



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR

Departamento da Faculdade de Engenharia Eletromecânica

# **Estudo de Viabilidade das Energias Renováveis em Angola**

**Versão Final Após Defesa**

**Afonso Quessongo Manuel António**

**Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em**

**Engenharia Eletrotécnica e de Computadores**

**(2º ciclo de estudos)**

**Orientadora: Profª Doutora Maria do Rosário Alves Calado**

**Covilhã, Agosto de 2020**



# Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, Elisa António (esposa), Domingas Queisa (filha), Delfina Quelfania (filha), José Quelenio (filho), Sara Queila (filha), João António (pai), Domingas Manuel (mãe) e Manuel António (irmão), pelo fato de suportarem a minha ausência, suas orações e apoio.



# Agradecimentos

Após a jornada académica do 2º ciclo de estudos em mestrado de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores, muitos obstáculos foram enfrentados. Portanto, ao encerrá-lo é inevitável não agradecer a todos que contribuíram para o meu êxito.

Entretanto, primeiro agradeço ao Deus de William Marrion Branham, que também é o meu Deus, pois sem Ele não estaria aqui. Aos irmãos e irmãs do Tabernáculo Pedra do Cume/Covilhã, Fé Perfeita/Luanda e Jeová Gire/Namibe, pelas suas orações e apoio.

A Profª Doutora Maria do Rosário Alves Calado, que demonstrou ser uma verdadeiramente mãe e pelo fato de aceitar o desafio de ser a minha orientadora, os meus sinceros agradecimentos. Ao Prof. Doutor José Álvaro Nunes Pombo, pela partilha do seu conhecimento e sua experiência. A todos os professores e colegas do curso de Mestrado de Engenharia Eletrotécnica e de Computadores do ano letivo 2018/2019. E ao terminar agradeço a todos funcionários do Ministério do Interior da Delegação Provincial do Namibe.



# Resumo

Esta dissertação centra-se no estudo de Viabilidade das Energias Renováveis em Angola; deste modo, primeiro, é apresentada uma visão geral sobre o histórico mundial na área das energias renováveis, aborda-se a independência energética de Angola, a descarbonização do setor produtivo de energia elétrica, e a caracterização da costa angolana. Ainda assim, é apresentado o interesse mundial sobre a exploração dos recursos solares, eólico e das ondas.

Entretanto, aborda-se de forma especial as tecnologias de extração dos recursos endógenos renováveis, bem como o seu potencial a nível global, do continente africano e em particular de Angola. Portanto, com o intuito de se poder mapear as regiões com o maior potencial energético para cada tipo de energia renovável (solar, eólico e das ondas), primeiramente é realizada uma análise sobre as condições meteorológicas, mais concretamente a irradiância solar, a temperatura, a velocidade do vento e as condições marítimas da zona costeira angolana.

De seguida, faz-se um tratamento dos dados relativos à irradiância, à temperatura e à velocidade do vento nas regiões norte, centro e sul de Angola. Também para estas regiões, recolhem-se e analisam-se os dados referentes às condições marítimas, nomeadamente a altura da onda e o seu período.

Por fim, é feito um estudo pormenorizado das potencialidades produtivas de energia por tipo de energia renovável, mormente da energia solar, energia eólica e energia das ondas do mar.

Desta forma, nesta dissertação pretende-se contribuir para a caracterização energética das regiões de Angola, no que diz respeito aos recursos renováveis, apontando ainda para aquelas que oferecem o maior potencial energético.

## Palavras-chave

Energia renovável, irradiância solar, temperatura, velocidade do vento, altura e período de onda, energia fotovoltaica, energia eólica e energia das ondas do mar.



# Abstract

This dissertation focuses on the study of the viability of renewable energies in Angola; first, an overview of the world history on renewable energy is made, the energetic independence of Angola, the decarbonization of the electric energy production sector, and the characterization of the angolan coast are presented. Even so, the worldwide interest in the exploitation of solar, wind and wave resources are aborded.

In the meantime, an approach is also made to the respective technologies for extracting these resources, as well as their potential at a global level, on the african continent and particularly in Angola.

Therefore, in order to be able to map the regions with the greatest energy potential for each type of renewable energy (solar, wind and waves), an analysis of the meteorological conditions, more specifically the solar irradiance, temperature, wind speed and maritime conditions of the Angolan coastal zone.

Afterwards, it is made an analysis of the data related to irradiance, temperature and wind speed in the northern, central and southern regions of Angola. For these regions, the maritime conditions, namely the wave height and period, are also analysed.

Finally, a detailed study on the production capabilities for each type of renewable energy is made, especially concerning the solar, wind and sea waves energies.

Thus, in this dissertation it is intended to contribute for an energy characterization over the regions of Angola, with regard to renewable resources, also pointing to those with the greatest energy potential.

## Keywords

Renewable energy, solar irradiance, temperature, wind speed, wave height and period, photovoltaic energy, wind energy and sea wave energy.



# Índice

Dedicatória .....	iii
Agradecimentos .....	v
Resumo .....	vii
Abstract .....	ix
Lista de Figuras .....	xv
Lista de Tabelas.....	xx
Lista de símbolos, acrónimos e siglas.....	xxiii
1 Introdução.....	1
1.1 Estrutura da dissertação.....	2
1.2 Enquadramento .....	3
1.2.1 Independência energética .....	7
1.2.2 Descarbonização da produção de energia elétrica.....	8
1.2.3 Caraterização da costa.....	9
1.3 Motivação .....	11
1.4 Objetivos.....	12
2 Energias Renováveis - Energia Solar .....	14
2.1 Recurso Solar .....	14
2.2 Radiação eletromagnética.....	15
2.3 Tipos de radiação solar .....	16
2.4 Potencial Fotovoltaico - Situação Mundial .....	16
2.5 Tecnologias Fotovoltaicas .....	19
2.5.1 Tecnologias de 1ª geração: silício cristalino .....	20
2.5.2 Tecnologias de 2ª geração: filmes finos .....	21
2.5.3 Célula fotovoltaica .....	24
2.5.4 Módulo Fotovoltaico .....	26
3 Energias Renováveis - Energia Eólica .....	28
3.1 Caraterísticas do vento .....	28
3.1.1 Obstáculos .....	29
3.1.2 Efeito de esteira .....	29
3.2 Potencial eólico - Situação Mundial.....	30
3.3 Tecnologias Eólicas .....	34
3.3.1 Coeficiente de potência ( $C_p$ ) .....	35
3.3.2 Curva de potência do aerogerador .....	37
3.3.3 Turbinas eólicas.....	39
4 Energias renováveis - Energia das Ondas .....	43
4.1 Potencial Energético das Ondas .....	43
4.2 Tecnologias de conversão de energias das ondas .....	44
4.3 Dispositivos costeiros.....	45
4.3.1 Dispositivos de coluna de água oscilante (CAO).....	46
4.4 Dispositivos próximos da costa.....	48
4.4.1 OSPREY .....	48
4.4.2 CEO Douro.....	49

4.4.3	Dispositivos afastados da costa .....	50
5	Tratamento de dados relativos à irradiância solar, temperatura nas regiões do norte, centro e sul de Angola .....	54
5.1	Irradiância solar na região do norte de Angola .....	55
5.1.1	Caraterização da província de Luanda.....	55
5.1.2	Caraterização da província Lunda Norte .....	57
5.2	Irradiância solar na região do centro de Angola .....	59
5.2.1	Caraterização da província do Huambo .....	59
5.2.2	Caraterização da província do Moxico .....	61
5.3	Irradiância solar na região do sul de Angola .....	63
5.3.1	Caraterização da província do Namibe .....	63
5.3.2	Caraterização da província do Cuando Cubango .....	65
5.4	Temperatura na região do norte de Angola.....	67
5.4.1	Caraterização da província de Luanda.....	67
5.4.2	Caraterização da província da Lunda Norte .....	69
5.5	Temperatura na região do centro de Angola .....	71
5.5.1	Caraterização da província do Huambo .....	71
5.5.2	Caraterização da província do Moxico .....	73
5.6	Temperatura na região do sul de Angola.....	75
5.6.1	Caraterização da província do Namibe .....	75
5.6.2	Caraterização da província do Cuando Cubango .....	77
6	Tratamento de dados relativos à velocidade do vento nas regiões do norte, centro e sul de Angola .....	79
6.1	Velocidade do vento na região do norte de Angola.....	79
6.1.1	Caraterização da província de Luanda.....	79
6.1.2	Caraterização da província da Lunda Norte .....	80
6.2	Velocidade do vento na região do centro de Angola .....	81
6.2.1	Caraterização da província do Huambo .....	82
6.2.2	Caraterização da província do Moxico .....	83
6.3	Velocidade do vento na região do sul de Angola.....	84
6.3.1	Caraterização para Província do Namibe.....	84
6.3.2	Caraterização da província do Cuando Cubango .....	85
7	Tratamento de dados relativos às condições marítimas da costa angolana	87
7.1	Condições marítimas da costa de Cabinda .....	87
7.2	Condições marítimas da costa de Luanda (Cabo ledó) .....	88
7.3	Condições marítimas da costa de Benguela (Lobito) .....	89
7.4	Condições marítimas costa do Namibe (Tômbua).....	90
8	Estimativa de potência a produzir por tipo de energia nas regiões norte, centro e sul de Angola .....	92
8.1	Energia solar.....	92
8.1.1	Potência solar a produzir na região do norte de Angola .....	93
8.1.2	Potência solar a produzir na região do centro de Angola.....	98

8.1.3	Potência solar a produzir na região do sul de Angola .....	103
8.2	Energia eólica .....	109
8.2.1	Potência eólica a produzir na região do norte de Angola.....	109
8.2.2	Potência eólica a produzir na região do centro de Angola .....	111
8.2.3	Potência eólica a produzir na região do sul de Angola .....	112
8.3	Energia das ondas do mar .....	114
8.3.1	Recurso energético das ondas da costa angolana .....	114
9	Conclusões .....	116
	Referência Bibliográfica .....	118
	Anexos.....	123
	Anexo A: Dados sobre irradiância global e temperatura na região do norte de Angola .....	123
	Anexo B: Dados sobre irradiância global e temperatura na região do centro de Angola .....	135
	Anexo C: Dados sobre irradiância global e temperatura na região do sul de Angola .....	147
	Anexo D: Dados sobre a velocidade do vento na região do norte de Angola.	159
	Anexo E: Dados sobre a velocidade do vento na região do centro de Angola	161
	Anexo F: Dados sobre a velocidade do vento na região do sul de Angola ....	163
	Anexo G: Dados sobre as condições marítimas na costa de Angola .....	165



# Lista de Figuras

## Capítulo 1

Figura 1.1: Energias renováveis, por tecnologia e por total de GW instalados no período 2012-2018, adaptado de [5].	3
Figura 1.2: Capacidades instaladas de energias renováveis no ano de 2018, na UE-28 e nos 6 principais países, adaptado de [5].	4
Figura 1.3: Participação na geração de energia elétrica a partir de energias renováveis nos 10 principais países em 2018, adaptado de [5].	4
Figura 1.4: Capacidade de produção instalada e disponível, adaptado de [7].	5
Figura 1.5: Cenário de evolução da ponta de consumo por Sistema (excl. Sistema Norte) até 2022 e Potência disponível em 2018 (MW), adaptado de [7].	6
Figura 1.6: Evolução do consumo por tipo de cliente até 2025, adaptado de [8].	6
Figura 1.7: Potência instalada por fonte em 2025, adaptado de [11].	7
Figura 1.8: Percentagem de potência instalada (TOP 10 SADC + OPEP + OCDE em 2011), adaptado de [11].	8
Figura 1.9: Fator de emissão de CO <sub>2</sub> do setor elétrico (TOP 10 SADC + OPEP + OCDE em 2010), adaptado de [11].	8
Figura 1.10: Diferentes regiões de Angola, adaptado de [14].	9
Figura 1.11: Correntes oceânicas da costa angolana, correntes de Benguela e de Angola, adaptado de [14].	11

## Capítulo 2

Figura 2.1: Espectro da radiação eletromagnética, adaptado de [22].	15
Figura 2.2: Espectro da radiação eletromagnética, adaptado de [22].	16
Figura 2.3: Representação do potencial solar a nível global, adaptado de [34].	17
Figura 2.4: Capacidade global em energia fotovoltaica e adições anuais de capacidade, 2008 - 2018, adaptado de [5].	18
Figura 2.5: Capacidade global em energia solar fotovoltaica e adições anuais de capacidade, 2008-2018, adaptado de [5].	18
Figura 2.6: Capacidade e adições anuais de capacidade de energia solar fotovoltaica nos 10 principais países em 2018, adaptado de [5].	19
Figura 2.7: Band-gap de condutores, semicondutores e isolantes, adaptado de [41].	24
Figura 2.8: Cristal de Silício puro, adaptado de [41].	24
Figura 2.9: Representação da dopagem com fósforo, adaptado de [41].	25
Figura 2.10: Representação da dopagem com boro, adaptado de [41].	25
Figura 2.11: Funcionamento de uma célula fotovoltaica de silício cristalizado, adaptado de [42].	26
Figura 2.12: Representação da composição de um painel, adaptado de [43].	27
Figura 2.13: Representação de um módulo e arranjo fotovoltaico, adaptado de [44].	27

### Capítulo 3

Figura 3.1: Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar, adaptado de [42]. .....	28
Figura 3.2: Escoamento na zona envolvente de um obstáculo, adaptado de [43]. .....	29
Figura 3.3: Efeito de esteira, adaptado de [43].....	30
Figura 3.4: Capacidade global de energia eólica e adições anuais, 2008-2018, adaptado de [5]. .....	30
Figura 3.5: Capacidade e adições de energia eólica nos 10 principais países em 2018, adaptado de [5]......	31
Figura 3.6: Densidade de potência disponível no vento, adaptado de [43]. .....	35
Figura 3.7: Variação de $P_r/P_{disp}$ com $u_2/u_1$ , adaptado de [43]......	37
Figura 3.8: Curva de potência de um gerador eólico de 660 kW, adaptado de [43]. .....	38
Figura 3.9: Representação da opção "upwind", adaptado de [47]. .....	39
Figura 3.10: Representação da opção "downwind", adaptado de [47]. .....	40
Figura 3.11: Turbina de eixo horizontal, adaptado de [47]. .....	40
Figura 3.12: Turbina de eixo vertical do tipo Darrieus, adaptado de [47]. .....	41
Figura 3.13: Turbina de eixo vertical do tipo Savonius, adaptado de [49]. .....	41

### Capítulo 4

Figura 4.1: Distribuição do potencial global das ondas em kW/m de frente de onda, adaptado de [55]. .....	44
Figura 4.2: Representação do funcionamento da central LIMPET, adaptado de [57]......	47
Figura 4.3: Central LIMPET, adaptado de [58]. .....	47
Figura 4.4: Vista traseira da central da ilha do Pico, adaptado de [58]......	48
Figura 4.5: Representação do protótipo do dispositivo OSPREY, adaptado de [59]......	49
Figura 4.6: Central de energia das ondas do Douro, adaptado de [61]. .....	49
Figura 4.7: Representação do esquema da CEO do Douro, adaptado de [61]......	50
Figura 4.8: Central piloto AWS rebocada do porto de Viana do Castelo (esquerda) e posição esquemática (direita), adaptado de [61]. .....	51
Figura 4.9: Protótipo de 750 kW, vista da parte frontal durante a construção (esquerda), reboque do dispositivo para o local de colocação (direita), adaptado de [61]. .....	52
Figura 4.10: Princípio de funcionamento do Wave Dragon, adaptado de [61]......	52
Figura 4.11: Central Wave Dragon em Nissum, adaptado de [61]. .....	53

### Capítulo 5

Figura 5.1: Irradiância global horizontal diária na província de Luanda. a) 8 de Fevereiro de 2014, b) 14 de Fevereiro de 2014. ....	55
Figura 5.2: Irradiância global horizontal diária na província de Luanda. a) 1 de Julho de 2014 e b) 28 de Julho de 2014. ....	56
Figura 5.3: Irradiância global média mensal na província de Luanda (2007-2016)......	56
Figura 5.4: Irradiância global horizontal diária na província da Lunda Norte. a) 10 de Setembro de 2008 e b) 28 de Setembro de 2008. ....	57

Figura 5.5: Irradiância global horizontal diária na província da Lunda Norte. a) 10 de Maio de 2014 e b) 31 de Maio de 2014.....	58
Figura 5.6: Irradiância global horizontal média mensal na província da Lunda Norte (2007-2016). .....	58
Figura 5.7: Irradiância global horizontal diária na província do Huambo. a) 1 de Setembro de 2009 e b) 27 de Setembro de 2009.....	59
Figura 5.8: Irradiância global horizontal diária na província do Huambo. a) 1 de Agosto de 2015 e b) 27 de Agosto de 2015.....	60
Figura 5.9: Irradiância global horizontal média mensal na província do Huambo (2007-2016).	60
Figura 5.10: Irradiância global horizontal diária na província do Moxico. a) 1 de Outubro de 2016 e b) 24 de Outubro de 2016. ....	61
Figura 5.11: Irradiância global horizontal na província do Moxico. a) 2 de Julho de 2011 e b) 24 de Julho de 2011. ....	62
Figura 5.12: Irradiância global horizontal média mensal na província do Moxico (2007-2016).	62
Figura 5.13: Irradiância global horizontal diária na província do Namibe. a) 8 de Outubro de 2015 e b) 20 de Outubro de 2015. ....	63
Figura 5.14: Irradiância global horizontal diária na província do Namibe. a) 8 de Julho de 2014 e b) 20 de Julho de 2014. ....	64
Figura 5.15: Irradiância global horizontal média mensal na província do Namibe (2007-2016). .....	64
Figura 5.16: Irradiância global horizontal diária na província do Cuando Cubango. a) 10 de Outubro de 2013 e b) 31 de Outubro de 2013. ....	65
Figura 5.17: Irradiância global horizontal diária na província do Cuando Cubango. a) 2 de Julho de 2011 e b) 24 de Julho de 2011. ....	66
Figura 5.18: Irradiância global horizontal média mensal na província do Cuando Cubango (2007-2016). ....	66
Figura 5.19: Temperatura diária na província de Luanda. a) 8 de Fevereiro de 2014 e b) 14 de Fevereiro de 2014. ....	67
Figura 5.20: Temperatura diária na província de Luanda. a) 2 de Julho de 2014 e b) 28 de Julho de 2014. ....	68
Figura 5.21: Temperatura média mensal na província de Luanda (2007-2016).....	68
Figura 5.22: Temperatura diária na província da Lunda Norte. a) 10 de Setembro de 2008 e b) 28 de Setembro de 2008. ....	69
Figura 5.23: Temperatura diária na província da Lunda Norte. a) 10 de Maio de 2014 e b) 31 de Maio de 2014. ....	70
Figura 5.24: Temperatura média mensal na província da Lunda Norte (2007-2016).....	70
Figura 5.25: Temperatura diária na província do Huambo. a) 4 de Setembro de 2009 e b) 27 de Setembro de 2009. ....	71
Figura 5.26: Temperatura diária na província do Huambo. a) 4 de Agosto de 2015 e b) 27 de Agosto de 2015.....	72

Figura 5.27: Temperatura média mensal na província do Huambo (2007-2016). .....	72
Figura 5.28: Temperatura diária na província do Moxico. a) 1 de Outubro de 2016 e b) 16 de Outubro de 2016. ....	73
Figura 5.29: Temperatura diária na província do Moxico. a) 2 de Junho de 2011 e b) 24 de Junho de 2011. ....	74
Figura 5.30: Temperatura média mensal na província do Moxico (2007-2016). ....	74
Figura 5.31: Temperatura diária na província do Namibe. a) 2 de Fevereiro de 2012 e b) 27 de Fevereiro de 2012. ....	75
Figura 5.32: Temperatura diária na província do Namibe. a) 8 de Agosto de 2012 e b) 20 de Agosto de 2012. ....	76
Figura 5.33: Temperatura média mensal na província do Namibe (2007-2016). ....	76
Figura 5.34: Temperatura diária na província do Cuando Cubango. a) 13 de Outubro de 2013 e b) 31 de Outubro de 2013. ....	77
Figura 5.35: Temperatura diária na província do Cuando Cubango. a) 2 de Julho de 2011 e b) 24 de Julho de 2011. ....	78
Figura 5.36: Temperatura média mensal na província do Cuando Cubango (2007-2016). ....	78

## Capítulo 6

Figura 6.1: Distribuição de frequência da classe de vento na província de Luanda, elaborado a partir do software WRPLOT. ....	80
Figura 6.2: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província de Luanda. .	80
Figura 6.3: Distribuição de frequência da classe de vento na província da Lunda Norte, elaborado a partir do software WRPLOT. ....	81
Figura 6.4: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província da Lunda Norte. ....	81
Figura 6.5: Distribuição de frequência da classe de vento na província do Huambo, elaborado a partir do software WRPLOT. ....	82
Figura 6.6: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província do Huambo. .	82
Figura 6.7: Distribuição de frequência da classe de vento na província do Moxico, elaborado a partir do software WRPLOT. ....	83
Figura 6.8: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província do Moxico. .	83
Figura 6.9: Distribuição de frequência da classe de vento na província do Namibe, elaborado a partir do software WRPLOT. ....	84
Figura 6.10: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província do Namibe. .	85
Figura 6.11: Distribuição de frequência da classe de vento na província do Cuando Cubango, elaborado a partir do software WRPLOT. ....	85
Figura 6.12: Rosa dos ventos, elaborado a partir do software WRPLOT, província do Cuando Cubango. ....	86

## Capítulo 7

Figura 7.1: Representação gráfica dos valores médios diários da altura da onda na zona costeira de Cabinda. ....	88
--	----

Figura 7.2: Representação gráfica dos valores médios diários do período da onda na zona costeira de Cabinda. ....	88
Figura 7.3: Representação gráfica dos valores médios diários da altura da onda na zona costeira do Cabo Ledo.....	89
Figura 7.4: Representação gráfica dos valores médios diários do período da onda na zona costeira do Cabo Ledo. ....	89
Figura 7.5: Representação gráfica dos valores médios diários da altura da onda na zona costeira Lobito. ....	90
Figura 7.6: Representação gráfica dos valores médios diários do período da onda na zona costeira do Lobito. ....	90
Figura 7.7: Representação gráfica dos valores médios diários da altura da onda na zona costeira do Tômbua. ....	91
Figura 7.8: Representação gráfica dos valores médios diários do período da onda na zona costeira do Tômbua. ....	91

# Lista de Tabelas

## Capítulo 1

Tabela 1.1: Caracterização da zona costeira de Angola, adaptado de [13]. .....10

## Capítulo 2

Tabela 2.1: Comparação de diferentes tipos de células fotovoltaicas com diferentes tecnologias [39]. .....23

## Capítulo 3

Tabela 3.1: Capacidade instalada de energia eólica (MW) na África 1995-2017, adaptado de [46]. .....32

Tabela 3.2: Metas para energia eólica por país em África em 2016, adaptado de [46]. .....33

Tabela 3.3: Variação da densidade do ar com a temperatura, à pressão atmosférica normal, adaptado de [20]. .....35

Tabela 3.4: Quadro comparativo entre as turbinas de eixo horizontal e de eixo vertical [47].42

## Capítulo 8

Tabela 8.1: Potência solar na província de Luanda no dia 28 de Julho de 2014. ....93

Tabela 8.2: Potência solar na província de Luanda no dia 28 de Outubro de 2016. ....94

Tabela 8.3: Potência solar na província de Luanda em Julho de 2014. ....94

Tabela 8.4: Potência solar na província de Luanda em Outubro de 2016. ....95

Tabela 8.5: Potência solar na província de Luanda (2007 -2016).....95

Tabela 8.6: Potência solar na província da Lunda Norte no dia 28 de Julho de 2010. ....96

Tabela 8.7: Potência solar na província da Lunda Norte no dia 28 de Outubro de 2015. ....96

Tabela 8.8: Potência solar na província da Lunda Norte em Julho de 2010. ....97

Tabela 8.9: Potência solar na província da Lunda Norte em Outubro de 2015. ....97

Tabela 8.10: Potência solar na província da Lunda Norte (2007-2016). ....98

Tabela 8.11: Potência solar na província do Huambo no dia 28 de Julho de 2015. ....99

Tabela 8.12: Potência solar na província do Huambo no dia 28 de Julho de 2007. ....99

Tabela 8.13: Potência solar na província do Huambo em Julho de 2015. ....100

Tabela 8.14: Potência solar na província do Huambo em Outubro de 2007.....100

Tabela 8.15: Potência solar na província do Huambo (2007-2016). ....101

Tabela 8.16: Potência solar na província do Moxico no dia 28 de Julho de 2010. ....101

Tabela 8.17: Potência solar na província do Moxico no dia 28 de Outubro de 2016. ....102

Tabela 8.18: Potência solar na província do Moxico em Julho de 2011.....102

Tabela 8.19: Potência solar na província do Moxico em Outubro de 2016. ....103

Tabela 8.20: Potência solar na província do Moxico (2007 - 2016). ....103

Tabela 8.21: Potência solar na província do Namibe no dia 28 de Julho de 2014.....104

Tabela 8.22: Potência solar na província do Namibe no dia 28 de Outubro de 2015. ....104

Tabela 8.23: Potência solar na província do Namibe em Julho de 2011.....105

Tabela 8.24: Potência solar na província do Namibe em Outubro de 2015. ....105

Tabela 8.25: Potência solar na província do Namibe (2007 - 2016). .....	106
Tabela 8.26: Potência solar na província do Cuando Cubango no dia 28 de Julho de 2010... ..	106
Tabela 8.27: Potência solar na província do Cuando Cubango no dia 28 de Outubro de 2013. .....	107
Tabela 8.28: Potência solar na província do Cuando Cubango em Julho de 2011. ....	107
Tabela 8.29: Potência solar na província do Cuando Cubango em Outubro de 2015. ....	108
Tabela 8.30: Potência solar na província do Cuando Cubango desde Janeiro a Dezembro (2007 - 2016). ....	108
Tabela 8.31: Quadro comparativo de potência solar média a produzir por província. ....	109
Tabela 8.32: Potência eólica na província de Luanda (2007-2016).....	110
Tabela 8.33: Potência eólica na província da Lunda Norte (2007 - 2016). ....	110
Tabela 8.34: Potência eólica na província do Huambo (2007 - 2016). ....	111
Tabela 8.35: Potência eólica na província do Moxico (2007 - 2016). ....	112
Tabela 8.36: Potência eólica na província do Namibe (2007 - 2016).....	112
Tabela 8.37: Potência eólica na província do Cuando Cubango (2007 - 2016).....	113
Tabela 8.38: Quadro comparativo de potência eólica por província (2007 - 2016). ....	114
Tabela 8.39: Quadro comparativo da densidade de potência dos locais considerados na costa de angolana. ....	115



## Lista de símbolos, acrónimos e siglas

A	Ampère
AIE	Agência Internacional de Energia
Al	Símbolo químico do alumínio
As	Símbolo químico do arsénio
a-Si	Silício amorfo
$A_{ef}$	Área efetiva
$A_T$	Área total ocupada pelo objeto
AC	Corrente alternada
AWS	Archimedes Wave Swing
C	Celeridade de onda única
$C_g$	Celeridade do grupo de ondas
CAO	Coluna de água oscilante
C-Si	Cristalino de silício
CdTe	Telureto de cádmio
CIS	Disseleneto de cobre-índio
CIGS	Disseleneto de cobre-índio-gálio
$C_p$	Coefficiente de potência
CEO	Central de Energia das Ondas
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
DSSC	Células solares sensibilizadas por corante
DC	Corrente contínua
EDP	Energias de Portugal
EUA	Estados Unidos da América
EVA	Etileno vinil acetato
eV	Eletrão-Volt
$E_{cin}$	Energia cinética
EDA	Eletricidade dos Açores
EFACEC	Empresa Fabril de Máquinas Elétricas
g	grama
$g_a$	Aceleração gravitacional
G	Irradiância solar
Ga	Símbolo químico do gálio
GaAs	Gálio de Arseneto
GW	Gigawatt
$G_{ref,STC}$	Irradiância de referência Standar Test Conditions
h	Hora
HAWT	Horizontal axis wind turbine

$H_s$	Altura da onda
In	Símbolo químico do Índio
INETI	Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial/Português
IPTM	Instituto Portuário Transporte Marítimo
J	Joule
$J_\omega$	Densidade de potência
KWh	Quilowatt-hora
kg/m <sup>3</sup>	Quilograma por metro cúbico
$k$	Número de ondas do mar
Kg/m	Quilómetro por metros
Km/h	Quilometro por hora
Km	Quilómetro
LEMPET	Land Installed Marine Power Energy Transmitter
Lda	Limitada
m	massa
m	metro
m/s	metro por segundo
$m_r$	Massa do ar
Multi-Si	Multicristalino de silício
mm	milímetro
MT	Mil tonelada
MW	Megawatt
M-Si	Monocristalino de Silício
$N_{PVs}$	Número de módulos fotovoltaicos em série
$N_{PVp}$	Número de módulos fotovoltaicos em paralelo
NOCT	Temperatura da célula em condições de funcionamento nominal
N	Número total de valores somados
nm	nano milímetro
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OSPRED	Ocean Swell Powered Renewable Energy
OPEP	Organização dos Países Exportadores de Petróleo
OWC	Oscillating Water Column
P	Símbolo químico do fósforo
PQs	Pontos Quânticos
P-Si	Policristalino de silício
p	Porosidade
$P_{disp}$	Potência disponível

$P_r$	Potência extraída do vento pelo rotor da turbina
$P_m$	Potência mecânica
$P_e$	Potência elétrica
PVGIS	Photovoltaic Geographical Information System
$P_{Solar}$	Potência solar
$P_{PV,STC}$	Potência solar em condições de teste
$P_{eólica}$	Potência eólica
PV	Photovoltaic
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
s	Segundo
SADC	South African Development Community
$T$	Período da onda do mar
$T_{ref,NOCT}$	Temperatura de referência em condições de funcionamento nominal
$T_{cel}$	Temperatura da célula
$T_{ref,STC}$	Temperatura de referência em condições padrão de teste
$T_{amb}$	Temperatura ambiente
$T_m$	Temperatura média
TMY	Typical Weather Year
TWh	Terawatt-hora
UE	União Europeia
$u_1$	Velocidade do vento antes da turbina
$u_2$	Velocidade do vento depois da passagem na turbina
V	Volt
$V_v$	Velocidade do vento
$x$	Espessura do volume do ar
$x_1, x_2, x_3$ e $x_n$ ,	Valores diários de irradiância e temperatura
W/m <sup>2</sup>	Watt por metro quadrado
WRPLOT	Wind Rose Plot
W/m <sup>3</sup>	Watt por metro cúbico
W	Watt
ZEE	Zona Económica Exclusiva
%	Porcento
°C	Grau celsius
$\rho$	Densidade do ar
°	Grau
$\alpha_{voc}$	Coeficiente de temperatura da tensão em circuito aberto
$\omega$	Frequência da onda
$\lambda$	Comprimento da onda
$\pi$	Pi

Folha em branco

# Capítulo 1

## 1 Introdução

O homem, desde os primórdios dos tempos, procura desenvolver técnicas que o possibilitem beneficiar das fontes de energia disponível na natureza, como o fogo, o vento e a água, para se aquecer, se defender dos seus inimigos, cozer os alimentos, obter água para consumo, etc, permitindo assim a sua sobrevivência e desenvolvimento.

Nos tempos antigos, o sol era adorado como um planeta que dá vida. Mais tarde, à medida que a educação evoluía com a era industrial, o conhecimento do sol como fonte de energia foi compreendido; a importância de tal descoberta atingiu o seu auge na era atual, onde a extração de combustível fóssil para produção de energia provou afetar a temperatura ambiente do planeta [1].

As tecnologias que podem aproveitar as potencialidades do sol continuaram a evoluir até os primeiros anos da revolução industrial, e à medida que as comunidades desenvolviam as suas atividades, a emissão de gases de efeito estufa, em particular o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), aumentou, propiciando ainda mais o aproveitamento desse recurso [1].

E, à medida que essa emissão aumentou, trouxe consigo consequências como secas, inundações, aumento do nível do mar, derretimento das massas de gelo e sérias perturbações na agricultura e nos ecossistemas naturais; portanto, existe um consenso crescente sobre a necessidade de reduzir essas emissões, que pode ser alcançado mudando muitas aplicações que utilizam energia tradicional para tecnologias de energia renovável [1].

A energia renovável pode ser definida como a energia obtida a partir de fluxos contínuos ou repetidos de energia decorrentes do ambiente natural, com fluxos de energia que são produzidos à mesma taxa com que são consumidos [2].

No presente século, o desenvolvimento tecnológico da geração de eletricidade, tendo como base principal as fontes de energias renováveis, tem-se tornado uma grande revolução. Atualmente, por forma a reduzir a dependência dos combustíveis fósseis, pressupõe-se a necessidade de produção em grande escala de energia elétrica não poluente a partir de recursos renováveis.

O mundo tem testemunhado crescentes demandas por energia devidas a níveis mais altos de produção económica, mas também a um alto crescimento populacional e, conseqüentemente, resultou num aumento das emissões de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), sendo os seus efeitos demonstrados resultantes em condições perigosas para a raça humana, como os aumentos de temperatura, do nível do mar e da poluição do ar [3].

Os processos de industrialização e desenvolvimento económico requerem energia elétrica, e os combustíveis fósseis são o principal recurso energético do mundo e estão no centro das demandas energéticas. Porém, as reservas de combustíveis fósseis são limitadas e o seu uso em larga escala está associado à deterioração ambiental [4].

Nesta perspetiva, com as crescentes demandas por energia, aumento da produção económica, crescimento populacional, esgotamento das reservas de combustíveis fósseis e os efeitos nocivos ao meio ambiente, a energia renovável ganhou atualmente grandes incentivos em termos de investigação, permitindo assim o desenvolvimento e melhoria de técnicas de obtenção dessa energia, com a finalidade de garantir a capacidade de geração, a custo reduzido e com um impacto menor para o meio ambiente.

## **1.1 Estrutura da dissertação**

Esta dissertação encontra-se organizada em doze capítulos. Na parte introdutória é apresentada uma análise sobre os esforços para minimizar a dependência dos combustíveis fósseis. Portanto, o caminho estabelecido para tal, passa pela exploração cada vez maior das fontes de energias renováveis. Procurou-se ainda abordar a independência energética, a descarbonização do setor produtivo de energia elétrica de Angola, e a caracterização da sua costa. Neste primeiro capítulo faz-se ainda o enquadramento da Dissertação e do tema que esta aborda, a motivação para o seu desenvolvimento e apontam-se os seus objetivos.

No capítulo dois, apresenta-se a energia solar, o seu respetivo potencial fotovoltaico a nível mundial, sendo também realizada uma análise sobre as tecnologias para a sua extração, mormente as tecnologias de 1ª e 2ª gerações. Entretanto, a energia eólica é estudada no capítulo três, onde são apresentadas as características do vento, o potencial eólico a nível mundial, e as tecnologias eólicas. No capítulo quatro, apresenta-se o estudo sobre a energia das ondas do mar, o seu potencial energético; e, posteriormente, a análise das tecnologias de conversão de energias das ondas, isto é, os dispositivos costeiros, os afastados da costa e os próximos da costa.

O capítulo cinco corresponde ao tratamento de dados relativos à irradiância solar e temperatura nas regiões do norte, centro e sul de Angola; para tal selecionaram-se seis províncias, nomeadamente a de Luanda, Lunda Norte, Huambo, Moxico, Namibe e a do Cuando Cubango. É apresentado no capítulo seis o tratamento de dados sobre a velocidade do vento nas mesmas regiões e províncias mencionadas nos capítulos cinco. Entretanto, no capítulo sete, é apresentado o tratamento de dados relativos às condições marítimas da costa angolana, isto é, a de Cabinda, Cabo Ledo (província de Luanda), Lobito (província de Benguela) e do Tômbua (província do Namibe).

No capítulo oito, estima-se a potência a produzir por tipo de energia (solar, eólica e das ondas) nas regiões norte (província de Luanda e da Lunda Norte), centro (província do Huambo e do Moxico) e sul (província do Namibe e do Cuando Cubango). No capítulo nove é apresentado as conclusões, e por fim são apresentados os anexos dos dados sobre a irradiância global, temperatura e velocidade do vento nas regiões norte, centro e sul de Angola, bem como as condições marítimas da costa angolana.

## 1.2 Enquadramento

As energias renováveis na geração de eletricidade em 2018 registaram um ritmo contínuo de crescimento, estimando-se que foram instalados em todo o mundo 181 GW, um pouco acima do verificado em 2017, e a capacidade instalada cresceu mais de 8% [5].

Após anos de crescimento constante, as taxas de novas adições de capacidade estabilizaram durante o ano (2018), e a capacidade global de energia renovável totalizou cerca de 2.378 GW até o final de 2018 [5].

Com 100 GW adicionados, a energia solar fotovoltaica foi, mais uma vez, pioneira em termos de capacidade instalada de energia renovável, tal como ilustra a Figura 1.1. As adições de energia solar fotovoltaica representaram 55% das novas fontes renováveis de energia, eólica (28%) e a hidroelétrica (11%) [5].

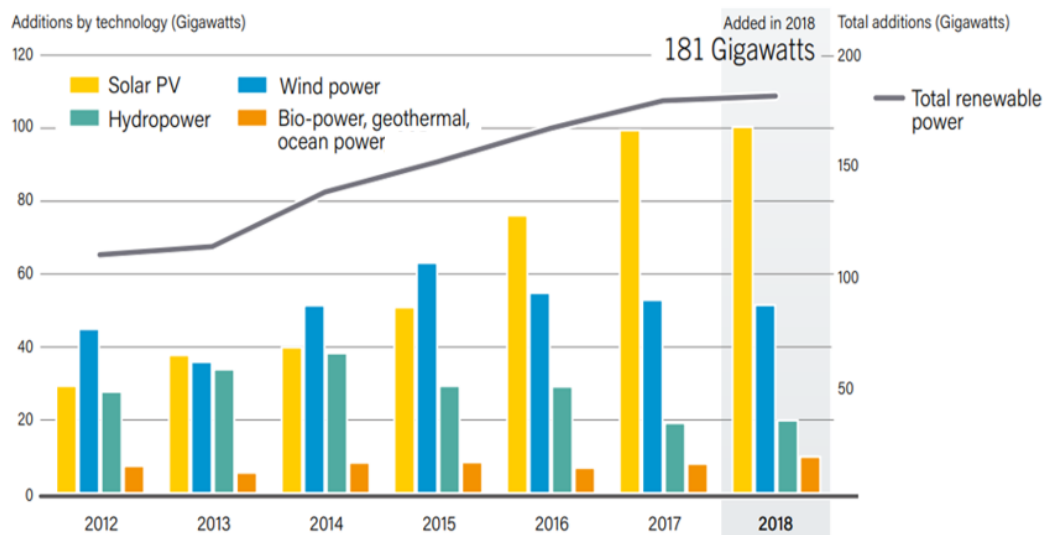


Figura 1.1: Energias renováveis, por tecnologia e por total de GW instalados no período 2012-2018, adaptado de [5].

Em 2018, de acordo com a Figura 1.2, a capacidade de geração das energias renováveis no mundo foi de 1.246 GW: a China foi líder mundial, com 404 GW, e a União Europeia, com 339 GW. Observa-se também que os 6 principais países, com esta capacidade de geração, foram a China (404 GW), seguida pelos Estados Unidos da América (180 GW), Alemanha (113 GW), Índia (78 GW), Japão (64 GW) e o Reino Unido (42 GW).

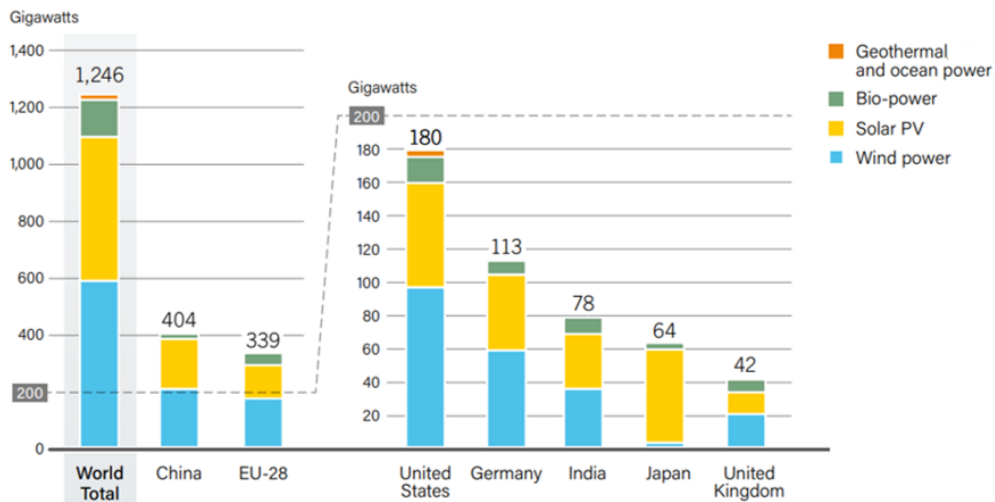


Figura 1.2: Capacidades instaladas de energias renováveis no ano de 2018, na UE-28 e nos 6 principais países, adaptado de [5].

Segundo a REN21, as energias renováveis atingiram altas quotas de geração, a nível mundial, e no que diz respeito à participação na geração de eletricidade a partir de energias renováveis (Solar fotovoltaica e Eólica), os 10 principais países, de acordo com a Figura 1.3, foram a Dinamarca (51%), Uruguai (36%), Irlanda (29%), Alemanha (26%) e Portugal (24%) [5].

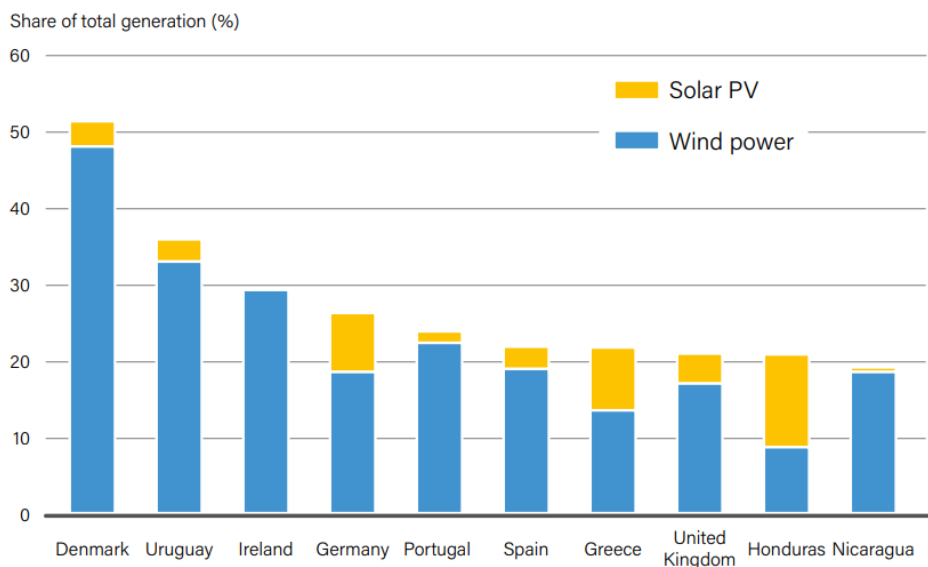


Figura 1.3: Participação na geração de energia elétrica a partir de energias renováveis nos 10 principais países em 2018, adaptado de [5].

Em África, a demanda de eletricidade é de 700 terawatt-hora (TWh), com as economias do norte da África e a África do Sul representando mais de 70% do total. No entanto, são os outros países da África subsaariana que se prevê apresentarem o crescimento mais rápido até 2040.

A demanda de eletricidade mais do que duplicará no cenário de políticas declaradas para mais de 1600 TWh em 2040 e atingirá 2300 TWh no caso da África, com a maioria da demanda adicional decorrente de usos produtivos e famílias emergentes de renda média e alta [6].

As energias renováveis desempenham um papel de liderança na satisfação a essa demanda. Até 2019, segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), o continente, que possui os recursos solares mais ricos do mundo, instalou apenas 5 gigawatts (GW) de energia solar fotovoltaica, menos de 1% do total global.

No entanto, os vastos recursos renováveis de África e a queda nos custos de tecnologia impulsionam um crescimento de dois dígitos na instalação de produção de energia solar fotovoltaica, distribuída em escala de utilidade pública e outras fontes renováveis em todo o continente [6].

Em Angola, uma intensa guerra civil ocorrida entre os anos 1975 e 2002, que vitimou muitos angolanos, causou grandes dificuldades no desenvolvimento das infra-estruturas, como as de geração de energia elétrica, só para citar.

A sua capacidade de produção instalada, em Setembro de 2017, não passou os 3,8 GW, dos quais 2,8 GW disponíveis, e este valor cresceu no final de 2018 para 6,4 GW instalados e 5,5 GW disponíveis, de acordo com a Figura 1.4, com uma ponta de consumo de 2,4 GW.

Enquanto que no sistema norte, se registou uma variação de +102% entre a potência instalada e a ponta de consumo, na região Sul esta diferença é de apenas 4% em 2017. A Figura 1.5 ilustra o cenário de evolução da ponta de consumo por sistema, onde se espera um forte crescimento da ponta de consumo nos vários sistemas até 2022.

