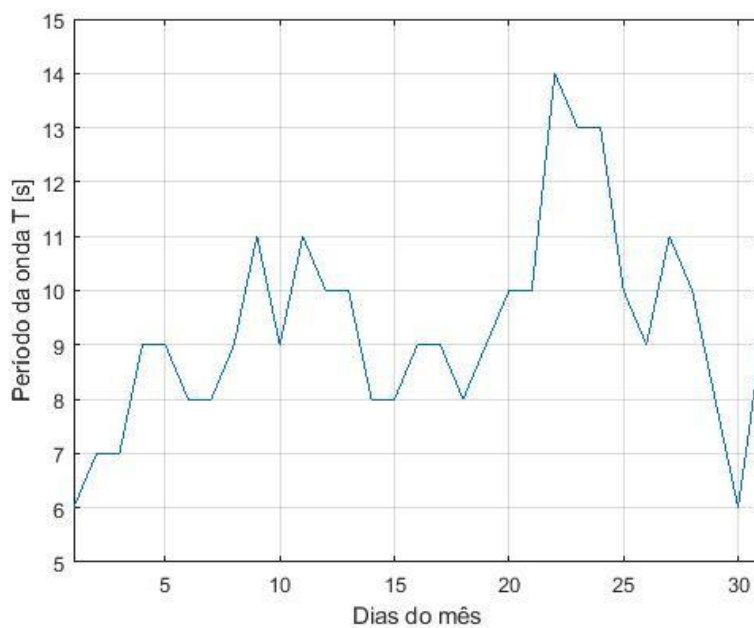


Figura 3.40 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês na Baía dos Tigres.

O gráfico da Figura 3.41 ilustra os valores da densidade de potência das ondas obtidos durante um mês em função dos dias do mês na Baía dos Tigres. A menor densidade foi de 73,376 kW/m e a maior foi de 982,148 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

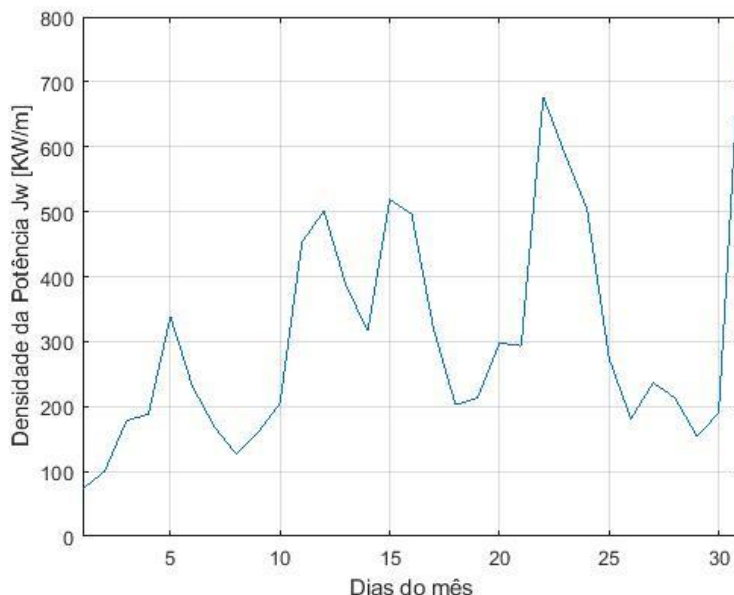


Figura 3.41 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês na Baía dos Tigres.

Na Tabela 3.22 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna da Baía dos Tigres.

Tabela 3.22 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna da Baía dos Tigres.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	1,138	6
Valor máximo	3	14
Desvio padrão	0,4327	1,8654
Valor médio	1,846	9,313

Na Tabela 3.23 estão representados os dados da altura, período potência das ondas recolhidos durante um mês na Santa Marta, comuna do município de Moçâmedes, província do Namibe. Para a altura das ondas o menor valor foi de 0,625 m no dia 19 de Maio e o maior valor foi de 1,417 m no dia 3 de Junho, perfazendo uma média mensal de 0,919 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 5 s nos dias 18 e 19 de Maio e o maior valor foi de 13 s nos dias 31 de Maio, 1 e 12 de junho, perfazendo uma média mensal de 8,969 s. Finalmente, para a densidade de potência das ondas o menor valor foi de 18,444 kW/m no dia 19 de Maio e a maior foi de 232,095 kW/m no dia 12 de Junho, perfazendo uma média mensal de 80,238 kW/m.