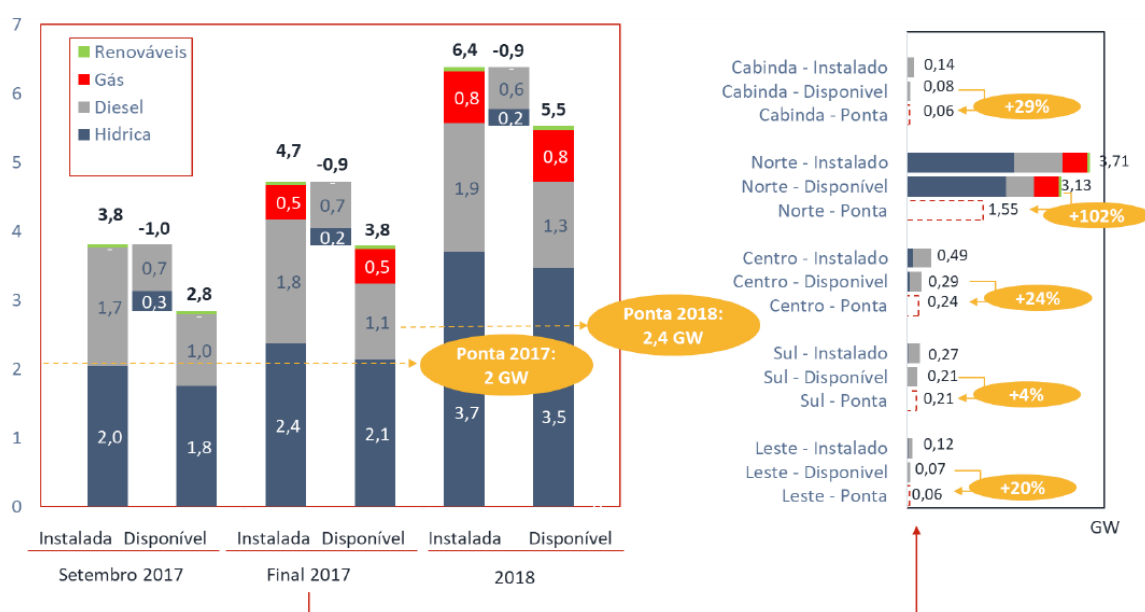


Figura 1.4: Capacidade de produção instalada e disponível, adaptado de [7].

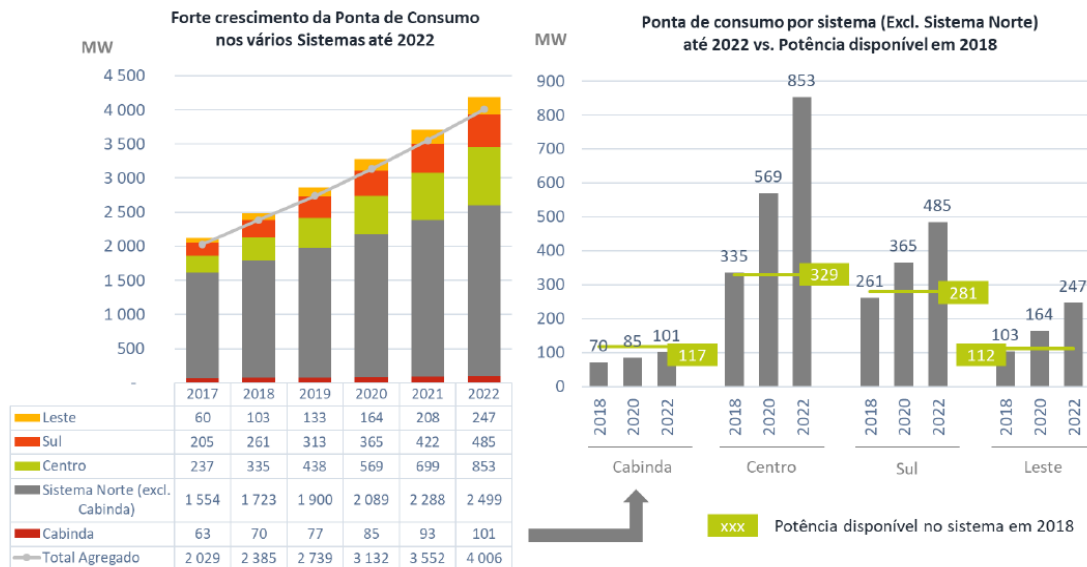


Figura 1.5: Cenário de evolução da ponta de consumo por Sistema (excl. Sistema Norte) até 2022 e Potência disponível em 2018 (MW), adaptado de [7].

O consumo de eletricidade em Angola, em termos geográficos, está ainda muito concentrado no sistema norte, que representou em 2014 cerca de 78% do consumo total de eletricidade no país [8]. Isto deve-se essencialmente à província e cidade de Luanda onde, segundo o censo de 2014, vivem mais de 6 milhões de habitantes e onde se verifica a maior concentração de indústrias e serviços de todo o país [8]. Portanto, em 2014, o segmento doméstico representou cerca de 45% de toda a produção, seguido dos serviços com cerca 32% e da indústria com aproximadamente 9% [8]. No horizonte de 2025, de acordo com a Figura 1.6, o consumo deverá atingir os 39,1 TWh com um forte peso do segmento doméstico (37%) e um importante contributo dos serviços (28%) e da indústria (25%) [8].

Angola registará assim um forte aumento do consumo, passando de um consumo médio de eletricidade de 375 kWh por habitante em 2013 para 1.230 kWh em 2025 [8].

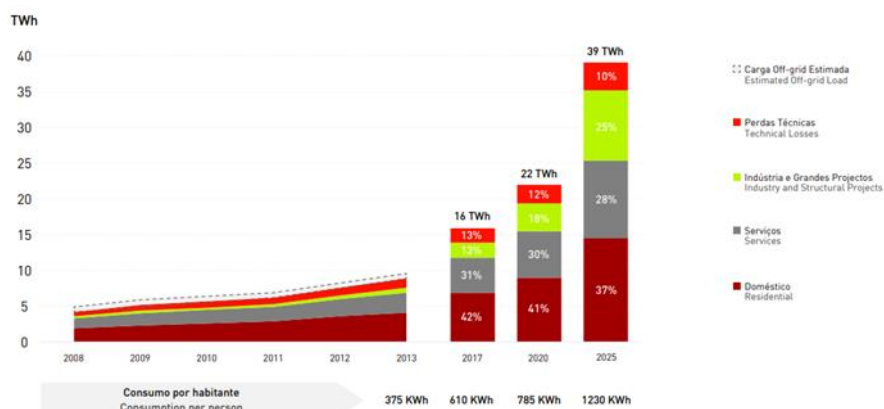


Figura 1.6: Evolução do consumo por tipo de cliente até 2025, adaptado de [8].

Em Angola, perspectiva-se ainda um aumento considerável na procura pela eletricidade nas próximas décadas, tendo em conta o contínuo empenho do governo em criar condições para proporcionar à maioria da população melhores condições de vida, tomando medidas de fomento e incentivo ao aumento da produção interna de bens e de serviços [9].

A forte aposta da Estratégia de Longo Prazo Angola 2025 na industrialização do país é concretizada não só pelo Plano Nacional de Desenvolvimento 2013-2017, como também pelo Novo Plano para a Industrialização do país e o Plano Diretor do Turismo [8].

Esta aposta é ainda reforçada pelo Programa de Aceleração da Diversificação, que visa diversificar as fontes de riqueza do país [8]. Isto obrigará a que o governo de Angola adote, ou seja estimule, políticas para a implementação de novas tecnologias de energias renováveis, por forma a corresponder à possível demanda.

### 1.2.1 Independência energética

Em Angola, com a introdução das novas energias renováveis, o estado pretende até 2025 reforçar a sua potência instalada, e espera que a energia produzida pelas fontes renováveis supere os 7,5% da energia produzida, cerca de 3 TWh [10].

Prevendo-se a instalação de 800 MW de potência, dos quais 100 MW de produção a partir de fontes de energia renováveis como solar, eólica e as mini-hídricas, respetivamente, e 500 MW a partir da biomassa, cuja concretização dependerá da iniciativa privada e de estudos mais detalhados [10]. Portanto, de acordo com a Figura 1.7, por forma aumentar a eficiência, reduzir os custos e diminuir os subsídios ao gasóleo, espera-se que 8% do total da potência instalada seja a partir de fontes de energia renováveis e 7% de outras térmicas, no horizonte 2025 [11].

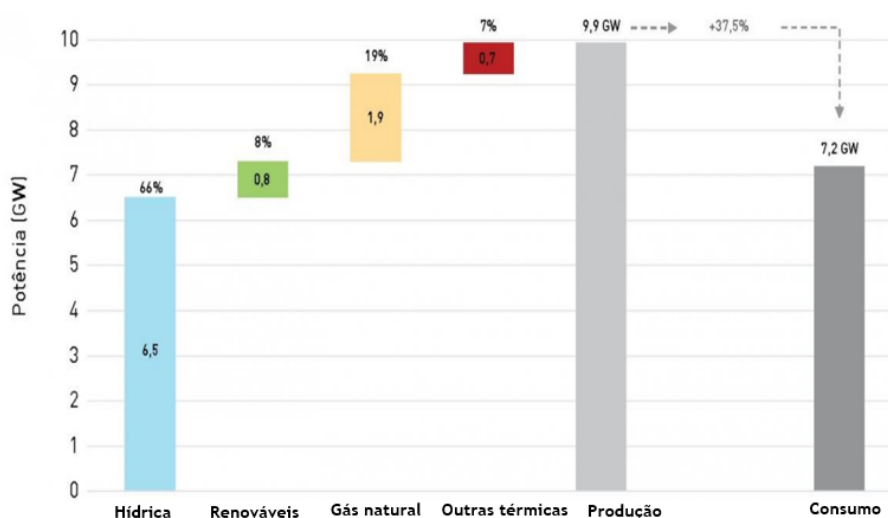


Figura 1.7: Potência instalada por fonte em 2025, adaptado de [11].

### 1.2.2 Descarbonização da produção de energia elétrica

O setor energético em Angola é o que mais contribui para a emissão de efeito de estufa, seguindo-se a agricultura e a indústria [12]. O estado angolano espera reduzir 35% da emissão de carbono na produção da eletricidade até 2030, e isto será possível graças ao quadro de implementação da proposta de Estratégia Nacional para as Alterações Climáticas de 2018 a 2030 [12]. O estado angolano perspectiva, no horizonte até 2025, uma potência renovável instalada na ordem dos 74%, ao nível do top 10 dos países mundiais entre a SADC, OPEP, e OCDE, em comparação com os melhores 10 países a nível mundial, como mostra a Figura 1.8 [11]. Isto só será possível graças a uma forte articulação com as grandes e médias hídricas, o que permitirá ao estado angolano beneficiar de um dos fatores de emissão mais baixos do mundo: 98g CO<sub>2</sub>/kWh, como mostra a Figura 1.9 [10].

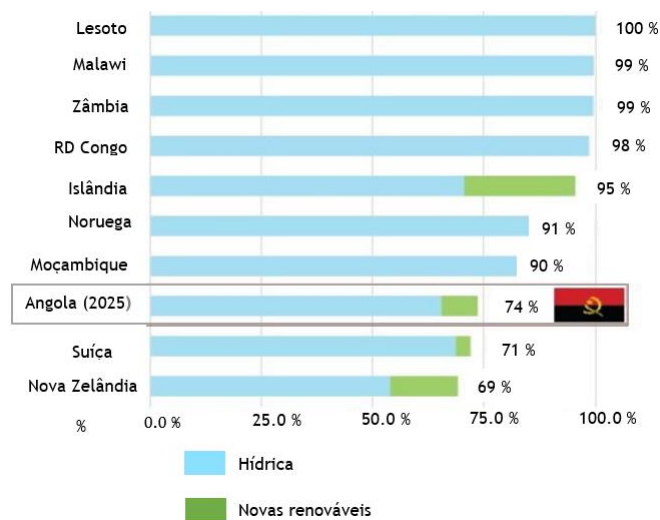


Figura 1.8: Percentagem de potência instalada (TOP 10 SADC + OPEP + OCDE em 2011), adaptado de [11].

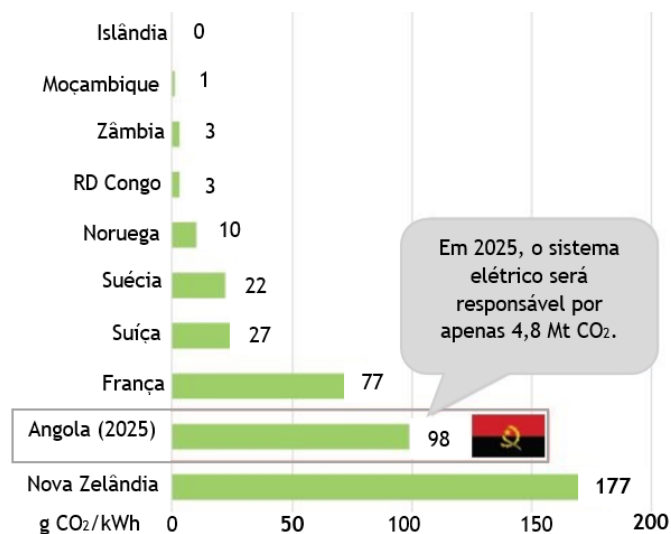


Figura 1.9: Fator de emissão de CO<sub>2</sub> do setor elétrico (TOP 10 SADC + OPEP + OCDE em 2010), adaptado de [11].

### 1.2.3 Caracterização da costa

Angola ocupa uma extensão costeira 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), com a plataforma continental a ocupar uma área de cerca de 51.000 km<sup>2</sup> [13].

A Zona Económica Exclusiva (ZEE) está estabelecida até às duzentas milhas náuticas a partir da linha da costa e cobre uma área de 330.000 km<sup>2</sup>; a costa de Angola está subdividida em zonas distintas, e contempla a presença da foz dos principais rios [13]. Conforme mostra a Figura 1.10 e a Tabela 1.1.

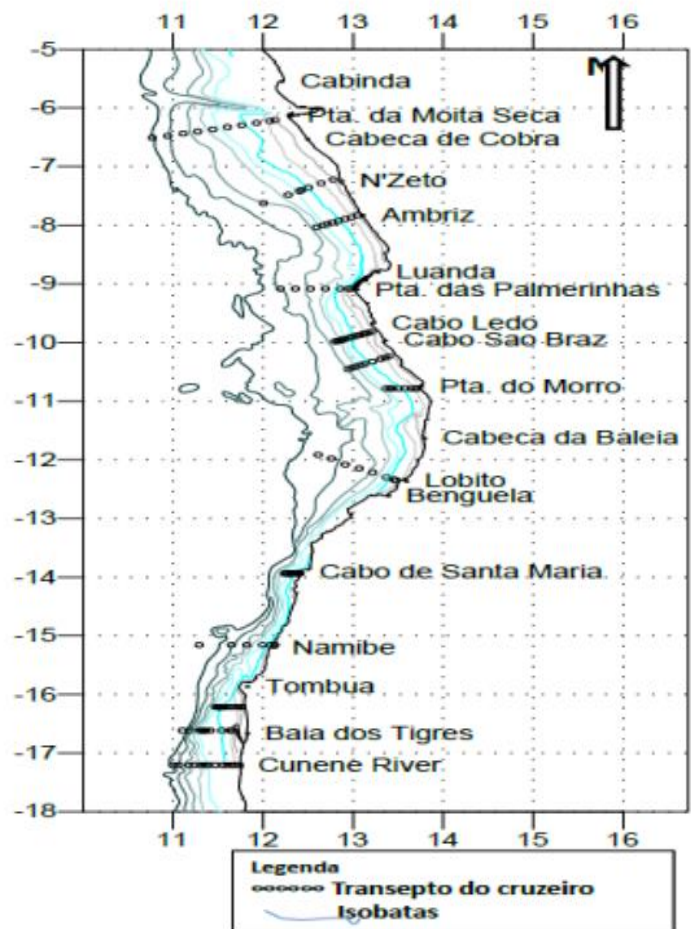


Figura 1.10: Diferentes regiões de Angola, adaptado de [14].

Tabela 1.1: Caracterização da zona costeira de Angola, adaptado de [13].

Zonas	Caraterização	Extensão
Foz do Rio Congo a Luanda	O litoral geralmente estende-se para o noroeste e é suportado por penhascos baixos, na região da cidade de Luanda é notória uma restinga, a Ilha de Luanda, que forma uma baía e para o sudoeste da cidade.	Uma extensa laguna de pouca profundidade protegida pela restinga do Mussulo, a sua extensão é de aproximadamente 30 metros.
Luanda a Porto Amboim	Com exceção dos 20 km de praia arenosa a sul da Ponta das Palmeirinhas e das línguas de areia na proximidade das fozes dos rios Cuanza e Longa, possui penhascos que alcançam, em determinados lugares, 100 metros de altura.	
Porto Amboim ao Lobito	Com exceção do promontório elevado da Ponta do Morro, a norte de Porto Amboim até ao Quicombo exhibe um baixo-relevo.	A sua extensão é de aproximadamente 70 km.
Sul do Quicombo ao Lobito	A costa encontra-se dominada por penhascos de 50 a 100 metros de altura e a faixa de praia é caracterizada por uma plataforma formada pelas ondas.	Corresponde a cerca de 30 km.
Lobito a Benguela	Esta seção é curta e coincide com o limite da costa norte do deserto do Namibe.	
Benguela ao Namibe	A costa é árida e maioritariamente rochosa, estendendo-se em direção sudoeste para o Cabo de Santa Maria e em direção ao Namibe.	
Namibe à Foz do Rio Cunene	A costa é constituída por deserto arenoso, suportado por dunas de areia que se deslocam, sendo caracterizado por prismas de praias de areia relativamente pequenas, com a ocorrência frequente de afloramentos do substrato rochoso.	

## a) Correntes oceânicas

Ao largo de Angola, as águas do oceano deslocam-se sob a influência de uma mistura de correntes. A área é, portanto, muito complexa devido à confluência de três grandes correntes, nomeadamente a Corrente de Benguela, a Corrente Equatorial Sul e a Corrente de Angola, bem como também devido à influência da Contracorrente Equatorial Sul e da Corrente Equatorial Submarina [14], como ilustra a Figura 1.11.

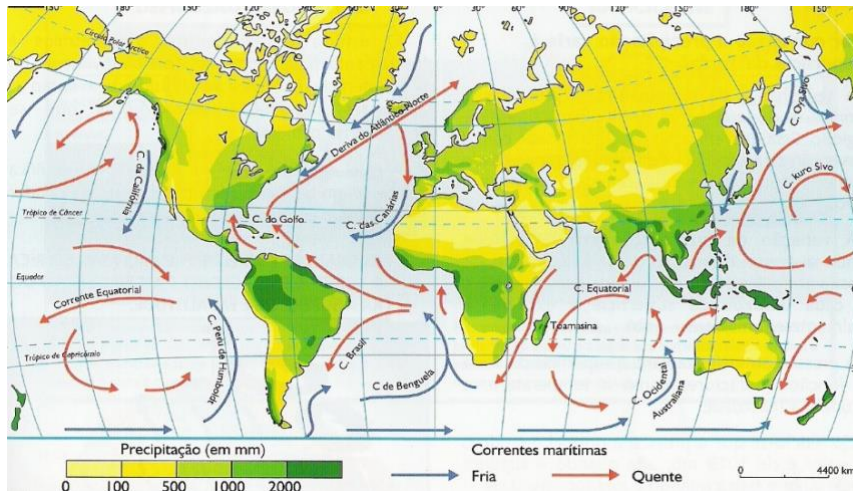


Figura 1.11: Correntes oceânicas da costa angolana, correntes de Benguela e de Angola, adaptado de [14].

A corrente de Angola desloca para o sul águas equatoriais quentes, pois está constituída pela vertente sudeste da Contracorrente Equatorial Sul e pelas águas da vertente norte da corrente de Benguela, aí em deslocação um pouco mais para o sul [14].

A corrente de Benguela faz-se sentir apenas nos 50 metros da camada superior da coluna de água, embora existam dados que sugerem que a mesma possa atingir os 200 metros, e esta dirige-se para norte, virando para noroeste ao largo da extremidade sul da costa de Angola, a cerca de 15° - 17° S. Nesta região, a corrente de Benguela é mais fria, entra em interação com a corrente de Angola, mais quente, que se desloca para sul, formando a Frente Angola/Benguela [14].

## 1.3 Motivação

Angola começou a sentir o impacto das alterações climáticas, em particular, o efeito mais visível é um ciclo de secas e inundações, tornando-se mais severo no sul de Angola [15]. A Resolução nº 52/08 do Conselho de Ministros de Angola é uma estratégia nacional de implementação da convenção quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas e do protocolo de Quioto.

O diploma refere que a estratégia visa estabelecer o quadro de intervenção de Angola no domínio legislativo, técnico e humano para contribuir para a estabilização das emissões de gases de efeito de estufa e de desenvolvimento tecnológico do país e, igualmente realizar inventários e relatórios sobre a emissão de gases de efeito estufa em Angola e do seu impacto no ambiente e na saúde pública [16].

A Agência Internacional de Energia (AIE, 2018) prevê que nos mercados de energia, as energias renováveis tornar-se-ão a tecnologia de escolha a nível global, graças à queda de custos e políticas governamentais de apoio [17].

Entretanto, também a empresa Energias de Portugal (EDP) considera que as renováveis serão as fontes de energia com maior crescimento absoluto nas próximas décadas, sendo que os combustíveis fósseis continuarão a dominar a matriz energética mundial, os quais têm um impacto negativo no ambiente devido, sobretudo, às emissões de poluentes para a atmosfera [18].

Dada a grande dimensão em termos de superfície e a falta de infra-estruturas adequadas para a produção, transporte e distribuição, o Ministério da Energia e Águas de Angola (2015) considera que o setor elétrico demonstra grandes falhas. Apenas cerca de 30% da população atualmente tem acesso à eletricidade, a maioria da população com acesso à eletricidade está localizada nas 18 capitais provinciais do país, sendo que 70% se encontram na cidade de Luanda e as infra-estruturas de saúde e educação fora das capitais provinciais ainda só têm acesso a serviços energéticos limitados [19].

As Infra-estruturas de produção e distribuição não têm acompanhado de forma adequada o forte crescimento no consumo de eletricidade, estando a maioria concentrada na cidade de Luanda, onde as infra-estruturas são mais desenvolvidas e onde os principais serviços, setor público e consumidores com maior poder de compra, estão localizados [19].

Isso resulta em frequentes apagões, pelo que muitos clientes, quer sejam domésticos, de serviços ou industriais, possuem geradores elétricos de emergência a diesel nos seus quintais [19].

## **1.4 Objetivos**

Com este trabalho pretende-se estudar a viabilidade das energias renováveis em Angola, concretamente no que diz respeito à Energia Solar, à Energia Eólica e à Energia das Ondas, dadas as condições meteorológicas no país. Para isso, será realizado uma análise de:

- Irradiância solar e temperatura na região norte;
- Irradiância solar e temperatura na região centro;
- Irradiância solar e temperatura na região sul;

- Velocidade do vento na região norte;
- Velocidade do vento na região centro;
- Velocidade do vento na região sul;
- Altura e período da onda do mar na costa do Namibe, Benguela, Luanda e Cabinda.

E, portanto, será ainda feito o mapeamento das diferentes regiões, bem como da costa marítima, com o maior potencial para implementação das energias renováveis em questão.

## Capítulo 2

### 2 Energias Renováveis - Energia Solar

A quantidade de energia que o Sol entrega à Terra é inimaginável. O terremoto de São Francisco, em 1906, atingiu uma magnitude de 7,8 e estima-se que terá libertado a energia de  $10^{17}$  J, que é igual à energia entregue pelo Sol num segundo [20].

As reservas mundiais de petróleo estão avaliadas em  $1,7 \times 10^{22}$  J, este é o valor da energia que a Terra recebe do Sol em 1,5 dias; portanto, o Sol entrega, em cada hora, à Terra, a mesma energia que é utilizada nas atividades humanas num ano, cerca de  $4,6 \times 10^{22}$  J [20].

A luz solar pode dar origem a combustíveis químicos, através da fotossíntese natural ou artificial, o calor, para uso direto ou para conversão em eletricidade, e diretamente a eletricidade, excitando elétrons numa célula fotovoltaica [20].

A energia solar é vital, que pode tornar a energia ecológica mais flexível, econômica e difundida comercialmente, portanto, é amplamente utilizada hoje em muitas aplicações, como sistemas de aquecimento de água, sistemas de energia por satélite e geração de energia elétrica, entre outras [21].

Tradicionalmente, o desenvolvimento dos sistemas conversores de energia processou-se com base no silício cristalino. Portanto, as células fotovoltaicas mais comuns são constituídas por um material semicondutor (Silício), ao qual são adicionadas substâncias estranhas, ditas dopantes, de modo a criar um meio adequado ao estabelecimento do efeito fotovoltaico, isto é, conversão direta da energia associada à radiação solar em energia elétrica [20].

A célula é o elemento mais pequeno do sistema fotovoltaico, gerando tipicamente potências elétricas de corrente contínua (DC) da ordem de 1,5 W, o que corresponde a uma tensão de 0,5 V e uma corrente de 3 A [20]. Para poder gerar, ou seja, obter potências maiores, elas (células) são ligadas em série ou em paralelo, formando módulos (tipicamente com potências de corrente contínua de 100 a 200 W), e a agregação destes módulos dá origem aos chamados painéis fotovoltaicos [20].

#### 2.1 Recurso Solar

Na composição do sistema solar, a massa do sol contribui com cerca de 98%, os restantes 2% dizem respeito aos planetas e asteroides. O sol é composto maioritariamente por hidrogénio, com aproximadamente 75%, e por hélio [22]. Este tem a aparência de uma enorme esfera incandescente, ronda os 6000 °C à sua superfície, e atinge milhares de graus celsius no seu interior [23].

Essas elevadas temperaturas no seu interior são devidas ao processamento de reações de fusão, onde milhões de toneladas de hidrogênio são convertidas em milhões de toneladas de hélio que, por sua vez, originam com que o sol liberte para o espaço grandes quantidades de energia sob a forma de radiação eletromagnética, porém, só uma pequena parte da energia do sol chega à Terra, a restante é devolvida para o espaço por causa dos fenômenos de reflexão e refração [22].

## 2.2 Radiação eletromagnética

Da energia que chega à terra sob a forma de radiação eletromagnética, 42% dessa energia vem sob a forma de radiações dentro do espectro do visível, a luz, 55% vem sob a forma de raios infravermelhos, com um grande poder calorífico, e 3% vem sob a forma de raios ultravioleta, radiações de pequeno comprimento de onda, mas com bastante energia [23] .

O espectro visível é a porção do espectro eletromagnético, cuja radiação é composta por fótons, que pode ser captada pelo olho humano. Portanto, essa radiação identifica-se como sendo a luz visível, ou luz, em que cada cor se encontra associada a uma dada frequência na faixa do espectro eletromagnético [24]. O espectro visível é subdividido de acordo com várias cores, desde o vermelho, com os comprimentos de onda mais longos, até ao violeta, para os comprimentos de onda mais curtos [24]. A radiação infravermelha são ondas de comprimento de 1 milímetro até 700 nanômetros, e, portanto, não visíveis para o olho humano. É uma radiação não ionizante, por isso, sem efeitos nocivos (sem riscos de causar doenças como por exemplo o cancro). No espectro de luz, está localizada depois da luz vermelha, daí tendo surgido o seu nome [25].

A radiação ultravioleta, na faixa do espectro eletromagnético, encontra-se entre os raios-x e a luz visível, como mostra a Figura 2.1, isto é, contém comprimentos de onda menores que o espectro visível e maiores que os raios-x, esta radiação é a mais energética de entre aquelas que chegam à superfície da Terra, na ordem dos 9%, por isso é também a que mais apresenta perigo para a saúde [22].

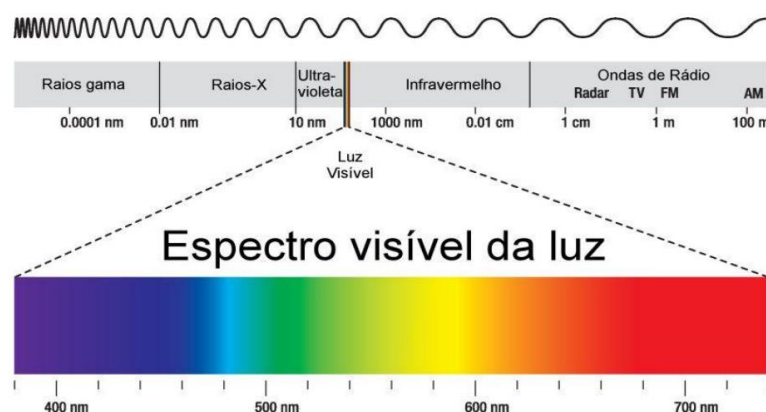


Figura 2.1: Espectro da radiação eletromagnética, adaptado de [22].

## 2.3 Tipos de radiação solar

Em termos de radiação solar incidente sobre um receptor, esta pode ser dividida em três componentes, como ilustra a Figura 2.2 [22]:

- a) **Radiação direta:** constituída por todos os raios que são rececionados pelo recetor em linha reta com o sol;
- b) **Radiação difusa:** é a luz solar recebida indiretamente, proveniente da ação da difração nas nuvens, nevoeiro, fumos, poeiras em suspensão e outros obstáculos presentes na atmosfera;
- c) **Radiação albedo ou refletida:** parte da energia recebida sobre a superfície terrestre é reenviada para o espaço sob forma de energia refletida. As nuvens, as massas de gelo e neve e a própria superfície terrestre são razoáveis refletores, reenviando para o espaço cerca de 30 a 40% da radiação recebida.

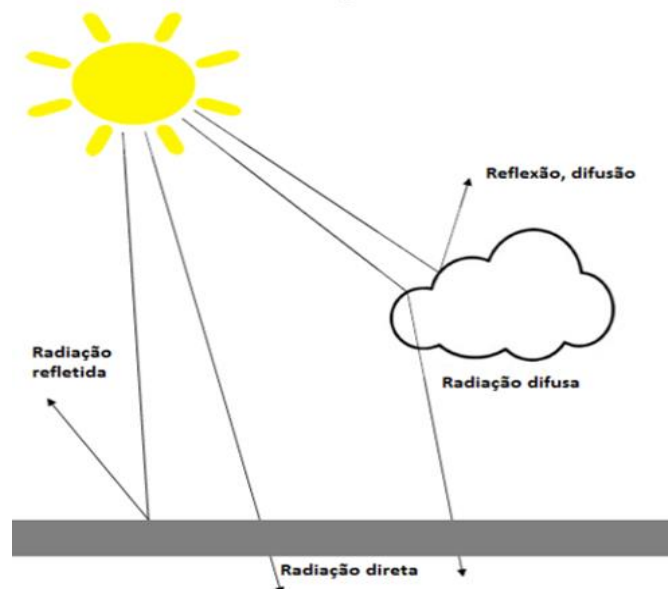


Figura 2.2: Espectro da radiação eletromagnética, adaptado de [22].

## 2.4 Potencial Fotovoltaico - Situação Mundial

Desde que o efeito fotovoltaico foi descoberto pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel, tem havido um desenvolvimento contínuo na tecnologia solar fotovoltaica [26]. O físico francês, aquando de uma experiência com uma célula eletrolítica, composta de dois elétrodos de metal colocados numa solução condutora de eletricidade, observou que a corrente aumentou quando a célula eletrolítica foi exposta à luz [26][27] [28][29].

Mas o desenvolvimento dos primeiros dispositivos de estado sólido que abriu o caminho para a indústria, com uma primeira célula solar de silício com uma eficiência de 6%, só aconteceu no final década de 1940 [26] [27]. De acordo com as referências [30], [31], [32] e [33], pode-se

definir a energia solar fotovoltaica como a eletricidade obtida diretamente a partir da conversão de energia solar.

Devido à perspectiva do seu rápido crescimento e aos altos níveis de investimento envolvidos, o mercado fotovoltaico está a ser atualmente mais disputado em todo o mundo, especialmente na Europa, China e Estados Unidos [28]. Isto porque o recurso solar a nível global é bastante elevado. E Angola não está ausente deste potencial, como ilustra-se na Figura 2.3, sendo as zonas sinalizadas com cores quentes, as que apresentam maior potencial energético.

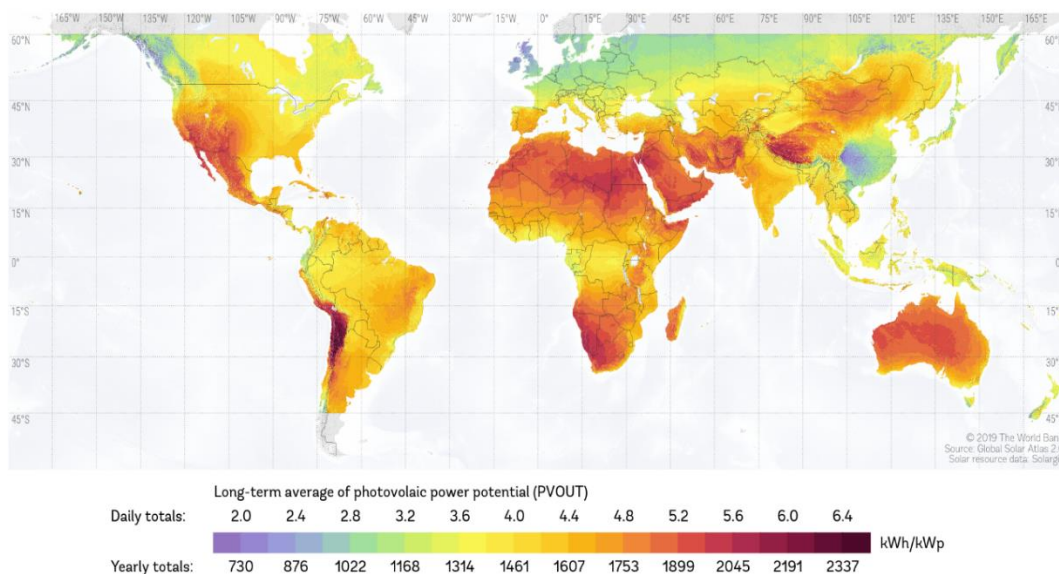


Figura 2.3: Representação do potencial solar a nível global, adaptado de [34].

A produção de energia solar fotovoltaica está a aumentar e a expandir-se mundialmente, à medida que se torna uma opção mais competitiva para geração de eletricidade, num número crescente de mercados de aplicações residenciais e comerciais, bem como em cada vez mais para projetos de utilidade pública [5].

Este crescimento tem ainda sido cada vez mais claro porque segundo a REN21, durante o ano de 2018, foram adicionados 100 GW à capacidade de energia solar fotovoltaica em todo o mundo, tendo sido a maior capacidade de energia fotovoltaica instalada (aproximadamente 25%, em relação a 2017) [5].

No final do ano de 2018, a capacidade de energia fotovoltaica global atingiu os 505 GW [5]. A Figura 2.4, ilustra esta realidade.

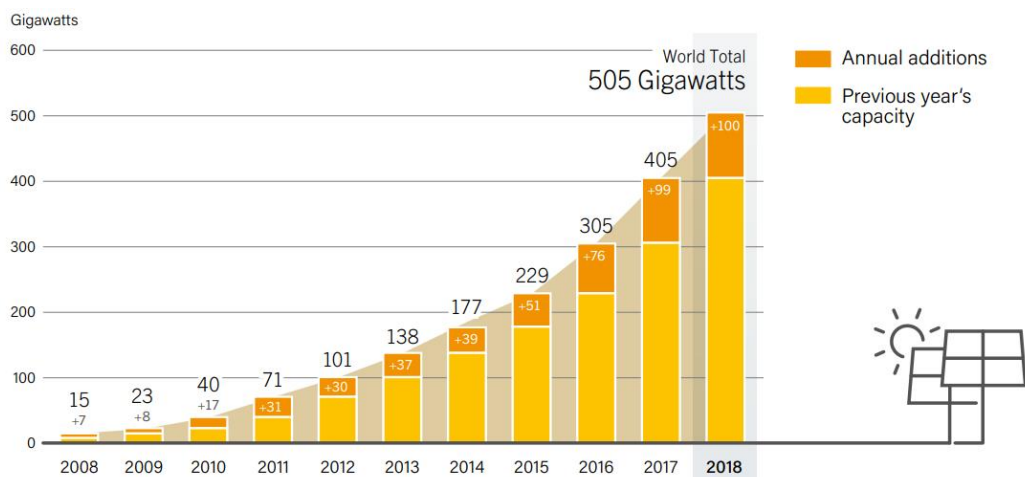


Figura 2.4: Capacidade global em energia fotovoltaica e adições anuais de capacidade, 2008 - 2018, adaptado de [5].

Em 2018, pelo sexto ano consecutivo, a Ásia eclipsou todas as outras regiões com novas instalações, apesar da queda nos três principais mercados da região (China, Índia e Japão); só a China representou cerca de 45% das adições globais de capacidade instalada (2018) [5].

Os principais países com capacidade cumulativa de energia solar fotovoltaica em 2018 foram a China, Estados Unidos, Japão, Alemanha. O mercado anual de energia solar fotovoltaica da China caiu pela primeira vez desde 2014, mas o país teve o seu segundo melhor ano até agora, com 45 GW [5], como ilustram as Figuras 2.5 e 2.6, respetivamente.

Pelo menos onze países adicionaram mais de 1 GW de nova capacidade durante o ano de 2018, em comparação com 9 países em 2017 e 7 países em 2016, e em 2018, aproximadamente 32 países tinham 1 GW ou mais de capacidade instalada, e os mercados em todo o mundo começaram a contribuir significativamente para o crescimento global [5].

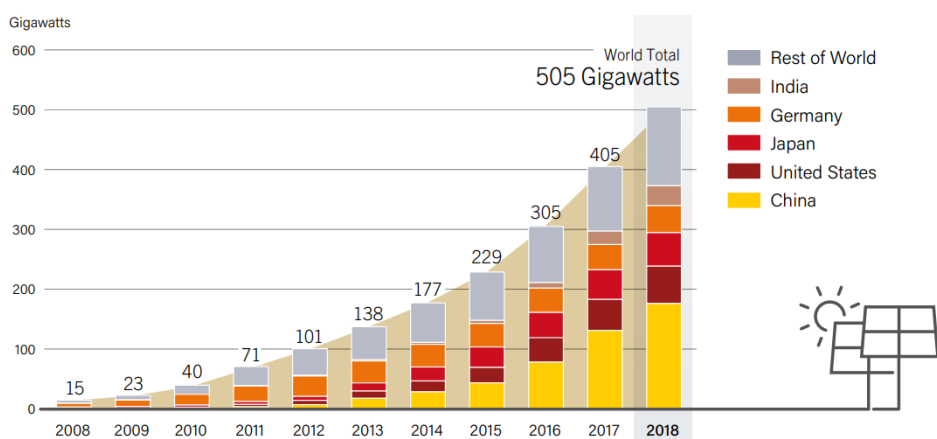


Figura 2.5: Capacidade global em energia solar fotovoltaica e adições anuais de capacidade, 2008-2018, adaptado de [5].

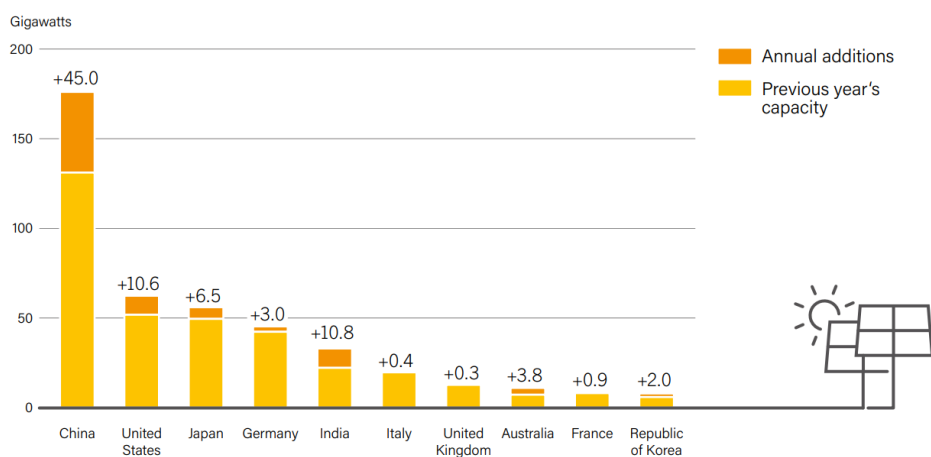


Figura 2.6: Capacidade e adições anuais de capacidade de energia solar fotovoltaica nos 10 principais países em 2018, adaptado de [5].

Particularmente, a África tem os maiores recursos solares do mundo, mas só tem instalados 5 Gigawatts (GW) de painéis fotovoltaicos, ou seja, menos de 1% da capacidade mundial instalada.

No caso africano, a energia solar fotovoltaica ultrapassa a energia hidroelétrica e o gás natural para se tornar na maior fonte de eletricidade em África, em termos de capacidade instalada (é a segunda maior em termos de produção final) [34].

Com acréscimos distribuídos por toda a região, a instalação da energia solar fotovoltaica entre 2019 e 2040 será, em média, de 15 GW por ano, atingindo a taxa de construção média anual dos EUA no mesmo período [34].

Segundo a Agência Internacional de Energia (AIE), no seu relatório de 2019, a instalação de energia fotovoltaica solar atinge em média quase 15 GW por ano, atingindo 320 GW em 2040 [6].

Em Angola, o seu recurso solar caracteriza-se por elevados níveis de irradiação quando comparada com bons locais na Europa e Ásia, sendo bastante próxima de alguns dos melhores locais do mundo, como a África do Sul ou a Califórnia nos Estados Unidos da América [35].

Portanto, Angola tem também a particularidade de dispor de vastas e amplas planícies, reunindo as condições ideais para o desenvolvimento de projetos solares. Como exemplo de um dos melhores locais, encontra-se o Planalto Central do Huambo, ao nível dos melhores do mundo para a produção de energia fotovoltaica [35].

## 2.5 Tecnologias Fotovoltaicas

Os sistemas de produção fotovoltaico convertem diretamente energia solar em energia elétrica. Estes são constituídos por um conjunto de módulos de material semicondutor e um sistema de

suporte que inclui a cablagem, o inversor DC/AC, obrigatório em sistemas ligados à rede, ou bateria e o regulador de carga, essenciais nos sistemas autônomos [20].

O desenvolvimento tecnológico dos sistemas fotovoltaico deu-se, em grande parte, baseado em células de silício, que constituem as tecnologias de 1ª geração. No entanto, as tecnologias de filmes finos começaram a ganhar importância, isto porque o seu processo de fabricação conduz a uma poupança significativa de matéria-prima, configurando as tecnologias de 2ª geração [20].

Na 3ª geração, existe uma certa ambiguidade na definição de quais as tecnologias que estão englobadas, embora haja uma tendência de incluir tecnologias orgânicas, pontos quânticos (PQs), células multijunção, células de portadores quentes (hot carriers) e células solares sensibilizadas por corantes (DSSC) [36] [37]. A seguir são apresentadas as principais tecnologias.

### **2.5.1 Tecnologias de 1ª geração: silício cristalino**

Estas tecnologias fotovoltaicas, conhecidas como de 1ª geração, ou as ditas convencionais, são constituídas pelas células de silício cristalino, que dominam o mercado com uma partilha global de 87% [20]. O silício é um material semicondutor mais adequado para aplicações fotovoltaicas devido à sua maior abundância na terra, e é o material mais utilizado na indústria fotovoltaica [26].

#### **a) Células de Silício monocristalino**

Os painéis fotovoltaicos de silício monocristalino são usados há muitos anos, pois são considerados como sendo os painéis mais antigos, e cada célula é composta por um único cristal de silício, mais eficiente, porém cara, quando comparada com as células de filme fino [26].

As células monocristalinas têm maior eficiência à medida que a estrutura é feita a partir de um cristal grande. Devido à célula única, permite ao elétron maior liberdade de movimento, portanto, menos energia é perdida, o que proporciona maior eficiência [38].

O silício monocristalino obtém-se através do processo de corte de um lingote de um monocristal de silício puro, representando cerca de 35% do mercado [20].

#### **b) Células de Silício multicristalino (policristalino)**

As células multicristalinas (multi-Si), também denominadas de células policristalino (p-Si), obtém-se a partir de um material construído com base em vários pequenos cristais de silício [26].

As células de silício policristalino ou multicristalino são fabricadas solidificando o grande bloco de silício fundido, orientando os cristais numa direção fixa, produzindo lingotes quadrados de (p-Si) fundidos [26].

As células policristalinas são tipicamente de cor azulada, o tamanho é semelhante ao das células monocristalinas, mas são um pouco menos eficientes, com custo reduzido [38]. A utilização do silício multicristalino (policristalino), originário de um lingote de silício com múltiplos cristais, corresponde a 49% do mercado [20].

### **c) Células de Arseneto de gálio (GaAs)**

Estas células são originárias de um semiconductor composto, ou seja, resultam de uma combinação de gálio (Ga) e arsênio (As), com a mesma estrutura do silício. Este tipo de células apresentam maior eficiência e baixo peso, quando comparados com as células fotovoltaicas produzidas com silício [26].

Têm um custo muito alto em comparação com as células de silício cristalino (c-Si) e silício monocristalino (m-Si) [26]. A eficiência otimizada dos GaAs deve-se à liga de fósforo (P), alumínio (Al) e índio (In), o que torna a estrutura multifuncional e, conseqüentemente, possui um coeficiente de temperatura mais baixo [26].

## **2.5.2 Tecnologias de 2ª geração: filmes finos**

A 2ª geração, também conhecida como filme fino, é mais difícil de se encontrar no mercado, por apresentar baixa participação, em relação aos modelos de primeira geração. Esta geração é normalmente caracterizada por três famílias principais: i) Silício amorfo (a-Si), ii) Telureto de cádmio (CdTe), iii) Disseleneto de cobre-índio (CIS) e Disseleneto de cobre-índio-gálio (CIGS) [36] [37].

Embora apresentem menor eficiência, possuem diversas vantagens, tais como o baixo custo de instalação e a flexibilidade física que este tipo de material apresenta, o que permite a sua fácil aplicação em materiais flexíveis [36].

Os filmes finos reduzem bastante a quantidade de material semiconductor necessário para cada célula, quando comparados às de silício [38].

Este tipo de célula apresentam uma facilidade de integração nos componentes do edifício, devido às suas estruturas flexíveis e leves [26]. No entanto, a eficiência de conversão das células solares de filme fino ainda é motivo de preocupação devido à sua relativamente maior perda de captação [26].

#### **a) Células de Silício amorfo (a-Si)**

As células de silício amorfo, de acordo com a referência [26], possuem uma estrutura desordenada de silício. Têm taxa de absorção de luz 40 vezes maior, quando comparadas com as células mono-Si, e são amplamente utilizadas e mais desenvolvidas.