Tabela 3.23 - Altura, período e potência das ondas na comuna da Santa Marta.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	0,638	10	154,017	77,009	38,438
Qua	13/05/020	0,704	6	92,41	46,205	28,081
Qui	14/05/020	0,667	6	92,41	46,205	25,207
Sex	15/05/020	0,696	9	138,615	69,308	41,17
Sáb	16/05/020	0,708	8	123,214	61,607	37,868
Dom	17/05/020	0,763	8	123,214	61,607	43,98
Seg	18/05/020	0,713	5	77,009	38,504	24,003
Ter	19/05/020	0,625	5	77,009	38,504	18,444
Qua	20/05/020	0,633	7	107,812	53,906	26,486
Qui	21/05/020	0,704	11	169,419	84,7094	51,482
Sex	22/05/020	0,946	10	154,017	77,01	84,508
Sáb	23/05/020	1,192	12	184,82	92,41	161,009
Dom	24/05/020	1,131	9	138,615	69,308	108,714
Seg	25/05/020	1,013	9	138,615	69,308	87,213
Ter	26/05/020	1,088	7	107,812	53,906	78,248
Qua	27/05/020	1,075	7	107,812	53,906	76,389
Qui	28/05/020	0,892	6	92,41	46,205	45,082
Sex	29/05/020	0,763	9	138,615	69,308	49,478
Sáb	30/05/020	0,7	8	123,214	61,607	37,017
Dom	31/05/020	0,642	13	200,222	100,111	50,598
Seg	1/06/020	0,667	13	200,222	100,111	54,615
Ter	2/06/020	1,196	12	184,82	92,41	162,092
Qua	3/06/020	1,417	12	184,82	92,41	227,53
Qui	4/06/020	1,233	10	154,017	77,009	143,563
Sex	5/06/020	1,146	11	169,419	84,7094	136,42
Sáb	6/06/020	0,933	11	169,419	84,7094	90,422
Dom	7/06/020	0,892	8	123,214	61,607	60,109
Seg	8/06/020	0,967	7	107,812	53,905	61,811
Ter	9/06/020	1,025	7	107,812	53,906	69,449
Qua	10/06/020	1,104	8	123,214	61,607	92,076
Qui	11/06/020	1,146	10	154,017	77,009	124,019
Sex	12/06/020	1,375	13	200,222	100,111	232,095
Média mensal		0,919	8,969	138,134	69,067	80,238

O gráfico da Figura 3.42, ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na Santa Marta, sendo a menor altura de 0,625 m e a maior de 1,417 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

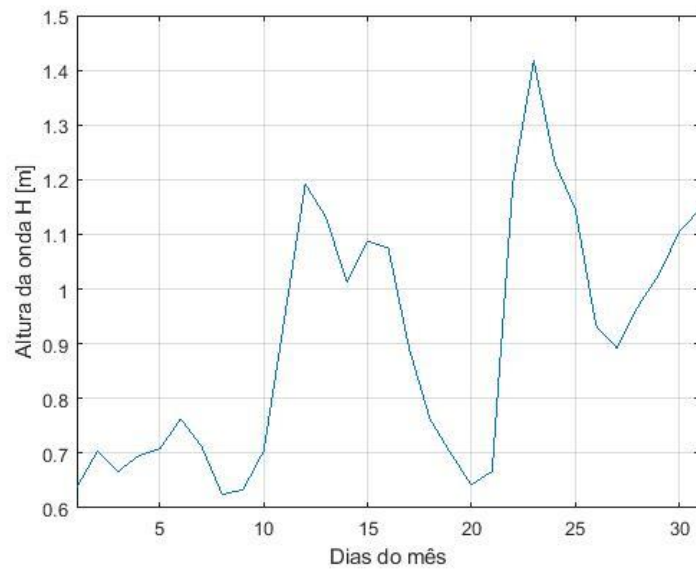


Figura 3.42 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês na Santa Marta.

O gráfico da Figura 3.43 ilustra o período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês na Santa Marta, sendo o menor período de 5 s e a maior de 13 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

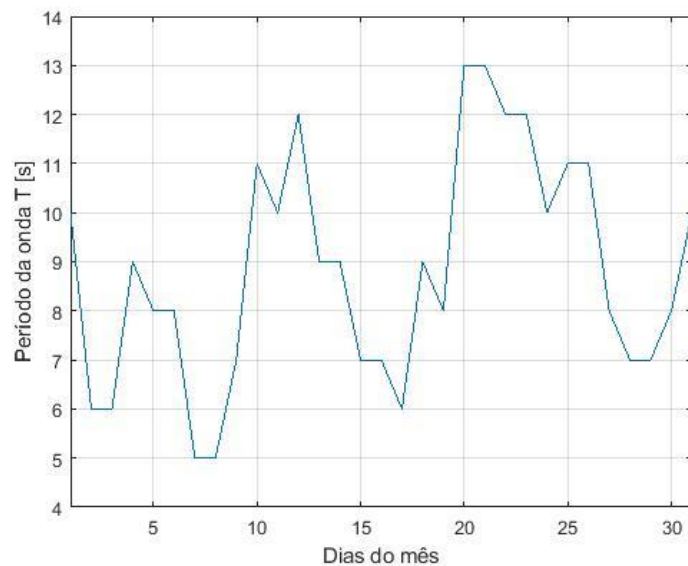


Figura 3.43 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês na Santa Marta.

O gráfico da Figura 3.44 ilustra os valores da densidade de potência das ondas obtidos durante um mês em função dos dias do mês na Santa Marta. A menor densidade é de 18,444 kW/m e o maior valor de 232,095 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

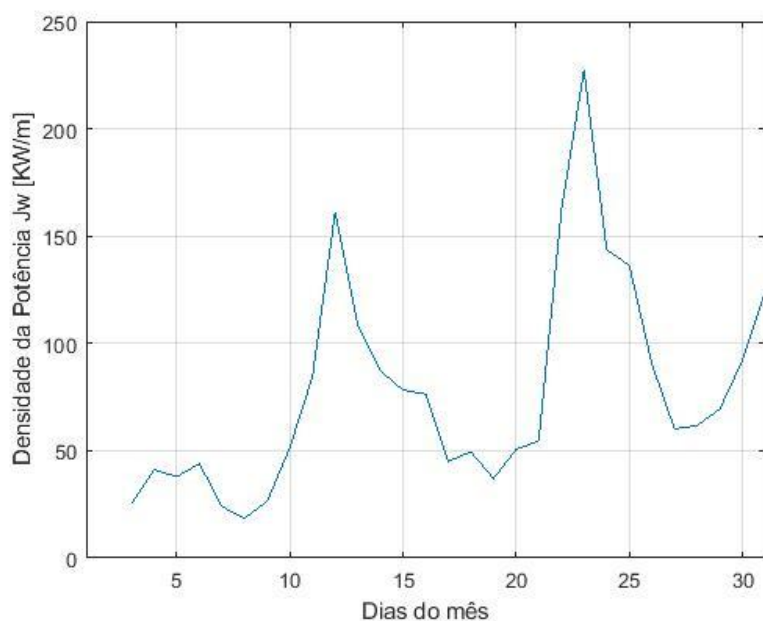


Figura 3.44 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês na Santa Marta.

Na Tabela 3.24 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna de Santa Marta.