O silício amorfo pode ser depositado em substratos muito grandes e baratos (até 5,7 m<sup>2</sup> de vidro), utilizando as técnicas de deposição contínua, devido às quais o custo de fabricação é reduzido. E a sua principal desvantagem é a degradação da potência de saída ao longo do tempo (15% a 35%) para um nível mínimo a partir do qual se tornam estáveis com a luz [26].

#### **b) Células de Telureto de cádmio (CdTe)**

Estas células caracterizam-se por possuírem na sua composição duas matérias-primas principais, como o cádmio e o telúrio, onde o cádmio é um subproduto da mineração de zinco e o telúrio é um subproduto do processamento de cobre, e têm um menor custo de produção e maior eficiência, superior a 15%, em comparação com as células a-Si [26].

Comercialmente, a eficiência de conversão é de 20%. Isto é possível porque têm um intervalo de banda ideal de 1,45 eV (eletrão-volt) e, recentemente, a eficiência de conversão foi fixada em 22% [26]. A toxicidade do cádmio representa uma ameaça ambiental, que é um grande problema provocado por esta tecnologia.

#### **c) Células de Disseleneto de cobre-índio (CIS) e Disseleneto de cobre-índio-gálio (CIGS)**

Nos últimos anos, este tipo de células têm emergido como uma das células de película fina mais populares e apresentado um rápido desenvolvimento, devido à sua alta eficiência de conversão, 21%, relatada por trabalhos desenvolvidos em laboratório [26].

De acordo com estudos recentes (2018) [39], a eficiência do módulo está na faixa de 7 a 16%, com 10% de degradação em comparação com outras células de filme fino, sendo uma questão muito importante relacionada com esta tecnologia a escassez de índio, o que pode dificultar o processo de produção [26]. Na Tabela 2.1, apresenta-se um quadro comparativo dos principais tipos de células fotovoltaicas.

Tabela 2.1: Comparação de diferentes tipos de células fotovoltaicas com diferentes tecnologias [39].

Células	Eficiência do módulo (%)	Área/ 1 KWp (m <sup>2</sup> )	Vantagens	Desvantagens
Silício monocristalino (m-Si)	15 - 18	7 - 9	Mais eficiente; facilmente disponível no mercado; altamente padronizado.	Muito cara, no processo de produção exige muita quantidade de silício.
Silício policristalino (p-Si)	13 - 16	8 - 9	Custos reduzidos; menos energia e tempo necessário para a produção; altamente padronizado.	Um pouco menos eficiente, quando comparado com o silício monocristalino.
Silício amorfo (a-Si)	6 - 8	13 - 20	As temperaturas altas e sombreamento afetam pouco o seu desempenho; necessita menos silício para a produção.	Mais área requerida para a mesma saída de potência.
Telureto de cádmio (CdTe)	9 - 11	11 - 13	As temperaturas altas e sombreamento afetam pouco o seu desempenho; necessita menos silício para a produção.	Mais área requerida para a mesma saída de potência.
Disseleneto de cobre-índio (CIS)	10 - 12	9 - 11	As temperaturas altas e sombreamento afetam pouco o seu desempenho; maior potencial de corte de custos.	Mais área requerida para a mesma saída de potência.
Disseleneto de cobre-índio-gálio (CIGS)	12 - 13	9 - 10	As temperaturas altas e sombreamento pouco afetam o seu desempenho; maior potencial de corte de custos.	Mais área requerida para a mesma saída de potência.

### 2.5.3 Célula fotovoltaica

O efeito fotovoltaico é um fenômeno experimentado por certos materiais que têm capacidade de produzir uma corrente elétrica, quando são expostos à luz. A descoberta deste efeito remota a 1839, e é atribuída ao físico francês Alexandre Edmond Becquerel, na altura com 19 anos de idade [20].

Para entender de forma mais clara o funcionamento deste efeito, urge a necessidade de se conhecer o modelo atômico, que demonstra o comportamento das partículas que compõem um átomo. Os semicondutores têm a “banda de valência” completamente cheia e a “banda de condução” vazia, mas o “band-gap” dos semicondutores é de 1 eV (um elétron-volt). Isso faz com que um semicondutor se comporte como um isolante aos 0 °C, mas que com o aumento da temperatura comece a conduzir eletricidade, comportando-se como um condutor, sendo por isso denominado de semicondutor, como mostra a Figura 2.7 [40].

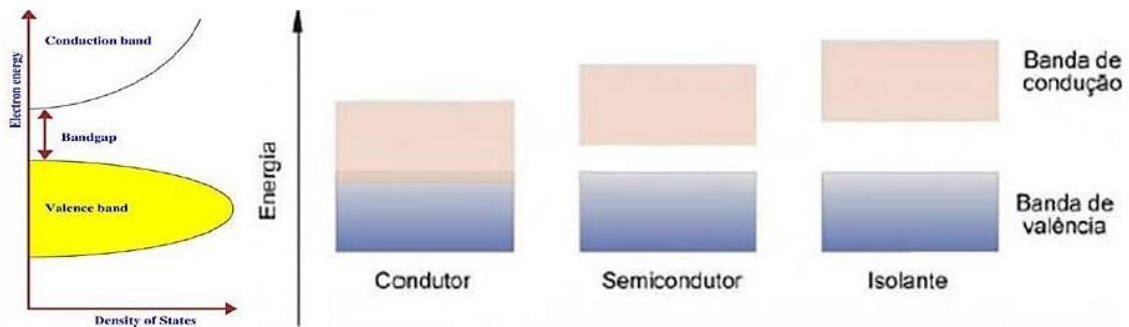


Figura 2.7: Band-gap de condutores, semicondutores e isolantes, adaptado de [41].

O silício constitui a matéria prima mais comum das células fotovoltaicas e pode ser encontrado na areia, granito e argila. O cristal de silício, como ilustra a Figura 2.8, na sua forma pura é um mau condutor elétrico porque não possui elétrons livres.

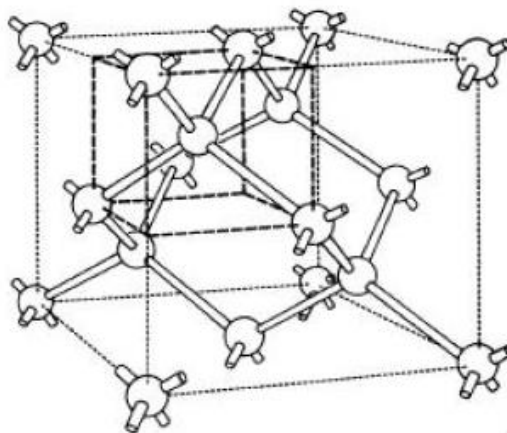


Figura 2.8: Cristal de Silício puro, adaptado de [41].

Portanto, para que seja possível aproveitar a corrente elétrica no interior de um semicondutor puro, é necessário perturbar a sua formação cristalina, isto é, adicionando-se outros elementos químicos, que originaram um desequilíbrio na ligação atômica do semicondutor; este processo chama-se de dopagem [40].

O silício possui quatro elétrons de valência e necessita de mais quatro átomos vizinhos para formar uma ligação covalente. Se se adicionar um elemento de 5 elétrons de valência, como o fósforo, como mostra a Figura 2.9, o quinto elétron ficará fracamente ligado ao átomo de origem e quando o semicondutor estiver à temperatura ambiente, esse elétron ficará livre, fazendo com que o cristal de silício dopado com esse material fique negativamente carregado. Esse é um semicondutor do tipo n [40].

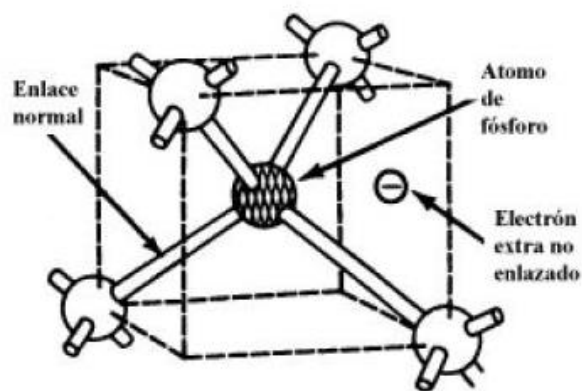


Figura 2. 9: Representação da dopagem com fósforo, adaptado de [41].

Por outro lado, repetindo o mesmo processo, mas em vez de se acrescentar o fósforo, se acrescentar o boro, conforme a Figura 2.10, que tem 3 elétrons de valência, ficará em falta um elétron na estrutura cristalina; à temperatura ambiente, com a liberação de elétrons, o semicondutor ficará positivamente carregado, tornando-se um semicondutor do tipo p [40].

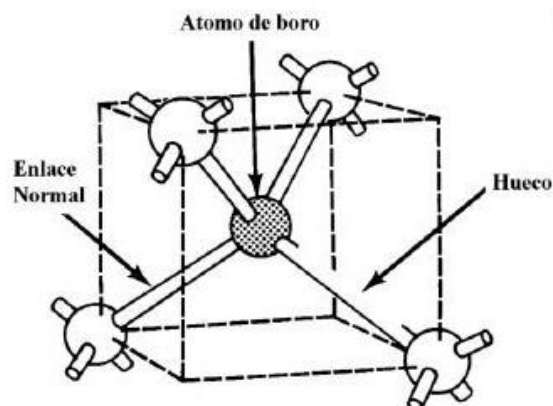


Figura 2.10: Representação da dopagem com boro, adaptado de [41].

A célula fotovoltaica é composta por uma camada fina de silício do tipo n, que está direcionada para o sol, e outra camada de maior espessura do tipo p; ao se juntarem as camadas do silício do tipo p e do tipo n, obtém-se a junção p-n, onde é gerado um campo elétrico devido aos elétrons do silício do tipo n se movimentarem para ocupar as lacunas da estrutura do silício do tipo p, conforme a Figura 2.11.

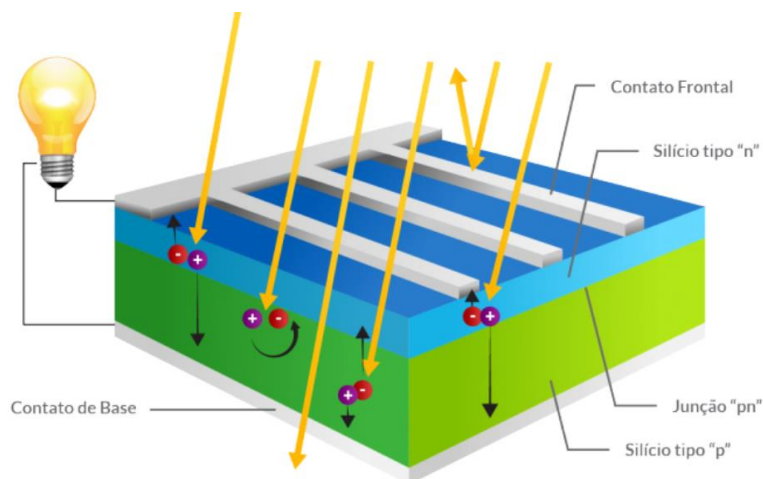


Figura 2.11: Funcionamento de uma célula fotovoltaica de silício cristalizado, adaptado de [42].

#### 2.5.4 Módulo Fotovoltaico

Uma única célula fotovoltaica, por si só, não possui capacidade de produzir energia para as mais variadas aplicações, dado que a potência de uma célula fotovoltaica varia de entre 1 a 3 W, com uma tensão menor que 1 V [20] [22]. Portanto, para se obter uma maior disponibilidade de potência, as células são agrupadas, ou seja, ligadas em série ou em paralelo, de forma a alcançar os valores desejados de tensão e de corrente para as várias aplicações de utilização de eletricidade [22].

Um módulo fotovoltaico é composto por células fotovoltaicas, onde estas são agrupadas numa estrutura para proteção contra tensões mecânicas, condições climáticas, humidade e, ainda, para garantir o isolamento elétrico entre células. O material de encapsulamento das células pode ser de Etileno Vinil Acetato (EVA), ou de resina fundida, sendo aplicado ao material de encapsulamento um substrato de vidro.

Na parte orientada ao sol, como substrato frontal, é utilizado o vidro com um baixo teor de ferro, o qual apresenta uma elevada transmissão luminosa. Para o substrato posterior pode ser utilizado um vidro endurecido convencional ou uma placa opaca, como ilustra a Figura 2.12 [22].



Figura 2.12: Representação da composição de um painel, adaptado de [43].

A Figura 2.13 representa a ligação em paralelo dos painéis (ou módulos), formando um arranjo (array do inglês) fotovoltaico, que permite aumentar a corrente aos terminais da associação, mantendo a tensão.



Figura 2.13: Representação de um módulo e arranjo fotovoltaico, adaptado de [44].

## Capítulo 3

### 3 Energias Renováveis - Energia Eólica

“O vento sopra para o sul e vira para o norte; dá voltas e voltas, seguindo sempre o seu curso” (Eclesiastes 1:6).

O vento é um tipo de fonte energética gratuito, limpo e inesgotável, resultante do aquecimento desigual na atmosfera a partir do sol, das irregularidades da superfície da Terra, bem como da sua rotação [41].

O ar é um conjunto de gases, e por isso, está sujeito a todas as características físicas. Sendo assim, o ar quente expande-se mais que o frio, tornando-se menos denso e tendendo a subir e sendo substituído pelo ar frio que é mais denso [42].

Na Figura 3.1, ilustra-se a formação dos ventos, através do deslocamento das massas de ar. Portanto, o vento é gerado pelo maior aquecimento da superfície da Terra perto da linha do equador do que perto dos pólos. Isto permite que os ventos das superfícies frias circulem dos pólos para o Equador, para substituir o ar quente que sobe nos trópicos e se move pela atmosfera superior até os pólos, fechando o ciclo [42].

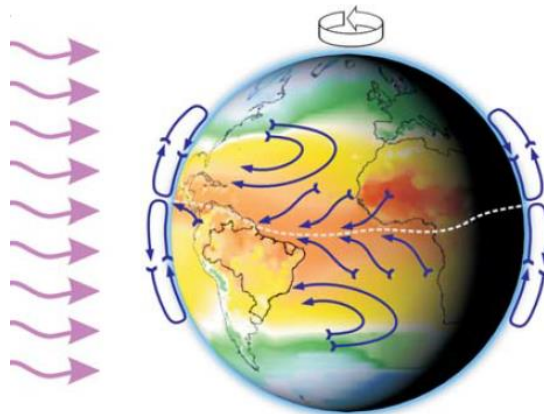


Figura 3.1: Formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar, adaptado de [42].

#### 3.1 Características do vento

O vento é um escoamento com características especiais. Estas características têm de ser devidamente contabilizadas e tidas em conta quando se pretende instalar um aproveitamento de energia eólica.

### 3.1.1 Obstáculos

Os eventuais obstáculos à passagem do ar têm uma influência significativa na diminuição da velocidade do vento, como por exemplo os edifícios, árvores e formações rochosas, e são fontes de turbulência na sua vizinhança.

A Figura 3.2, revela o modo como o escoamento é afetado na área envolvente ao obstáculo. É possível observar que a zona turbulenta se pode estender até cerca de três vezes a altura do obstáculo, sendo mais intensa na parte de trás do que na parte da frente do obstáculo [43].

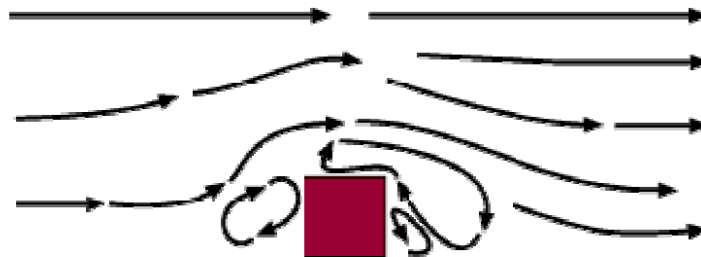


Figura 3.2: Escoamento na zona envolvente de um obstáculo, adaptado de [43].

A redução na velocidade do vento depende das dimensões e da porosidade do obstáculo. A porosidade  $p$  calcula-se através da equação 3.1 [43]:

$$p = 1 - \frac{A_T}{A_{ef}} \quad (3.1)$$

Onde  $A_T$  é a área total ocupada pelo objeto e  $A_{ef}$  é a sua área efetiva ou útil. Por exemplo, um edifício tem porosidade nula; a porosidade das árvores varia entre o verão e o inverno de acordo com a quantidade das suas folhas [43].

### 3.1.2 Efeito de esteira

O efeito de esteira é outro aspeto a considerar quando se trata do aproveitamento da energia do vento. Uma vez que uma turbina eólica produz energia mecânica a partir da energia do vento incidente, o vento que sai da turbina tem um conteúdo energético muito inferior ao do vento que entrou na turbina [43].

Na verdade, na parte de trás da turbina forma-se uma esteira de vento turbulento e com velocidade reduzida relativamente ao vento incidente. A fotografia da Figura 3.3 foi obtida injetando fumo branco no ar que passa através da turbina, para mostrar a situação que se descreveu [43].



Figura 3.3: Efeito de esteira, adaptado de [43].

Como consequência da existência deste efeito, a colocação das turbinas num parque eólico tem de ser efetuada de modo criterioso. É habitual espaçar as turbinas com uma distância entre cinco e nove diâmetros na direção preferencial do vento e de entre três e cinco diâmetros na direção perpendicular [43].

### 3.2 Potencial eólico - Situação Mundial

Segundo o relatório da REN21, a nível mundial a energia eólica continuou bastante estável em 2018, com cerca de 51 GW de capacidade instalada em todo o mundo (incluindo aproximadamente 47 GW onshore e 4,5 GW offshore), abaixo de aproximadamente 4% relativamente ao ano de 2017 [5].

Portanto, a REN21 considera o ano de 2018 como o quinto ano consecutivo com adições de potência instalada anuais superiores a 50 GW, mas também o terceiro ano de declínio após o pico em 2015, quando somente a China instalou mais de 30 GW [5]. As adições em 2018 aumentaram a capacidade acumulada de 9% para 591 GW, com cerca de 568,4 GW onshore e o restante operando offshore [5], conforme ilustra a Figura 3.4.

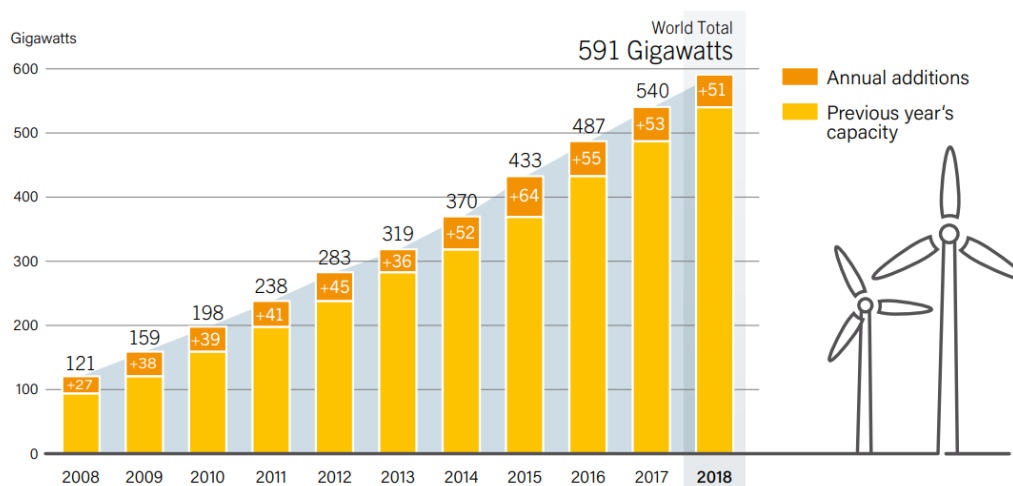


Figura 3.4: Capacidade global de energia eólica e adições anuais, 2008-2018, adaptado de [5].

Pelo décimo ano consecutivo, a Ásia foi o maior mercado regional, representando quase 52% (acima de 48%) da capacidade adicionada, com um total superior a 262 GW até o final do ano. Seguiram-se a Europa (quase 22%), a América do Norte (quase 16%) e América Latina e o Caribe (mais de 7%) como principais responsáveis pela maior parte das restantes instalações em 2018 [5]. Na Figura 3.5, observa-se que em 2018 a China tornou-se no primeiro país a exceder 200 GW de capacidade de energia eólica e viu um aumento em novas instalações de 7,5% após dois anos de declínio [5]. Aproximadamente 21,1 GW foram adicionados (19,5 GW onshore e quase 1,7 GW offshore), elevando a capacidade instalada total para aproximadamente 210 GW [5].

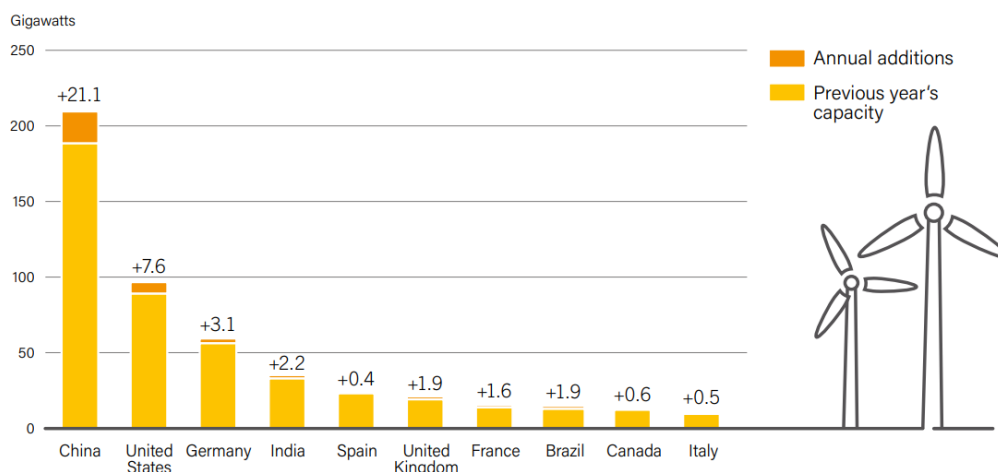


Figura 3.5: Capacidade e adições de energia eólica nos 10 principais países em 2018, adaptado de [5].

Portanto, no continente africano desde 2002, a África subsaariana tem ganhado cada vez mais atenção em trabalhos académicos relacionados com a situação energética no continente, portanto, a África enfrenta um sério desafio no cumprimento dos compromissos de mitigação das mudanças climáticas; devido a recentes descobertas de petróleo e gás nos países africanos, e também pelas rápidas trajetórias do seu crescimento, implicará um maior volume de emissões de dióxido de carbono [44]. Entretanto, o setor energético da África apresenta uma característica única, já que atualmente grande parte da energia africana resulta de recursos de energia renovável, principalmente de energia hidroelétrica. Contudo, a transição para energia limpa no contexto africano deve ser entendida não como uma transição em si, mas como uma modernização e expansão de energia limpa [44].

Em 2016, o potencial indicativo da África para a energia eólica foi estimado em 109.000 MW, com as melhores condições de vento nas regiões costeiras [45]. O corno de África, leste do Quênia, partes da África Ocidental e central na fronteira com o Saara e partes da África Austral apresentam recursos eólicos de alta qualidade [44]. Em 2017, apenas 4370 MW - uma pequena fração do potencial total - eram explorados na África, como se ilustra na Tabela 3.1. Essa energia eólica foi produzida por apenas 16 países africanos e concentrou-se predominantemente em três deles, a saber: África do Sul, Egito e Marrocos, que juntos detinham 84% da capacidade total instalada de energia eólica do continente [44].

A maior parte do desenvolvimento eólico no continente africano localiza-se em terra e não há capacidade eólica instalada no mar, embora a quantidade de capacidade instalada de energia eólica em África quase tenha quadruplicado nos últimos cinco anos.

A Somália tem o maior potencial onshore, seguida pelo Sudão, Líbia, Mauritânia, Egito, Madagáscar e Quênia; já para o potencial de energia eólica offshore, as condições ideais observam-se na costa de Madagáscar, Moçambique, Tanzânia, Angola e África do Sul [44]. Na Tabela 3.2, mostram-se as metas ambiciosas sobre a energia eólica, estabelecida pelos países africanos (25 países) em 2016.

Tabela 3.1: Capacidade instalada de energia eólica (MW) na África 1995-2017, adaptado de [46].

País	1995	1999	2001	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	%
África do Sul				3	3	3	8	8	10	10	10	10	570	1053	1471	2085	47,7
Egito	5	15	125	145	230	310	365	430	550	550	550	550	610	810	810	810	18,5
Marrocos			54	64	124	124	134	253	286	291	291	291	787	787	787	787	18,0
Etiópia									30	30	52	171	171	324	324	324	7,4
Tunísia				20	20	20	54	54	104	104	104	104	245	245	245	245	5,6
Mauritânia												4	4	34	34	34	0,8
Quênia				0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	5	5	5	5	5	26	26	26	0,6
Cabo Verde		3	3	3	3	3	3	12	24	24	24	24	24	24	24	24	0,5
Maurícia								11	11	11	11	11	11	11	11	11	0,3
Argélia													10	10	10	10	0,2
Seychelles												6	6	6	6	6	0,1
Somália											2	2	2	3	3	3	0,1
Nigéria				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0,05
Madagáscar											11	11	11	11	11	11	0,02
Chade															11	11	0,02
Eritreia						11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	0,02
Total	5	18	182	237	382	463	567	761	1013	1019	1043	1172	2440	3327	3756	4370	100

Tabela 3.2: Metas para energia eólica por país em África em 2016, adaptado de [46].

País	Metas de energia eólica	Produção de energia eólica/2016
Argélia	5100 MW até 2030	10 MW
Angola	100 MW até 2025	
Benin	10 MW até 2020	
Botsuana	30 MW até 2016	
Burundi	10 MW até 2020	
Cabo Verde	76 MW até 2020	24 MW
Egito	7200 MW até 2020	810 MW
Eritreia	5 MW (sem data)	1 MW
Etiópia	7000 MW até 2030	324 MW
Guiné	2% até 2025	
Quênia	2036 MW até 2030	26 MW
Lesoto	6000 MW até 2025	
Líbia	1000 MW até 2025	
Madagáscar	5% até 2030	1 MW
Mauritânia		34 MW
Maurícia	6% até 2020 e 8% até 2025	11 MW
Marrocos	2000 MW até 2020	787 MW
Moçambique	2000 MW (sem data)	
Nigéria	40 MW até 2025	2 MW
Seychelles		6 MW
Serra Leone	2 MW até 2030	
África do Sul	9200 MW até 2030	2085 MW
Sudão	680 MW até 2031	
Tanzânia	50 - 100 MW até 2030	
Tunísia	1800 MW até 2030	245 MW

### 3.3 Tecnologias Eólicas

Para que se consiga produzir energia elétrica a partir da energia contida no vento existe um fator preponderante: é necessário ter um fluxo permanente e razoavelmente forte do vento [20].

Os aerogeradores modernos são projetadas para atingirem a potência máxima para velocidades do vento na ordem de 13 a 16 m/s; portanto, a energia disponível para uma turbina eólica é a energia cinética  $E_{cin}$  (J) associada a um volume de ar de massa  $m$ , que se desloca a uma velocidade uniforme e constante  $u$  (m/s) na direção  $x$ , dada pela equação 3.2 [20]:

$$E_{cin} = \frac{1}{2} m(u^2) = \frac{1}{2} (\rho Ax) u^2 \quad (3.2)$$

Onde:  $A$  representa a seção plana transversal,  $\rho$  é a densidade do ar ( $kg/m^3$ ),  $x$  é a espessura do volume de ar.

Portanto, a potência disponível no vento  $P_{disp}$  (W) é proporcional ao cubo da velocidade do vento, dada pela equação 3.3 [20]:

$$P_{disp} = \frac{dE_{cin}}{dt} = \frac{1}{2} \left( \rho A \frac{dx}{dt} \right) u^2 = \frac{1}{2} \rho A u^3 \quad (3.3)$$

A potência disponível é fortemente dependente da velocidade do vento, ou seja, quando esta duplica, a potência aumenta oito vezes, mas duplicando a área varrida pelas pás da turbina, o aumento é só de duas vezes, e quando a velocidade do vento desce para metade, a potência reduz-se a 12,5% [43].

É possível verificar na Tabela 3.3 a variação da densidade do ar com a temperatura, à pressão atmosférica normal, e pode-se observar que a densidade do ar, bem como a potência disponível do vento diminui com o aumento de temperatura [20]. Por exemplo à temperatura de 15 °C, corresponde a uma densidade de 1,225 kg/m<sup>3</sup>.

A informação sobre o recurso eólico de um local, independentemente das características das turbinas a instalar, pode ser apresentada em termos da densidade de potência disponível no vento (W/m<sup>3</sup>), isto é, potência por unidade de área varrida pelas pás da turbina, como mostra a Figura 3.6.

Tabela 3.3: Variação da densidade do ar com a temperatura, à pressão atmosférica normal, adaptado de [20].

Temperatura (°C)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Variação (%)
-25	1,423	116
-20	1,395	114
-15	1,368	112
-10	1,342	110
-5	1,317	108
0	1,292	105
5	1,269	104
10	1,247	102
15	1,225	100
20	1,204	98
25	1,184	97
30	1,165	95
35	1,146	94
40	1,127	92

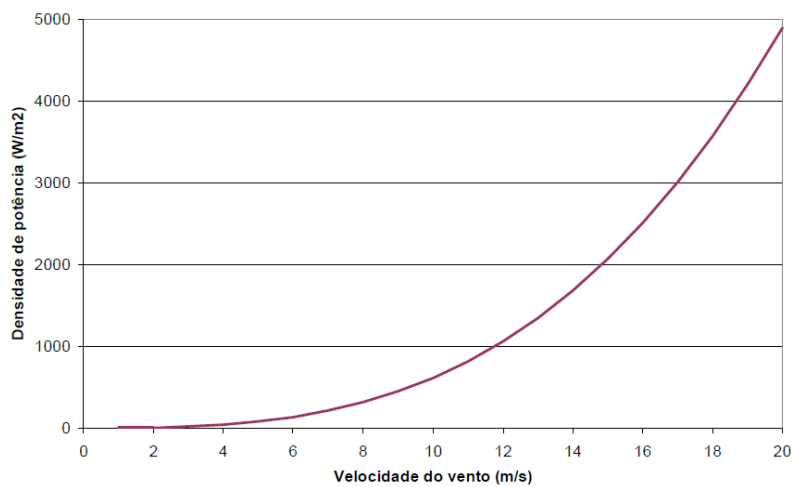


Figura 3.6: Densidade de potência disponível no vento, adaptado de [43].

### 3.3.1 Coeficiente de potência ( $C_p$ )

A equação 3.2 indica a potência disponível no vento na ausência de turbina, e esta potência não pode ser integralmente convertida em potência mecânica no veio da turbina, uma vez que o ar, depois de atravessar o plano das pás, tem de sair com velocidade não nula [43].

A aplicação de conceitos da mecânica de fluidos permite demonstrar a existência de um máximo teórico para o rendimento da conversão eolomecânica, sendo o seu valor dado por  $\frac{16}{27} \cong 59,3\%$ , e é conhecido por limite de Betz [20]. De seguida é demonstrado este limite.

Assumindo que a velocidade média do vento através do rotor de uma turbina é a média das velocidades,  $u_1$ , antes da turbina, e da velocidade,  $u_2$ , depois da passagem pela turbina, a massa de ar através da seção plana do rotor da turbina, na unidade de tempo, o chamado caudal mássico  $m_r$ , é dado pela equação 3.4 [43]:

$$m_r = \rho A \frac{u_1 + u_2}{2} \quad (3.4)$$

A potência extraída do vento pelo rotor da turbina,  $P_r$ , é, portanto, proporcional à diferença dos quadrados das velocidades  $u_1$  e  $u_2$  e expressa pela equação 3.5 [20]:

$$P_r = \frac{1}{2} \rho A \frac{u_1 + u_2}{2} (u_1^2 - u_2^2) = \frac{1}{4} \rho A u_1 \left(1 + \frac{u_2}{u_1}\right) u_1^2 \left(1 - \frac{u_2^2}{u_1^2}\right) \quad (3.5)$$

A potência disponível no vento  $P_{disp}$  é:

$$P_{disp} = \frac{1}{2} \rho A u_1^3 \quad (3.6)$$

Dividindo a potência extraída do vento da equação 3.5, pela respetiva potência disponível (equação 3.6) obtém-se:

$$\frac{P_r}{P_{disp}} = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{u_2}{u_1}\right) \left[1 - \left(\frac{u_2^2}{u_1^2}\right)\right] \quad (3.6)$$

A Figura 3.7, ilustra a variação de  $P_r/P_{disp}$  com  $\frac{u_2}{u_1}$ , podendo verificar-se que o máximo ocorre no ponto (1/3, 16/27), isto é, o máximo de potência que pode ser extraída do vento é:

$$P_r = (16/27) P_{disp}, \text{ que se verifica quando } u_2 = \frac{1}{3} u_1 \text{ [20].}$$

Assim sendo, numa turbina ideal só poderá extrair-se, no máximo, cerca de 59,3% da potência disponível no vento para ser convertida; portanto, na prática, este limite não é atingido devido a imperfeições mecânicas [20].

As modernas turbinas eólicas conseguem converter, no máximo, cerca de 48% a 50% da potência disponível, o que representa mais de 80% do máximo teórico [20].

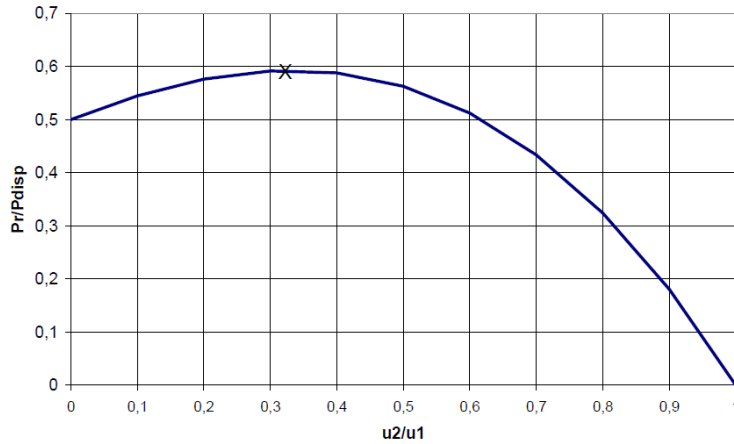


Figura 3.7: Variação de  $P_r/P_{disp}$  com  $u_2/u_1$ , adaptado de [43].

O rendimento efetivo da conversão numa turbina eólica, ou coeficiente de potência  $C_p$ , depende da velocidade do vento e é dado pela equação 3.7:

$$C_p(u) = \frac{P_m}{P_{disp}} \quad (3.7)$$

Onde  $P_m$  é a potência mecânica disponível no veio da turbina. Embora a definição de  $C_p$  seja a dada pela equação 3.7, os fabricantes de aerogeradores têm por hábito incluir o rendimento do gerador elétrico no valor de  $C_p$ , dado pela equação 3.8 [43]:

$$C_p(u) = \frac{P_e}{P_{disp}} \quad (3.8)$$

Em que  $P_e$  é a potência elétrica fornecida aos terminais do gerador,  $C_p$  é o coeficiente de potência e  $P_{disp}$  é a potência disponível.

A potência elétrica que pode ser recolhida aos terminais de um gerador eólico é dada pela equação 3.9 [20]:

$$P_e = \frac{1}{2} C_p(u) \rho A u_1^3 \quad (3.9)$$

### 3.3.2 Curva de potência do aerogerador

Como já demonstrado, a potência disponível no vento depende da sua velocidade, bem como da potência elétrica fornecida pelo gerador eólico.

Não se pode afirmar que a potência elétrica também siga uma lei de variação cúbica com a velocidade do vento, porque o coeficiente de potência não é constante, antes depende também da própria velocidade do vento [20].

Mas, é favorável afirmar-se que a potência elétrica varia, aproximadamente, com o cubo da velocidade do vento, pelo menos na zona de funcionamento em que se pretende que o aerogerador extraia do vento a máxima potência possível [20].

Os geradores eólicos são projetados para gerarem a máxima potência a uma determinada velocidade do vento. Esta potência é conhecida como potência nominal e a velocidade do vento a que ela é atingida é designada de velocidade nominal do vento. Esta velocidade é ajustada de acordo com o regime de ventos no local, sendo habitual encontrar valores entre 13 a 16 m/s [20].

Na Figura 3.8, ilustra-se um exemplo de uma curva de potência (Power curve), isto é, a característica potência elétrica-velocidade do vento, correspondente a um sistema de conversão de energia eólica com potência nominal de 660 kW.

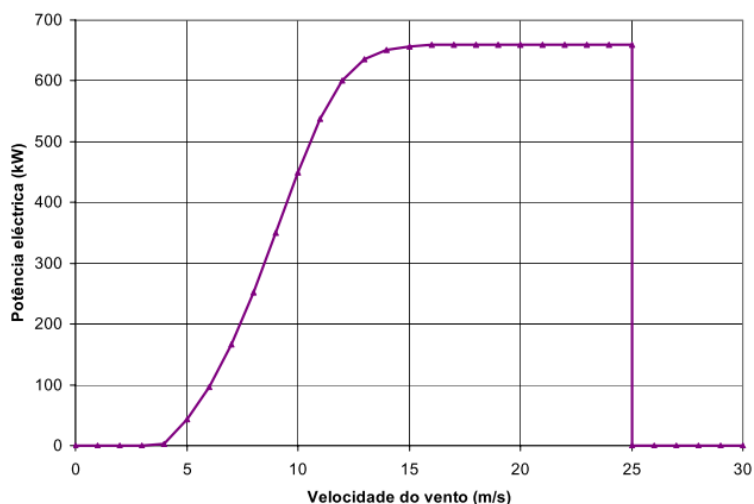


Figura 3.8: Curva de potência de um gerador eólico de 660 kW, adaptado de [43].

Observa-se que devido à lei de variação cúbica da potência com a velocidade do vento, para velocidades abaixo de um certo valor, chamada de velocidade do vento de arranque (Cut-in wind speed) normalmente, cerca de 4 - 5 m/s, não interessa extrair energia, pelo que o aerogerador não está ligado à rede [20].

Existe depois uma zona de funcionamento que se estende até à velocidade nominal do vento, e que corresponde à regulação do aerogerador para extrair do vento a máxima potência possível; neste regime, a potência elétrica varia, aproximadamente, com o cubo da velocidade do vento [20]. Para valores superiores à velocidade nominal do vento (Rated wind speed) não é

económico aumentar a potência, pois isso obrigaria a robustecer a construção e, do correspondente aumento no investimento, apenas se tiraria partido durante poucas horas no ano: assim, o gerador eólico é regulado para funcionar a uma potência constante, provocando-se, artificialmente, uma diminuição no rendimento da conversão [20]. Quando a velocidade do vento se torna perigosamente elevada, a partir da chamada velocidade de paragem (Cut-out wind speed), isto é, velocidades superiores a cerca de 25 - 30 m/s, o aerogerador é desligado por razões de segurança [20].

### 3.3.3 Turbinas eólicas

No sistema eólico, o elemento que realiza conversão, ou seja, que converte a energia cinética do vento em energia mecânica de rotação, é o rotor, pois é onde são fixadas as pás da turbina. A configuração do rotor influencia diretamente o rendimento do sistema eólico. As turbinas eólicas podem ser classificadas segundo vários critérios, sendo o mais importante aquele que utiliza a orientação do eixo como fator de classificação. Assim sendo, estes encontram-se divididos em duas classes: os de eixo horizontal e os de eixo vertical.

#### a) Turbina eólica de eixo horizontal

A turbina eólica de eixo horizontal é uma turbina na qual o eixo de rotação do rotor é paralelo à corrente de vento e ao solo. Atualmente, a maioria das turbinas eólicas de eixo horizontal (horizontal Axis Wind Turbine) tem duas ou três pás, embora algumas possam ter menos ou mais pás. O projeto das pás do rotor, no qual a forma da pá e o ângulo de ataque em relação à direção do vento tem uma influência determinante, beneficiou do conhecimento da tecnologia das asas dos aviões, que apresentam um funcionamento semelhante [47]. O rotor pode ser colocado a montante ou a jusante (upwind ou downwind) da torre. A opção upwind, em que o rotor está colocado a montante da torre, generalizou-se devido ao fato de o vento incidente não ser perturbado pela torre [20], como mostra a Figura 3.9.



Figura 3. 9: Representação da opção "upwind", adaptado de [47].

Já a opção downwind, em que o rotor está colocado a jusante da torre, permite o auto-alinhamento do rotor na direção do vento, mas tem vindo a ser progressivamente abandonada, pois o escoamento é perturbado pela torre antes de incidir no rotor [20], como ilustra a Figura 3.10.

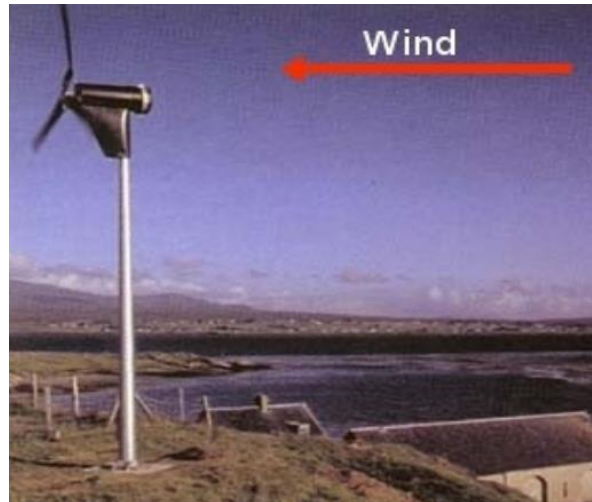


Figura 3.10: Representação da opção "downwind", adaptado de [47].

O acréscimo na energia capturada do vento está estimado em cerca de 3 a 5% quando se passa de duas para três pás, mas esta percentagem vai-se tornando progressivamente menor à medida que se aumenta o número de pás [20]. Esta razão motivou que a grande maioria das turbinas em operação apresente rotores com três pás, apesar da solução com duas pás configurar benefícios relacionados com a diminuição de peso e de custo [20]. A Figura 3.11, ilustra uma turbina de eixo horizontal com três pás.



Figura 3.11: Turbina de eixo horizontal, adaptado de [47].

## b) Turbina eólica de eixo vertical

A turbina eólica de eixo vertical é uma tecnologia antiga, datada de há quase 4.000 anos atrás, e diferem das turbinas eólica de eixo horizontal (Horizontal Axis Wind Turbine - HAWT); o rotor da turbina de eixo vertical (Vertical Axis Wind Turbine - VAWT) gira verticalmente em torno de seu eixo, em vez de horizontalmente. Embora não seja tão eficiente quanto uma HAWT, esta oferece benefícios em situações de vento fraco, para os quais os HAWTs apresentam dificuldade em operar. Tende a ser mais fácil e segura de instalar, e pode estar próxima do solo e lidar com a turbulência melhor do que a HAWT [47]. As turbinas de eixo vertical geralmente enquadram-se em duas classes principais: com base em elevador (Darrieus) ou em arrasto (Savonius) [48]. As turbinas de Darrieus, têm um estilo vertical de aerofólio (pás) alto (algumas parecem ter a forma de "batedor de ovos"), como ilustra a Figura 3.12.

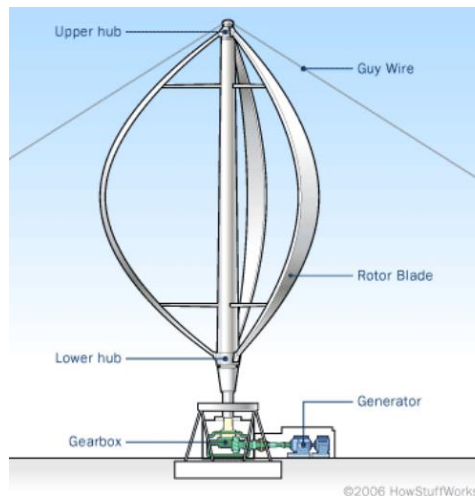


Figura 3.12: Turbina de eixo vertical do tipo Darrieus, adaptado de [47].

As turbinas baseadas em arrasto, ou Savonius, geralmente têm rotores com palhetas sólidas ("conchas") que giram em torno de um eixo vertical, conforme a Figura 3.13. Na Tabela 3.4, é apresentado um quadro comparativo entre as turbinas de eixo horizontal e de eixo vertical.



Figura 3.13: Turbina de eixo vertical do tipo Savonius, adaptado de [49].

Tabela 3.4: Quadro comparativo entre as turbinas de eixo horizontal e de eixo vertical [47].

Turbina de eixo horizontal	Turbina de eixo vertical
O eixo de rotação da turbina eólica permanece horizontal ou paralelo ao solo.	O eixo rotativo permanece vertical ou perpendicular ao solo.
É capaz de produzir mais eletricidade a partir de uma determinada quantidade de vento.	Produz até 50% mais eletricidade anualmente, em comparação com turbinas convencionais com a mesma área varrida.
É adequada para grandes aplicações de vento.	É adequada para pequenos projetos eólicos e aplicações residenciais.
Mais pesada e inadequada para ventos turbulentos.	Mais leve e produz bem em condições de vento agitado.
Não é adequada para gerar eletricidade a partir da velocidade do vento abaixo de 6 m/s e geralmente desliga-se para a velocidade de 25 m/s.	Gera eletricidade em ventos de até 2 m/s e continua a gerar energia para velocidades de vento de até 65 m/s dependente do modelo.
Não podem suportar condições climáticas extremas devido à geada, chuva congelante ou neve pesada, além de ventos fortes acima de 50 m/s.	Suporta condições climáticas extremas, como gelo, areia, sal, humidade e condições de vento muito acima de 60 m/s.
Os pássaros são feridos ou mortos pelas hélices, pois não são objetos sólidos, de modo que os pássaros voam para as pás.	Não prejudica a vida selvagem, pois os pássaros podem detetar um objeto sólido e podem ser vistos no radar de aeronaves.
A maioria tem auto-arranque.	Baixo binário de arranque e pode exigir energia para começar a girar.
Difícil de transportar e instalar.	Menores custos de construção e transporte.