Tabela 3.24 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas na comuna de Santa Marta.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	0,625	5
Valor máximo	1,417	13
Desvio padrão	0,2256	2,2963
Valor médio	0,919	8,969

Na Tabela 3.25 estão representados os dados da altura, período e potência das ondas recolhidos durante um mês no Tômbua, município da província do Namibe. Para a altura das ondas o menor valor foi de 1,113 m no dia 3 de Junho e o maior valor foi de 3,021 m no dia 12 de Junho, perfazendo uma média mensal de 1,726 m de altura. Para o período das ondas o menor valor foi de 7 s no dia 13 de Maio e o maior foi de 14 s no dia 12 de Junho, perfazendo uma média mensal de 9,594 s. Finalmente, para a densidade de potência das ondas o menor valor foi de 95,823 kW/m no dia 13 de Maio e o maior foi de 948,008 kW/m no dia 12 de Junho, perfazendo uma média mensal de 293,895 kW/m.

Tabela 3.25 - Altura, período e potência das ondas no município do Tõmbua.

Dia da semana	Data	Parâmetros das ondas				
		$H$ [m]	$T$ [s]	$C$ [m/s]	$C_g$ [m/s]	$J_w$ [kW/m]
Ter	12/05/020	1,117	11	169,419	84,71	129,603
Qua	13/05/020	1,204	7	107,812	53,906	95,823
Qui	14/05/020	1,508	8	123,214	61,607	171,795
Sex	15/05/020	1,396	9	138,615	69,308	165,627
Sáb	16/05/020	1,825	9	138,615	69,308	283,065
Dom	17/05/020	1,65	9	138,615	69,308	231,381
Seg	18/05/020	1,475	8	123,214	61,607	164,358
Ter	19/05/020	1,15	8	123,214	61,607	99,909
Qua	20/05/020	1,221	10	154,017	77,01	140,783
Qui	21/05/020	1,467	10	154,017	77,01	203,225
Sex	22/05/020	1,933	11	169,419	84,709	388,127
Sáb	23/05/020	2,183	10	154,017	77,01	450,013
Dom	24/05/020	1,938	10	154,017	77,01	354,671
Seg	25/05/020	1,938	10	154,017	77,01	354,671
Ter	26/05/020	2,479	9	138,615	69,308	522,292
Qua	27/05/020	2,254	9	138,615	69,308	431,785
Qui	28/05/020	1,813	9	138,615	69,308	279,355
Sex	29/05/020	1,525	8	123,214	61,607	175,69
Sáb	30/05/020	1,513	9	138,615	69,308	194,553
Dom	31/05/020	1,65	9	138,615	69,308	231,381
Seg	1/06/020	1,675	11	169,4187	84,709	291,434
Ter	2/06/020	2,2	14	215,624	107,812	639,869
Qua	3/06/020	1,113	13	200,222	100,111	152,073
Qui	4/06/020	1,942	13	200,222	100,111	462,977
Sex	5/06/020	1,667	10	154,017	77,01	262,415
Sáb	6/06/020	1,433	9	138,615	69,308	174,523
Dom	7/06/020	1,467	10	154,017	77,01	203,225
Seg	8/06/020	1,471	10	154,017	77,01	204,335
Ter	9/06/020	1,433	8	123,214	61,607	155,132
Qua	10/06/020	1,792	6	92,4102	46,205	181,947
Qui	11/06/020	2,788	9	138,615	69,308	660,611
Sex	12/06/020	3,021	11	169,419	84,709	948,008
Média mensal		1,726	9,594	147,76	73,88	293,895

O gráfico da Figura 3.45 ilustra os valores da altura das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês no Tõmbua, sendo a menor altura de 1,113 m e a maior de 3,021 m. Com base no gráfico, podemos notar que ao longo do mês as alturas das ondas variaram significativamente.