## Capítulo 4

### 4 Energias renováveis - Energia das Ondas

A energia das ondas tem cada vez mais interesse e aceitação como um recurso renovável promissor para substituir parte do fornecimento de energia, embora esta ainda seja imatura em comparação com outras tecnologias renováveis [50]. Espera-se que em 2040 o consumo global de energia represente cerca de 30% mais do que o de 2010, e a geração de eletricidade em 2040 será superior a 40% do consumo global de energia [50].

As fontes de energia tradicionais são finitas, pelo que essa demanda não poderá ser atendida no futuro próximo somente com recurso a essas fontes. Portanto, espera-se que as energias renováveis contribuam fortemente para suprir essa demanda. Grandes esforços foram realizados no desenvolvimento da geração de energia solar e eólica, nas últimas três décadas, mas existe uma outra fonte com alto potencial de energia que está lentamente a começar a estabelecer-se e a despertar um grande interesse, fonte essa a energia das ondas [50].

Aproveitar a energia das ondas não é um conceito novo, e considera-se que essa energia tem vindo a ser aproveitada há séculos, as ondas já eram usadas para movimentar os moinhos no século XIII na China, mas só em 1799 se obteve a primeira patente de autoria de Girard e do seu filho, na França [50][51].

No entanto, em 1910, o francês Praceique-Bochaux desenvolveu uma das primeiras aplicações que usou energia das ondas para abastecer de eletricidade a sua residência, utilizando um sistema pneumático, semelhante ao que hoje é conhecido como coluna de água oscilante [50]. A exploração da energia das ondas oceânicas iniciou-se aproximadamente em 1970, com o capitão japonês Yoshio Masuda que, ao desenvolver uma bóia para marcação de navegação, incluiu no projeto um gerador de coluna de água oscilante para fornecer a energia para a mesma [52].

Devido ao necessário e avultado suporte financeiro, até hoje muito poucos aproveitamentos importantes da energia das ondas têm sido desenvolvidos.

#### 4.1 Potencial Energético das Ondas

A energia contida nos oceanos pode ter diferentes origens, o que origina também diferentes classificações. As mais relevantes são, sem dúvida, a energia das marés, fruto da interação dos campos gravíticos da lua e do sol, a energia térmica dos oceanos, consequência direta da radiação solar incidente, a energia das correntes marítimas, cuja origem está nos gradientes de temperatura e salinidade e na ação das marés e finalmente a energia das ondas, que resulta

do efeito do vento na superfície do oceano [53]. Em regiões costeiras, a densidade de energia presente nas ondas diminui devido à interação com o fundo do mar [53]. A potência de uma onda é proporcional ao quadrado da sua amplitude e ao seu período. Ondas de elevada amplitude (cerca de 2 m) e de período elevado (7 a 10 s) excedem normalmente os 50 kW por metro de frente de onda [53].

A energia das ondas apresenta-se assim como particularmente atrativa para ilhas ou países com grandes faixas costeiras, pelo que, após o choque petrolífero de 1973, países que satisfazem as condições geográficas necessárias e partilham as necessidades de importação de energia, elegeram a energia das ondas para programas de carácter governamental ou para pesquisa em instituições de investigação e desenvolvimento [53]. Estima-se que o potencial energético anual teórico das ondas nas costas dos Estados Unidos é o equivalente a cerca de 64% da geração de eletricidade dos EUA em 2018 [54].

As costas ocidentais dos Estados Unidos e da Europa, e as costas do Japão e da Nova Zelândia, incluindo África, principalmente nas zonas costeiras da África do sul, Namíbia e parte sul de Angola, concretamente na província do Namibe (município do Tômbua), têm locais potenciais para aproveitar a energia das ondas. A Figura 4.1 ilustra a distribuição mundial do potencial energético da energia das ondas.

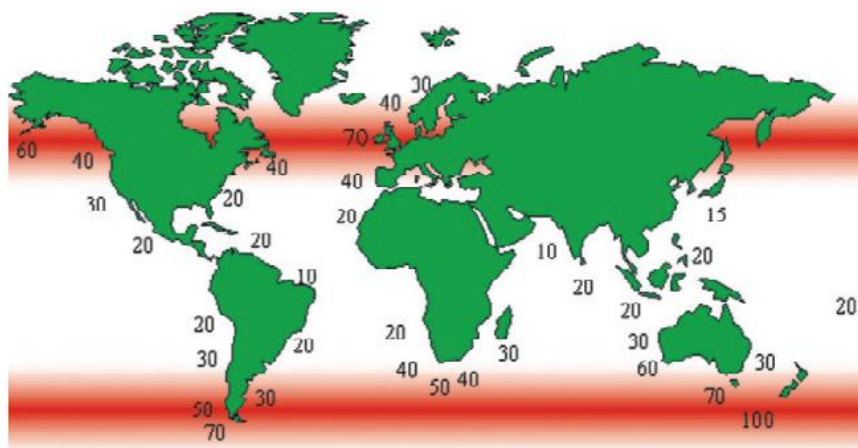


Figura 4.1: Distribuição do potencial global das ondas em kW/m de frente de onda, adaptado de [55].

## 4.2 Tecnologias de conversão de energias das ondas

Desde o início do processo de desenvolvimento das diversas possibilidades para extração de energia das ondas até à presente dada, surgiram diferentes tecnologias com finalidade de fazer frente a este grande desafio.

Atualmente verifica-se pouca existência de concorrência entre diversas empresas que estão envolvidas nos projetos relacionados com esta energia, portanto, esta situação poderá ser

diferente num futuro muito próximo, uma vez que o crescente interesse em explorar este recurso originará o surgimento de soluções que permitiram a exploração desta energia. Como existem muitos dispositivos para extração de energia das ondas, é fulcral estabelecer um critério de classificação entre os diferentes tipos de tecnologias. O critério de classificação maioritariamente utilizado pelos investigadores prende-se com a sua distância à costa, podendo-se agrupar os dispositivos da seguinte forma [53]:

- a) Dispositivos costeiros (nomenclatura inglesa shoreline);
- b) Dispositivos próximos da costa (near-shore);
- c) Dispositivos afastados da costa (offshore).

Os dispositivos near-shore e offshore podem ser considerados equiparáveis, porém existindo uma diferença fulcral entre eles, que está relacionada com a profundidade da água no local de instalação. Os sistemas near-shore são instalados em determinados lugares ou locais onde a profundidade é inferior a 20 m, e os dispositivos são assentes no fundo do mar; os sistemas offshore são instalados em locais com profundidades de cerca de 50 m, e neste caso os dispositivos são normalmente flutuantes. É importante ter-se a noção de que a uma profundidade de 50 m o fluxo energético das ondas é superior ao das zonas com profundidades que rondem os 20 m [53].

Os dispositivos costeiros possuem vantagens significativas quando comparados com os outros dois tipos, mormente a facilidade de acesso e ausência de amarrações, mas também alguns inconvenientes nomeadamente restrições ao nível da localização, exigindo locais com uma boa visibilidade e profundidade, o que resulta num maior impacto ambiental visual [56]. Um outro tipo de classificação está relacionado com a forma como o dispositivo converte a energia das ondas. Neste sentido são considerados três tipos de dispositivos [53]:

- i. Coluna de água oscilante, CAO (nomenclatura Inglesa: OWC - Oscillating Water Column);
- ii. Corpos flutuantes, podendo ser de absorção pontual (Point absorbers) ou progressivos (Surging devices);
- iii. Galgamento (Overtopping devices).

Uma vez que as duas classificações são fortemente relacionadas, para este trabalho elegeu-se a primeira.

### **4.3 Dispositivos costeiros**

Estes tipos de dispositivos normalmente são instalados diretamente na costa, ou seja, são apenas fixos nela, e apresentam a vantagem de uma maior facilidade de instalação e manutenção. Estes sistemas não necessitam de ancoradouros de águas profundas e grandes

extensões de cabos elétricos subaquáticos. Porém, embora tendo estas vantagens, nestas zonas o regime energético das ondas é muito reduzido quando comparado com o das zonas mais profundas. A redução da energia deve-se às forças de atrito, fruto da interação entre a onda e o fundo do mar, e também está associada à dissipação da energia na rebentação das ondas. No entanto, este problema pode ser eliminado no processo de seleção do local de implementação do dispositivo, procurando-se zonas onde exista uma maior concentração natural de energia.

#### **4.3.1 Dispositivos de coluna de água oscilante (CAO)**

Os dispositivos de coluna de água oscilante (CAO) consistem basicamente em estruturas ocas parcialmente submersas, que se encontram abertas para o mar abaixo da superfície livre da água do mar.

O processo de geração de eletricidade é baseado em duas fases, a primeira ocorre quando uma onda entra na estrutura e o ar que se encontrava dentro dela é forçado a passar por uma turbina, como consequência direta do aumento de pressão na câmara de ar. A segunda regista-se quando a onda regressa ao mar e o ar passa novamente na turbina, desta vez no sentido inverso, dada a pressão inferior no interior da câmara de ar.

Para aproveitar ambos estes movimentos de sentidos opostos, a turbina utilizada é normalmente do tipo Wells, que possui a propriedade de manter o sentido de rotação independentemente do sentido do escoamento, e o grupo turbina/gerador é o responsável pela produção de energia elétrica [53].

A CAO é tida como uma das tecnologias mais investigadas em protótipos instalados em vários países, nomeadamente na Escócia, no Japão, na Índia, na China e em Portugal (Açores) [53] [56]. De seguida são apresentadas duas centrais baseadas nesta tecnologia: a de LIMPET e a da ilha do Pico.

##### **a) LIMPET**

O LIMPET (Land Installed Marine Power Energy Transmitter) de potência nominal de 500 kW, é um dispositivo que utiliza a tecnologia de coluna de água oscilante (CAO), localizado perto de Pornahaven, na ilha de Islay na Noruega, e a sua construção foi concluída no ano de 2000, ano em que se iniciou também a sua exploração [57].

Esta central foi construída numa estrutura de betão in-situ com uma unidade de geração de energia, instalada atrás da estrutura de betão, constituída por turbinas Wells montadas diretamente no eixo do gerador.

A estrutura de engenharia civil foi construída numa encosta rochosa, que teve de ser escavada de topo para o nível do mar, deixando um dique rochoso para proteção e facilitar a construção [57]. As Figuras 4.2 e 4.3 ilustram esta central.

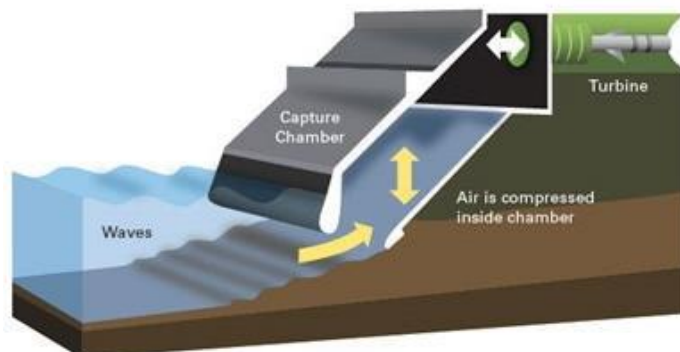


Figura 4.2: Representação do funcionamento da central LIMPET, adaptado de [57].



Figura 4.3: Central LIMPET, adaptado de [58].

#### b) Central do Pico

A central do Pico, localiza-se no Porto do Cachorro, na costa noroeste da ilha do Pico (Portugal - Açores). A conceção desta central foi inteiramente portuguesa, assim como os equipamentos, à exceção dos mecânicos.

Conta com uma potência de 400 kW, e estiveram envolvidos no projeto e construção desta central o Instituto Superior Técnico de Lisboa (responsável científico do projeto comunitário associado), a EDP, a EDA, a Profabril (projeto, coordenação e fiscalização da obra de engenharia civil), a PROETI (coordenação e fiscalização do equipamento), a EFACEC (fornecimento do equipamento elétrico e eletrónico), a Marques Lda (construção civil) e o INETI (caraterização do clima de ondas e sistema de aquisição de dados) [53].

O fornecimento do equipamento mecânico esteve a cargo da empresa britânica ART. [56]. A central é constituída por uma estrutura em betão com uma área interna de 12 m x 12 m ao nível médio da superfície livre das águas do mar, e está assente no fundo do mar numa reentrância da costa onde a profundidade é de cerca de 8 m [53] [56], como ilustra Figura 4.4.



Figura 4.4: Vista traseira da central da ilha do Pico, adaptado de [58].

## 4.4 Dispositivos próximos da costa

Estes tipos de dispositivos podem ser inseridos no grupo dos dispositivos costeiros, uma vez que esta distinção é realizada tendo em conta a faixa de profundidades onde o dispositivo é instalado.

Estes dispositivos são normalmente instalados em quebra-mar, no entanto as incorporações nestas estruturas podem até reforçar o seu objetivo inicial, que consiste na proteção da costa. O dispositivo OSPREY (Ocean Swell Powered Renewable Energy) e o CEO do Douro (Central de Energia das Ondas), apesar de serem tecnologias de coluna de água oscilante, podem ser englobados nesta categoria [53].

### 4.4.1 OSPREY

O OSPREY desenvolveu-se na década de 1990, pela empresa escocesa Wavegen, como sistema isolado de coluna de água oscilante (CAO), e projetou-se para ser colocado junto à costa, em águas de 20 m de profundidade.

Este projeto era caracterizado por apresentar uma estrutura de parede dupla, que deveria ser rebocada até ao local de instalação, onde seria afundada através do enchimento das suas paredes ocas, com materiais densos, ficando assente no mar, como mostra a Figura 4.5.

Mas, um acidente na fase de afundamento levou à interrupção do projeto; de referir que existem planos para a recuperação do projeto, associando uma turbina eólica offshore [53].

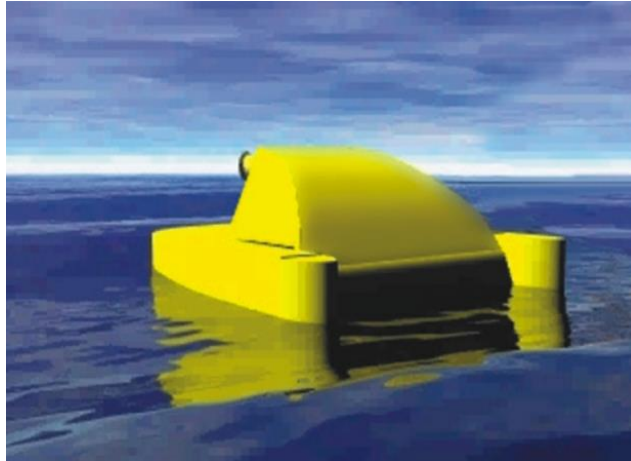


Figura 4.5: Representação do protótipo do dispositivo OSPREY, adaptado de [59].

#### 4.4.2 CEO Douro

Esta central localiza-se no molhe da foz do rio Douro, tendo sido a sua exploração concedida à empresa de energias de Portugal (EDP): A Efacec e a Consulmar foram as responsáveis pela construção e pelo projeto, respetivamente; o Instituto Português e dos Transportes (IPTM), e o Centro de Energia das Ondas, Instituto Superior Técnico e INETI foram responsáveis por atividades de investigação [60].

Para o seu primeiro ano de funcionamento está prevista a produção de 1,2 milhões de quilowatts/hora de energia, o equivalente ao consumo de 500 a 600 famílias [60]. A Figura 4.6 ilustra a imagem virtual e a Figura 4.7 o desenho esquemático da CEO do Douro.

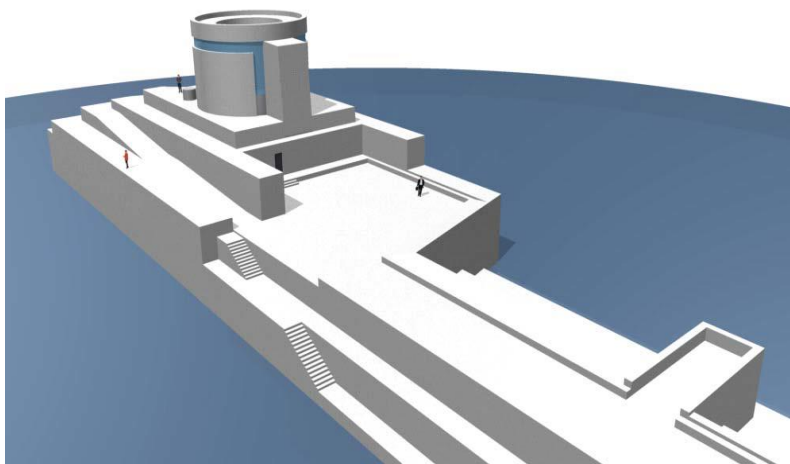


Figura 4.6: Central de energia das ondas do Douro, adaptado de [61].

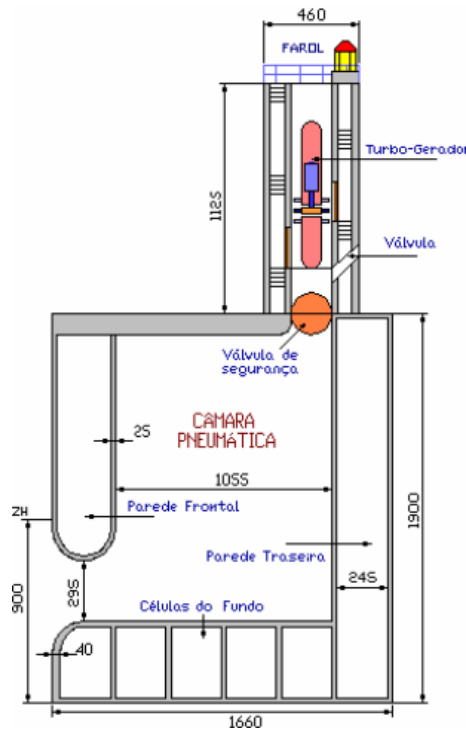


Figura 4.7: Representação do esquema da CEO do Douro, adaptado de [61].

#### 4.4.3 Dispositivos afastados da costa

Estes dispositivos são considerados mais recentes, e também conhecidos como sendo de terceira geração. Eles possibilitam beneficiar dos regimes de ondas mais energéticas, devido à sua instalação em zonas de elevadas profundidades.

Para poder aproveitar, ou seja, extrair o máximo de energia, estes dispositivos devem estar perto da superfície, e desta forma necessitam de sistemas de amarração flexíveis ou rígidos e cabos submarinos para a transferência da energia elétrica gerada para terra [53]. A seguir serão apresentados três casos concretos de aplicação destes dispositivos: as centrais Archimedes Wave Swing, Pelamis e Wave Dragon.

##### a) Archimedes Wave Swing

O Archimedes Wave Swing é caracterizado por ser um dispositivo de conversão de energia das ondas da classe dos corpos flutuantes (absorção pontual), e o seu desenvolvimento deu-se no início de 1994, pela Teamwork Technology. Este sistema é formado por dois cilindros ocios, colocados um sobre o outro, no interior dos quais há ar pressurizado a uma pressão tal que equilibra o peso do cilindro superior (o flutuador) e da coluna de água exterior que ele sustenta [53].

Com a passagem da onda, a pressão exterior varia, sendo mais alta nas cristas e menor nas cavas, produzindo um movimento oscilatório vertical do flutuador relativamente à base; de referir que esse movimento é utilizado para acionar um gerador elétrico que produz energia

elétrica transmitida por um cabo submarino para uma estação em terra, onde a energia é transformada e injetada numa determinada rede elétrica [53].

Um exemplo desse sistema é a central piloto, com potência nominal de 2MW, com estrutura em aço, sobre uma barcaça com mecanismo de submersão e emersão para facilitar as operações de manutenção, que foi construída na Romênia e rebocada para montagem final em Viana do Castelo. Foi submersa em meados de 2004 ao largo da Póvoa de Varzim, a 6 km da costa, numa profundidade de 43 m, conforme a Figura 4.8 [53] [56].

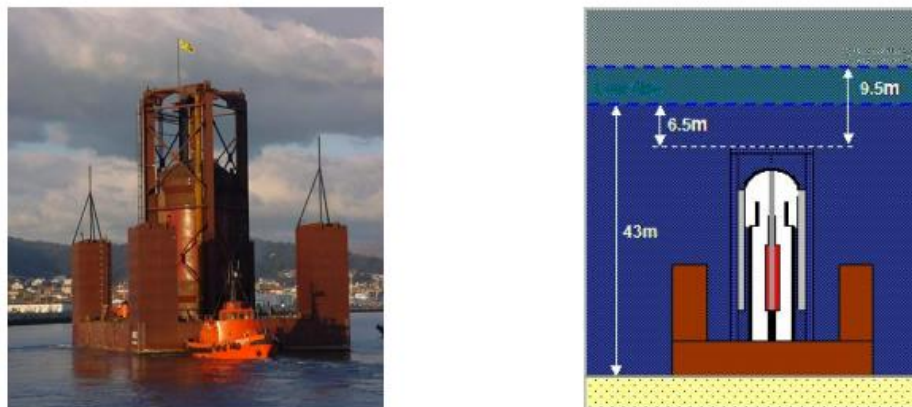


Figura 4.8: Central piloto AWS rebocada do porto de Viana do Castelo (esquerda) e posição esquemática (direita), adaptado de [61].

#### b) Pelamis

O Pelamis é um dispositivo de conversão de energia das ondas do tipo progressivo, desenvolvido pela Ocean Power Deliver Ltd da Escócia, empresa fundada em 1998. Estes dispositivos são sistemas alongados com uma dimensão longitudinal da ordem de grandeza do comprimento de onda e estão dispostos no sentido de propagação da onda, por formas a gerarem um efeito de bombeamento progressivo, associado à passagem da onda, por ação de um elemento flexível em contato com a água [53].

Este dispositivo consiste numa estrutura articulada semi-submersa, composta por diferentes módulos cilíndricos que se encontram unidos por juntas flexíveis. O movimento ondulatório das ondas incidentes provoca a oscilação dos módulos cilíndricos em torno das juntas que os unem e dessa forma a pressurização de óleo que será forçado por motores hidráulicos, que por sua vez acionam geradores elétricos que produzem eletricidade [53].

O protótipo construído e testado em Orkney/Escócia tem um comprimento de 120 m, é composto por 3 seções cilíndricas, com diâmetro de 3,5 m e disponibiliza uma potência máxima de 750 kW [56]. A Figura 4.9 mostra o protótipo durante a construção e o respetivo reboque no local de colocação.



Figura 4.9: Protótipo de 750 kW, vista da parte frontal durante a construção (esquerda), reboque do dispositivo para o local de colocação (direita), adaptado de [61].

### c) Wave Dragon

O Wave Dragon é um dispositivo de conversão de energia das ondas que pode ser considerado como um dispositivo de galgamento afastado da costa (offshore) [53]. 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 de baixa queda que acionam geradores elétricos; a acumulação da água no reservatório sobrelevado produz-se através do galgamento de uma rampa inclinada pela onda, e para aumentar o desnível de galgamento, existem dois refletores parabólicos colocados a montante da rampa que nela concentram a onda incidente, como mostram as Figuras 4.10 e 4.11 [56].

O início do seu funcionamento deu-se em Maio de 2003 em Nissum Bredning/Dinamarca, com uma potência máxima de 20 kW. Foi instalado numa profundidade de 6 m, tem 260 toneladas de peso absoluto, um reservatório com as dimensões de 26 m x 17 m x 3.6 m, uma capacidade de 55 m<sup>3</sup> e a boca do dispositivo à entrada dos concentradores parabólicos (envergadura) é de 58 m [56].

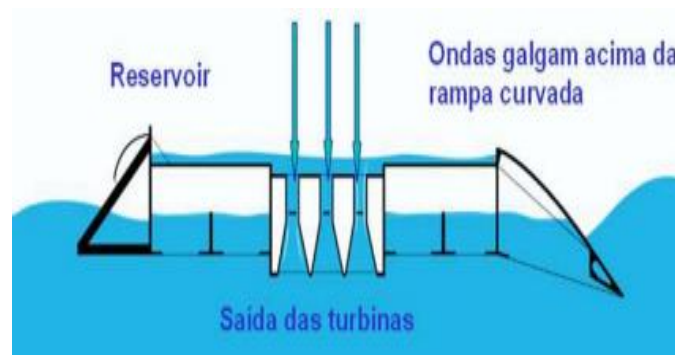


Figura 4.10: Princípio de funcionamento do Wave Dragon, adaptado de [61].



Figura 4.11: Central Wave Dragon em Nissum, adaptado de [61].

## Capítulo 5

### 5 Tratamento de dados relativos à irradiância solar, temperatura nas regiões do norte, centro e sul de Angola

Em termos de clima, Angola possui duas estações: a das chuvas, que ocorre no período mais quente (Setembro a Maio), e a do cacimbo ou seca, que ocorre no período menos quente, (Maio a Setembro) [9]. Os registos de dados meteorológicos para análise foram obtidos através do sistema de informação geográfica fotovoltaica (sigla em Inglês PVGIS) da União Europeia; este sistema permite efetuar a recolha de dados em qualquer localização geográfica do continente Africano [62].

Portanto, através da ferramenta do ano meteorológico típico (em sigla inglesa TMY), foi gerado um conjunto de dados meteorológicos com valores para cada hora de um dia, durante o período de 10 anos (2007 a 2016).

A irradiância solar média mensal, nas regiões norte, centro e sul, foi obtida a partir dos registos de hora a hora, e é dada pela equação 5.1:

$$G = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} \quad (5.1)$$

Onde:

- $G$  - irradiância solar;
- $X_1, X_2, X_3$  e  $X_n$  - os valores diários de irradiância;
- $N$  - número total de valores somados.

Portanto, as temperaturas médias mensais as regiões norte, centro e norte, foram calculadas a partir da equação 5.2:

$$T_m = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n}{N} \quad (5.2)$$

Onde:

- $T_m$  - temperatura média;
- $X_1, X_2, X_3$  e  $X_n$  - os valores diários de temperatura;
- $N$  - número total de valores somados.

Entretanto, por se ter observado pouca diferença na variação dos valores de irradiância solar e temperaturas diárias para os diferentes dias, selecionou-se apenas dois dias em cada estação do ano.

## 5.1 Irradiância solar na região do norte de Angola

O norte de Angola é composto pelas províncias de Cabinda, do Uíge, do Zaire, do Bengo, do Cuanza Norte, do Cuanza Sul, de Luanda, de Malanje, da Lunda Norte e da Lunda Sul; para esta região selecionou-se a província de Luanda e da Lunda Norte.

### 5.1.1 Caracterização da província de Luanda

Para a região de Luanda, na estação mais quente, ou seja, a das chuvas, selecionaram-se os dias 8 e 14 de Fevereiro de 2014. A Figura 5.1 a), elaborada a partir dos dados diários do dia 8 de Fevereiro de 2014, permite observar que os maiores valores de irradiância se registaram no período das 11 horas da manhã, com irradiância de  $1050 \text{ W/m}^2$ . Ao meio dia (12 horas), registou-se uma irradiância de  $1042 \text{ W/m}^2$ . A Figura 5.1 b) mostra a variação da irradiância no dia 14 de Fevereiro de 2014, e permite observar que os maiores valores de irradiância se registaram no período das 11 horas da manhã, com um valor de  $1051 \text{ W/m}^2$  e ao meio dia (12 horas), com um valor de  $1033 \text{ W/m}^2$ .

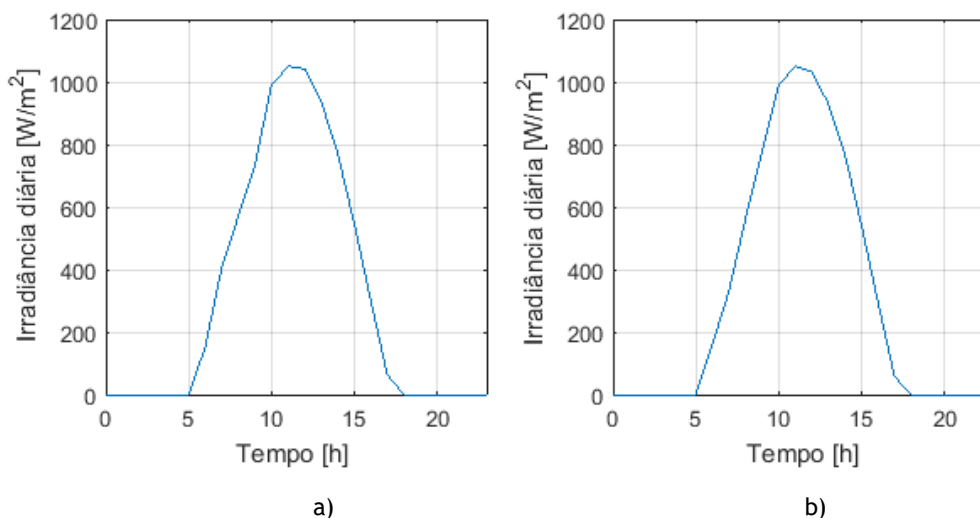


Figura 5.1: Irradiância global horizontal diária na província de Luanda. a) 8 de Fevereiro de 2014, b) 14 de Fevereiro de 2014.

Na estação menos quente, ou seja, a de cacimbo (seca), selecionaram-se os dias 1 e 28 de Julho de 2014. A Figura 5.2 a), elaborada através dos dados diários obtidos para o dia 1 de Julho de 2014, permite observar que os maiores valores de irradiância registaram-se no período das 11 horas da manhã, com irradiância de  $822 \text{ W/m}^2$ . Já a Figura 5.2 b), revela a irradiância do dia 28 de Julho de 2014, observando-se os maiores valores de irradiância no período das 11 horas da manhã, com irradiância de  $895 \text{ W/m}^2$ .

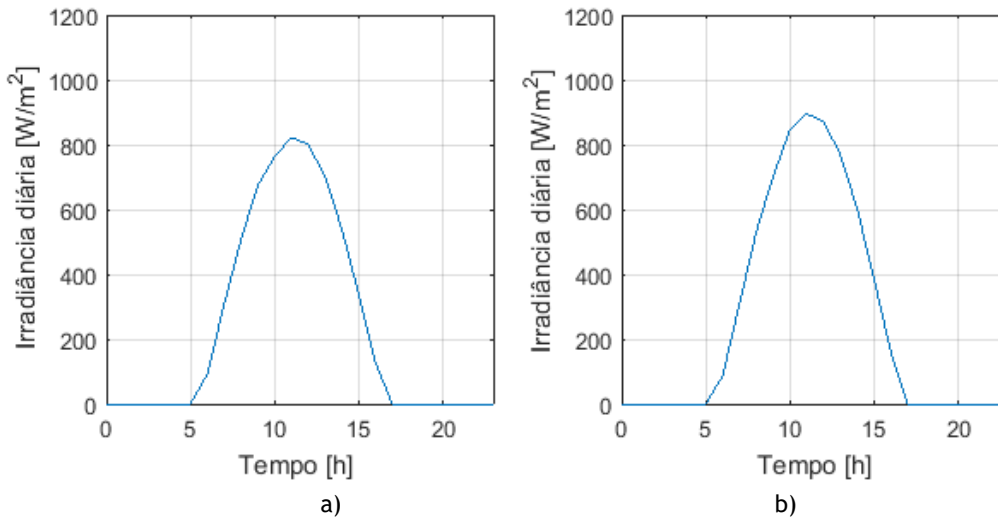


Figura 5.2: Irradiância global horizontal diária na província de Luanda. a) 1 de Julho de 2014 e b) 28 de Julho de 2014.

A Figura 5.3, elaborada a partir dos dados, observa-se que no período mais quente (Setembro a Maio), os maiores valores de irradiância, registaram-se no mês de Fevereiro, com irradiância de 300 W/m<sup>2</sup>, e os menores valores registaram-se nos meses de Abril, com irradiância de 227,2 W/m<sup>2</sup>, e Maio, com irradiância de 224,1 W/m<sup>2</sup>.

No período menos quente (Maio a Setembro), os maiores valores de irradiância, registaram-se no mês de Agosto, com irradiância de 225,1 W/m<sup>2</sup>, e os menores valores registaram-se no mês de Julho, com irradiância de 197,1 W/m<sup>2</sup>.

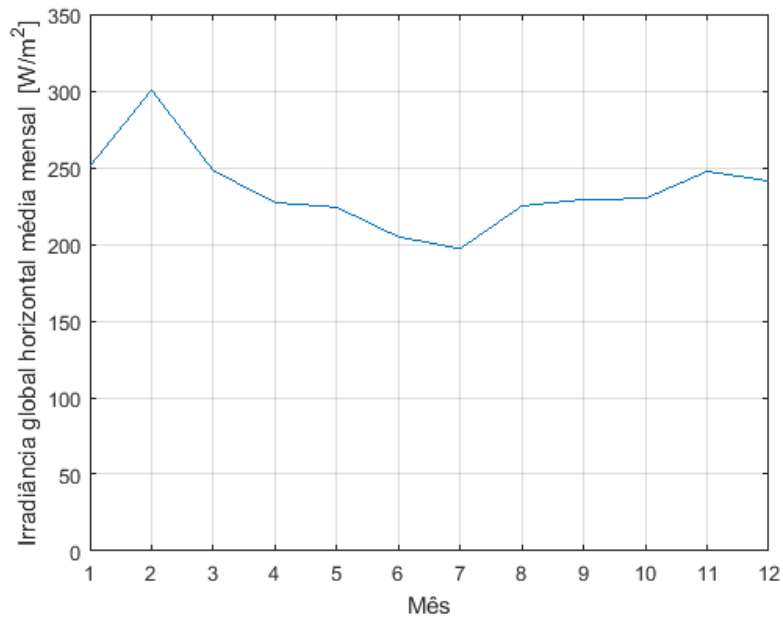


Figura 5.3: Irradiância global média mensal na província de Luanda (2007-2016).

### 5.1.2 Caracterização da província Lunda Norte

Nesta região, na estação mais quente (chuva), selecionaram-se os dias 10 e 28 de Setembro de 2008. A Figura 5.4 a), elaborada a partir dos dados do dia 10 de Setembro de 2008, permite observar que os maiores valores de irradiância solar se registaram pelas 11 horas da manhã, com  $975 \text{ W/m}^2$ . Portanto, no dia 28 de Setembro de 2008, os maiores valores de irradiância solar, registaram-se às 10 horas da manhã, com  $992 \text{ W/m}^2$ , como ilustra a Figura 5.4 b).

Para a estação menos quente (cacimbo ou seca), nesta região da Lunda Norte, selecionaram-se os dias 10 e 31 de Maio de 2014. A Figura 5.5 a) apresenta a irradiância do dia 10 de Maio de 2014, e permite observar que os maiores valores de irradiância registaram-se às 10 horas da manhã, com irradiância solar de  $899 \text{ w/m}^2$ .

No dia 31 de Maio de 2014, os maiores valores de irradiância registaram-se às 11 horas da manhã, com irradiância de  $861 \text{ W/m}^2$ , como ilustra a Figura 5.5 b).

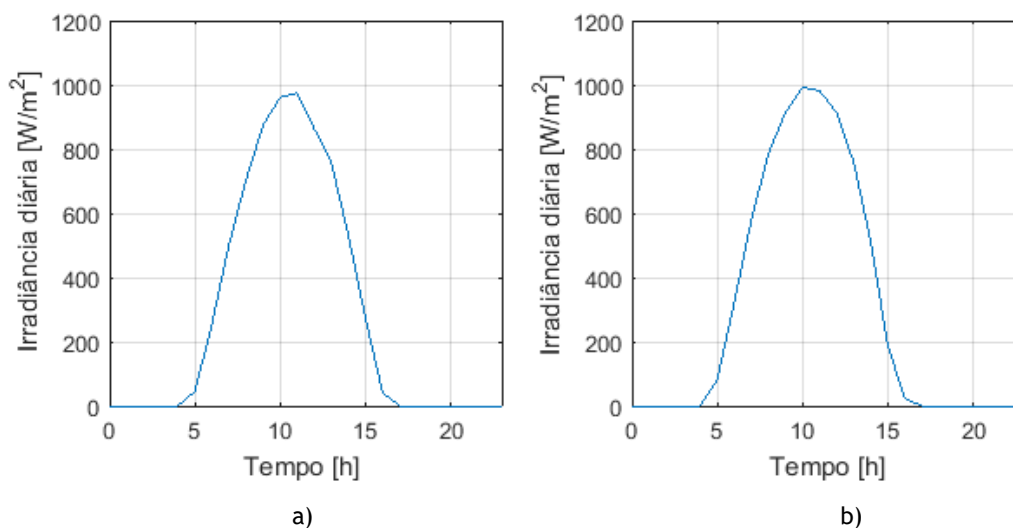


Figura 5.4: Irradiância global horizontal diária na província da Lunda Norte. a) 10 de Setembro de 2008 e b) 28 de Setembro de 2008.

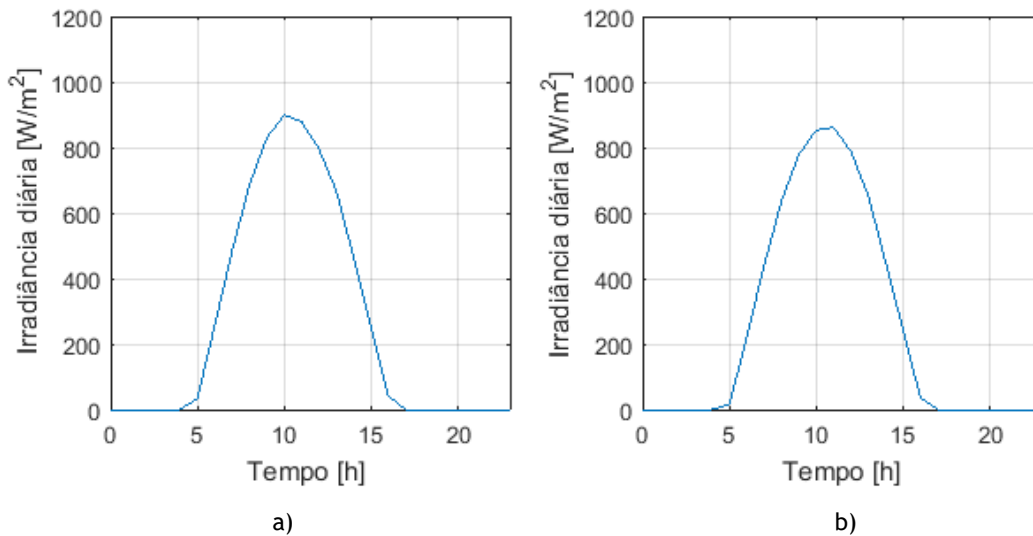


Figura 5.5: Irradiância global horizontal diária na província da Lunda Norte. a) 10 de Maio de 2014 e b) 31 de Maio de 2014.

Na Figura 5.6 está representada a irradiância média mensal, elaborada a partir dos dados, observando-se que no período mais quente (Setembro a Maio), os maiores valores de irradiância registaram-se nos meses de Setembro, com irradiância de 252,3 W/m<sup>2</sup> e Outubro com irradiância de 243,8 W/m<sup>2</sup>. Os menores valores neste período, registaram-se nos meses de dezembro, com irradiância de 199,6 W/m<sup>2</sup> e Janeiro, com irradiância de 204,9 W/m<sup>2</sup>.

Na estação menos quente, os maiores valores de irradiância registaram-se nos meses de Agosto, com 252,6 W/m<sup>2</sup> e nos meses de Maio, Junho e Julho, a irradiância fixou-se na casa dos 244,1 a 244,6 W/m<sup>2</sup>.

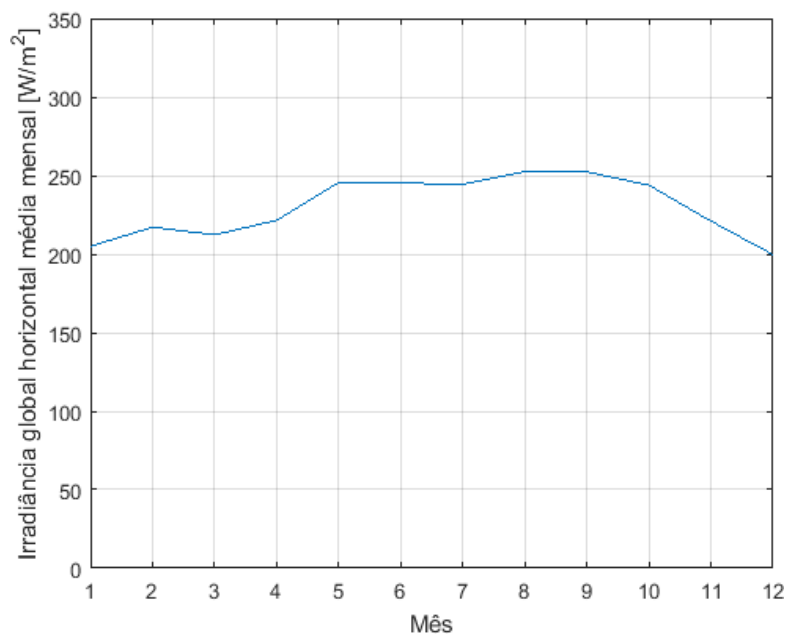


Figura 5.6: Irradiância global horizontal média mensal na província da Lunda Norte (2007-2016).

## 5.2 Irradiância solar na região do centro de Angola

O centro de Angola é uma região caracterizada por possuir apenas quatro províncias, isto é, a de Benguela, do Bié, do Huambo e do Moxico. E para concretização deste estudo foram escolhidas as províncias do Huambo e Moxico. A seguir apresenta-se a caracterização da irradiância global horizontal para cada província, respetivamente.

### 5.2.1 Caracterização da província do Huambo

Na região do Huambo, para a estação mais quente, ou seja, a de chuva, selecionaram-se os dias 1 e 27 de Setembro de 2009. A Figura 5.7 a) representa a irradiância diária, obtida através dos dados do dia 1 de Setembro de 2009, permitindo, portanto, observar que os maiores valores de irradiância se registaram às 11 horas da manhã, com irradiância de  $944 \text{ W/m}^2$ . Na Figura 5.7 b) está representada a irradiância diária do dia 27 de Setembro de 2009, observa-se que os maiores valores de irradiância se registaram às 11 horas da manhã, com irradiância de  $1036 \text{ W/m}^2$ .

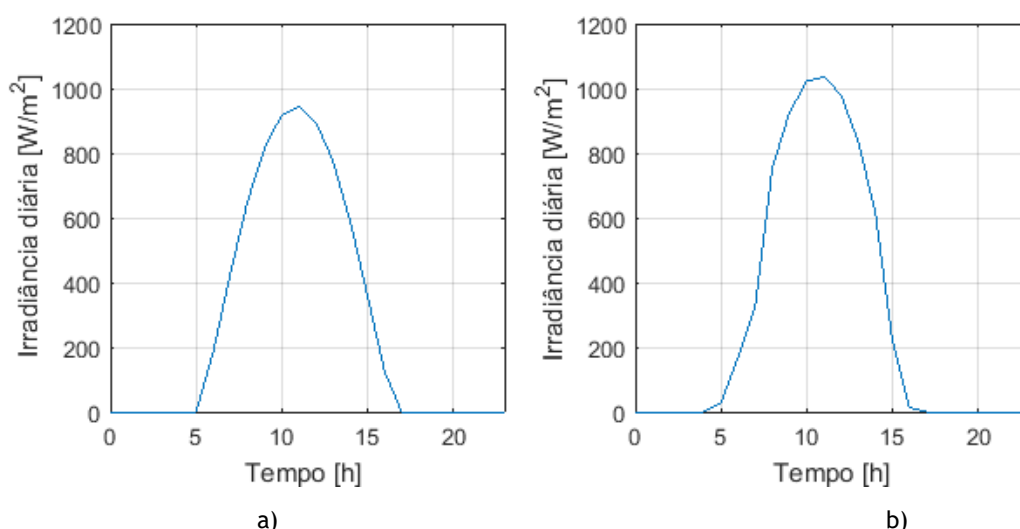


Figura 5.7: Irradiância global horizontal diária na província do Huambo. a) 1 de Setembro de 2009 e b) 27 de Setembro de 2009.

Na estação menos quente, a de cacimbo (seca) para região do Huambo, foram selecionados os dias 1 e 27 de Agosto de 2015. Na Figura 5.8 a) está representada a irradiância diária do dia 1 de Agosto de 2015, obtida a partir dos dados, permitindo observar-se o registo de maiores valores de irradiância ao meio dia (12 horas da tarde), com irradiância de  $885 \text{ W/m}^2$ .

Na Figura 5.8 b) é ilustrada a irradiância diária do dia 27 de Agosto, elaborada a partir dos dados, e observam-se valores superiores de irradiância, quando comparados com o dia 1 de Agosto de 2015; os maiores valores de irradiância registaram-se ao meio dia (12 horas da tarde), com irradiância de  $979 \text{ W/m}^2$ .

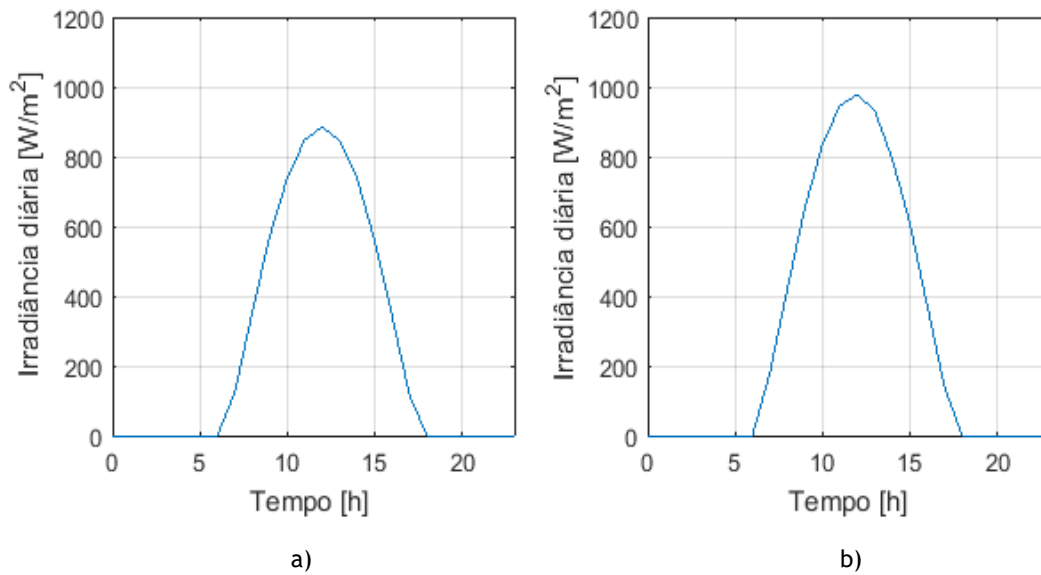


Figura 5.8: Irradiância global horizontal diária na província do Huambo. a) 1 de Agosto de 2015 e b) 27 de Agosto de 2015.