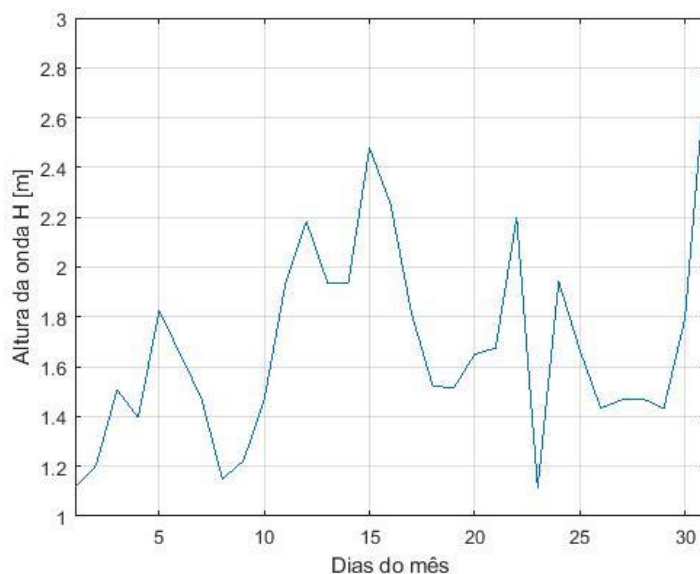


Figura 3.45 - Gráfico da altura da onda em função dos dias do mês no Tômbua.

O gráfico da Figura 3.46 ilustra os valores do período das ondas recolhidos durante um mês em função dos dias do mês no Tômbua, sendo o menor período de 7 s e o maior de 14 s. A partir do gráfico é possível notar a variação significativa do período das ondas ao longo do mês.

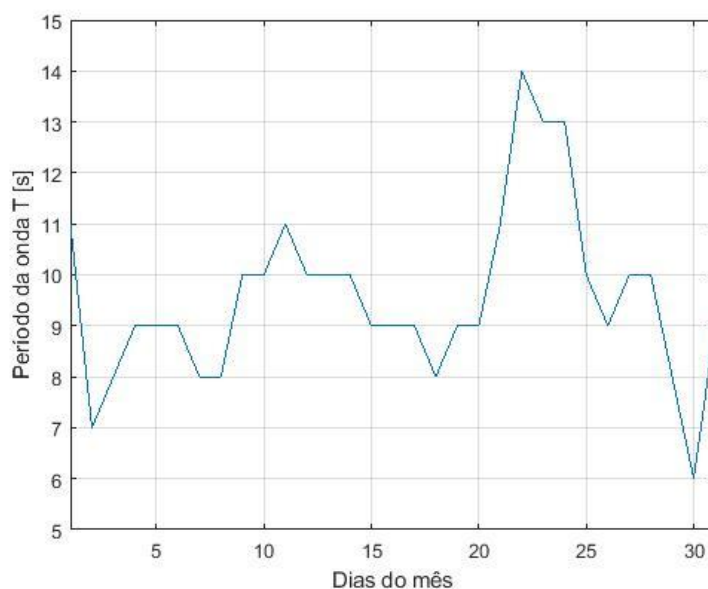


Figura 3.46 - Gráfico do período da onda em função dos dias do mês no Tômbua.

O gráfico da Figura 3.47 ilustra os valores da densidade de potência das ondas obtidos durante um mês em função dos dias do mês no Tômbua. A menor densidade foi de 95,823 kW/m e o maior valor de 948,008 kW/m. Olhando para o gráfico, podemos verificar que ao longo do mês a densidade de potência variou significativamente.

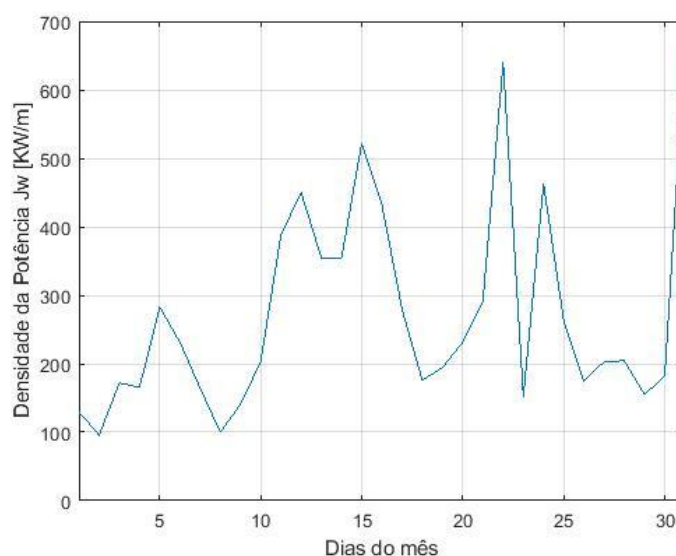


Figura 3.47 - Gráfico da densidade de potência em função dos dias do mês no Tômbua.

Na Tabela 3.26 estão representadas as medidas estatísticas como o valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Tômbua.

Tabela 3.26 - Valor mínimo, máximo, desvio padrão e valor médio da altura e período das ondas no município do Tômbua.

Designação	Altura da onda [m]	Período da onda [s]
Valor mínimo	1,113	6
Valor máximo	2,788	14
Desvio padrão	0,4023	2,788
Valor médio	1,726	9,594

### 3.1.9 Considerações finais e recomendações

Angola é um país banhado pelo oceano Atlântico, sendo considerado como o segundo maior oceano em extensão, com uma profundidade média de 3 646 m e uma área de aproximadamente 106 400 000 km<sup>2</sup>, cerca de um quinto da superfície da Terra. É o oceano que separa a Europa e a África a Leste, da América, a Oeste. Seu nome deriva-se de Atlas, uma divindade da mitologia grega.

As águas angolanas são definidas como o habitat marinho que vai desde a costa até ao limite de 200 milhas náuticas da zona económica exclusiva (ZEE). A profundidades das águas angolanas variam entre os 10 m junto à costa e mais de 4000 m de profundidades em áreas oceânicas. A plataforma continental angolana é mais larga no Norte, estendendo-se até 80 km ao largo do Soyo, onde é intercetada pelo profundo canhão do Congo, na foz do rio com o mesmo nome. Na parte sul do país, a plataforma é estreita e a profundidade aumenta bastante, com águas profundas acima dos 1000 m de profundidade a menos de 15 km da costa em alguns locais [18].

A baía de Luanda funciona como local de posição de espera e fundeadouro, com um fundo de terreno firme e profundidade a variar entre os 15 e 30 metros junto à costa. O Porto do Lobito é de fácil acesso, no seu canal de entrada as profundidades variam entre os 27 e 36 metros junto à costa. O cais do terminal do porto do Namibe tem cerca de 525 metros de comprimento, sendo o calado máximo permitido de 19 metros, é considerado um terminal de águas profundas, o que lhe permite a acostagem de navios de grande porte. A profundidade varia entre os 10 e 19 metros junto à costa [19].

Com base nos metros de profundidades do oceano Atlântico e do território do litoral angolano supra citados nos parágrafos anteriores, e também baseando-se nas características de cada tecnologia de conversão da energia das ondas em energia elétrica existentes, que foram especificadas no Capítulo II da presente dissertação, verifica-se que é possível a implementação de qualquer uma destas tecnologias de aproveitamento da energia das ondas, sejam eles os dispositivos costeiros (On-shore), dispositivos próximos da costa (Near-shore), como também dispositivos afastados da costa (offshore).

Apesar de Angola ser um país com possibilidades de se implementar qualquer uma das tecnologias de aproveitamento da energia das ondas, tendo em conta a elevada demanda da necessidade de consumo de eletricidade por parte da população e não só, recomenda-se as seguintes tecnologias para Angola:

- **Dispositivos próximos da costa (Near-shore)**, foram escolhidas por serem tecnologias das energias das ondas afastadas da costa, apoiadas no fundo do mar, normalmente em águas que variam entre 20 m a 25 m de profundidade, e também por serem tecnologias que produzem potências intermédia entre os dispositivos costeiros e os dispositivos afastados da costa, ou seja, estas tecnologias têm maiores potenciais em relação aos dispositivos costeiros.
- **Dispositivos afastados da costa (Off-shore)**, foram selecionados por serem tecnologias instaladas no fundo do mar, em águas com profundidades elevadas que rondam normalmente os 25 m ou 50 m ou até mais. São tecnologias capazes de aproveitarem os regimes de ondas mais energéticos, e quanto maior for a profundidade maior será a energia extraída. Portanto, para essas tecnologias é extremamente vantajoso do ponto de vista de produção, adotar locais com grandes profundidades. Por outro lado, também por serem sistemas que apresentam menos restrições quanto à sua localização, possuem maior potencial em relação às outras tecnologias e têm um menor impacto visual.