Na Figura 5.9 está representada a irradiância global horizontal média mensal. Nota-se que na estação mais quente, ou seja, a de chuvas, que vai de Setembro a Maio, os maiores valores de irradiância média se registaram no mês de Setembro, com irradiância média de 259,5 W/m<sup>2</sup> e Agosto, com os 240,2 W/m<sup>2</sup>; os menores valores de irradiância média registaram-se no mês de Fevereiro, com irradiância média de 208,1 W/m<sup>2</sup>. Na estação menos quente, que corresponde ao período de cacimbo ou seca, que vai desde o mês de Maio ao mês de Setembro, os maiores valores de irradiância média registaram-se no mês de Agosto, com irradiância de 262,4 W/m<sup>2</sup>; os menores valores de irradiância média registaram-se no mês Junho, com irradiância média de 241,6 W/m<sup>2</sup>.

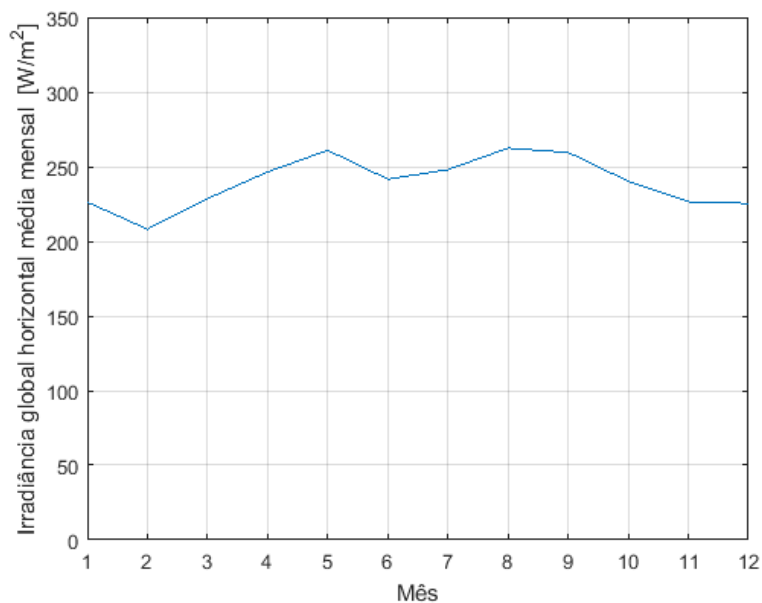


Figura 5.9: Irradiância global horizontal média mensal na província do Huambo (2007-2016).

## 5.2.2 Caracterização da província do Moxico

Nesta região do Moxico, na estação mais quente (Setembro a Maio), ou seja, a de chuvas, selecionaram-se os dias 1 e 24 de Outubro de 2016.

A Figura 5.10 a) representa a irradiância registrada no dia 1 de Outubro de 2016, permitindo observar-se que os maiores valores de irradiância se registaram às 10 horas da manhã, com irradiância de  $1017 \text{ W/m}^2$ .

Sendo que na Figura 5.10 b) está representada a temperatura diária do dia 24 de Outubro de 2016, e permite analisar também que os maiores valores de irradiância se registaram no período das 9 horas da manhã, com irradiância de  $992 \text{ W/m}^2$ .

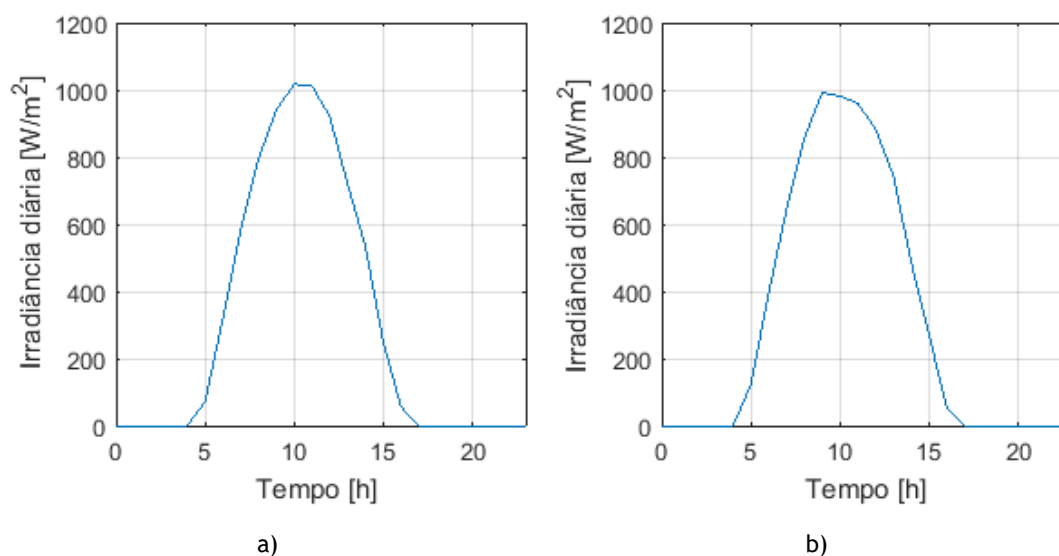


Figura 5.10: Irradiância global horizontal diária na província do Moxico. a) 1 de Outubro de 2016 e b) 24 de Outubro de 2016.

Na estação menos quente, ou seja, a de cacimbo ou seca, que vai de Maio a Setembro, foram selecionados os dias 2 e 24 de Julho de 2011.

Na Figura 5.11 a) está representada a irradiância diária, referente ao dia 2 de Julho de 2011, elaborada a partir dos dados, observando-se que o pico de irradiância se registou às 11 horas da manhã, com irradiância de  $833 \text{ W/m}^2$ .

Para o dia 24 de Julho de 2011, os maiores valores de irradiância registaram-se às 11 horas da manhã, com irradiância de  $882 \text{ W/m}^2$ , valor este superior, quando comparado com o dia 2 de Julho de 2011, como se ilustra na Figura 5.11 b).

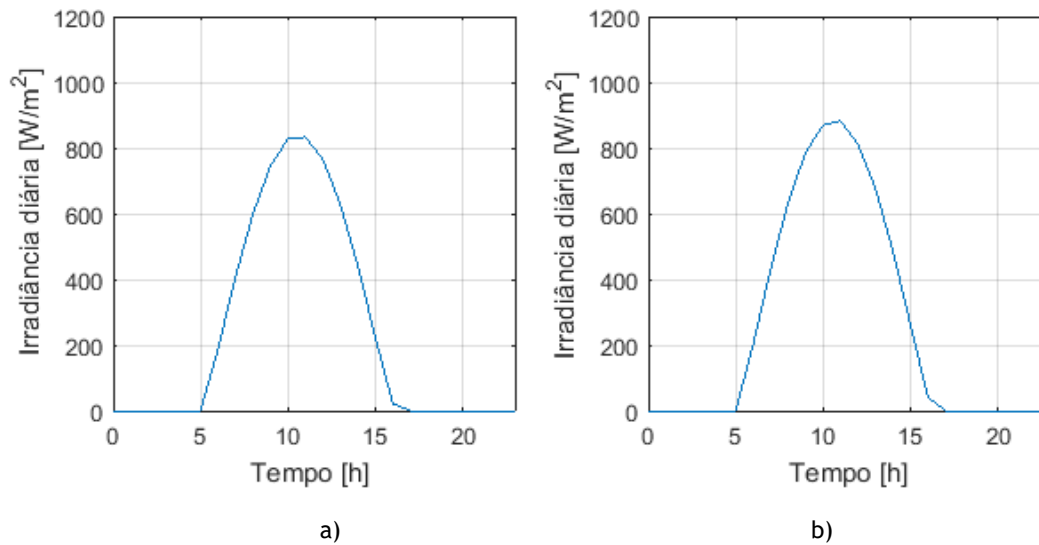


Figura 5.11: Irradiância global horizontal na província do Moxico. a) 2 de Julho de 2011 e b) 24 de Julho de 2011.

Na Figura 5.12 estão representados os valores médios de irradiância na região do Moxico, permitindo observar-se que na estação mais quente, que vai de Setembro a Maio, os menores valores de irradiância se registaram nos meses de Janeiro, com irradiância de 220,9 W/m<sup>2</sup>, Fevereiro, com irradiância de 215 W/m<sup>2</sup> e Dezembro, com os 224,2 W/m<sup>2</sup>. Os maiores valores de irradiância registaram-se nos meses de Setembro, com irradiância de 268,4 W/m<sup>2</sup> e Outubro com 283,3 W/m<sup>2</sup>. Na estação menos quente, ou seja, a de cacimbo ou seca, que ocorre de Maio a Setembro, os maiores valores de irradiância registaram-se nos meses de Maio, com irradiância de 250,2 W/m<sup>2</sup>, Julho, com 247,7 W/m<sup>2</sup> e Agosto, com 266,7 W/m<sup>2</sup>; os menores valores registaram-se no mês de Junho, com irradiância de 232,5 W/m<sup>2</sup>.

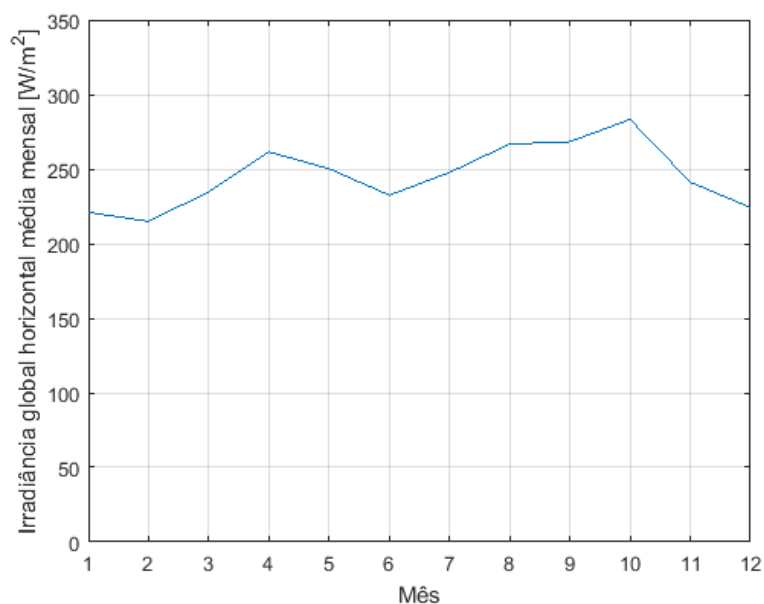


Figura 5.12: Irradiância global horizontal média mensal na província do Moxico (2007-2016).

### 5.3 Irradiância solar na região do sul de Angola

O sul de Angola é uma região constituída por quatro províncias, nomeadamente a do Namibe, Huíla, Cunene e Cuando Cubango. Nesta região, para o devido estudo, selecionaram-se as províncias do Namibe e Cuando Cubango. A seguir é apresentada a caracterização da irradiância solar para a província do Namibe e Cuando Cubango.

#### 5.3.1 Caracterização da província do Namibe

Para eesta região do Namibe, na estação mais quente (chuva), que vai de Setembro a Maio, selecionaram-se os dias 8 e 20 de Outubro de 2015. A Figura 5.13 a) apresenta a irradiância diária do dia 8 de Outubro de 2015, elaborada a partir dos dados, e permite verificar que os maiores valores de irradiância se registaram por volta das 11 horas da manhã, com  $1045 \text{ W/m}^2$  de irradiância solar. E no dia 20 do mesmo mês e ano, os maiores valores de irradiância registaram-se às 11 horas da manhã, com irradiância de  $1064 \text{ W/m}^2$ . Este é um valor superior, quando comparado com o do dia 8 de Julho de 2015, de acordo com o Figura 5.13 b).

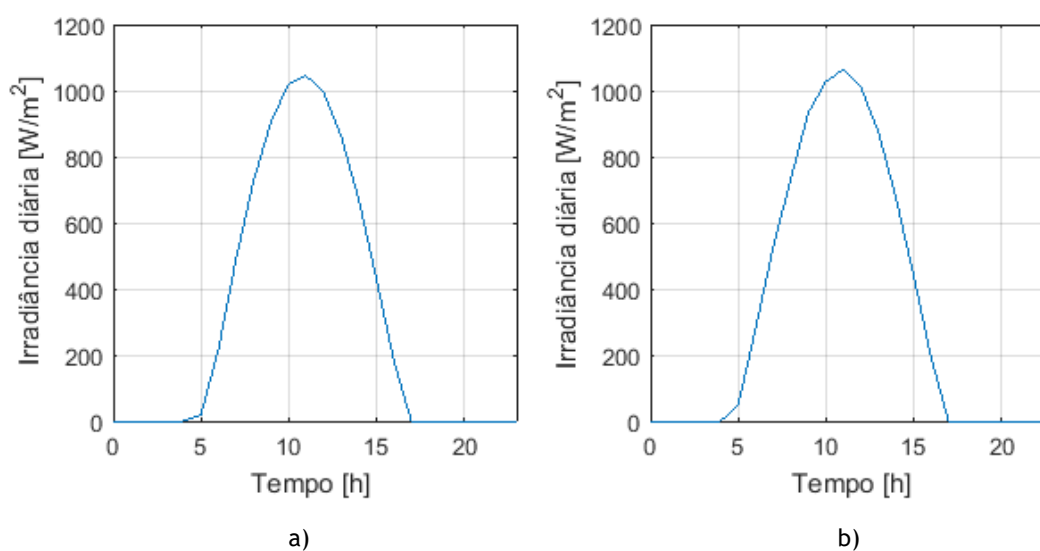


Figura 5.13: Irradiância global horizontal diária na província do Namibe. a) 8 de Outubro de 2015 e b) 20 de Outubro de 2015.

Na estação menos quente (cacimbo ou seca), que vai de Maio a Setembro, foram selecionados os dias 8 e 20 de Julho de 2014. Na Figura 5.14 a) está representada a irradiância diária do dia 8 de Julho de 2014, elaborada a partir dos dados, e permite observar que os maiores valores de irradiância se registaram-se às 11 horas, com irradiância de  $799 \text{ W/m}^2$ . Enquanto que para o dia 20 de Julho de 2014, os maiores valores registaram-se às 11 horas da manhã, com irradiância de  $825 \text{ W/m}^2$ , como ilustra a Figura 5.14 b).

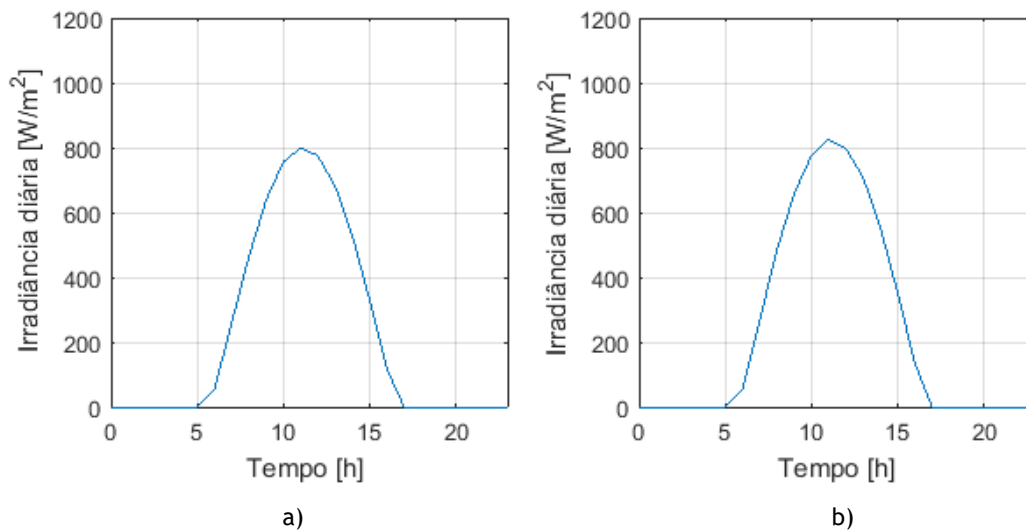


Figura 5.14: Irradiância global horizontal diária na província do Namibe. a) 8 de Julho de 2014 e b) 20 de Julho de 2014.

Na Figura 5.15 está representada a média mensal de irradiância, elaborada a partir dos dados, na estação mais quente (Chuvos), que vai de Setembro a Maio. Os maiores valores de irradiância média registaram-se nos meses de Outubro, com irradiância média de 303,1W/m<sup>2</sup>, Novembro, com irradiância de 302,7W/m<sup>2</sup>, Dezembro, com irradiância de 295,2W/m<sup>2</sup> e Fevereiro, com irradiância de 301,3W/m<sup>2</sup>. E os menores valores de irradiância média registaram-se nos meses de Setembro, com irradiância de 285,4W/m<sup>2</sup>, Janeiro, com irradiância média de 284,1W/m<sup>2</sup>, Abril, com irradiância média de 261,5W/m<sup>2</sup> e Março, com irradiância média de 292,1W/m<sup>2</sup>. Entretanto na estação menos quente (cacimbo ou seca), que ocorre de Maio a Setembro, os menores valores de irradiância média registaram-se no mês de Junho, com irradiância média de 218,9W/m<sup>2</sup>. Os maiores valores de irradiância média, registaram-se no mês de Agosto, com irradiância média de 246,6W/m<sup>2</sup>.

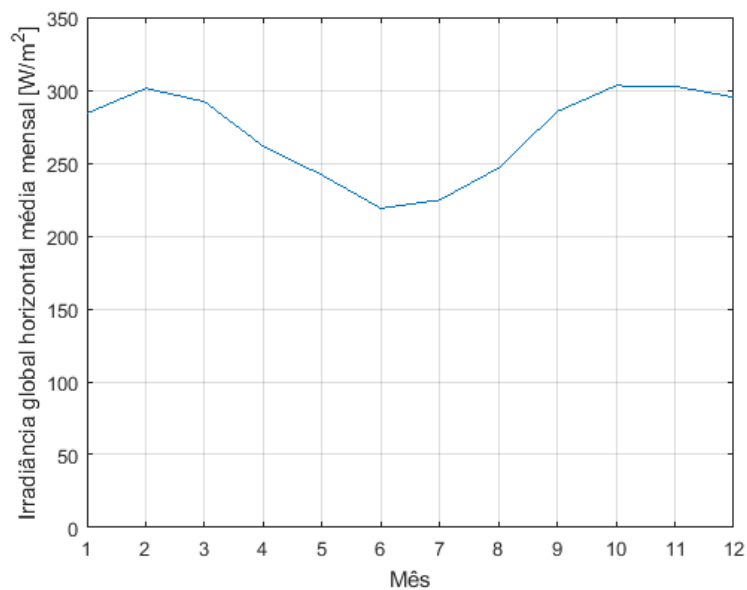


Figura 5.15: Irradiância global horizontal média mensal na província do Namibe (2007-2016).

### 5.3.2 Caracterização da província do Cuando Cubango

Nesta região do Cuando Cubango, na estação mais quente (chuva), que vai de Setembro a Maio, foram selecionados os dias 10 e 31 de Outubro de 2013.

Na Figura 5.16 a) mostra-se a irradiância diária do dia 10 de Outubro de 2013, elaborada a partir dos dados e permite verificar que os maiores valores de irradiância se registaram às 10 horas da manhã, com irradiância de  $1049 \text{ W/m}^2$ . E no dia 31 de Outubro de 2013, os maiores valores de irradiância registaram-se às 10 horas da manhã, com irradiância de  $1099 \text{ W/m}^2$ .

Este valor é superior quando comparado com o do dia 10 de Outubro de 2013, como mostra a Figura 5.16 b).

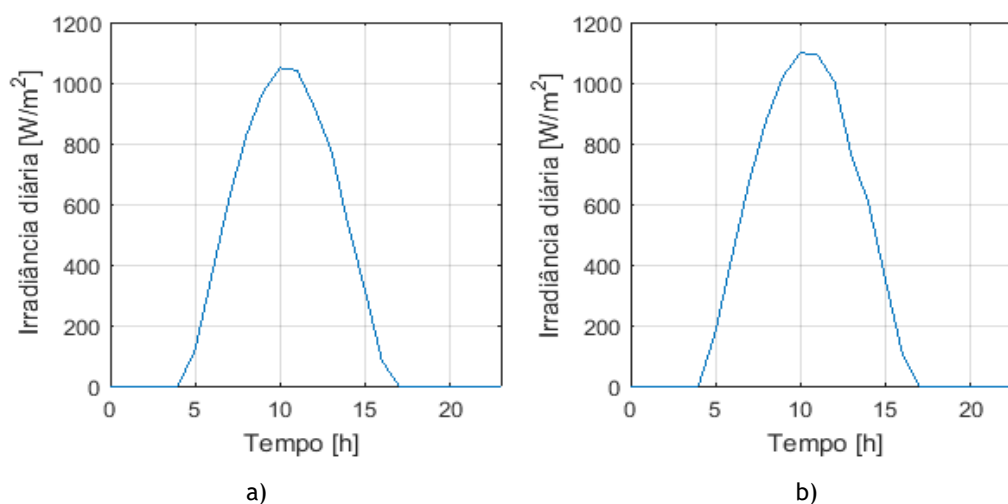


Figura 5.16: Irradiância global horizontal diária na província do Cuando Cubango. a) 10 de Outubro de 2013 e b) 31 de Outubro de 2013.

Na estação menos quente, ou seja, a de cacimbo ou seca, que vai de Maio a Setembro, foram selecionados os dias 2 e 24 de Julho de 2011.

A Figura 5.17 a) possibilita observar a irradiância diária do dia 2 de Julho de 2011, e também permite analisar que os maiores valores de irradiância se registaram às 11 horas, com  $822 \text{ W/m}^2$ .

Entretanto, no dia 24 de Julho de 2011, os maiores valores registaram-se às 11 horas da manhã, com irradiância de  $857 \text{ W/m}^2$ , como mostra a Figura 5.17 b).

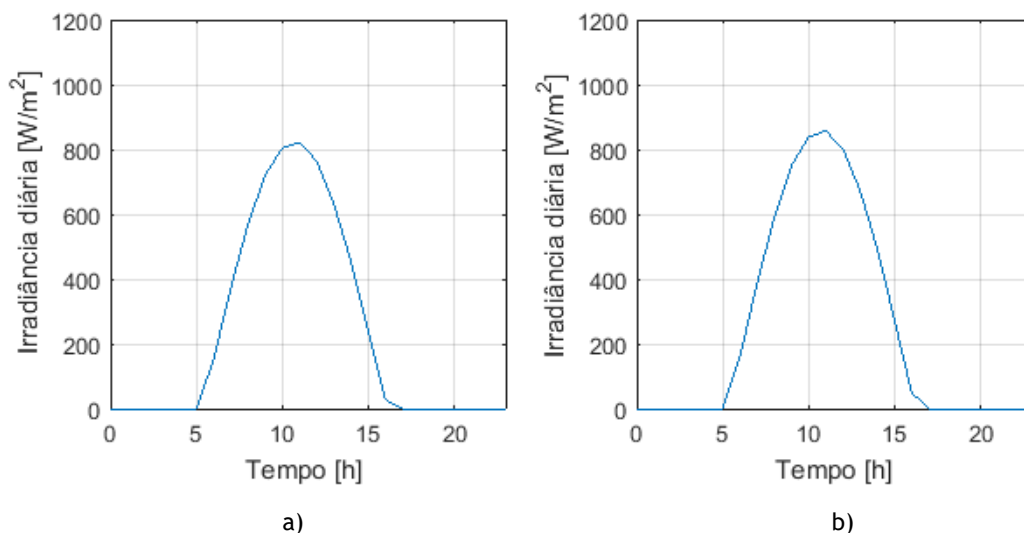


Figura 5.17: Irradiância global horizontal diária na província do Cuando Cubango. a) 2 de Julho de 2011 e b) 24 de Julho de 2011.

A Figura 5.18 apresenta a média mensal de irradiância, onde se pode observar que na estação mais quente, a de chuvas (Setembro a Maio), os maiores valores de irradiância média registaram-se no mês de Outubro, com irradiância média de 295,2 W/m<sup>2</sup>.

E os menores valores de irradiância média registaram-se nos meses de Janeiro, com irradiância média de 203,3 W/m<sup>2</sup> e Dezembro, com irradiância média de 231,9 W/m<sup>2</sup>.

Na estação menos quente, ou seja, a de cacimbo ou seca, que vai de Maio a Setembro, os menores valores de irradiância média registaram-se no mês de Maio, com irradiância média de 222,2 W/m<sup>2</sup>, e os maiores valores de irradiância média registaram-se no mês de Agosto, com irradiância média de 258,5 W/m<sup>2</sup>.

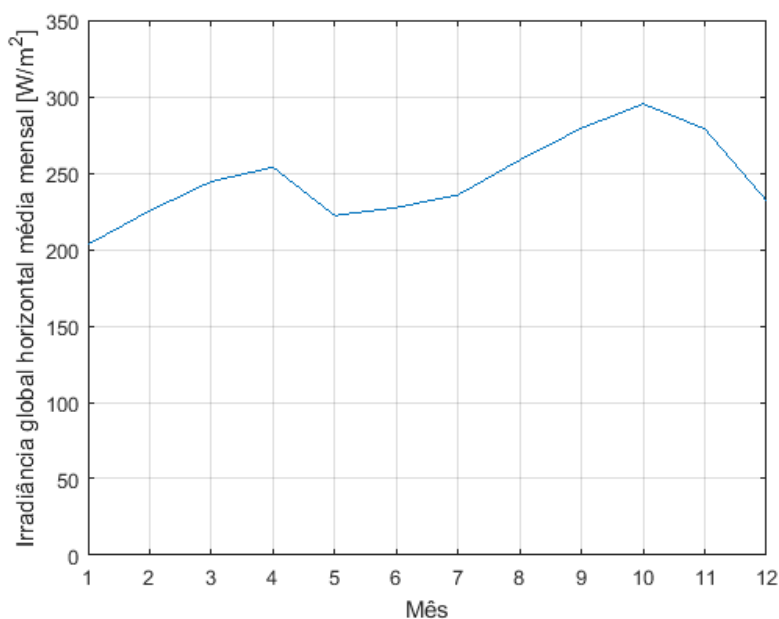


Figura 5.18: Irradiância global horizontal média mensal na província do Cuando Cubango (2007-2016).

## 5.4 Temperatura na região do norte de Angola

Para esta região do norte de Angola, foram selecionadas as províncias de Luanda e Lunda Norte, respetivamente.

### 5.4.1 Caracterização da província de Luanda

Nesta região de Luanda, na estação mais quente (Chuvas), que vai de Setembro a Maio, foram escolhidos os dias 8 e 14 de Fevereiro de 2014.

De acordo com os dados obtidos no dia 8 de Fevereiro de 2014, é possível observar-se que os maiores valores de temperatura diária se registaram no período entre as 11 horas da manhã e às 14 horas, com temperaturas na ordem dos 30,81°C, como ilustra a Figura 5.19 a).

Na Figura 5.19 b) está representada a temperatura diária do dia 14 de Fevereiro do mesmo ano, e permite observar que os maiores valores de temperaturas se registaram no período entre as 10 horas da manhã e às 14 horas, com temperaturas na ordem dos 30,9°C.

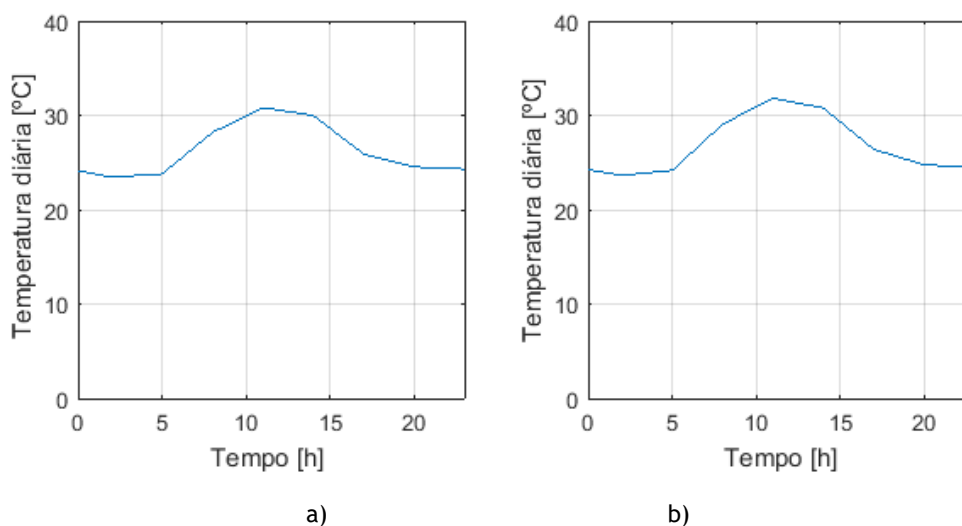


Figura 5.19: Temperatura diária na província de Luanda. a) 8 de Fevereiro de 2014 e b) 14 de Fevereiro de 2014.

Na estação menos quente, ou seja, a de cacimbo (seca), que vai de Maio a Setembro, nesta região de Luanda, foram selecionados os dias 2 e 28 de Julho de 2014. Na Figura 5.20 a) está representada a temperatura diária do dia 2 de Julho de 2014, e, portanto, permite observar-se que no período das 9 horas da manhã e as 14 horas, se registaram temperaturas próximas dos 25°C, e os maiores valores de temperaturas registaram-se às 11 horas da manhã, com temperatura de 27,44°C. Na Figura 5.20 b) é representada a temperatura diária do dia 28 de Julho de 2014, elaborada a partir dos dados, e permite observar que no período entre as 10 horas da manhã e as 13 horas, se registaram temperaturas na casa dos 25°C, e os maiores de valores de temperatura registaram-se às 11 horas da manhã, com temperaturas de 26,32°C.

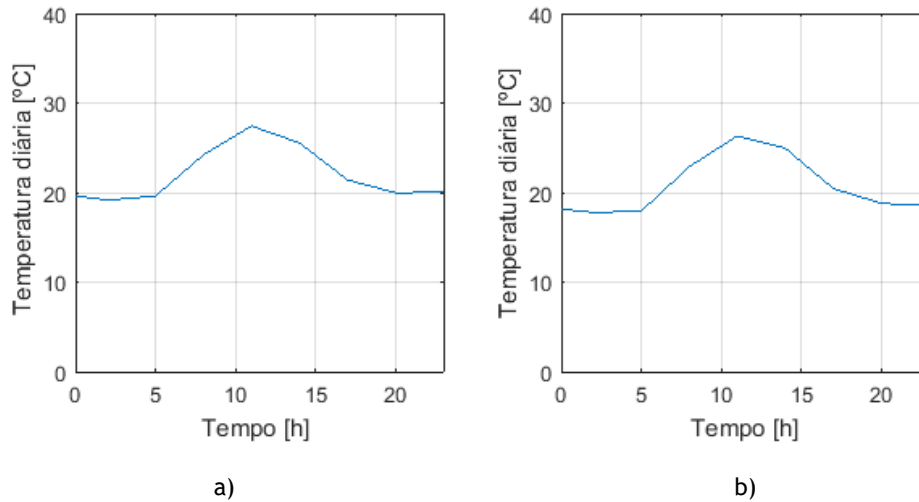


Figura 5.20: Temperatura diária na província de Luanda. a) 2 de Julho de 2014 e b) 28 de Julho de 2014.

Na Figura 5.21 estão representadas as médias mensais de temperatura, que permite observar que na estação mais quente (chuvas), que vai de Setembro a Maio, nos meses de Outubro, Novembro, Dezembro, Janeiro, Fevereiro, Março, Abril e Maio, se registaram temperaturas médias acima dos 25°C. Entretanto, os maiores valores de temperatura média registaram-se no mês de Fevereiro, com temperatura de 27,32°C e Março, com temperatura de 27,02°C; os menores valores de temperatura média registaram-se no mês de Setembro, com temperatura de 24,27°C. Na estação menos quente (cacimbo ou seca), que vai de Maio a Setembro, os maiores valores de temperatura média registaram-se no mês de Maio, com temperatura de 26,04°C; os menores valores de temperatura média, neste período, registaram-se no mês de Julho, com temperatura de 20,98°C.

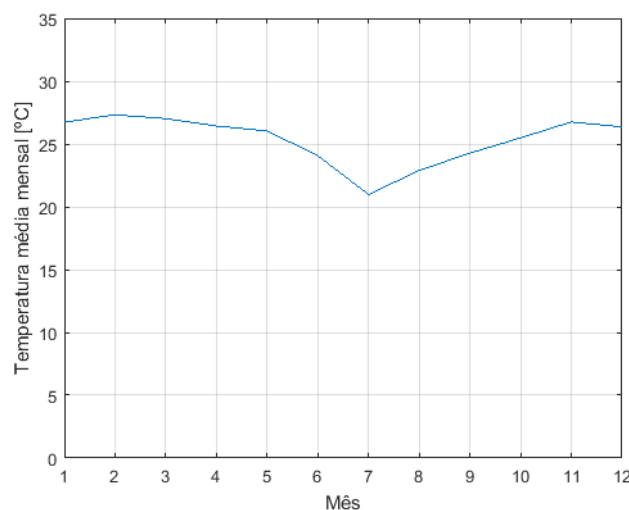


Figura 5.21: Temperatura média mensal na província de Luanda (2007-2016).

## 5.4.2 Caracterização da província da Lunda Norte

Na região da Lunda Norte para a estação mais quente (chuvas), que vai desde o mês de Setembro a Maio, foram selecionados os dias 10 e 28 de Setembro de 2008.

Na Figura 5.22 a) é ilustrada a temperatura diária do dia 10 de Setembro de 2008, elaborada através dos dados, permitindo observar que no período entre as 8 horas da manhã e as 16 horas se registaram temperaturas acima dos 29°C. No entanto, os maiores valores de temperatura registaram-se às 14 horas, com temperatura de 35,23°C.

A Figura 5.22 b) representa a temperatura diária do dia 28 de Setembro de 2008, elaborada a partir dos dados, permitindo observar que no período compreendido entre as 6 horas da manhã e as 18 horas se registaram temperaturas acima dos 26°C; os maiores valores registaram-se às 14 horas, com as temperaturas a rondarem os 35,01°C.

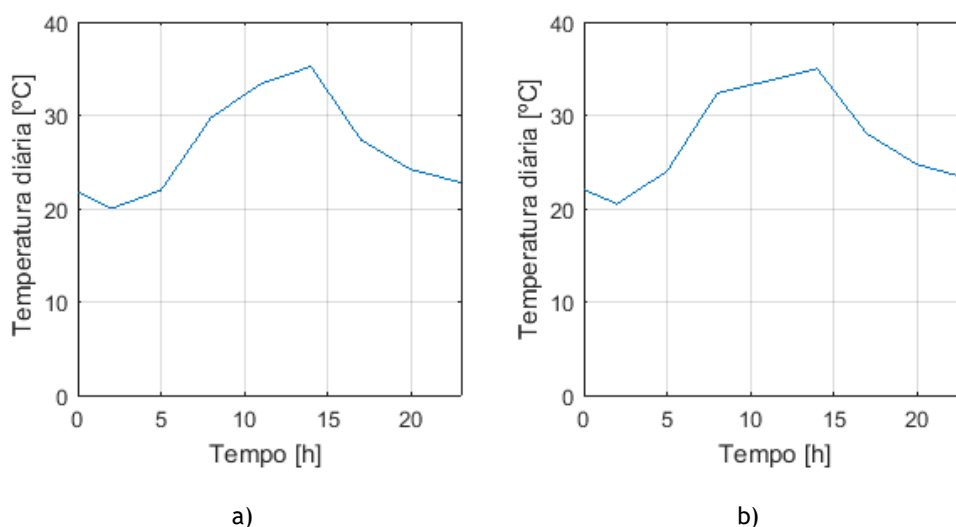


Figura 5.22: Temperatura diária na província da Lunda Norte. a) 10 de Setembro de 2008 e b) 28 de Setembro de 2008.

Na estação menos quente (cacimbo ou seca), que ocorre entre os meses de Maio a Setembro, foram selecionados os dias 10 e 31 de Maio de 2014. A Figura 5.23 a) representa a temperatura diária ao dia 10 de Maio de 2014; observa-se que no período entre as 8 horas da manhã e as 14 horas se registaram temperaturas acima dos 25°C; os maiores valores de temperatura registaram-se às 11 horas da manhã, com temperatura de 28,77°C.

No dia 31 de Maio de 2014, registou-se no período entre as 8 horas da manhã e as 15 horas, temperaturas acima dos 26°C; os maiores valores ocorreram às 11 horas da manhã, com temperatura de 30,35°C, como ilustra a Figura 5.23 b).

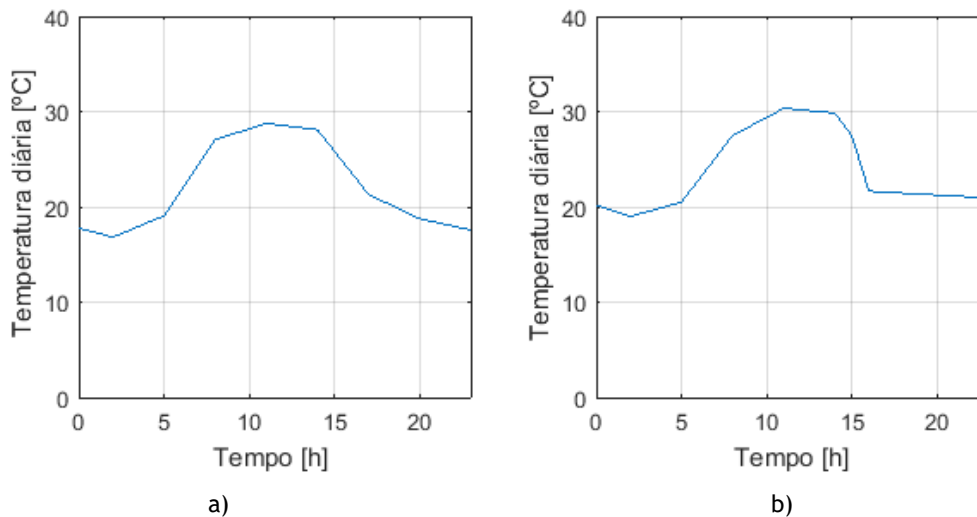


Figura 5.23: Temperatura diária na província da Lunda Norte. a) 10 de Maio de 2014 e b) 31 de Maio de 2014.

Na Figura 5.24 estão representados os valores médios mensais. Observa-se que na estação mais quente (chuvas), que vai desde o mês de Setembro a Maio, os maiores valores de temperatura média se registaram no mês de Setembro, com temperatura média de 26,46°C.

E os menores valores de temperatura média registaram-se nos meses de Novembro e Dezembro, com temperatura média de 21,27°C. Na estação de cacimbo ou seca (menos quente), que vai desde o mês de Maio a Setembro, os maiores de valores de temperatura média registaram-se nos mês de Agosto, com temperatura média de 24,84°C; os menores valores de temperatura média registaram-se nos meses de Maio, Junho e Julho, onde as temperaturas rondaram os 22°C.

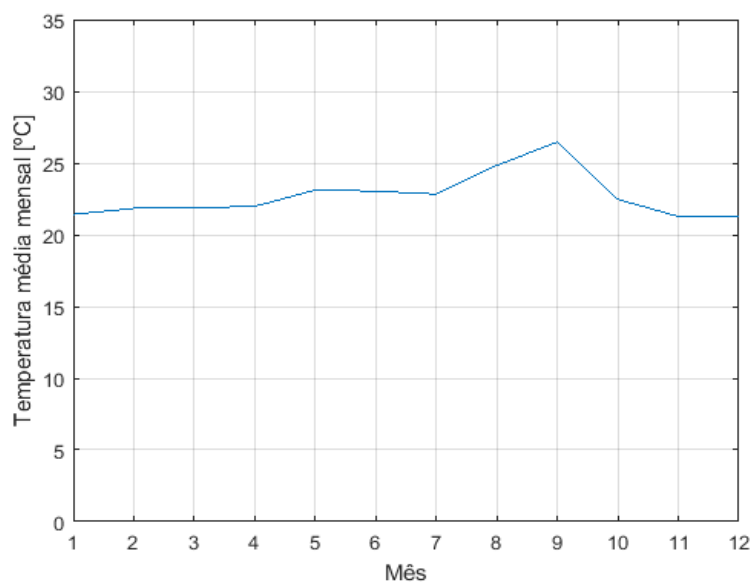


Figura 5.24: Temperatura média mensal na província da Lunda Norte (2007-2016).

## 5.5 Temperatura na região do centro de Angola

Para o centro de Angola, foram selecionadas as províncias do Huambo e do Moxico. A seguir é apresentada a caracterização para cada província.

### 5.5.1 Caracterização da província do Huambo

Nesta região do Huambo, para a estação mais quente (chuvas), que ocorre entre os meses de Setembro a Maio, foram selecionados os dias 4 e 27 de Setembro de 2009. A Figura 5.25 a) apresenta a temperatura diária do dia 4 de Setembro de 2009, elaborada a partir dos dados, e possibilita observar que os maiores valores de temperatura se registaram às 14 horas, com temperatura de 31,74°C; às 8 horas da manhã, registaram-se valores de temperatura de 27,69°C e, às 16 horas, as temperaturas atingiram os 26,37°C. A Figura 5.25 b) representa a temperatura diária do dia 27 de Setembro de 2009; pode observar-se que os maiores valores de temperatura se registaram às 11 horas da manhã, com temperatura de 28,59°C.

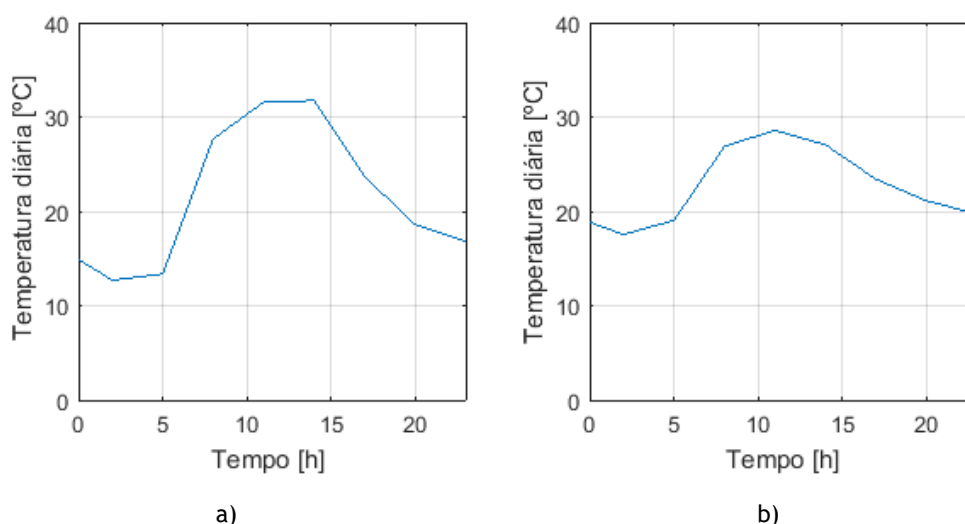


Figura 5.25: Temperatura diária na província do Huambo. a) 4 de Setembro de 2009 e b) 27 de Setembro de 2009.

Na estação menos quente, ou seja, (a de cacimbo ou seca), que vai de Maio a Setembro, selecionaram-se os dias 4 e 27 de Agosto de 2015. Na Figura 5.26 a) é apresentada a temperatura diária do dia 4 de Agosto de 2015, e observa-se que nesta região as temperaturas não atingiram os 30°C. Entretanto, no período entre as 9 horas da manhã e as 15 horas, registaram-se temperaturas acima dos 25°C; os maiores valores de temperatura registaram-se às 14 horas, com temperatura de 28,52°C.

A Figura 5.26 b) representa a temperatura diária do dia 27 de Agosto de 2015, e observa-se que os maiores valores de temperatura se registaram às 11 horas, com um valor de 31,57°C e que no período entre as 8 horas da manhã e as 16 horas registaram-se temperaturas acima dos 26°C.

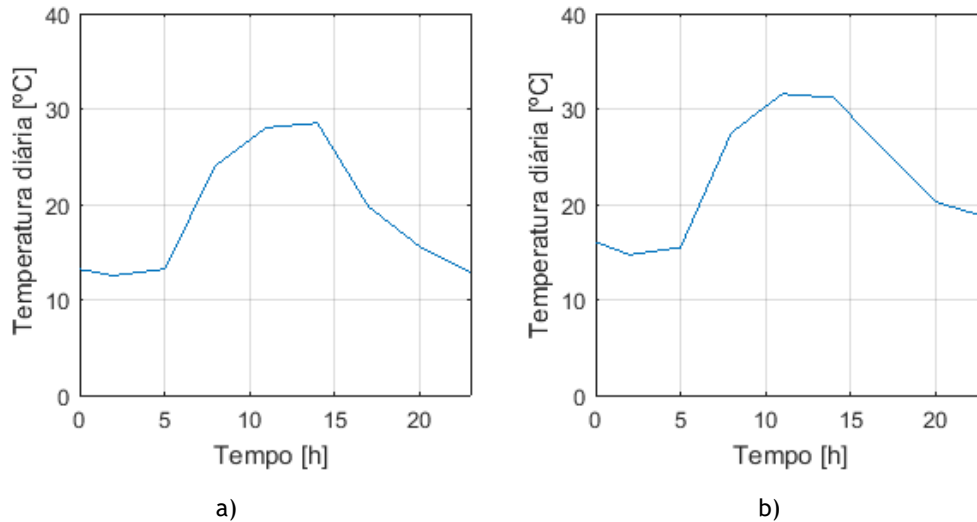


Figura 5.26: Temperatura diária na província do Huambo. a) 4 de Agosto de 2015 e b) 27 de Agosto de 2015.