## CAPÍTULO IV - CONCLUSÕES

Considerando a crescente preocupação com as alterações climáticas provocadas principalmente pela utilização de fontes de energias provenientes dos combustíveis fósseis, os grandes desafios do setor energético mundial colocam as fontes de energias renováveis como alternativas em posição de destaque, tendo em vista que a maior participação destas na matriz energética mundial será uma tendência inevitável nos próximos anos. Dos estudos realizados sobre a exploração das energias dos oceanos, verificou-se que os oceanos possuem grandes potenciais energéticos, que podem ser explorados de diversas formas. Entre as formas conhecidas, a transformação da energia das ondas em eletricidade tornou-se bastante interessante e a mais consolidada no mundo. Sob o ponto de vista estratégico, vem ganhando espaço nos últimos anos, com o desenvolvimento de projetos de portes relevantes em diversas regiões do mundo.

Outro aspeto a ser destacado é o surgimento de novas formas de exploração da energia das ondas que têm sido pesquisadas e avaliadas de forma bastante intensa, demonstrando serem bastante promissoras, apresentando impactos ambientais mínimos. Inicialmente, os custos não só dos geradores ondo-motrizes, mas de todos os dispositivos de energias renováveis, ainda estão muito elevados; ao longo dos anos, com o avanço tecnológico, crê-se que estes dispositivos se tornarão mais viáveis do ponto de vista financeiro, resultando em incentivos à sua utilização em grande escala. Então os países não podem deixar de investir numa tecnologia apenas por conta do seu custo a curto prazo. Desta forma, tornou-se cada vez mais necessária a realização de estudos dos conversores de energia ondo-motriz em energia elétrica.

Na presente dissertação foram feitas análises sobre o potencial da energia das ondas para ser convertida em energia elétrica no litoral de Angola. De acordo com os dados coletados, podemos constatar o grande potencial da energia dos oceanos (ondas) existente ao longo da costa angolana, que coloca Angola como um dos países do mundo com grandes potencialidades para produção de energia elétrica a partir dessa fonte. Dos dados recolhidos também foi possível perceber que ao longo do litoral angolano a província com maiores potencialidades da energia das ondas é a província do Namibe, mais concretamente na Baía dos Tigres, comuna do município do Tômbua, onde as ondas atingem um valor acima dos 3 metros de altura; a província com menos potencialidades ao longo do litoral angolano é a província de Benguela concretamente no município do Lobito, onde a maior onda registada atingiu um valor de 1,175 metros de altura.

Para além das grandes potencialidades das energias dos oceanos existentes em Angola, cuja extensão do seu litoral é de mais de 1.600 km, que engloba sete províncias do país, nomeadamente: Cabinda, Zaire, Bengo, Luanda, Kwanza Sul, Benguela e Namibe, Angola também possui enormes potencialidades de outras fontes de energias renováveis e não renováveis, nomeadamente o petróleo, gás natural, carvão, biomassa, geotérmica, hídrica, eólica, solar, entre outras. É um dos países do mundo com maior penetração de energias renováveis no setor elétrico, principalmente devido ao peso das suas centrais hidroelétricas. Até ao momento a maior percentagem da energia elétrica produzida no país é proveniente de centrais hidroelétricas. As energias dos oceanos, eólicas e geotérmica não são ainda aproveitadas no país; quanto à

energia solar é aproveitada numa percentagem muito reduzida, bem como a energia biomassa que somente é aproveitada na província de Malange, através do projeto Biocom.