A Figura 5.27, elaborada a partir dos dados, permite observar que no período da estação mais quente (chuvas), que ocorre entre os meses de Setembro a Maio, os maiores valores de temperatura média registaram-se no mês de Setembro, com temperatura de 23,19°C e nos meses de Novembro, Janeiro, Fevereiro, Março e Abril, onde se registaram temperaturas na ordem dos 20°C.

Na estação menos quente (cacimbo ou seca), que vai de Maio a Setembro, os menores valores de temperatura média registaram-se no mês de Junho, com 17,91°C, e os maiores valores de temperatura média registaram-se no mês de Agosto, com a temperatura de 21,09°C.

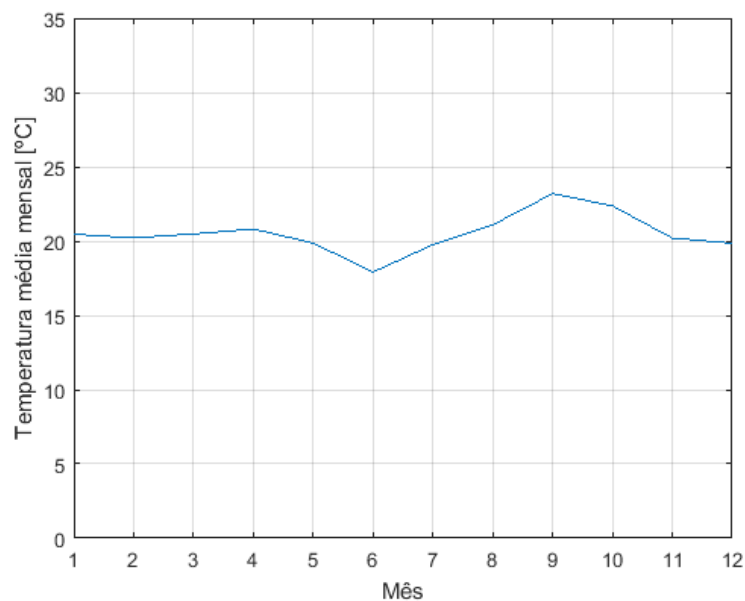


Figura 5.27: Temperatura média mensal na província do Huambo (2007-2016).

## 5.5.2 Caracterização da província do Moxico

Nesta região do Moxico, para a estação mais quente (chuvas), que ocorre nos meses de Setembro a Maio, foram selecionados os dias 1 e 16 de Outubro de 2016 e, de acordo com os dados obtidos, é a região onde se registaram temperaturas acima dos 35°C.

Na Figura 5.28 a) está representada a temperatura diária do dia 1 de Outubro de 2016 e observa-se que no período entre as 5 horas da manhã e as 19 horas se registaram temperaturas acima dos 25°C; os maiores valores de temperatura registaram-se às 14 horas, com temperatura de 34,47°C.

No dia 16 de Outubro de 2016 foram registadas temperaturas acima dos 35°C e, no período entre as 6 horas da manhã e as 17 horas, registaram-se temperaturas acima dos 28°C; os maiores valores de temperatura registaram-se às 14 horas, com temperatura de 36,2°C, como ilustra a Figura 5.28 b).

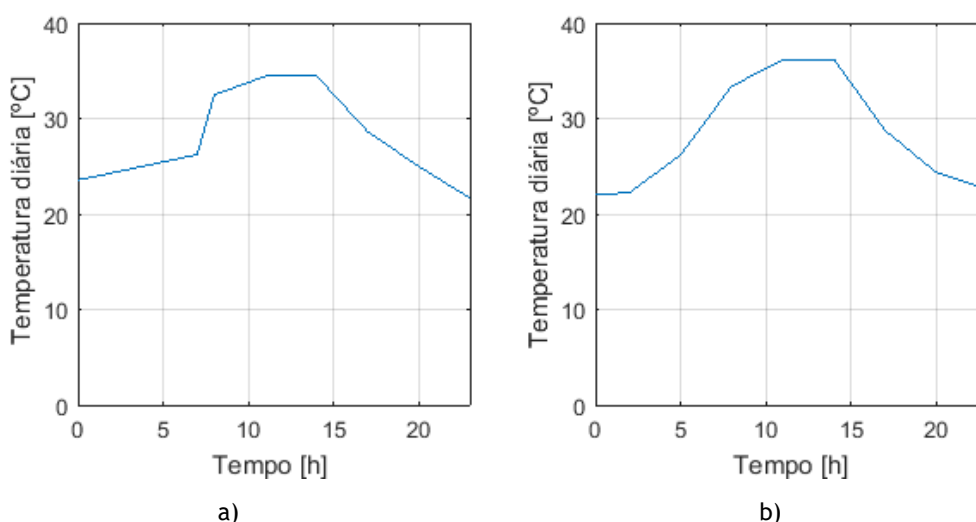


Figura 5.28: Temperatura diária na província do Moxico. a) 1 de Outubro de 2016 e b) 16 de Outubro de 2016.

Na estação menos quente (cacimbo ou seca), que se define nos meses de Maio a Setembro, foram selecionados para esta região do Moxico os dias 2 e 24 de Junho de 2011. Portanto, na Figura 5.29 a) é apresentada a temperatura diária do dia 2 de Junho de 2011, onde é possível observar-se que as temperaturas registadas não atingiram os 30°C; os maiores valores de temperatura registaram-se às 11 horas da manhã, com temperatura de 28,41°C, às 8 horas da manhã registou-se a temperatura de 25,2°C e, por volta das 14 horas, temperatura de 27,92°C.

A Figura 5.29 b) reflete, ou seja representa, a temperatura diária do dia 24 de Junho de 2011 e possibilita observar que no período compreendido entre as 8 horas da manhã e as 16 horas se registaram temperaturas acima dos 25°C, sendo que os maiores valores de temperatura ocorreram às 11 horas da manhã, com temperatura de 30,47°C.

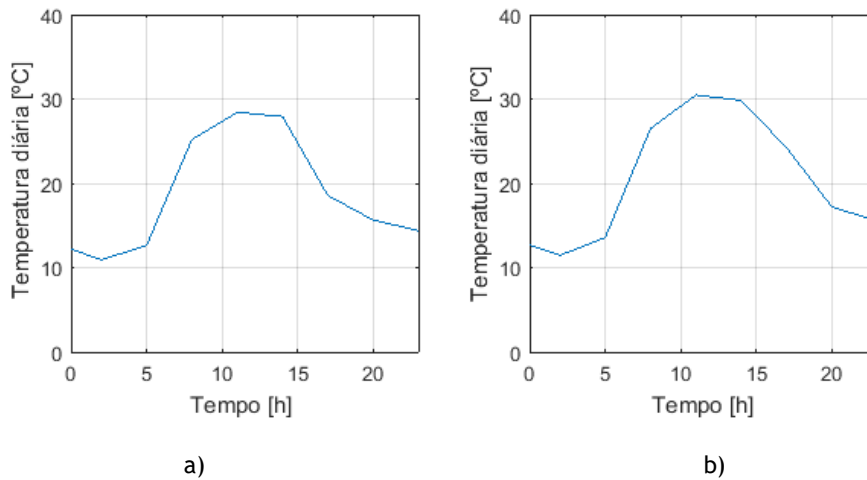


Figura 5.29: Temperatura diária na província do Moxico. a) 2 de Junho de 2011 e b) 24 de Junho de 2011.

Entretanto, na Figura 5.30, elaborada a partir dos dados, observa-se que na estação mais quente (chuvas), que normalmente ocorre entre os meses de Setembro a Maio, os maiores valores de temperatura média se registaram no mês de Setembro, com temperatura média de 26,2°C e, o mês de Outubro, com temperatura média de 26,72°C. Entre os meses de Janeiro e Fevereiro, os valores de temperatura média cifraram-se na casa dos 22°C e, os menores valores de temperatura média registaram-se no período que vai desde o mês de Março ao mês de Maio e em Dezembro, com temperaturas médias na ordem dos 21°C. Na estação menos quente (cacimbo ou seca), que vai desde o mês de Maio ao mês de Setembro, observa-se que a partir do mês de Junho as temperaturas médias foram baixas (na casa dos 20°C), quando comparadas com o mês de Maio, chegando a atingir os 19,58°C no mês de Julho; os maiores valores de temperatura média, nesta estação, ocorreram no mês de Agosto, com temperatura média de 22,6°C e no mês de Setembro, com temperatura média de 26,2°C.

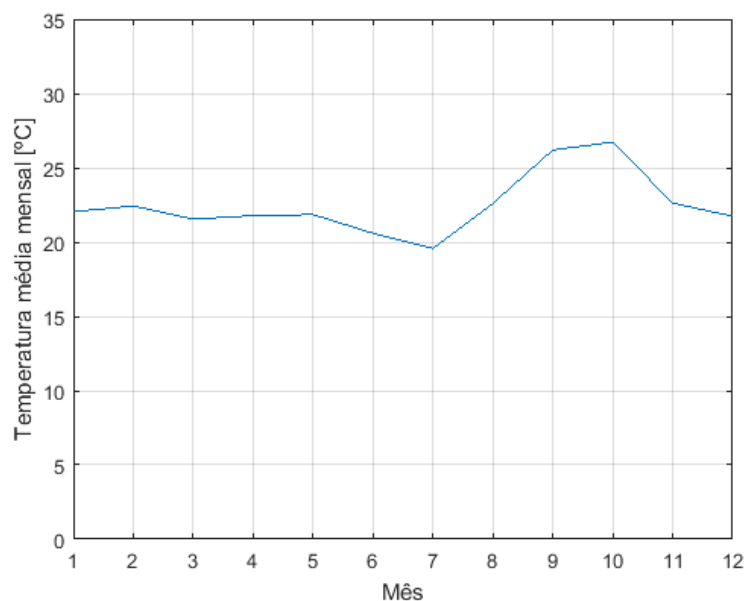


Figura 5.30: Temperatura média mensal na província do Moxico (2007-2016).

## 5.6 Temperatura na região do sul de Angola

Nesta seção pretende-se expor a análise de temperatura no sul de Angola, e para o efeito selecionaram-se as províncias do Namibe e do Cuando Cubango. A seguir é apresentada a caracterização para cada província.

### 5.6.1 Caracterização da província do Namibe

Nesta região do Namibe, caracterizada por ser desértica, na estação mais quente (chuvas), foram selecionados os dias 2 e 27 de Fevereiro de 2012. A Figura 5.31 a) apresenta a temperatura diária do dia 2 de Fevereiro de 2012, elaborada a partir dos dados. E, permite analisar que, no período entre as 8 horas da manhã e as 16 horas, se registaram temperaturas acima dos 25°C. Os maiores valores de temperatura registaram-se no período entre as 11 horas da manhã e as 14 horas, com temperaturas na ordem dos 31°C. Na Figura 5.31 b) é apresentada a temperatura diária do dia 27 de Fevereiro de 2012, sendo que esta permite observar que os maiores valores de temperatura se registaram às 11 horas da manhã, com temperatura de 32,46°C. Este é um valor superior, quando comparado com o dia 2 de Fevereiro de 2012 e, no intervalo compreendido entre as 7 horas da manhã e as 19 horas, registaram-se temperaturas acima dos 25°C.

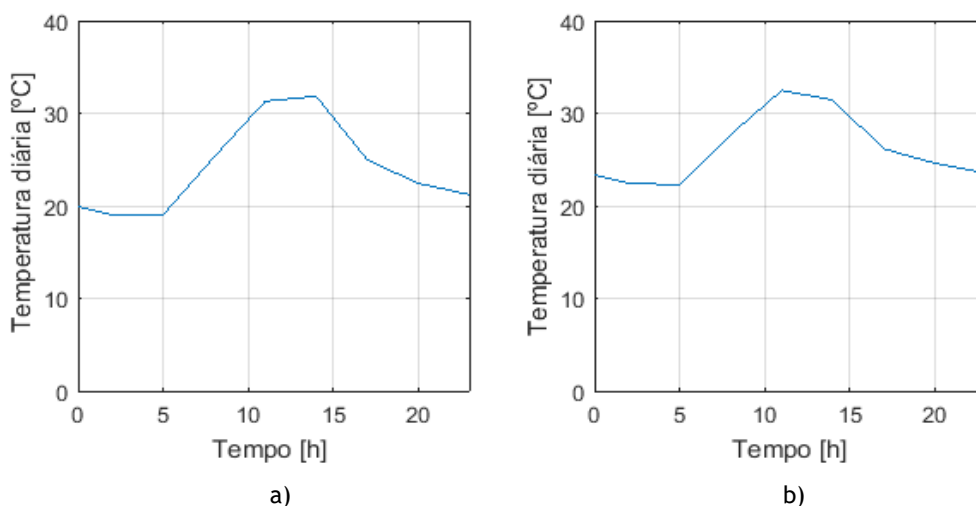


Figura 5.31: Temperatura diária na província do Namibe. a) 2 de Fevereiro de 2012 e b) 27 de Fevereiro de 2012.

Nesta região do Namibe, na estação menos quente (cacimbo ou seca), que corresponde aos meses de Maio a Setembro, foram selecionados os dias 8 e 20 de Agosto de 2012. No dia 8 de Agosto de 2012, não se registaram temperaturas acima dos 25°C, como ilustra a Figura 5.32 a). Os maiores valores de temperatura registaram-se às 11 horas, com temperatura de 22,93°C e, os valores de temperatura menores registaram-se às 23 horas, com temperaturas de 13,13°C.

Portanto, no dia 20 de Agosto do mesmo ano, observa-se o registo da menor temperatura de 13,03°C às 5 horas da manhã e os maiores valores de temperatura registaram-se às 11 horas da manhã, com temperatura de 22,53 °C, de acordo com a Figura 5.32 b).

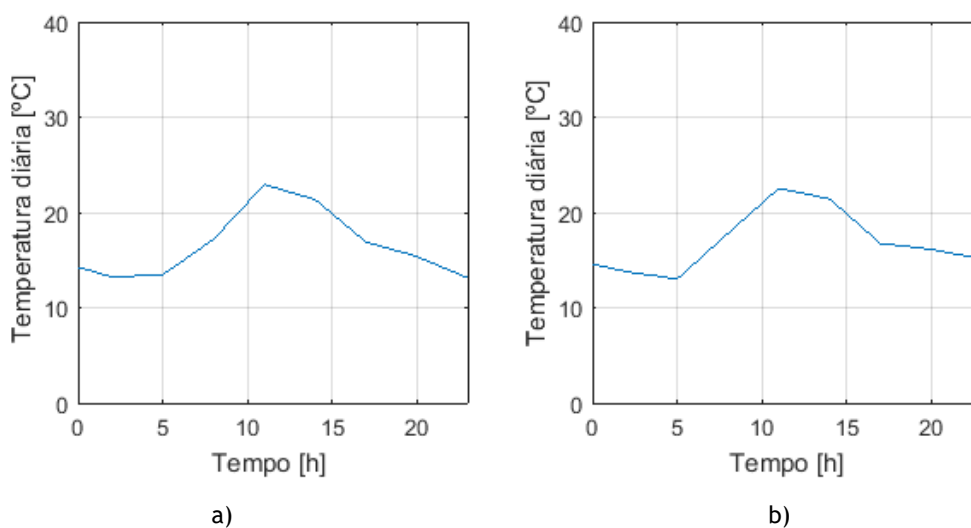


Figura 5.32: Temperatura diária na província do Namibe. a) 8 de Agosto de 2012 e b) 20 de Agosto de 2012.

A Figura 5.33, elaborada a partir dos dados, representa a temperatura média mensal, sendo que no período da estação mais quente (chuvas), que vai desde o mês de Setembro a Maio, os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro, Março e Abril registaram temperaturas médias acima dos 25°C. Já os maiores valores de temperatura média foram registados nos meses de Março e Abril, com temperatura média de 28,61°C; os menores valores registaram-se em Fevereiro, com temperatura média de 23,9°C. Na estação menos quente, ou seja, a de cacimbo ou seca, que ocorre entre os meses de Maio a Setembro, os maiores valores de temperatura média registaram-se no mês de Maio, com temperatura média de 25,19°C e os menores valores no mês de Agosto, com temperatura média de 17,82°C.

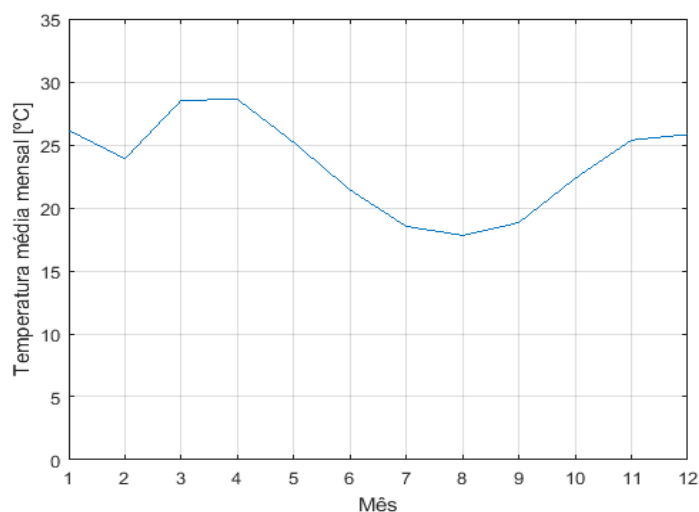


Figura 5.33: Temperatura média mensal na província do Namibe (2007-2016).

## 5.6.2 Caracterização da província do Cuando Cubango

Na estação mais quente (chuvas), que vai de Setembro a Maio, na região do Cuando Cubango, foram selecionados os dias 13 e 31 de Outubro de 2013. De acordo com a Figura 5.34 a), elaborada a partir dos dados, e que representa a temperatura diária do dia 13 de Outubro de 2013, observa-se que entre as 4 horas da manhã e as 23 horas, se registaram temperaturas acima dos 25°C, e os maiores valores de temperatura ocorreram às 11 horas da manhã, com temperatura de 37,28°C.

A Figura 5.34 b) mostra a temperatura diária do dia 31 de Outubro de 2013, e, no período que se estende entre as 4 horas da manhã e as 19 horas, registaram-se temperaturas acima dos 25°C. Observa-se também que os maiores de valores de temperatura diária se registaram no período compreendido entre as 11 horas da manhã e as 14 horas, com temperaturas na ordem dos 36,6°C.

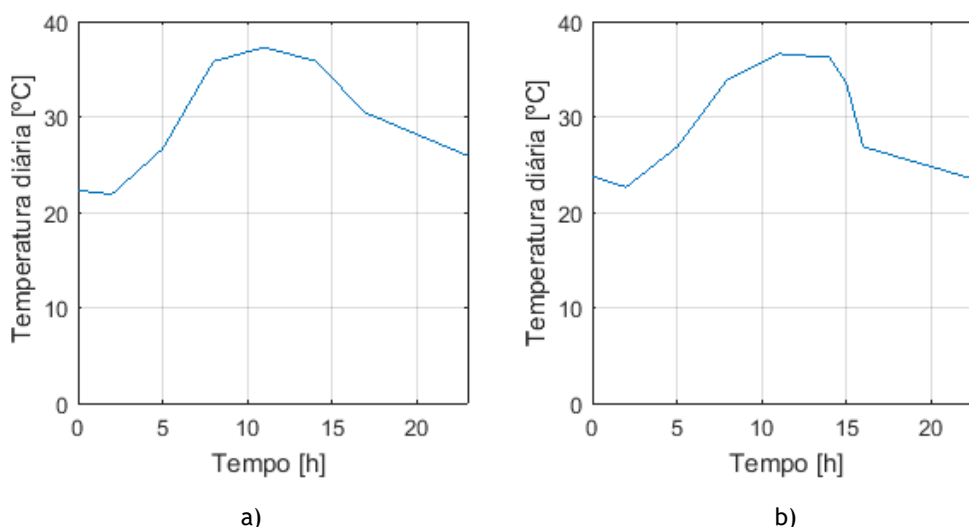


Figura 5.34: Temperatura diária na província do Cuando Cubango. a) 13 de Outubro de 2013 e b) 31 de Outubro de 2013.

Na estação menos quente, ou seja, a de cacimbo ou seca, que vai de Maio a Setembro, para região do Cuando Cubango selecionaram-se os dias 2 e 24 de Julho de 2011.

A Figura 5.35 a), elaborada a partir os dados, mostra a temperatura diária do dia 2 de Julho de 2011, e a mesma permite analisar que os maiores valores de temperatura se registaram entre as 11 horas da manhã e as 13 horas, com temperatura de 25°C.

Na Figura 5.35 b) está representada a temperatura diária do dia 24 de Julho de 2011; observa-se que no período entre as 10 horas da manhã e as 14 horas, se registaram temperaturas acima dos 22°C, e os maiores valores de temperatura ocorreram pelas 11 horas da manhã, com temperatura de 24,96°C, e por volta das 13 horas, com temperatura de 24,26°C.

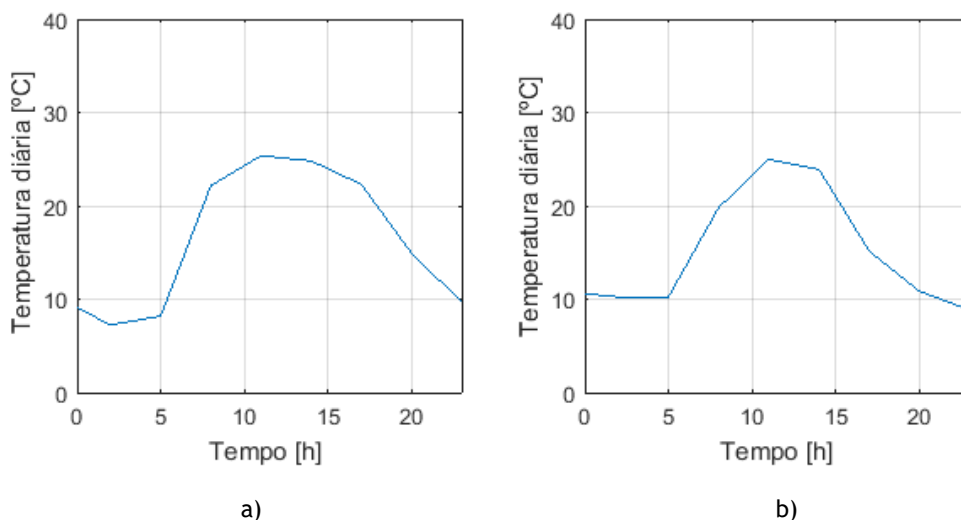


Figura 5.35: Temperatura diária na província do Cuando Cubango. a) 2 de Julho de 2011 e b) 24 de Julho de 2011.

A Figura 5.36 mostra a temperatura média mensal da região do Cuando Cubango, elaborada a partir dos dados. Entretanto, na estação mais quente (chuvas), os maiores valores de temperatura média mensal registaram-se nos meses de Setembro, com 25,98°C, e Outubro, com 27,78°C; os menores valores de temperatura média registaram-se no mês de Fevereiro, com 20,04°C. Observa-se também que em Dezembro, Janeiro e Março, as temperaturas médias rondaram em 21°C. Na estação menos quente (cacimbo ou seca), observa-se a partir do mês de Maio uma descida da temperatura passando dos 20,27°C para 16,66°C, no mês de Junho. Os menores valores de temperatura média registaram-se no mês de Julho, com temperatura de 15,96°C. Porém, os maiores valores de temperatura média na estação menos quente (cacimbo ou seca), nesta região do Cuando Cubango, registaram-se no mês de Agosto, com temperatura média de 21°,61°C e Setembro, com temperatura média de 25,98°C.

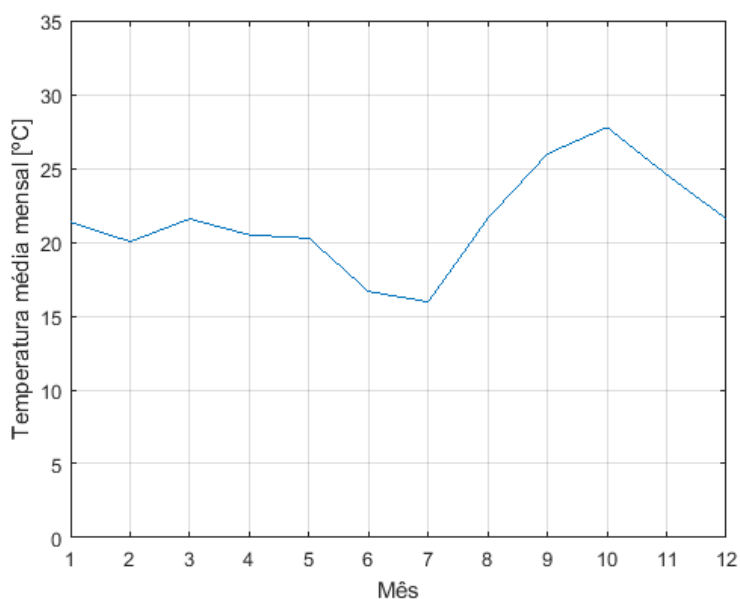


Figura 5.36: Temperatura média mensal na província do Cuando Cubango (2007-2016).

## Capítulo 6

# 6 Tratamento de dados relativos à velocidade do vento nas regiões do norte, centro e sul de Angola

Os dados, que serviram como base para realização da análise da velocidade de vento, foram obtidos a partir do ano meteorológico típico do sistema de informação geográfica fotovoltáica (PVGIS) da união europeia, descrito no capítulo 5.

O Wind Rose Plot (WRPLOT) é um programa de rosa dos ventos totalmente operacional para dados meteorológicos [63]. Permite gerar estatísticas e gráficos visuais de rosa dos ventos, a análise de frequência e gerar gráficos para vários formatos de dados meteorológicos selecionados em períodos e datas especificados.

Uma rosa dos ventos representa a frequência da ocorrência de ventos em cada um dos setores de direção e classes de velocidade, para um determinado local e um determinado período.

Deste modo, para a construção de gráfico de classe de frequência do vento e rosa dos ventos utilizou-se o software WRPLOT, que se encontra disponível na internet e tem uma licença grátis.

### 6.1 Velocidade do vento na região do norte de Angola

Relativamente à zona norte de Angola, foram selecionadas para este estudo as províncias de Luanda e da Lunda Norte.

#### 6.1.1 Caracterização da província de Luanda

Os dados recolhidos para região de Luanda, com coordenadas: latitude 8.827°; longitude 13.244°, e uma altitude de 75 metros, dizem respeito a uma altura de 10 metros. Os registos dos dados ocorreram no período entre Janeiro de 2007 a Dezembro de 2016.

A Figura 6.1 representa a distribuição de frequência da classe de vento (de acordo com intervalos de velocidade), elaborada através dos dados, e revela que a frequência da classe de vento [0,5 - 2,1 m/s] contou com 50,7%, a frequência da classe [2,1 - 3,6 m/s] foi de 38,2%, sendo 9,8% relativos à frequência a classe de vento [3,6 - 5,7 m/s] e a frequência da classe de vento [5,7 - 8,8 m/s] foi de 0,1%.

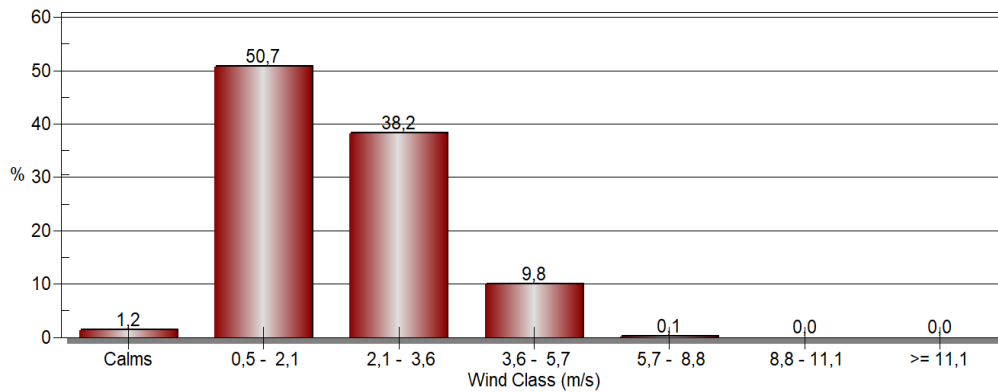


Figura 6.1: Distribuição de frequência da classe de vento na província de Luanda, elaborado a partir do software WRPLOT.

Na Figura 6.2 é apresentada a rosa dos ventos, elaborada a partir dos dados, permitindo observar-se a predominância dos ventos entre Sul e Oeste (25%), com velocidades no intervalo [3,6 - 5,7 m/s] (12,96 - 20,52 km/h). Estes limites encontram-se nos valores de velocidade mínima para geração de energia eólica; a velocidade média anual do vento foi de 2,17 m/s (7,8 km/h).

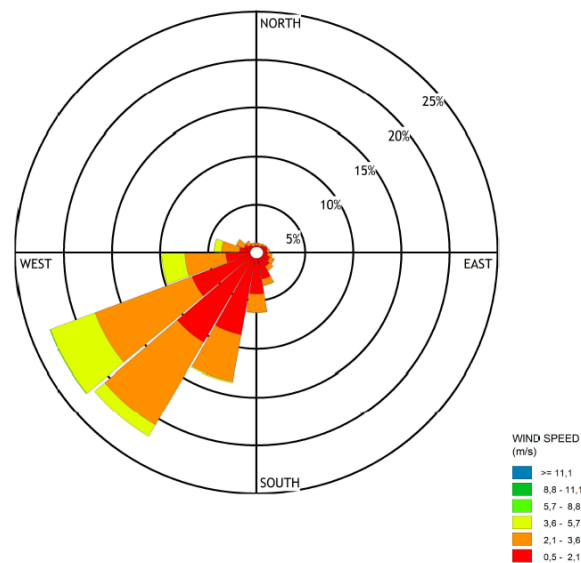


Figura 6.2: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província de Luanda.

### 6.1.2 Caracterização da província da Lunda Norte

Para a região da Lunda Norte, com coordenadas: latitude 8.509°; longitude 19.754° e altitude de 1077 metros, os dados recolhidos correspondem a uma altura de 10 metros. O período de registo foi definido entre Janeiro de 2007 e Dezembro de 2016. A distribuição de frequência da classe de vento, conforme mostra a Figura 6.3, elaborada através dos dados, permite analisar que a frequência da classe de vento [0,5 - 2,1 m/s] foi de 53,5%, a frequência da classe [2,1 - 3,6 m/s] representou 38,5%, 6,4% foi a frequência da classe de vento [3,6 - 5,7 m/s], para a classe de vento [5,7 - 8,8 m/s] não houve qualquer ocorrência.

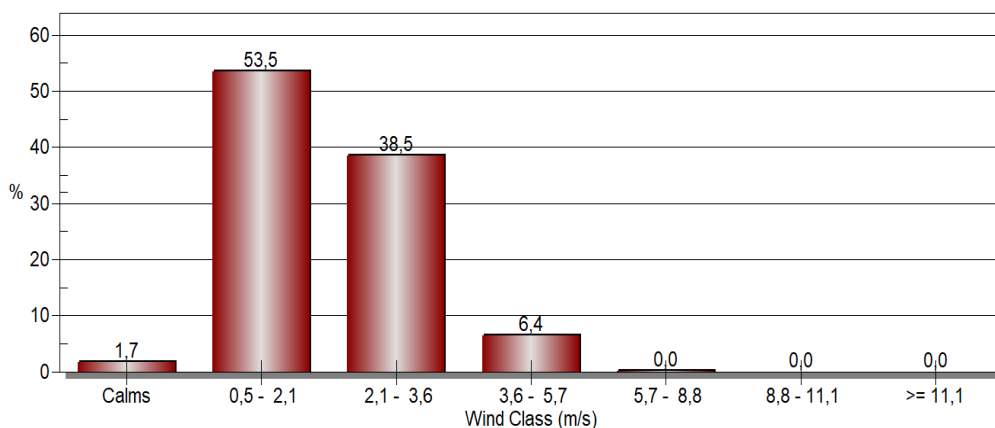


Figura 6.3: Distribuição de frequência da classe de vento na província da Lunda Norte, elaborado a partir do software WRPLOT.

Nesta região registou-se uma diminuição da percentagem da frequência da classe de vento [3,6 - 5,7 m/s], quando comparado com os dados obtidos na província de Luanda. Portanto, existe uma diferença nos sentidos da direção dos ventos, ou seja, a predominância dos ventos na região da Lunda Norte é entre Leste e Sul, no entanto, na província de Luanda a predominância dos ventos encontra-se entre Sul e Oeste. Na Figura 6.4, é mostrada a rosa dos ventos, elaborada a partir dos dados, que permite observar a predominância dos ventos entre Leste e Sul (16%), com velocidades entre 3,6 e 5,7 m/s (12,96 e 20,52 km/h). A velocidade média anual do vento foi de 2,02 m/s (7,3 km/h).

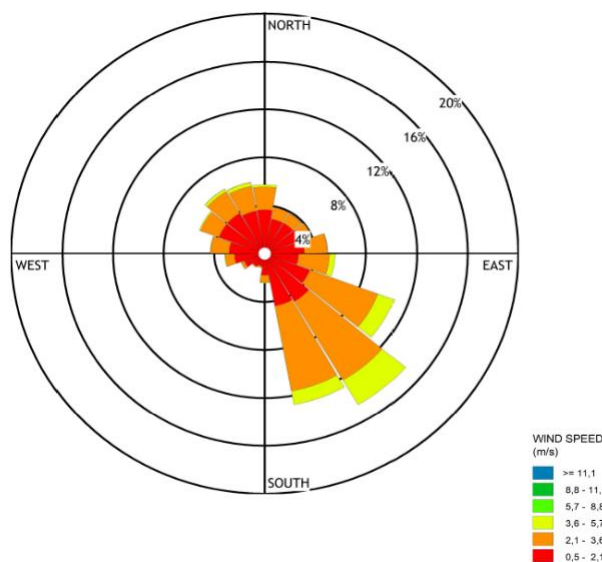


Figura 6.4: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província da Lunda Norte.

## 6.2 Velocidade do vento na região do centro de Angola

Nesta região do centro de Angola, para a realização do respetivo estudo foram seleccionadas as províncias do Huambo, que é o centro do país, e a província do Moxico.

## 6.2.1 Caracterização da província do Huambo

Os dados recolhidos para esta região, também conhecida como o planalto central (Huambo) com as coordenadas: latitude 12.608°; longitude 15.741° e altitude de 1561 metros, foram obtidos em medições realizadas a uma altura de 10 metros, e o período de registo ocorreu entre Janeiro de 2007 e Dezembro de 2016. A Figura 6.5 revela a distribuição de frequência da classe de vento, elaborada a partir dos dados, permitindo observar que a frequência da classe de vento [0,5 - 2,1 m/s] foi de 53,5%, a frequência da classe [2,1 - 3,6 m/s] foi de 38,5%, a frequência da classe de vento [3,6 - 5,7 m/s] foi de 6,1% e a frequência da classe de vento [5,7 - 8,8 m/s] foi de 0,1%.

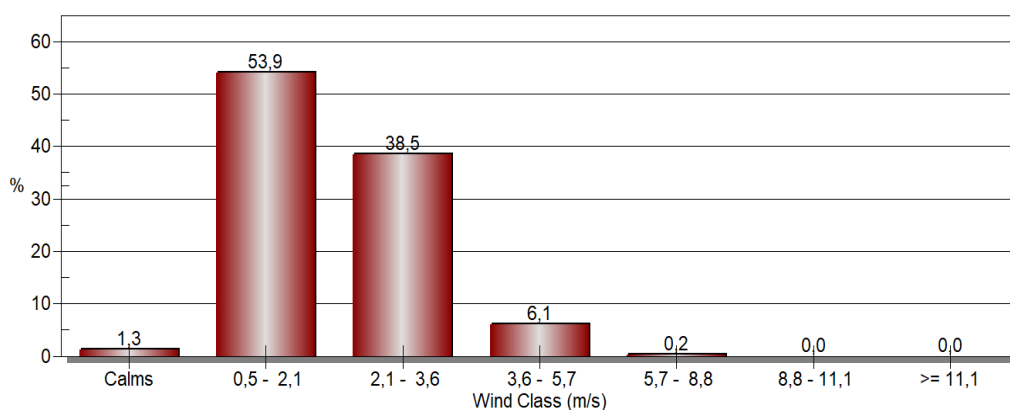


Figura 6.5: Distribuição de frequência da classe de vento na província do Huambo, elaborado a partir do software WRPLOT.

Na Figura 6.6 ilustra-se a rosa dos ventos, elaborada a partir dos dados, permitindo observar a predominância dos ventos entre Leste (20%), com velocidades entre 3,6 e 5,7 m/s (12,96 e 20,52 km/h), e a velocidade média anual do vento foi de 2,04 m/s (7,3 km/h).

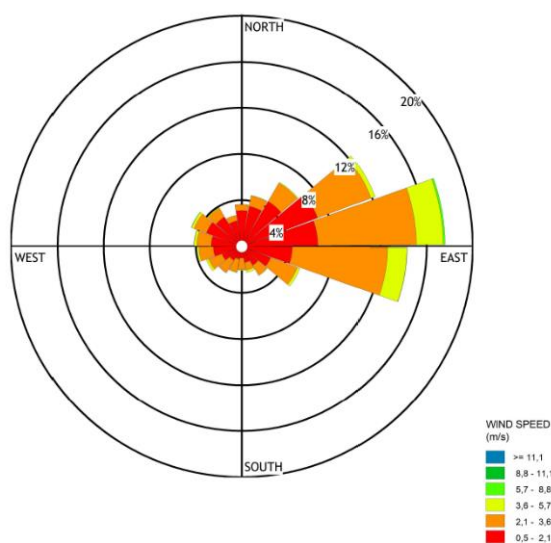


Figura 6.6: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província do Huambo.

## 6.2.2 Caracterização da província do Moxico

Os dados recolhidos para região do Moxico, com coordenadas: latitude 12.729°; longitude 21.274° e uma altitude de 1137 metros, foram obtidos para uma altura de 10 metros. O registo de dados foi efetuado no período entre Janeiro de 2007 e Dezembro de 2016. A Figura 6.7 ilustra a distribuição de frequência da classe de vento, elaborada a partir dos dados, revelando que a frequência da classe de vento [0,5 - 2,1 m/s] fixou-se na ordem dos 25,3%; entretanto, a frequência da classe de vento [2,1 - 3,6 m/s] foi a que apresentou maior percentagem, com 48,3%. A frequência da classe de vento [3,6 - 5,7 m/s] representou 23,9% e a frequência da classe de vento [5,7 - 8,8 m/s] foi de 2,3%. Esta região apresenta os melhores dados de frequência da classe de vento, quando comparado com a região do Huambo. Portanto, notar-se a clara diferença entre a província do Huambo e a província do Moxico onde, para a classe de vento [3,6 - 5,7 m/s], se obtiveram frequências, de 6,1% e de 23,9%, respetivamente.

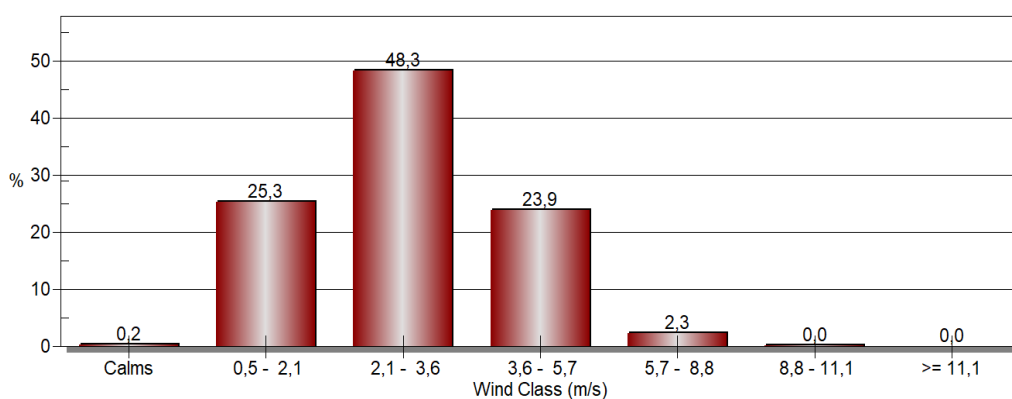


Figura 6.7: Distribuição de frequência da classe de vento na província do Moxico, elaborado a partir do software WRPLOT.

A rosa dos ventos, elaborada a partir dos dados, permite observar a predominância dos ventos entre Leste e Sul (20%), com velocidades entre 5,7 e 8,8 m/s (20,52 e 31,68 km/h), como ilustra a Figura 6.8. Limites estes superiores ao valor da velocidade mínima para geração de energia eólica e a velocidade média anual do vento foi de 2,90 m/s (10,44 km/h).

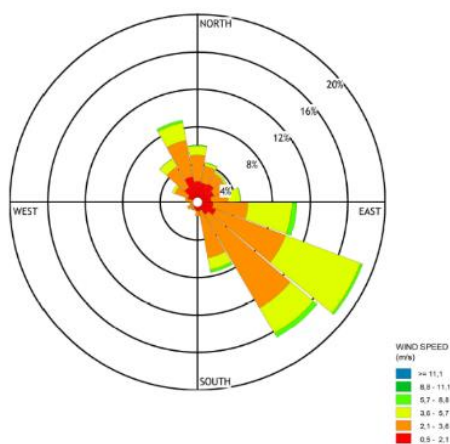


Figura 6.8: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província do Moxico.

## 6.3 Velocidade do vento na região do sul de Angola

Nesta região de Angola, encontram-se localizadas quatro províncias (Namibe, Cunene, Huíla e Cuando Cubango); destas, foram selecionadas apenas as províncias do Namibe e Cuando Cubango, para a realização do estudo.

### 6.3.1 Caracterização para Província do Namibe

Os dados recolhidos para região do Moxico, com coordenadas: latitude 15.267°; longitude 12.706°, e uma altitude de 354 metros, foram obtidos para uma altura de 10 metros. Os registos ocorreram entre Janeiro de 2007 e Dezembro de 2016.

A Figura 6.9 ilustra a distribuição de frequência da classe de vento apresentada, elaborada a partir dos dados, revelando que a frequência da classe de vento [0,5 - 2,1 m/s] se fixou na ordem dos 43,9%, a frequência da classe de vento [2,1 - 3,6 m/s] foi de 24,9%, a frequência da classe de vento [3,6 - 5,7 m/s] representou 20,8% e a frequência da classe de vento [5,7 - 8,8 m/s] foi de 8,6%.

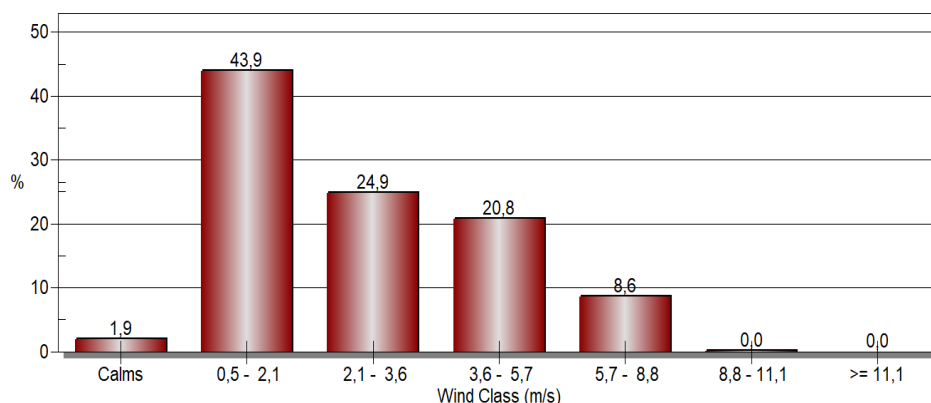


Figura 6.9: Distribuição de frequência da classe de vento na província do Namibe, elaborado a partir do software WRPLOT.

A rosa dos ventos, elaborada a partir dos dados, permite observar a predominância dos ventos de Oeste (20%), com velocidades entre 5,7 e 8,8 m/s (20,52 e 31,68 km/h), como mostra a Figura 6.10, valor este superior ao valor de velocidade mínima para geração de energia eólica. A velocidade média anual do vento foi de 2,75 m/s (9,9 km/h).

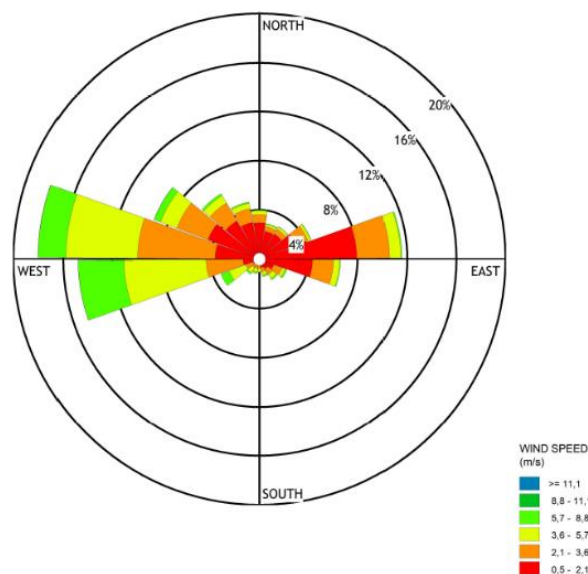


Figura 6.10: Rosa dos ventos, elaborada a partir do software WRPLOT, Província do Namibe.