Apesar das enormes potencialidades energéticas existentes em Angola, infelizmente a maior parte da população não tem acesso à eletricidade, até na capital do país Luanda ainda existem muitos bairros que não beneficiam da energia elétrica produzida no país, para não falar de outras províncias do território angolano. É importante também frisar que mesmo a parte da população que tem acesso à energia elétrica, ainda é de forma intermitente, ou seja, existem momentos em que a mesma falha por diversas vezes. Normalmente as indústrias, centros comerciais e parte da população recorrem à utilização de grupos geradores diesel ou a gasolina, devido aos problemas de produção e fornecimento de energia elétrica que o país ainda enfrenta. Entre tanto, visto que as pesquisas sobre energias renováveis estão a desenvolver-se rapidamente, com enormes potencialidades energéticas existentes em Angola, é o momento de se criarem projetos de aproveitamento destas fontes de energias renováveis em larga escala e colocá-las em prática; caso se concretize o país terá grandes benefícios no futuro, quer sejam ambientais, económicos, bem como a nível do conforto e comodidade da população angolana em geral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Rocha, “Centro de Estudo e Investigação Científica da Universidade Católica de Angola: Relatório de Energia de Angola”, Outubro de 2011.
- [2] P. Joaquim Pires Calejo, “Sistema conversor de energia das ondas do mar”, Dissertação de Mestrado, Universidade de Aveiro, 2012.
- [3] M. Iracelma Messo Dombaxe, “Os problemas Energéticos em Angola: Energias Renováveis a Opção Inadiável”, Dissertação de Mestrado, FCSH, Universidade de Lisboa, Setembro de 2011.
- [4] L. Eduardo Assis, “Avaliação e Aproveitamento da Energia de Ondas Oceânicas no Litoral do Rio Grande do Sul”, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Abril de 2010.
- [5] J. Fernandes Cunha, e R. Onofrei, “Energia Oceânica”, Inpi, 2015.
- [6] C. Eduardo Barretto Dantas, “Estudo dos Conversores de Energia Ondomotriz em Energia Elétrica”, Projeto de Graduação, Universidade de Brasília, Brasília, 26 de Junho de 2015.
- [7] R. Limp Nascimento, “Aproveitamento da Energia dos Oceanos para Produção de Eletricidade”, Estudo Técnico, Câmara dos Deputados, Março de 2017.
- [8] UT TREE, “UNDERWATER TECHNOLOGY”, CETO ENERGIA DAS ONDAS (Austrália Offshore Testar em Oceano), Issue FOUR, Published on Aug 20, 2019.
- [9] <https://www.herox.com/blog/221-harnessing-the-waves-the-ceto-wave-power-station>.
- [10] M. Giacomo, P. Rosati Papini Gastone, D. Luca, F. David, I. David, V. Rocco and F. Marco, “Modelling and testing of a wave energy converter based on dielectric elastomer generators”, Proceedings of the Royal Society A, 16 January 2019. [royalsocietypublishing.org/journal/rspa](http://royalsocietypublishing.org/journal/rspa).
- [11] P. Miguel Carvalho Godinho, “Energia das Ondas Desenvolvimento de uma Tecnologia de Geração”, Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, Outubro de 2010.
- [12] B. Ferreira Freire Cruz, “Diagnóstico de Falhas num Conversor de Energia das Ondas”, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, ISEL, Lisboa, Dezembro de 2018.
- [13] <https://www.power-technology.com/features/featuregoing-deep-to-harness-wave-power-carnegies-ceto-systems-4855445>)

[14] R. P. G. Mendes, “Energia das ondas: desenvolvimento de uma tecnologia de geração: gerador tubular”, Dissertação de Mestrado, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2011.

[15] R.P.G. Mendes, M.R.A. Calado, and S.J.P.S. Mariano, “Wave energy potential in Portugale - Assessment based on probabilistic description of ocean waves parameters”, Renewable Energy, vol. 47, pp 1 - 8, 2012.

[16] <https://pesca-tabuademares.com>.

[17] <https://www.windy.com>.

[18] C. R. Weir, “Biodiversidade de Angola”, capítulo 17, pp. 567 a 600, 2018.

[19] D. Mango Tchindele, “O Exercício da Autoridade do Estado no Mar: Análise do Sistema da Autoridade Marítima de Angola, proposta de criação de um novo Sistema”, Escola Naval, Alfeite 2019.