### 6.3.2 Caraterização da província do Cuando Cubango

Os dados recolhidos para região do Cuando Cubango, com coordenadas: latitude 16.046°; longitude 19.562° e uma altitude de 1236 metros, foram obtidos para uma altura de 10 metros. O período de registo ocorreu entre Janeiro de 2007 e Dezembro de 2016. A Figura 6.11 ilustra a distribuição de frequência da classe de vento apresentada, elaborada a partir dos dados, revelando que a frequência da classe de vento [0,5 - 2,1 m/s] fixou-se na ordem dos 17,3%, a frequência da classe [2,1 - 3,6 m/s] foi de 51,7%, a frequência da classe de vento [3,6 - 5,7 m/s] representou 27,1% e a frequência da classe de vento [5,7 - 8,8 m/s] foi de 3,8%.

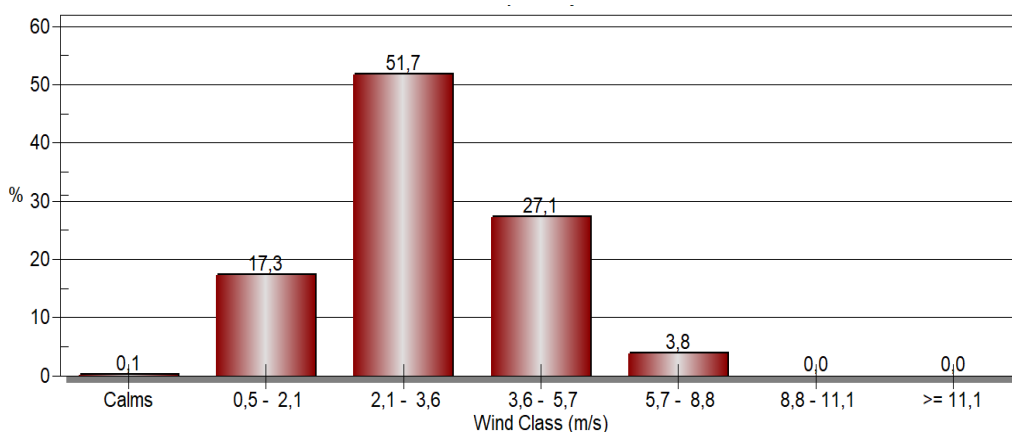


Figura 6.11: Distribuição de frequência da classe de vento na província do Cuando Cubango, elaborado a partir do software WRPLOT.

Portanto, verifica-se que nesta região da província do Cuando Cubango, registaram-se as maiores percentagens da frequência para a classe de vento [2,1 - 3,6 m/s] e para a classe de vento [3,6 - 5,7 m/s].

No entanto, nesta região, ocorreu também a menor frequência da classe de vento [0,5 - 2,1 m/s], quando comparado com as restantes províncias, isto é, a de Luanda, Luanda Norte, Huambo, Moxico e do Namibe.

A rosa dos ventos, elaborada a partir dos dados, permite observar a predominância dos ventos de Oeste (20%), com velocidades entre 5,7 e 8,8 m/s (20,52 e 31,68 km/h), como mostra a Figura 6.12, valor este superior ao valor da velocidade mínima para geração de energia eólica. A velocidade média anual do vento foi de 5,14 m/s (11,30 km/h).

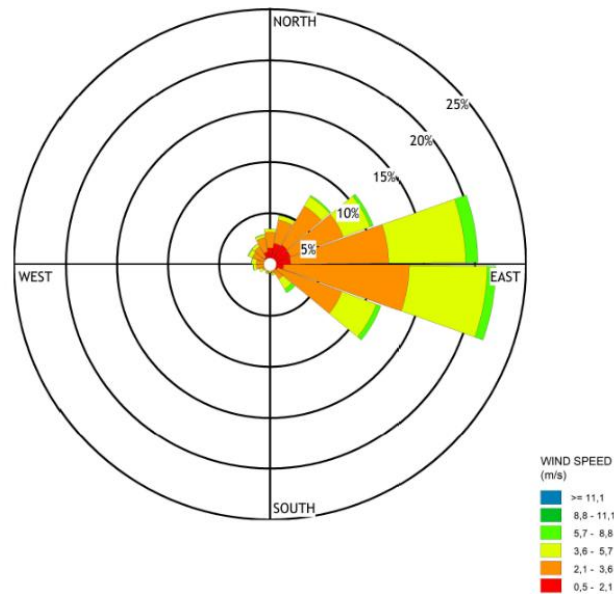


Figura 6. 12: Rosa dos ventos, elaborado a partir do software WRPLOT, província do Cuando Cubango.

## Capítulo 7

# 7 Tratamento de dados relativos às condições marítimas da costa angolana

Os dados utilizados neste estudo foram recolhidos através do site Windyty [64]. Este é um serviço web bastante interativo, e possibilita uma fácil procura por um qualquer local do planeta e em poucos segundos oferece um conjunto de informação bastante detalhada sobre a previsão de tempo nesse local para uma semana.

Portanto, o site dá-nos informações sobre a temperatura, a direção do vento, as ondas do mar, a previsão de neve, o acesso a webcams, e permite ver estações meteorológicas mais próximas [64]. Para este trabalho utilizaram-se dados recolhidos em quatro pontos distintos, de três regiões, isto é, na costa norte na província de Cabinda com coordenadas: latitude 5.509°; longitude 12.088° e na província de Luanda (cabo ledó), com coordenadas: latitude 9.647°; longitude 13.195°.

Portanto, na costa centro na província de Benguela (município do Lobito, com coordenadas: latitude 12.313°; longitude 13.517°) e na costa sul na província do Namibe (município do Tômbua, com coordenadas: latitude 15.780°; longitude 11.765°). O período de registo foi entre o dia 19 de Fevereiro a 19 de Março de 2020, com dados obtidos de 6 em 6 horas.

### 7.1 Condições marítimas da costa de Cabinda

Durante o processo de recolha e tratamentos dos dados, verificou-se que as ondas do mar na costa de Cabinda não atingem os 1,5 metros de altura; por exemplo no primeiro dia a média diária foi de 1,1 metros de altura.

O maior valor médio de altura de onda, durante os 30 dias, foi obtido no terceiro dia, com 1,4 metros de altura, já o menor valor médio de altura de onda foi obtido no décimo oitavo dia, com 0,9 metros, conforme ilustra a Figura 7.1.

Relativamente ao período da onda, o maior valor médio registou-se no décimo primeiro dia, com 13,6 segundos. Entretanto, nesta região da costa, o menor valor médio do período da onda ocorreu no décimo oitavo dia, com 5,5 segundos, como mostra a Figura 7.2.

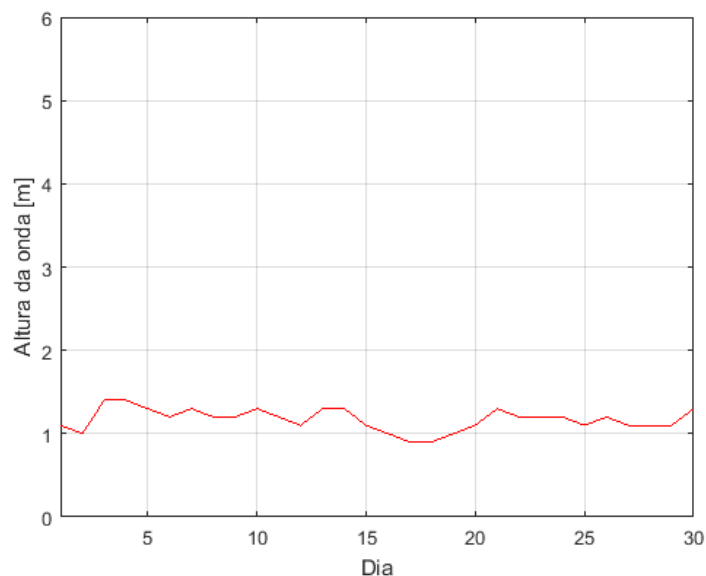


Figura 7.1: Representação gráfica dos valores médios diários da altura da onda na zona costeira de Cabinda.

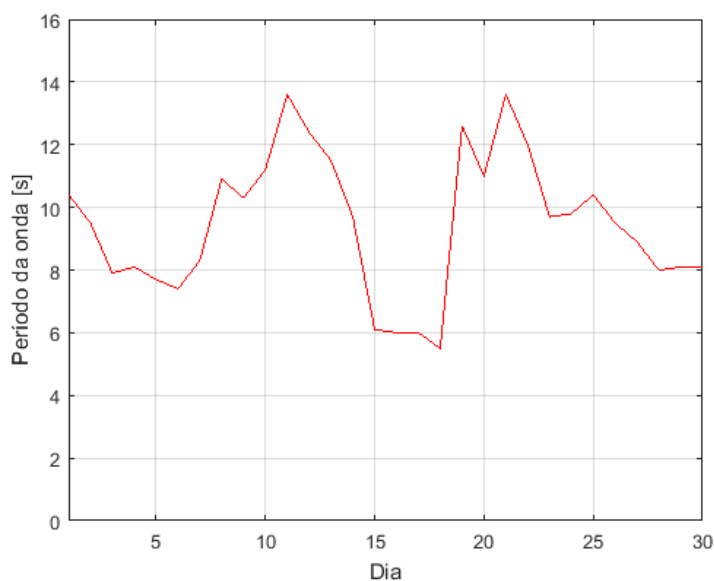


Figura 7.2: Representação gráfica dos valores médios diários do período da onda na zona costeira de Cabinda.

## 7.2 Condições marítimas da costa de Luanda (Cabo ledo)

Na Figura 7.3, estão representados os valores médios diários de altura de onda, obtidos a partir dos dados, e permite observar que o menor valor médio de altura de onda é de 1 metro durante os trinta dias, e o maior valor médio de altura de onda ocorreu do terceiro dia, com 1,6 metros.

Quanto ao período de onda, no décimo sétimo dia registou-se o menor valor médio do período de onda, com 5,6 segundos; no entanto, o maior valor médio do período de onda ocorreu no vigésimo dia, com 14,5 segundos, como mostra a Figura 7.4.

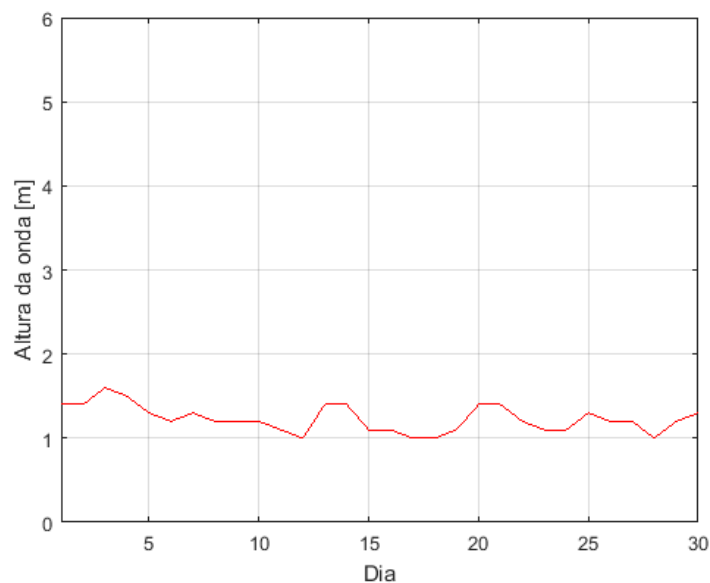


Figura 7.3: Representação gráfica dos valores médios diários da altura da onda na zona costeira do Cabo Ledo.

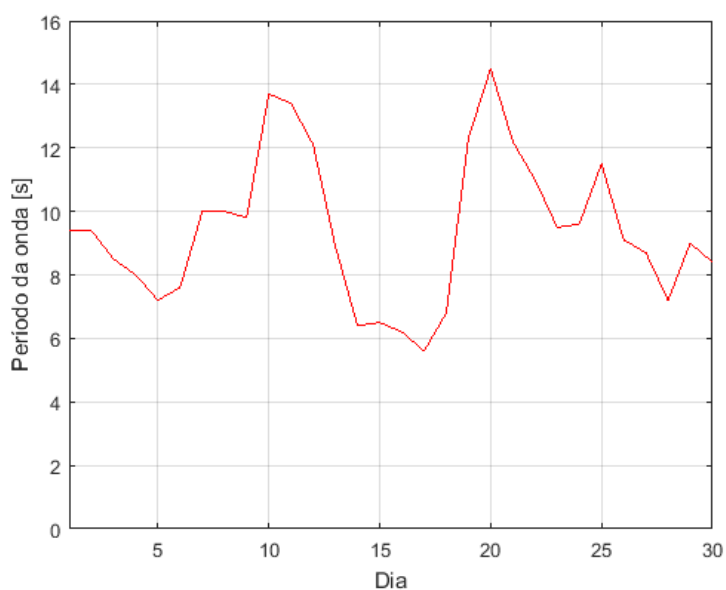


Figura 7.4: Representação gráfica dos valores médios diários do período da onda na zona costeira do Cabo Ledo.

### 7.3 Condições marítimas da costa de Benguela (Lobito)

A zona costeira do município do Lobito é caracterizada por apresentar valores médios de altura de onda até 1,9 metros, estes superiores quando comparados com a zona costeira de Cabinda e Cabo Lebo; o maior valor médio de altura de onda ocorreu no terceiro dia, com 1,9 metros, e o menor valor médio de altura de onda registou-se no decimo sétimo dia, com 0,8 metros, como mostra a Figura 7.5.

Portanto, em relação aos valores médios do período da onda, verifica-se que no vigésimo dia, se registou um período de 14,5 segundos, exatamente o maior valor médio; entretanto o menor valor médio ocorreu no décimo sexto dia, com 5,4 segundos, como mostra a Figura 7.6.

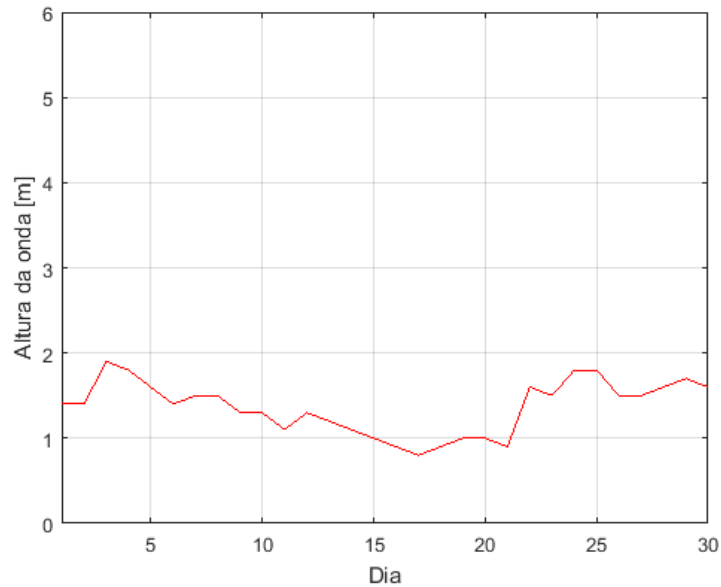


Figura 7.5: Representação gráfica dos valores médios diários da altura da onda na zona costeira Lobito.

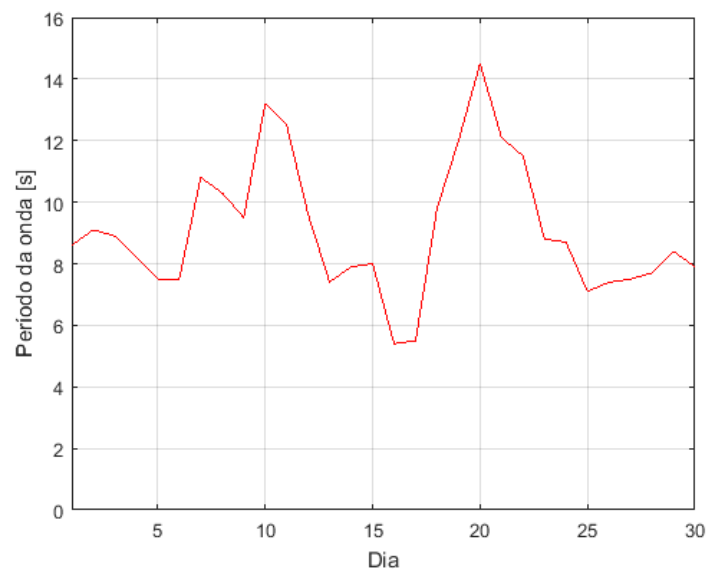


Figura 7.6: Representação gráfica dos valores médios diários do período da onda na zona costeira do Lobito.

## 7.4 Condições marítimas costa do Namibe (Tômbua)

Esta zona costeira é caracterizada por apresentar ondulações de onda acima dos 2 metros, ou seja, é a única zona onde as ondas atingem os 2,2 metros de altura, bem como períodos mínimos na ordem dos 7,3 segundos, valores mais interessantes quando comparados com os das zonas costeiras de Cabinda, Cabo Ledo e Lobito.

Por exemplo, entre o vigésimo terceiro dia e o vigésimo quinto dia, registaram-se ondas de 2,2 metros de altura, como mostra a Figura 7.7, e o menor valor médio de altura de onda ocorreu no décimo sétimo dia, com 1,1 metros.

No entanto, o menor valor médio do período de onda registou-se no quinto dia, com 7,3 segundos, mas o maior valor médio do período de onda ocorreu no décimo dia, com 13,6 segundos, como ilustra a Figura 7.8.

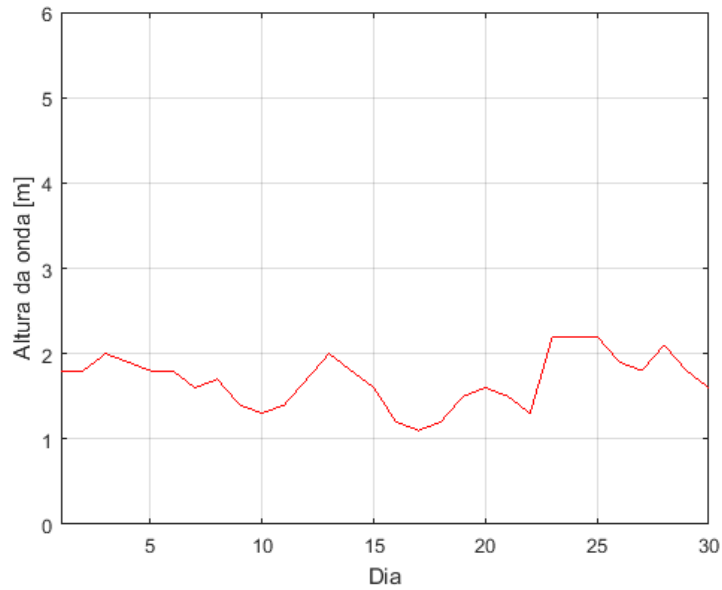


Figura 7.7: Representação gráfica dos valores médios diários da altura da onda na zona costeira do Tômbua.

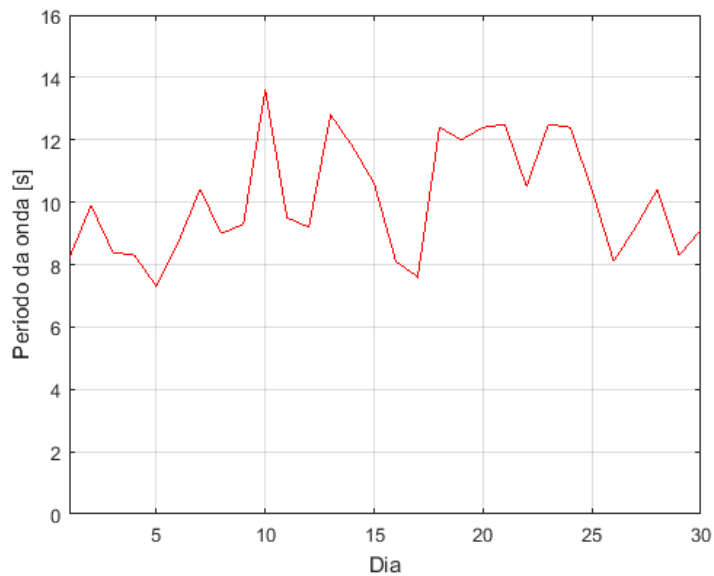


Figura 7.8: Representação gráfica dos valores médios diários do período da onda na zona costeira do Tômbua.

## Capítulo 8

### 8 Estimativa de potência a produzir por tipo de energia nas regiões norte, centro e sul de Angola

Neste capítulo pretende-se realizar a estimativa de potência a produzir na região do Norte, Centro e Sul de Angola, através das fontes de energia solar, vento, e ondas do mar. A seguir é apresentada a fonte de energia solar.

#### 8.1 Energia solar

Para estimar a potência a produzir neste tipo de fonte de energia é fundamental conhecer-se a temperatura ambiente e o nível de irradiância solar. A potência a produzir é dada pela equação 8.1 [65]:

$$P_{solar} = \left[ P_{PV,STC} * \frac{G}{G_{ref,STC}} * [1 - \alpha_{voc} * (T_{cel} - T_{ref,STC})] \right] * N_{PVS} * N_{PVp} \quad (8.1)$$

Onde:

- $P_{solar}$  - potência solar (W);
- $P_{PV,STC}$  - potência fotovoltaica em condição padrão de teste;
- $G$  - irradiância solar ( $W/m^2$ );
- $G_{ref,STC}$  - irradiância de referência em condições padrão de teste ( $1000 W/m^2$ );
- $\alpha_{voc}$  - coeficiente de temperatura da tensão em circuito aberto;
- $T_{cel}$  - temperatura da célula ( $^{\circ}C$ );
- $T_{ref,STC}$  - temperatura de referência em condições padrão de teste ( $25^{\circ}C$ );
- $N_{PVS}$  - número de módulos fotovoltaicos em série;
- $N_{PVp}$  - número de módulos fotovoltaicos em paralelo.

Portanto, a temperatura da célula é calculada através da equação 8.2 [65] e [66]:

$$T_{cel} = T_{amb} + \frac{G}{G_{ref,STC}} * (NOCT - T_{ref,NOCT}) \quad (8.2)$$

Onde:

- $T_{amb}$  - temperatura ambiente;
- $G$  - irradiância solar;
- $G_{ref,STC}$  - irradiância de referência em condições padrão de teste (800W/m<sup>2</sup>);
- $NOCT$  - temperatura da célula em condições de funcionamento nominal;
- $T_{ref,NOCT}$  - temperatura de referência em condições de funcionamento nominal (20°C).

Portanto, os valores adotados para os parâmetros da potência fotovoltaica em condições padrão de teste ( $P_{PV,STC}$ ), coeficiente de temperatura da tensão de circuito aberto ( $\alpha_{voc}$ ), temperatura nominal da célula em condições de funcionamento nominal (NOCT) foram obtidos do manual do painel ND-R250AS [67]. Os valores de potências que serão apresentados nas seções seguintes dizem respeito à utilização do painel referido, com 250 W de potência, considerando um só módulo.

### 8.1.1 Potência solar a produzir na região do norte de Angola

Na região norte de Angola, para sua caracterização foram escolhidas duas Províncias a de Luanda e a da Lunda Norte. A seguir é apresentada a caracterização da região de Luanda.

#### a) Caracterização da província de Luanda

Em Luanda a potência a produzir diariamente, na estação menos quente (cacimbo ou seca), foi calculada com os dados referente ao dia 28 de Julho de 2014; o maior valor de potência foi obtido às 11 horas da manhã, com 200 W, e uma média de 129,097 W, conforme ilustra a Tabela 8.1.

Tabela 8.1: Potência solar na província de Luanda no dia 28 de Julho de 2014.

Hora	$T_{amb}$ [°C]	$T_{Cel}$ [°C]	$G$ [W/m <sup>2</sup> ]	$P_{Solar}$ [W]
6	19,57	22,53	86,00	21,67
7	21,23	31,82	308,00	75,27
8	22,88	41,10	530,00	125,48
9	24,03	48,16	702,00	162,13
10	25,17	54,22	845,00	190,94
11	26,32	57,09	895,00	200,13
12	25,86	55,84	872,00	195,88
13	25,41	51,84	769,00	175,27
14	24,95	45,64	602,00	140,28
15	23,45	36,75	387,00	93,01
16	21,96	27,46	160,00	39,68
Média	23,71	42,95	559,64	129,07

Na estação mais quente (chuvas), ou seja, no dia 28 de Outubro de 2016; o maior valor de potência gerou-se às 10 horas, com 155,15 W e uma média de 91,75 W, conforme a Tabela 8.2.

Tabela 8.2: Potência solar na província de Luanda no dia 28 de Outubro de 2016.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	24,39	24,97	17,00	4,25
6	25,92	31,56	164,00	40,12
7	27,45	33,88	187,00	45,38
8	28,98	44,41	449,00	105,08
9	29,69	54,72	728,00	164,21
10	30,40	53,98	686,00	155,15
11	31,11	48,02	492,00	113,68
12	30,49	51,29	605,00	138,17
13	29,88	47,82	522,00	120,70
14	29,26	44,32	438,00	102,54
15	28,02	39,16	324,00	77,23
16	26,78	31,63	141,00	34,48
Média	28,53	42,15	396,08	91,75

Portanto, para se estimar a potência a produzir num mês na estação menos quente (cacimbo ou seca), selecionou-se o mês de Julho de 2014; o maior valor de potência foi obtido às 12 horas da tarde, com 161,47 W e uma média de 101,21 W, como mostra a Tabela 8.3.

Tabela 8.3: Potência solar na província de Luanda em Julho de 2014.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	19,81	22,19	69,35	17,50
7	21,30	28,82	218,68	53,98
8	22,94	35,42	362,97	87,63
9	23,99	40,65	484,55	114,90
10	25,05	43,79	545,26	127,89
11	26,11	48,63	655,23	151,07
12	25,62	49,79	703,26	161,47
13	25,15	48,14	668,77	154,46
14	24,67	43,16	537,81	126,42
15	23,26	35,14	345,55	83,51
16	21,79	26,55	138,52	34,45
Média	23,61	38,39	430,00	101,21

A Tabela 8.4 revela a potência a produzir na estação mais quente (chuvas), para tal selecionou-se o mês de Outubro de 2016; o maior valor de potência obteve-se às 12 horas da tarde, com 172,44 W e uma média de 105,70 W.

Tabela 8.4: Potência solar na província de Luanda em Outubro de 2016.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	23,40	24,37	28,31	7,09
6	24,90	30,35	158,69	38,97
7	26,41	36,43	291,55	70,15
8	28,06	43,92	461,47	108,19
9	28,77	51,60	664,13	151,50
10	29,48	54,48	727,23	164,18
11	30,19	55,80	744,92	167,36
12	29,66	56,07	768,32	172,44
13	29,12	52,19	671,02	152,75
14	28,58	46,85	531,58	123,34
15	27,29	38,94	338,81	80,82
16	25,93	30,36	128,74	31,62
Média	27,65	43,45	459,56	105,70

A Tabela 8.5 mostra a potência a produzir desde Janeiro a Dezembro; é possível verificar o maior valor de potência em Janeiro, com 102,43 W e uma média anual de 91,10 W.

Tabela 8.5: Potência solar na província de Luanda (2007 -2016).

Mês	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
Janeiro	24,61	39,39	430,07	102,43
Fevereiro	27,32	35,76	245,67	59,24
Março	27,02	41,63	425,15	100,47
Abril	26,43	39,82	389,41	92,61
Mai	26,05	39,26	384,19	91,54
Junho	24,06	36,13	351,19	84,58
Julho	22,00	33,61	337,85	82,07
Agosto	22,90	36,16	385,80	92,91
Setembro	24,28	37,78	392,84	94,08
Outubro	25,50	39,04	394,02	93,95
Novembro	26,75	41,34	424,34	100,38
Dezembro	26,37	40,59	413,60	98,10
Média	25,27	38,37	381,18	91,10

### c) Caracterização da província da Lunda Norte

Nesta região, para se estimar a potência a produzir diariamente na estação menos quente (cacimbo ou seca), selecionou-se o dia 28 de Julho de 2010. Na Tabela 8.6, o maior valor de potência obteve-se às 11 horas da manhã, com 195,34 W, e uma média de 125,42 W.

Tabela 8.6: Potência solar na província da Lunda Norte no dia 28 de Julho de 2010.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	21,59	28,16	191,00	47,25
7	24,88	39,21	417,00	99,37
8	28,17	49,59	623,00	143,15
9	29,19	55,93	778,00	174,71
10	30,21	60,05	868,00	191,98
11	31,24	61,80	889,00	195,34
12	31,28	58,99	806,00	178,97
13	31,33	54,81	683,00	154,00
14	31,38	48,02	484,00	111,84
15	28,73	38,25	277,00	66,23
16	26,07	28,41	68,00	16,81
Média	28,55	47,56	553,09	125,42

Portanto, na estação mais quente (chuvas) selecionou-se o dia 28 de Outubro de 2015; o maior valor de potência obteve-se às 9 horas da manhã, com 204,84 W e uma média de 77,36 W, como ilustra a Tabela 8.7.

Tabela 8.7: Potência solar na província da Lunda Norte no dia 28 de Outubro de 2015.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	20,98	25,69	137,00	34,17
6	22,01	35,28	386,00	93,24
7	23,05	44,67	629,00	147,07
8	24,08	52,78	835,00	189,67
9	24,52	55,87	912,00	204,84
10	24,96	49,88	725,00	166,41
11	25,40	28,56	92,00	22,73
12	25,20	28,98	110,00	27,14
13	24,99	27,33	68,00	16,87
14	24,79	26,65	54,00	13,43
15	23,55	24,75	35,00	8,76
16	22,31	22,86	16,00	4,03
Média	23,82	35,28	333,25	77,36

Para estimar-se a potência a produzir num mês na estação menos quente (cacimbo ou seca), selecionou-se o mês de Julho de 2010. Portanto, o maior valor de potência obteve-se às 11 horas da manhã, com 190,72 W e uma média mensal de 121,75 W, conforme ilustra a Tabela 8.8.

Tabela 8.8: Potência solar na província da Lunda Norte em Julho de 2010.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	20,70	26,90	180,26	44,78
7	23,75	37,21	391,61	93,97
8	27,08	47,70	599,81	138,75
9	28,06	53,23	732,32	166,07
10	29,04	57,72	834,26	186,11
11	30,02	59,61	860,90	190,72
12	30,14	57,72	802,45	179,01
13	30,27	53,40	672,94	152,51
14	30,39	46,41	465,97	108,29
15	27,91	37,07	266,35	63,94
16	25,34	27,44	60,97	15,12
Média	27,52	45,86	533,44	121,75

Portanto, na estação mais quente (chuvas), selecionou-se o mês de Outubro de 2015; o maior valor de potência verificou-se às 10 horas da manhã, com 194,20 W e uma média de 112,61 W, como mostra a Tabela 8.9.

Tabela 8.9: Potência solar na província da Lunda Norte em Outubro de 2015.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	21,13	24,10	86,48	21,68
6	22,68	31,78	264,65	64,69
7	24,23	40,01	459,03	109,09
8	25,99	48,32	649,52	149,92
9	26,32	53,34	785,90	178,16
10	26,65	56,43	866,39	194,20
11	26,98	55,98	843,58	189,40
12	26,61	50,76	702,55	160,75
13	26,24	45,44	558,65	130,27
14	25,87	39,50	396,39	94,37
15	24,53	31,32	197,58	48,37
16	23,11	24,53	41,39	10,36
Média	25,03	41,79	487,68	112,61

Relativamente à potência a produzir desde Janeiro a Dezembro, observa-se que o maior valor de potência se obteve em Agosto, com 61,37 W e 56,42 W de média, conforme mostra a Tabela 8.10.

Tabela 8.10: Potência solar na província da Lunda Norte (2007-2016).

Mês	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
Janeiro	21,42	28,47	204,95	50,65
Fevereiro	21,84	29,30	217,14	53,52
Março	21,88	29,18	212,22	52,33
Abril	21,98	29,60	221,55	54,55
Mai	23,12	31,57	245,56	60,06
Junho	23,04	31,47	245,14	59,98
Julho	22,83	31,23	244,49	59,87
Agosto	24,84	33,52	252,56	61,37
Setembro	26,46	35,14	252,29	60,97
Outubro	22,47	30,86	243,84	59,79
Novembro	21,27	28,87	221,00	54,55
Dezembro	21,26	28,12	199,63	49,39
Média	22,70	30,61	230,03	56,42

### 8.1.2 Potência solar a produzir na região do centro de Angola

Na região centro de Angola foram escolhidas duas Províncias a do Huambo e do Moxico. De seguida é apresentada a caracterização da região do Huambo.

#### a) Caracterização da província do Huambo

Na região do Huambo, para se estimar a potência a produzir diariamente na época menos quente (cacimbo ou seca), observam-se os valores no dia 28 de Julho de 2015. Portanto, o maior valor de potência obteve-se às 11 horas da manhã, com 197,26 W, e uma média de 129,31 W, conforme a Tabela 8.11.

Na estação mais quente (chuvas), considerou-se o dia 28 de Outubro de 2007; o maior valor de potência a produzir obteve-se às 10 horas da manhã, com 221,56 W e uma média de 109,80 W, como ilustra a Tabela 8.12.

Tabela 8.11: Potência solar na província do Huambo no dia 28 de Julho de 2015.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	16,39	20,79	128,00	32,44
7	20,51	32,95	362,00	88,13
8	24,63	44,43	576,00	134,79
9	26,05	51,76	748,00	170,53
10	27,47	56,96	858,00	191,94
11	28,88	59,47	890,00	197,26
12	28,73	58,16	856,00	190,66
13	28,58	54,16	744,00	168,16
14	28,43	48,16	574,00	132,57
15	25,87	38,11	356,00	85,16
16	23,30	27,56	124,00	30,74
Média	25,35	44,77	565,09	129,31

Tabela 8.12: Potência solar na província do Huambo no dia 28 de Julho de 2007.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	18,98	21,52	74,00	18,71
6	20,63	31,39	313,00	76,61
7	22,28	42,15	578,00	136,35
8	23,93	50,16	763,00	174,96
9	23,98	57,15	965,00	215,73
10	24,02	58,22	995,00	221,56
11	24,06	57,03	959,00	214,49
12	24,36	54,92	889,00	200,37
13	24,66	28,92	124,00	30,60
14	24,96	26,92	57,00	14,16
15	23,61	24,81	35,00	8,76
16	22,25	22,97	21,00	5,29
Média	23,14	39,68	481,08	109,80

A Tabela 8.13 ilustra a potência a produzir num mês na Província do Huambo. E na estação menos quente (cacimbo ou seca), ou seja, no mês de Julho de 2015; o maior valor de potência verificou-se às 11 horas da manhã, com 192,50 W e uma média de 124,42 W.

Tabela 8.13: Potência solar na província do Huambo em Julho de 2015.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	16,53	20,62	118,84	30,14
7	20,18	32,02	344,45	84,12
8	24,21	43,26	554,13	130,21
9	25,50	50,31	721,84	165,43
10	26,79	55,25	827,90	186,38
11	28,07	57,73	862,94	192,50
12	28,03	56,36	824,23	184,80
13	27,99	52,55	714,39	162,41
14	27,94	46,61	543,03	126,11
15	25,69	37,12	332,61	79,84
16	23,29	26,98	107,42	26,68
Média	24,93	43,53	541,07	124,42

Entretanto, a Tabela 8.14, ilustra a potência a produzir na região do Huambo. Portanto, na estação mais quente (chuvas), isto é, no mês de Outubro de 2007, onde o maior valor de potência verificou-se às 10 horas da manhã, com 198,96 W e uma média de 111,70 W.

Tabela 8.14: Potência solar na província do Huambo em Outubro de 2007.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	17,97	19,42	42,13	10,73
6	19,87	27,59	224,52	55,65
7	21,77	36,06	415,77	100,16
8	23,86	43,18	561,97	132,09
9	24,41	49,66	734,48	168,72
10	24,97	55,36	884,16	198,96
11	25,53	55,42	869,65	195,65
12	24,91	49,69	720,87	165,58
13	24,29	44,40	584,90	136,89
14	23,67	38,74	438,26	104,61
15	22,48	29,93	216,68	53,29
16	21,23	23,70	71,84	18,04
Média	22,91	39,43	480,44	111,70

A Tabela 8.15 mostra a potência a produzir na região do Huambo desde Janeiro a Dezembro (2007-2016). Entretanto, é possível verificar que o maior valor de potência se obteve em Agosto, com 64,52 W e uma média de 59,13 W.

Tabela 8.15: Potência solar na província do Huambo (2007-2016).

Mês	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
Janeiro	20,45	28,23	226,19	55,95
Fevereiro	20,21	27,36	208,12	51,63
Março	20,47	28,33	228,65	56,54
Abril	20,81	29,28	246,48	60,75
Mai	19,85	28,82	260,94	64,42
Junho	17,90	26,21	241,61	60,16
Julho	19,76	28,28	247,99	61,33
Agosto	21,09	30,11	262,40	64,50
Setembro	23,18	32,10	259,53	63,37
Outubro	22,36	30,62	240,21	58,94
Novembro	20,19	27,98	226,53	56,08
Dezembro	19,84	27,59	225,35	55,86
Média	20,51	28,74	239,50	59,13

#### b) Caracterização da província do Moxico

Nesta região, para se estimar a potência a produzir diariamente na estação menos quente (cacimbo ou seca), selecionou-se o dia 28 de Julho de 2010. Portanto, na Tabela 8.16 está representada a potência solar a produzir na região do Moxico no dia 28 de Julho de 2010. O maior valor de potência verificou-se às 11 horas da manhã, com 196,12 W, e uma média de 126,42 W. Entretanto, na estação mais quente (chuvas), isto é, no dia 28 de Outubro de 2016, o maior valor de potência obteve-se às 10 horas da manhã, com 226,41 W e uma média de 128,88 W, como ilustra a Tabela 8.17.

Tabela 8.16: Potência solar na província do Moxico no dia 28 de Julho de 2010.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	21,90	28,71	198,00	48,90
7	24,50	39,18	427,00	101,77
8	27,09	48,92	635,00	146,26
9	28,47	55,39	783,00	176,18
10	29,86	59,94	875,00	193,61
11	31,24	61,94	893,00	196,12
12	30,66	58,92	822,00	182,57
13	30,09	53,71	687,00	155,53
14	29,51	46,35	490,00	113,89
15	27,49	36,70	268,00	64,42
16	25,47	27,05	46,00	11,42
Média	27,84	46,98	556,73	126,42

Tabela 8.17: Potência solar na província do Moxico no dia 28 de Outubro de 2016.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	24,21	26,38	63,00	15,68
6	26,54	36,27	283,00	68,13
7	28,87	52,18	678,00	154,35
8	31,20	60,63	856,00	188,92
9	31,91	66,15	996,00	215,29
10	32,61	69,01	1059,00	226,41
11	33,32	69,48	1052,00	224,51
12	33,08	61,96	840,00	184,47
13	32,84	47,04	413,00	95,76
14	32,60	51,51	550,00	125,51
15	30,75	37,35	192,00	46,05
16	28,90	29,11	6,00	1,48
Média	30,57	50,59	582,33	128,88

A Tabela 8.18 representa a potência a produzir no mês de Julho de 2011, isto é, na estação menos quente (cacimbo ou seca) e, portanto, o maior valor de potência verificou-se às 11 horas da manhã, com 192,08 W e uma média de 124,70 W.

Tabela 8.18: Potência solar na província do Moxico em Julho de 2011.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	17,45	24,33	200,16	50,15
7	20,20	34,88	427,00	103,28
8	23,30	44,79	625,29	146,14
9	24,62	51,13	771,16	176,22
10	25,95	55,25	852,26	191,86
11	27,28	56,77	858,03	192,08
12	27,05	54,36	794,52	179,44
13	26,82	49,52	660,26	151,75
14	26,59	42,82	472,26	111,14
15	24,19	32,79	250,23	60,95
16	21,70	22,89	34,55	8,70
Média	24,10	42,68	540,52	124,70

Entretanto, para se estimar a potência a produzir num mês na estação mais quente (chuvas), selecionou-se o mês de Outubro de 2016; e de acordo a Tabela 8.19, o maior valor de potência obteve-se às 10 horas da manhã, com 207,94 W e 126,96 W de média.

Tabela 8.19: Potência solar na província do Moxico em Outubro de 2016.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	24,21	27,89	106,95	26,48
6	26,41	37,53	323,48	77,54
7	28,62	48,29	572,35	132,12
8	31,02	56,47	740,43	165,94
9	31,53	61,79	880,33	193,44
10	32,04	64,96	957,68	207,94
11	32,56	64,31	923,56	201,03
12	32,31	61,38	845,74	186,13
13	32,07	55,56	683,32	153,65
14	31,83	48,21	476,60	110,05
15	30,09	38,34	239,99	57,36
16	28,21	29,87	48,29	11,88
Média	30,08	49,55	566,56	126,96

A Tabela 8.20 apresenta a potência a produzir na região do Moxico desde Janeiro a Dezembro (2007-2016); o maior valor de potência verificou-se em Outubro, com 68,15 W e uma média de 60,17 W.

Tabela 8.20: Potência solar na província do Moxico (2007 - 2016).

Mês	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
Janeiro	22,04	29,63	220,94	54,39
Fevereiro	22,43	29,82	214,97	52,89
Março	21,54	29,61	234,76	57,80
Abril	21,78	30,77	261,51	64,14
Mai	21,85	30,45	250,20	61,43
Junho	20,59	28,58	232,47	57,43
Julho	19,58	28,10	247,74	61,30
Agosto	22,60	31,77	266,74	65,20
Setembro	26,20	35,43	268,39	64,80
Outubro	26,71	36,45	283,28	68,15
Novembro	22,62	30,93	241,69	59,24
Dezembro	21,73	29,44	224,23	55,24
Média	22,47	30,91	245,58	60,17

### 8.1.3 Potência solar a produzir na região do sul de Angola

Nesta região para se estimar a potência a produzir, escolheram-se duas Províncias, mormente a do Namibe e do Cuando Cubango. A seguir é apresentada a caracterização da região do Namibe.

### a) Caracterização da província do Namibe

Nesta região para se estimar a potência a produzir diariamente, na estação menos quente (cacimbo ou seca), selecionou-se o dia 28 de Julho de 2014. Portanto, o maior valor de potência verificou-se às 11 horas da manhã, com 190,09 W, e uma média de 122,59 W, como se ilustra na Tabela 8.21. Entretanto, na estação mais quente (chuvas) na região do Namibe, isto é, no dia 28 de Outubro de 2015, o maior valor de potência obteve-se às 11 horas da manhã, com 228,81 W e uma média de 127,36 W, como ilustra a Tabela 8.22.

Tabela 8.21: Potência solar na província do Namibe no dia 28 de Julho de 2014.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	16,24	18,44	64,00	16,35
7	18,86	28,31	275,00	68,00
8	21,47	38,42	493,00	117,81
9	24,07	47,27	675,00	156,38
10	26,67	54,14	799,00	180,60
11	29,26	58,65	855,00	190,09
12	27,44	56,18	836,00	187,56
13	25,61	51,05	740,00	169,15
14	23,79	43,66	578,00	135,63
15	21,61	34,36	371,00	89,89
16	19,43	24,52	148,00	37,06
Média	23,13	41,36	530,36	122,59

Tabela 8.22: Potência solar na província do Namibe no dia 28 de Outubro de 2015.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	19,55	21,17	47,00	11,90
6	21,44	26,97	161,00	39,99
7	23,34	39,60	473,00	112,57
8	25,24	39,02	401,00	95,62
9	26,56	38,73	354,00	84,50
10	27,89	63,37	1032,00	225,44
11	29,21	65,51	1056,00	228,81
12	28,39	63,18	1012,00	221,22
13	27,57	57,89	882,00	196,64
14	26,75	50,33	686,00	157,21
15	24,89	40,22	446,00	105,92
16	23,03	29,80	197,00	48,47
Média	25,32	44,65	562,25	127,36

Portanto, a potência a produzir num mês, na estação menos quente (cacimbo ou seca), isto é, no mês de Julho de 2014, obteve o maior valor de potência às 10 horas da manhã, com 186,36 W e uma média de 114,68 W de, como mostra a Tabela 8.23.

Tabela 8.23: Potência solar na província do Namibe em Julho de 2011.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	14,12	15,92	52,42	13,50
6	16,00	24,08	235,13	58,96
7	17,88	32,15	415,10	101,33
8	19,88	40,65	604,26	143,29
9	22,05	47,63	744,10	172,18
10	24,22	52,38	819,23	186,36
11	26,39	53,73	795,26	180,02
12	25,53	49,65	701,81	161,22
13	24,68	43,49	547,19	128,48
14	23,82	35,76	347,29	83,75
15	21,80	26,28	130,19	32,41
Média	21,49	38,34	490,18	114,68

Já na estação mais quente (chuvas), isto é, no mês de Outubro de 2015, o maior valor de potência obteve-se às 11 horas da manhã, com 224,23 W, e uma média de 139,33 W, como ilustra a Tabela 8.24.

Tabela 8.24: Potência solar na província do Namibe em Outubro de 2015.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	14,81	15,90	31,71	8,16
6	16,41	23,83	215,94	54,19
7	18,01	33,36	446,42	108,54
8	19,75	42,25	654,45	154,33
9	21,63	51,52	869,42	198,39
10	23,51	57,25	981,61	219,36
11	25,39	60,27	1014,68	224,23
12	24,66	57,90	966,90	215,56
13	23,94	53,10	848,29	192,47
14	23,21	44,83	629,06	147,00
15	21,65	36,48	431,42	103,78
16	20,02	26,36	184,58	45,94
Média	21,08	41,92	606,21	139,33

A Tabela 8.25 ilustra a potência a produzir na região do Namibe desde Janeiro a Dezembro (2007-2016). Portanto, verifica-se que o maior valor de potência se gerou nos meses de Fevereiro, com 73,02 W, Outubro com 73,84 W e Novembro com 73,00 W e uma média anual de 66,04 W.

Tabela 8.25: Potência solar na província do Namibe (2007 - 2016).

Mês	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
Janeiro	26,15	35,92	284,10	68,47
Fevereiro	23,90	34,26	301,27	73,02
Março	28,64	38,68	292,14	69,75
Abril	28,61	37,60	261,51	62,67
Mai	25,17	33,48	241,73	58,75
Junho	21,42	28,95	218,93	54,02
Julho	18,52	26,24	224,67	55,94
Agosto	17,82	26,30	246,59	61,38
Setembro	18,82	28,63	285,41	70,50
Outubro	22,34	32,76	303,10	73,84
Novembro	25,38	35,79	302,74	73,00
Dezembro	25,83	35,98	295,16	71,13
Média	23,55	32,88	271,45	66,04

#### a) Caracterização da província do Cuando Cubango

Nesta região, para se estimar a potência a produzir diariamente, na estação menos quente (cacimbo ou seca), selecionou-se o dia 28 de Julho de 2010. A Tabela 8.26, revela que o maior valor de potência se produziu às 11 horas da manhã, com 196,12 W, e uma média de 126,42 W.

Tabela 8.26: Potência solar na província do Cuando Cubango no dia 28 de Julho de 2010.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
6	15,47	21,14	165,00	41,77
7	17,90	31,58	398,00	97,35
8	20,33	41,02	602,00	142,57
9	21,92	48,05	760,00	175,59
10	23,50	52,75	851,00	193,32
11	25,09	54,96	869,00	195,83
12	24,66	52,57	812,00	184,59
13	24,23	47,81	686,00	158,63
14	23,81	41,17	505,00	119,53
15	21,77	31,50	283,00	69,24
16	19,73	21,66	56,00	14,15
Média	21,67	40,38	544,27	126,60

Entretanto, na estação mais quente (chuvas), isto é, no dia 28 de Outubro de 2013, o maior valor de potência obteve-se às 10 horas da manhã, com 218,49 W e uma média de 134,21 W, como mostra a Tabela 8.27.

Tabela 8.27: Potência solar na província do Cuando Cubango no dia 28 de Outubro de 2013.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	25,98	27,29	38,00	9,43
6	28,04	39,32	328,00	78,14
7	30,11	50,60	596,00	136,45
8	32,17	59,15	785,00	174,20
9	32,71	66,47	982,00	212,01
10	33,24	68,27	1019,00	218,49
11	33,78	63,79	873,00	190,40
12	33,43	66,22	954,00	206,15
13	33,08	57,97	724,00	161,37
14	32,73	52,29	569,00	129,48
15	31,43	41,71	299,00	70,64
16	30,12	33,49	98,00	23,82
Média	31,40	52,21	605,42	134,21

A Tabela 8.28 representa a potência a produzir durante um mês na estação menos quente (cacimbo ou seca), ou seja, no mês de Julho de 2011. E, portanto, o maior valor de potência verificou-se às 9 horas da manhã, com 188, 57 W e uma média de 111,00 W.

Tabela 8.28: Potência solar na província do Cuando Cubango em Julho de 2011.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
4	10,48	10,66	5,13	1,34
5	10,57	16,23	164,65	42,35
6	13,47	26,84	388,97	96,65
7	16,37	36,57	587,52	141,29
8	19,70	45,03	736,90	172,08
9	20,95	48,83	811,03	186,86
10	22,20	50,50	823,35	188,57
11	23,45	49,52	758,35	174,29
12	23,29	45,15	636,03	148,46
13	23,14	38,91	458,68	109,42
14	22,98	31,50	247,94	60,66
15	20,63	21,99	39,55	9,99
Média	18,94	35,14	471,51	111,00

No entanto, na estação mais quente (chuvas), isto é, no mês de Outubro de 2015, o maior valor de potência verificou-se às 10 horas da manhã, com 212,96 W, e uma média de 131,30 W, como ilustra a Tabela 8.29.

Tabela 8.29: Potência solar na província do Cuando Cubango em Outubro de 2015.

Hora	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
5	25,10	29,04	114,61	28,27
6	27,37	39,57	354,77	84,44
7	29,64	50,17	597,29	136,96
8	32,12	59,75	803,84	177,98
9	32,79	65,27	944,94	204,93
10	33,47	67,51	990,35	212,96
11	34,14	67,75	977,84	210,07
12	33,84	61,78	812,87	178,63
13	33,53	55,81	648,29	145,64
14	33,21	50,20	494,19	113,31
15	31,34	40,55	267,87	63,54
16	29,32	31,97	77,13	18,84
Média	31,32	51,62	590,33	131,30

Portanto, a Tabela 8.30 ilustra a potência a produzir na região do Cuando Cubango desde Janeiro a Dezembro (2007-2016). É possível verificar que o maior valor de potência se obteve em Outubro com 70,65 W e uma média anual de 60,51 W.

Tabela 8.30: Potência solar na província do Cuando Cubango desde Janeiro a Dezembro (2007 - 2016).

Mês	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>Cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
Janeiro	21,36	28,35	203,29	50,26
Fevereiro	20,04	27,79	225,33	55,82
Março	21,58	29,99	244,51	60,12
Abril	20,49	29,21	253,76	62,56
Maio	20,27	27,91	222,21	55,02
Junho	16,66	24,48	227,39	56,95
Julho	15,96	24,06	235,75	59,12
Agosto	21,61	30,50	258,52	63,46
Setembro	25,97	35,57	279,33	67,40
Outubro	27,78	37,93	295,16	70,65
Novembro	24,57	34,16	278,91	67,63
Dezembro	21,57	29,54	231,91	57,11
Média	21,49	29,96	246,34	60,51

Portanto, considerando as médias anuais de produção de energia fotovoltaica das seis províncias, como mostra a Tabela 8.31, Luanda é o local com maior potencial, com uma potência de 91,10 W, sendo a Lunda Norte a de menor potência, com 56,42 W. entretanto a região norte é a de maior potencial, seguindo-se o sul e a de menor potencial é a região centro.

Tabela 8.31: Quadro comparativo de potência solar média a produzir por província.

Província	T <sub>amb</sub> [°C]	T <sub>cel</sub> [°C]	G [W/m <sup>2</sup> ]	P <sub>Solar</sub> [W]
Luanda	25,27	38,37	381,18	91,10
Lunda Norte	22,70	30,61	230,03	56,42
Huambo	20,51	28,74	239,50	59,13
Moxico	22,47	30,91	245,58	60,17
Namibe	23,55	32,88	271,45	66,04
Cuando Cubango	21,49	29,96	246,34	60,51

## 8.2 Energia eólica

Para se estimar a potência a produzir é fundamental obter a velocidade do vento da zona a instalar a turbina eólica, a densidade do ar e a área varrida pelas pás. E, portanto, a potência a produzir pelo vento é expressada pela equação 8.3 [68]:

$$P_{eólico} = \frac{\rho}{2} * A * V_v^3 \quad (8.3)$$

Onde:

- P<sub>eólico</sub> - potência eólica (W);
- ρ - densidade do ar (1,225 kg/m<sup>3</sup>);
- A - área varrida pelas pás (3848 m<sup>2</sup>);
- V<sub>v</sub> - velocidade do vento (m/s).

Entretanto, neste trabalho foi adaptado o valor da área varrida pela pás (A = 3848 m<sup>2</sup>) da ficha de dados da turbina eólica AW-70/1500 da fabricante Acciona Energy S.A (Espanhola) [69].

### 8.2.1 Potência eólica a produzir na região do norte de Angola

Nesta região de Angola, para se estimar a potência a produzir foram escolhidas duas Províncias a de Luanda e da Lunda Norte. De seguida é apresentada a caracterização da região de Luanda.

#### a) Caracterização da província de Luanda

Nesta região da Luanda, observa-se o maior valor de geração de potência em Setembro, com 59,28 kW, isto é, com uma média de velocidade de vento mensal de 2,93 m/s, e 24,08 kW de média, como mostra a Tabela 8.32. Portanto, já no mês de Fevereiro, considerou-se como o segundo mês com maiores valores de potência na ordem de 49,02 kW e com 2,75 m/s de

velocidade do vento; o mês de Novembro foi onde se verificou o menor valor de potência, com 9,29 kW e 1,58 m/s de velocidade do vento.

Tabela 8.32: Potência eólica na província de Luanda (2007-2016).

Mês	$V_v$ [m/s]	$P_{eólica}$ [kW]
Janeiro	2,24	26,49
Fevereiro	2,75	49,02
Março	2,01	19,14
Abril	1,99	18,57
Maio	2,46	35,09
Junho	1,90	16,18
Julho	2,26	27,20
Agosto	1,86	15,17
Setembro	2,93	59,28
Outubro	2,08	21,20
Novembro	1,58	9,29
Dezembro	2,02	19,43
Média	2,17	24,08

#### b) Caracterização da província da Lunda Norte

Na Tabela 8.33 está representada a potência eólica na região de Lunda Norte, portanto, verifica-se que o maior valor de potência eólica se verificou na estação menos quente (cacimbo ou seca), isto é, no mês de Julho, com 66,87 kW e uma média anual de 19,71 kW.

Tabela 8.33: Potência eólica na província da Lunda Norte (2007 - 2016).

Mês	$V_v$ [m/s]	$P_{eólica}$ [kW]
Janeiro	1,45	7,18
Fevereiro	1,84	14,68
Março	1,57	9,12
Abril	2,35	30,58
Maio	2,64	43,36
Junho	2,43	33,81
Julho	3,05	66,87
Agosto	2,38	31,77
Setembro	2,14	23,09
Outubro	1,50	7,95
Novembro	1,52	8,27
Dezembro	1,45	7,18
Média	2,03	19,71

## 8.2.2 Potência eólica a produzir na região do centro de Angola

Esta região de Angola é composta por quatro províncias, nomeadamente a de Benguela, Bié, Huambo e a do Moxico. Portanto, para estimar a potência a produzir, foram escolhidas duas Províncias a do Huambo e do Moxico. A seguir é apresentada a caracterização da região do Huambo.

### a) Caracterização da província do Huambo

A região do Huambo é caracterizada por ser o centro de Angola. De acordo com a Tabela 8.34, verificar-se que o maior valor de geração de potência ocorreu em Abril, com 47,95 kW, isto é, com uma média de velocidade de vento mensal de 2,73 m/s, a potência média anual foi de 20,00 kW.

O mês onde se registou o menor valor de geração de potência foi o de Dezembro, com 7,79 kW e 1,49 m/s de velocidade do vento. Mas, o mês de Junho representou o segundo mês com maior valor de potência observado, com 42,38 kW e 2,62 m/s de velocidade do vento.

Tabela 8.34: Potência eólica na província do Huambo (2007 - 2016).

Mês	$V_v$ [m/s]	$P_{eólica}$ [kW]
Janeiro	1,85	14,92
Fevereiro	1,98	18,29
Março	2,13	22,77
Abril	2,73	47,95
Mai	1,94	17,20
Junho	2,62	42,38
Julho	1,96	17,74
Agosto	2,18	24,41
Setembro	2,31	29,05
Outubro	1,63	10,20
Novembro	1,70	11,57
Dezembro	1,49	7,79
Média	2,04	20,00

### b) Caracterização da província do Moxico

A Tabela 8.35 permite verificar que o maior valor de geração de potência, na região do Moxico ocorreu em Julho, com 131,38 kW e uma média de velocidade de vento mensal de 3,83 m/s e 57,48 kW de potência média anual.

Tabela 8.35: Potência eólica na província do Moxico (2007 - 2016).

Mês	$V_v$ [m/s]	$P_{eólica}$ [kW]
Janeiro	2,29	28,30
Fevereiro	2,70	46,39
Março	2,20	25,09
Abril	3,03	65,56
Maio	3,48	99,32
Junho	3,30	84,69
Julho	3,82	131,38
Agosto	3,53	103,67
Setembro	2,90	57,48
Outubro	2,55	39,08
Novembro	2,36	30,97
Dezembro	2,63	42,87
Média	2,90	57,48

### 8.2.3 Potência eólica a produzir na região do sul de Angola

Esta região de Angola é constituída por quatro províncias, nomeadamente a do Namibe, Cunene, Lubango e do Cuando Cubango. Portanto, para se estimar a potência a produzir, foram escolhidas duas Províncias a do Namibe e do Cuando Cubango. De seguida é apresentada a caracterização da região do Namibe.

#### a) Caracterização da província do Namibe

A Tabela 8.36 representa a potência eólica a produzir na região do Namibe. O maior valor de geração de potência ocorreu em Fevereiro e Outubro, com 81,65 kW, respetivamente, com uma média de velocidade do vento de 3,26 m/s e uma potência média anual de 49,55 kW.

Tabela 8.36: Potência eólica na província do Namibe (2007 - 2016).

Mês	$V_v$ [m/s]	$P_{eólica}$ [kW]
Janeiro	3,05	66,87
Fevereiro	3,26	81,65
Março	2,27	27,56
Abril	2,50	36,82
Maio	2,51	37,27
Junho	2,63	42,87
Julho	2,44	34,23
Agosto	2,77	50,09
Setembro	2,95	60,50
Outubro	3,26	81,65
Novembro	2,77	50,09
Dezembro	2,67	44,86
Média	2,76	49,55

## b) Caracterização da província do Cuando Cubango

Esta região de Angola é a que mais apresenta valores de velocidade de vento acima dos 3 m/s. Portanto, o maior valor de geração de potência ocorreu em Julho, com 107,23 kW e 3,57 m/s de média em termos de velocidade do vento.

No entanto, o menor valor de potência verificou-se no mês de Fevereiro, com 35,08 kW e com uma média de velocidade do vento de 2,46 m/s, como mostra a Tabela 8.37. Entretanto, a média anual de geração de potência eólica está na ordem dos 75,24 kW.

Tabela 8.37: Potência eólica na província do Cuando Cubango (2007 - 2016).

Mês	$V_v$ [m/s]	$P_{eólica}$ [kW]
Janeiro	2,85	54,56
Fevereiro	2,46	35,08
Março	2,83	53,41
Abril	3,27	82,41
Mai	3,17	75,07
Junho	3,54	104,55
Julho	3,57	107,23
Agosto	3,32	86,24
Setembro	3,46	97,62
Outubro	3,37	90,20
Novembro	3,00	63,63
Dezembro	2,82	52,85
Média	3,14	75,24

Considerando as médias anuais para produção de energia eólica nas seis províncias, como ilustra a Tabela 8.38, verifica-se que Cuando Cubango é o local com maior potencial, com uma potência de 75,24 kW, sendo que a da Lunda Norte exibe o menor potencial, com 19,71 kW. Portanto, a região com maior potencial é a região do sul, seguindo-se a região do centro e a região do norte com menor potencial.

Tabela 8.38: Quadro comparativo de potência eólica por província (2007 - 2016).

Província	$V_v$ [m/s]	$P_{eólica}$ [kW]
Luanda	2,17	24,08
Lunda Norte	2,03	19,71
Huambo	2,04	20,00
Moxico	2,90	57,48
Namibe	2,76	49,55
Cuando Cubango	3,14	75,24

## 8.3 Energia das ondas do mar

Nesta seção, o potencial energético das ondas oceânicas será estimado para as quatro zonas da costa angolana consideradas neste trabalho.

### 8.3.1 Recurso energético das ondas da costa angolana

O recurso energético da onda oceânica é avaliado considerando a presença de apenas uma onda progressiva com formato senoidal (forma ideal). Para águas profundas, o comprimento da onda e a frequência são, respectivamente, dados pelas equações 8.4 e 8.5 [70]:

$$\lambda = \frac{g_a T^2}{2\pi} \quad (8.4)$$

$$\omega = \sqrt{g_a k} \quad (8.5)$$

Sendo  $\lambda$  o comprimento da onda,  $g_a$  a aceleração gravitacional,  $T$  o período da onda,  $\omega$  a frequência e  $k$  o número da onda dado pela equação 8.6.

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (8.6)$$

Portanto, a celeridade de onda única ou velocidade de fase  $C$  e a celeridade do grupo de ondas  $C_g$  são calculadas, respetivamente, pelas equações 8.7 e 8.8 [70]:

$$C = \frac{g_a T}{2\pi} \quad (8.7)$$

$$C_g = \frac{C}{2} \quad (8.8)$$

A quantidade de energia transportada pelas ondas pode ser expressa em termos de densidade de potência, dada pela equação 8.9 [70]:

$$J_{\omega} = \frac{\rho g_a H_s^2 C_g}{8} \quad (8.9)$$

Onde  $J_{\omega}$  é a densidade de potência da onda (kW/m),  $\rho$  a densidade da água do mar (1023 kg/m<sup>3</sup>),  $g_a = 9,81 \text{ m/s}^2$  e  $H_s$  a altura significativa da onda. Portanto, com os valores da densidade da água e de aceleração gravitacional, a equação 8.10, é reescrita da seguinte forma:

$$J_{\omega} = 6,25 H_s / T \quad (8.10)$$

Entretanto, as quatro zonas da costa angolana, como mostra a Tabela 8.39. Tômbua é o local mais energético para a conversão de energia das ondas, com uma densidade de potência de 1,04 kW/m, sendo a de Cabinda a de menor potencial, com 0,77 kW/m

Tabela 8.39: Quadro comparativo da densidade de potência dos locais considerados na costa de angolana.

Zona da costa	$H_s$ [m]	$T$ [s]	$C$	$C_g$	$J_{\omega}$ [kW/m]
Cabinda	1,17	9,47	145,85	72,92	0,77
Cabo Ledo	1,23	9,42	145,08	72,54	0,82
Lobito	1,36	9,11	140,30	70,15	0,93
Tômbua	1,69	10,10	155,55	77,77	1,04

## 9 Conclusões

A energia renovável ganhou atualmente grandes incentivos em termos de investigação, permitindo assim o desenvolvimento e melhoria de técnicas para a sua obtenção, com a finalidade de garantir a capacidade de geração, a custo reduzido e com um impacto menor para o meio ambiente. Em 2018, a geração de eletricidade a partir de energias renováveis viu crescer a sua capacidade em mais de 8%.

A África enfrenta um sério desafio no cumprimento dos compromissos de mitigação das mudanças climáticas potenciadas pelas recentes descobertas de petróleo e gás, e também pelas rápidas trajetórias de crescimento, o que implicará um maior volume de emissões de dióxido de carbono.

Espera-se que as energias renováveis no continente africano apresentem um forte e rápido crescimento até 2040, sobretudo nos países da África subsaariana. Portanto, em Angola, prevê-se que até 2025 a energia produzida pelas fontes renováveis supere os 7,5% da energia produzida, cerca de 3 TWh. O setor energético em Angola é o que mais contribui para a emissão de gases com efeito de estufa, esperando-se a sua redução até 2030 em cerca de 35%.

Nas próximas décadas espera-se uma grande procura pela eletricidade em Angola, face ao programa de aceleração da diversificação da economia, obrigando o estado a estimular incentivos e políticas para as novas tecnologias de energias renováveis, por forma a corresponder à possível demanda.

Desde que o fenómeno do efeito fotovoltaico foi descoberto pela primeira vez, originou um crescimento da tecnologia solar fotovoltaica. E, portanto, devido ao seu rápido crescimento e aos altos níveis de investimento envolvidos, é um dos mercados mais disputados em todo o mundo.

O corno de África, leste do Quênia, partes da África ocidental e central na fronteira com o Saara e partes da África austral apresentam recursos eólicos de alta qualidade. Portanto, a maior parte do desenvolvimento eólico no continente africano localiza-se em terra e não há capacidade eólica instalada no mar.

A Somália tem o maior potencial onshore, seguida pelo Sudão, Líbia, Mauritânia, Egito, Madagáscar e Quênia; já para o potencial de energia eólica offshore, as condições ideais observam-se na costa de Madagáscar, Moçambique, Tanzânia, Angola e África do Sul. Em 2016, 16 países africanos gizaram metas ambiciosas sobre a energia eólica, Angola perspectiva até 2025 instalar 100 MW de produção de energia eólica.

Grandes esforços foram realizados no desenvolvimento da geração de energia solar e eólica, nas últimas três décadas, mas existe uma outra fonte com alto potencial de energia que está lentamente a começar a estabelecer-se e a despertar um grande interesse, fonte essa a energia das ondas.

As costas ocidentais dos Estados Unidos e da Europa, e as costas do Japão e da Nova Zelândia, incluindo África, principalmente nas zonas costeiras de África do sul, Namíbia e parte sul de Angola, concretamente na província do Namibe (município do Tômbua), têm locais potenciais para conversão de energia das ondas.

Portanto, das seis províncias consideradas neste trabalho, Luanda é o local com maior potencial para produção de energia fotovoltaica, com uma potência de 91,10 W, sendo a Lunda Norte a que oferece um menor potencial, com 56,42 W. Entretanto, a região norte é a de maior potencial, seguindo-se o sul e a região do centro, com menos potencial.

No que diz respeito ao vento, e relativamente à frequência da classe de vento [3,6 - 5,7 m/s], no período de 2007-2016, na província de Lunda esta foi de 9,8%. Na província da Lunda Norte a frequência para esta mesma classe de vento representou no mesmo período cerca de 6,4%. No entanto, na província do Huambo a frequência desta classe de vento no mesmo período foi de 6,1%; já na província do Moxico, foi de 23,9%.

Na província do Namibe a frequência da mesma classe de vento foi de 20,8%, e a província do Cuando Cubango foi a que apresentou maior valor percentual, ou seja, a mesma fixou-se em 27,1%. Entretanto, no que tange à produção de energia eólica, Cuando Cubango é o local com maior potencial, com uma potência de 75,24 kW, sendo que a da Lunda Norte é a de menor potencial, com 19,71 kW. Portanto, a região com maior potencial é a do sul, seguindo-se a do centro e a do norte com menor potencial.

Em termos das condições marítimas a zona costeira do Tômbua foi a que apresentou ondulações de onda acima dos 2 metros, ou seja, é a única zona onde as ondas atingem os 2,2 metros de altura, bem como períodos mínimos na ordem dos 7,3 segundos, valores mais interessantes quando comparados com os das zonas costeiras de Cabinda, Cabo Ledo e Lobito.

Claramente, para a conversão de energia das ondas das quatro zonas da costa angolana, Tômbua é o local mais energético, com uma densidade de potência de 1,04 kW/m, sendo a de Cabinda a de menor potencial, com 0,77 kW/m.

## Referência Bibliográfica

- [1] L. El Chaar, L. A. Lamont, and N. El Zein, “Review of photovoltaic technologies,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 5, pp. 2165-2175, 2011.
- [2] “Renewable Energy Resources - John Twidell, Tony Weir - Google Livros.” [Online]. Available: [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=LYMcBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=FxXjZ79QC2&sig=AhRhvyWxmxKiGOWhS7pSqxwejZY&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=LYMcBgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=FxXjZ79QC2&sig=AhRhvyWxmxKiGOWhS7pSqxwejZY&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false). [Accessed: 03-Apr-2020].
- [3] R. Inglesi-Lotz and E. Dogan, “The role of renewable versus non-renewable energy to the level of CO2 emissions a panel analysis of sub-Saharan Africa’s Big 10 electricity generators,” *Renew. Energy*, vol. 123, pp. 36-43, 2018.
- [4] Q. Hernández-Escobedo, F. Manzano-Agugliaro, and A. Zapata-Sierra, “The wind power of Mexico,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 9, pp. 2830-2840, 2010.
- [5] “Renewables 2019 global status report.” [Online]. Available: [https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr\\_2019\\_full\\_report\\_en.pdf](https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/gsr_2019_full_report_en.pdf). [Accessed: 25-Mar-2020].
- [6] “Africa Energy Outlook 2019 - Análise - AIE.” [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/africa-energy-outlook-2019>. [Accessed: 27-Apr-2020].
- [7] GEPE MINEA, “Plano de Acção do Sector de Energia e Águas (2013-2017),” MINEA » Entrada » Cons. Consult. » CC2018 » IIVº Painel-Balanço das Empres. Públicas, Comissões Gestão e GEPE MINEA, p. 15, 2018.
- [8] “EVOLUÇÃO DA PROCURA | Angola Energia 2025.” [Online]. Available: <http://www.angolaenergia2025.com/pt-pt/conteudo/evolucao-da-procura>. [Accessed: 29-Mar-2020].
- [9] “Portal Oficial do Governo da República de Angola.” [Online]. Available: <https://www.governo.gov.ao/opais.aspx>. [Accessed: 10-Dec-2019].
- [10] “ESTRATÉGIA NOVAS RENOVÁVEIS | Angola Energia 2025.” [Online]. Available: <http://www.angolaenergia2025.com/pt-pt/conteudo/estrategia-novas-renovaveis>. [Accessed: 09-Dec-2019].
- [11] “GERAÇÃO | Angola Energia 2025.” [Online]. Available: <http://www.angolaenergia2025.com/pt-pt/conteudo/geracao-0>. [Accessed: 11-Mar-2020].
- [12] “Angola quer reduzir intensidade de carbono - Ambiente - Angola Press - ANGOP,” <http://www.angop.ao>.
- [13] J. Mateus Da Silva, “Zona Costeira de Angola”, VII Congresso sobre Planeamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa, Aveiro, Outubro de 2015.
- [14] José Mateus da Silva, “AVALIAÇÃO DO RISCO DE GALGAMENTO EM CENÁRIOS DE ALTERAÇÕES CLIMÁTICAS EM ANGOLA: APLICAÇÃO AO LITORAL DE CACUACO,” Conferência Internacional da Biodiversidade, Luanda, 2018.

- [15] “Conferência do Clima: Angola e Moçambique ‘Conferência do Clima: Angola e Moçambique preocupados com o futuro | NOTÍCIAS | DW | 27.06.2019.’ [Online]. Available: <https://www.dw.com/pt-002/conferencia-do-clima-angola-e-mocambique-preocupados-com-o-futuro/a->.” [Online]. Available: <https://www.dw.com/pt-002/conferencia-do-clima-angola-e-mocambique-preocupados-com-o-futuro/a-49381634>. [Accessed: 09-Dec-2019].
- [16] “Info-Angola.” [Online]. Available: [http://www.info-angola.com/index.php?option=com\\_content&view=category&id=782&Itemid=968](http://www.info-angola.com/index.php?option=com_content&view=category&id=782&Itemid=968). [Accessed: 09-Dec-2019].
- [17] “World Energy Outlook 2018 - Análise - AIE.” [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2018>. [Accessed: 09-Dec-2019].
- [18] EDP, “#EnergyOutlook 2017 EDITION,” 2017.
- [19] M. D. E. E. Á. MINEA, “Avaliação Rápida e Análise de Lacunas | Angola,” p. 86, 2015.
- [20] R. Castro, Uma introdução às Energias Renováveis: Eólica, Fotovoltaica e Mini-Hídrica. 3ª edição, IST Press, 2018.
- [21] M. E. Meral and F. Diner, “A review of the factors affecting operation and efficiency of photovoltaic based electricity generation systems,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 15, no. 5, pp. 2176-2184, 2011.
- [22] J. Renato and R. Pinto, “ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA: CENTRAIS FOTOVOLTAICAS CONVENCIONAIS (PV) VERSUS CENTRAIS FOTOVOLTAICAS DE CONCENTRAÇÃO (CPV),” 2017.
- [23] “radiação solar - Infopédia.” [Online]. Available: [https://www.infopedia.pt/\\$radiacao-solar](https://www.infopedia.pt/$radiacao-solar). [Accessed: 30-Apr-2020].
- [24] “Espectro eletromagnético.” [Online]. Available: <http://www.explicatorium.com/cfq-8/espectro-eletromagnetico.html>. [Accessed: 30-Apr-2020].
- [25] “Infravermelho - Infravermelho.” [Online]. Available: <http://infravermelho.info/>. [Accessed: 30-Apr-2020].
- [26] M. Kumar and A. Kumar, “Performance assessment and degradation analysis of solar photovoltaic technologies: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 78, no. May, pp. 554-587, 2017.
- [27] D. M. Chapin, C. S. Fuller, and G. L. Pearson, “A new silicon p-n junction photocell for converting solar radiation into electrical power [3],” *J. Appl. Phys.*, vol. 25, no. 5, pp. 676-677, 1954.
- [28] P. G. V. Sampaio and M. O. A. González, “Photovoltaic solar energy: Conceptual framework,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 74, no. December 2016, pp. 590-601, 2017.
- [29] E. A. F. A. Fadigas, “Energia solar fotovoltaica : fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica - PEA -2420 produção de energia,” GEPEA - Grup. Energ. Esc. Politécnica Univ. São Paulo, pp. 40-71, 2004.
- [30] M. A. Green, “Photovoltaics: Technology overview,” *Energy Policy*, vol. 28, no. 14, pp.

- 989-998, 2000.
- [31] A. A. Rockett, "The future of energy - Photovoltaics," *Curr. Opin. Solid State Mater. Sci.*, vol. 14, no. 6, pp. 117-122, 2010.
- [32] J. L. Silveira, C. E. Tuna, and W. D. Q. Lamas, "The need of subsidy for the implementation of photovoltaic solar energy as supporting of decentralized electrical power generation in Brazil," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 20, pp. 133-141, 2013.
- [33] J. Mundo-Hernández, B. De Celis Alonso, J. Hernández-Álvarez, and B. De Celis-Carrillo, "An overview of solar photovoltaic energy in Mexico and Germany," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 31, pp. 639-649, 2014.
- [34] International Energy Agency, "Africa Energy Outlook 2019 Africa Energy Outlook 2019," 2019.
- [35] "RENOVÁVEIS - SOLAR | Angola Energia 2025." [Online]. Available: <http://www.angolaenergia2025.com/pt-pt/conteudo/renovaveis-solar>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [36] P. W. Fernando Ely Jacobus Swart and S. E. professor Richard Smalley da Rice, "Energia solar fotovoltaica de terceira geração.", Espaço IEEE, Outubro de 2014.
- [37] Y. Xu, J. Li, Q. Tan, A. L. Peters, and C. Yang, "Global status of recycling waste solar panels: A review," *Waste Manag.*, vol. 75, pp. 450-458, 2018.
- [38] M. Tripathy, P. K. Sadhu, and S. K. Panda, "A critical review on building integrated photovoltaic products and their applications," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 61, pp. 451-465, 2016.
- [39] M. A. Green et al., "Solar cell efficiency tables (version 50)," *Prog. Photovoltaics Res. Appl.*, vol. 25, no. 7, pp. 668-676, 2017.
- [40] "Célula Fotovoltaica (Células Solares) e O Efeito Fotovoltaico." [Online]. Available: <https://blog.bluesol.com.br/celula-fotovoltaica-guia-completo/>. [Accessed: 30-Apr-2020].
- [41] S. Sumathi, L. Ashok Kumar, and P. Surekha, *Solar PV and Wind Energy Conversion Systems*. 2015.
- [42] C. Tratz, U. Campus, and D. C. Mourão, "Energia Eólica: Alternativa renovável e sustentável para produção de energia elétrica em grande escala," XIII EEPA - Encontro de Engenharia de produção Agroindustrial, Campo Mourão, Brasil, 2014.
- [43] R. Castro, "Introdução à Energia Eólica, Energias Renováveis e Produção Descentralizada," *Energias Renov. e Produção Descent.*, vol. 2009, no. edição 4, p. 94, 2009.
- [44] A. H. Kazimierczuk, "Wind energy in Kenya: A status and policy framework review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 107. Elsevier Ltd, pp. 434-445, 01-Jun-2019.
- [45] "Inclusive Growth in Africa: Policies, Practice, and Lessons Learnt - Google Livros." [Online]. Available: <https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=RislDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA185&ots=z2ePAzcW8k&sig=QAsKluShWSpcWKh>

- WFfsAyX7YqXg&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false. [Accessed: 14-Apr-2020].
- [46] A. H. Kazimierczuk, “Wind energy in Kenya: A status and policy framework review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 107, no. November 2018, pp. 434-445, 2019.
- [47] R. S. Norman, “Horizontal and vertical axis wind turbines”, Von Karman Inst. for Fluid Dyn. *Wind Energy Conversion Devices*, 1981.
- [48] “Turbina eólica | Informações sobre energia aberta.” [Online]. Available: [https://openei.org/wiki/Wind\\_turbine#Components\\_of\\_a\\_Wind\\_Turbine](https://openei.org/wiki/Wind_turbine#Components_of_a_Wind_Turbine). [Accessed: 27-Apr-2020].
- [49] “Turbina eólica Savonius - MechanicLove.” [Online]. Available: <https://mechaniclove.com/wind-turbine-types/main-qimg-94635f1f0ea3aa06995be51f04c4e43a-c/>. [Accessed: 27-Apr-2020].
- [50] I. López, J. Andreu, S. Ceballos, I. Martínez De Alegria, and I. Kortabarria, “Review of wave energy technologies and the necessary power-equipment,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 27, pp. 413-434, 2013.
- [51] A. Clément et al., “Wave energy in Europe: Current status and perspectives,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 6, no. 5, pp. 405-431, 2002.
- [52] D. M. De Oliveira, “THE ENERGY OF THE WAVES OF THE SEA AGAINST THE PARADIGMS OF THE BRAZILIAN ENERGY MATRIX OVER THE VIES OF SCIENCE , TECHNOLOGY AND SOCIETY Graduação em Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de,” pp. 1-16.
- [53] J. Cruz and A. Sarmiento, *Energia Das Ondas*. 2004.
- [54] “Wave power - U.S. Energy Information Administration (EIA).” [Online]. Available: <https://www.eia.gov/energyexplained/hydropower/wave-power.php>. [Accessed: 18-Apr-2020].
- [55] P. M. C. Godinho, M. R. A. Calado, and S. J. P. S. Mariano, “Design and numerical analysis of a new linear generator for wave energy conversion,” *3rd Int. Conf. Clean Electr. Power Renew. Energy Resour. Impact, ICCEP 2011*, pp. 525-529, 2011.
- [56] Wave Energy Center, “Potencial e Estratégia de desenvolvimento da energia das ondas em Portugal,” pp. 1-72, 2004.
- [57] I. Webb, C. Seaman, and G. Jackson, “The Carbon Trust - Marine Energy Challenge - Oscillating Water Column Wave Energy Converter Evaluation Report,” Carbon N. Y., 2005.
- [58] A. F. O. Falcão and J. C. C. Henriques, “Oscillating-water-column wave energy converters and air turbines: A review,” *Renew. Energy*, vol. 85, no. November 2017, pp. 1391-1424, 2016.
- [59] Cres, “Centre for Renewable Energy Sources. Wave energy Utilization in Europe: Current status and perspectives,” *Eur. Themat. Netw. Wave Energy*, 2002.
- [60] “Central de ondas na Foz do Douro vai custar 7 milhões de euros | TVI24.” [Online]. Available: <https://tvi24.iol.pt/energia/renovaveis/central-de-ondas-na-foz-do-douro-vai-custar-7-milhoes-de-euros>. [Accessed: 21-Apr-2020].

- [61] Antonio Falcão, “‘Energia das ondas’, Instituto Superior Técnico, Seminário sobre Física e a Energia,” pp. 01-28, 2005.
- [62] “Sistema de Informação Geográfica Fotovoltaica (PVGIS) | Centro de Ciências da UE.” [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis>. [Accessed: 30-Jul-2020].
- [63] “Lagos ambientais | WRPLOT View [grátis] - Parcelas da rosa dos ventos para dados meteorológicos.” [Online]. Available: <https://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>. [Accessed: 30-Jul-2020].
- [64] “Windyty: A meteorologia como nunca a viu.” [Online]. Available: <https://pplware.sapo.pt/internet/windyty-meteorologia-nunca-viu/>. [Accessed: 10-May-2020].
- [65] Y. Riffonneau, S. Bacha, F. Barruel, and S. Ploix, “Optimal power flow management for grid connected PV systems with batteries,” *IEEE Trans. Sustain. Energy*, vol. 2, no. 3, pp. 309-320, 2011.
- [66] P. Bento, H. Nunes, J. Pombo, M. do Rosário Calado, and S. Mariano, “Daily operation optimization of a hybrid energy system considering a short-term electricity price forecast scheme,” *Energies*, vol. 12, no. 5, 2019.
- [67] D. SolarInfodk and sharpeu France, “Rückansicht Kennlinien ND-R240A5 Elektrische Daten (STC) ND-R250A5 ND-R245A5 ND-R240A5 ND-R235A5 ND-R230A5 ND-R225A5 ND-R220A5.”
- [68] B. Neammanee, S. Sirisumrannukul, and S. Chatratana, “Development of a wind turbine simulator for wind generator testing,” *Int. Energy J.*, vol. 8, no. 1, pp. 21-28, 2007.
- [69] “Acciona AW-70/1500 - 1,50 MW - Turbina eólica.” [Online]. Available: <https://en.wind-turbine-models.com/turbines/777-acciona-aw-70-1500#datasheet>. [Accessed: 09-Jun-2020].
- [70] R. P. G. Mendes, M. R. A. Calado, and S. J. P. S. Mariano, “Wave energy potential in Portugal-Assessment based on probabilistic description of ocean waves parameters,” *Renew. Energy*, vol. 47, pp. 1-8, 2012.

# Anexos

## Anexo A: Dados sobre irradiância global e temperatura na região do norte de Angola

Anexo nº1: Irradiância global média diária na província de Luanda de Fevereiro de 2014.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	0	107	132	395	770	338	501	558	485	211	202	202	43	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	167	355	653	726	886	913	844	945	730	572	313	65	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	144	427	613	852	1002	1064	1044	951	781	552	301	62	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	148	428	659	752	987	1053	1045	932	774	536	279	26	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	143	437	655	848	993	1049	1035	942	763	545	215	52	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	98	314	678	848	922	1033	1030	943	775	551	298	55	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	150	420	534	602	505	974	1005	934	764	551	299	61	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	151	406	570	734	988	1050	1042	939	772	548	301	63	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	149	382	523	839	978	1055	1037	939	772	551	299	57	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	163	413	633	743	993	1056	1037	945	772	551	300	61	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	98,85	314,6	640	795	978	1051	1032	935	768	551	298	60	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	146	402	643	886	1004	1056	1038	935	772	551	299	59	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	148	407	612	838	1004	1056	1038	940	772	548	297	60	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	159	331	562	777	989	1051	1033	931	768	544	295	58	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	87	258	498	860	1004	1073	1064	940	760	527	266	56	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	146	383	453	751	984	1041	1059	878	764	546	295	57	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	140	385	588	764	953	1046	1017	926	767	549	293	56	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	159	420	561	786	1004	1024	1049	954	755	542	291	54	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	89	340	604	886	994	1040	1017	925	770	536	290	54	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	149	363	577	846	984	1040	1011	929	762	552	287	51	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	156	404	564	851	1004	1045	1011	920	738	523	275	55	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	111	373	627	798	953	1051	1021	938	690	511	272	40	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	100	395	523	781	852	570	302	178	717	538	290	39	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	117	282	349	841	988	1023	1036	937	751	542	261	48	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	81	320	630	741	978	1044	951	917	699	235	169	38	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	103	321	445	452	692	996	1014	902	760	377	179	31	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	118	359	680	719	967	1059	1024	934	763	535	280	43	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	155	382	499	802	805	1048	1012	914	746	534	278	36	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	0	131,5	362,6	570,3	781,7	918,9	1002	978,8	888,9	737	514,3	275,8	51,43	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº2: Temperatura média diária na província de Luanda de Fevereiro de 2014.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	25,71	25,59	25,48	25,36	25,25	25,13	25,02	24,9	29,55	30,38	31,21	32,05	31,79	31,54	31,28	29,83	28,38	26,94	26,42	25,91	25,4	25,31	25,22	25,13
2	24,82	24,51	24,21	24,34	24,47	24,6	26,16	27,73	29,3	30,21	31,11	32,02	31,65	31,29	30,92	29,51	28,1	26,7	26,16	25,63	25,09	24,97	24,85	24,73
3	24,43	24,14	23,85	24	24,15	24,3	25,98	27,67	29,36	30,26	31,15	32,05	31,75	31,46	31,17	29,79	28,41	27,03	26,5	25,98	25,46	25,33	25,2	25,07
4	24,62	24,17	23,73	23,91	24,09	24,27	25,93	27,59	29,25	30,16	31,06	31,97	31,41	30,86	30,31	28,93	27,54	26,16	25,7	25,24	24,78	24,73	24,68	24,64
5	24,24	23,84	23,45	23,64	23,83	24,02	25,7	27,38	29,06	30,03	31	31,97	31,56	31,16	30,76	29,28	27,8	26,33	25,84	25,35	24,86	24,76	24,65	24,55
6	24,23	23,91	23,6	23,77	23,94	24,11	25,68	27,25	28,82	29,69	30,56	31,43	31,2	30,98	30,75	29,3	27,84	26,39	25,89	25,4	24,91	24,82	24,73	24,65
7	24,34	24,03	23,73	23,9	24,08	24,26	25,9	27,54	29,18	30,09	31	31,91	31,56	31,21	30,86	29,36	27,86	26,37	25,83	25,3	24,77	24,67	24,57	24,47
8	24,13	23,79	23,46	23,57	23,68	23,79	25,25	26,72	28,19	29,06	29,93	30,81	30,54	30,27	30	28,63	27,26	25,9	25,44	24,99	24,53	24,46	24,38	24,31
9	24,01	23,71	23,41	23,59	23,78	23,97	25,61	27,26	28,9	29,83	30,75	31,68	31,24	30,8	30,36	28,94	27,52	26,11	25,63	25,16	24,69	24,6	24,51	24,43
10	24,08	23,73	23,38	23,57	23,77	23,97	25,65	27,33	29,01	29,93	30,85	31,77	31,43	31,1	30,77	29,31	27,85	26,39	25,88	25,38	24,87	24,78	24,69	24,61
11	24,32	24,03	23,74	23,9	24,06	24,22	25,88	27,54	29,2	30,11	31,01	31,92	31,53	31,14	30,75	29,32	27,89	26,46	25,93	25,4	24,87	24,75	24,62	24,5
12	24,24	23,98	23,72	23,87	24,02	24,18	25,8	27,43	29,06	29,95	30,84	31,73	31,32	30,91	30,5	29,04	27,58	26,12	25,61	25,11	24,6	24,5	24,4	24,3
13	24,02	23,74	23,46	23,64	23,83	24,02	25,72	27,43	29,14	30,1	31,06	32,03	31,57	31,12	30,66	29,19	27,72	26,26	25,76	25,26	24,76	24,68	24,59	24,51
14	24,22	23,93	23,65	23,82	23,99	24,17	25,79	27,42	29,05	29,98	30,9	31,83	31,47	31,12	30,77	29,31	27,85	26,39	25,84	25,3	24,76	24,66	24,56	24,46
15	24,25	24,04	23,83	24	24,17	24,34	25,95	27,56	29,17	30,08	30,99	31,91	31,49	31,08	30,66	29,26	27,86	26,47	25,95	25,44	24,93	24,84	24,74	24,65
16	24,32	24	23,68	23,85	24,03	24,21	25,8	27,4	28,99	29,85	30,7	31,56	31,35	31,14	30,93	29,54	28,15	26,76	26,27	25,78	25,29	25,2	25,11	25,03
17	24,76	24,49	24,22	24,34	24,47	24,6	26,14	27,69	29,23	30,1	30,97	31,85	31,73	31,61	31,49	30,07	28,64	27,22	26,75	26,28	25,81	25,71	25,6	25,5
18	25,16	24,83	24,5	24,67	24,84	25,02	26,7	28,38	30,06	30,95	31,84	32,73	32,32	31,91	31,5	30,14	28,78	27,42	26,97	26,53	26,08	25,98	25,88	25,79
19	25,57	25,35	25,14	25,29	25,44	25,6	27,2	28,81	30,42	31,3	32,18	33,06	32,56	32,06	31,56	30,17	28,78	27,39	26,95	26,52	26,09	25,98	25,86	25,75
20	25,48	25,22	24,96	25,06	25,16	25,26	26,89	28,53	30,16	31,06	31,96	32,87	32,42	31,97	31,52	30,13	28,73	27,34	26,88	26,43	25,97	25,85	25,73	25,61
21	25,42	25,23	25,04	25,14	25,24	25,35	27,07	28,8	30,52	31,43	32,33	33,24	32,8	32,36	31,92	30,63	29,34	28,05	27,61	27,18	26,75	26,63	26,5	26,38
22	26,06	25,74	25,43	25,52	25,62	25,72	27,42	29,13	30,84	31,76	32,67	33,59	33,08	32,58	32,08	30,65	29,21	27,78	27,32	26,86	26,4	26,31	26,22	26,13
23	25,92	25,71	25,5	25,61	25,72	25,83	27,38	28,93	30,48	31,36	32,23	33,11	32,81	32,51	32,21	30,77	29,32	27,88	27,37	26,87	26,37	26,26	26,15	26,05
24	25,73	25,42	25,11	25,28	25,46	25,64	27,27	28,91	30,55	31,34	32,13	32,93	32,59	32,26	31,93	30,57	29,21	27,86	27,39	26,93	26,46	26,31	26,15	26
25	25,58	25,17	24,76	24,73	24,7	24,67	25,99	27,32	28,65	29,39	30,13	30,88	30,63	30,39	30,14	28,9	27,66	26,42	26,01	25,61	25,21	25,03	24,85	24,68
26	24,57	24,46	24,36	24,35	24,35	24,35	25,75	27,16	28,57	29,31	30,05	30,8	30,69	30,59	30,49	29,22	27,94	26,67	26,04	25,42	24,8	24,68	24,56	24,44
27	24,49	24,55	24,61	24,57	24,53	24,5	25,99	27,49	28,99	29,89	30,79	31,69	31,51	31,34	31,17	29,87	28,57	27,28	26,8	26,33	25,85	25,71	25,57	25,43
28	25,25	25,08	24,91	24,95	25	25,05	26,47	27,9	29,33	30,17	31	31,84	31,77	31,7	31,63	30,27	26,75	26,7	26,64	26,58	26,53	26,47	26,42	26,36
Média	24,78	24,51	24,25	24,37	24,49	24,61	26,15	27,69	29,39	30,28	31,16	32,04	31,71	31,37	31,04	29,64	28,16	26,81	26,34	25,86	25,39	25,29	25,18	25,08

Anexo nº3: Irradiância global média diária na província de Luanda de Julho de 2014.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	0	92	307	506	675	763	822	801	701	539	338	127	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	64	167	231	276	275	340	405	554	535	337	127	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	70	277	389	345	650	827	794	700	536	338	128	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	48	101	157	484	663	803	783	690	526	266	85	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	68	275	438	582	757	808	776	680	524	337	130	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	49	137	215	295	189	199	343	480	446	313	115	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	64	205	344	628	770	810	782	690	535	341	132	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	69	188	334	446	341	533	646	508	380	294	135	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	77	276	504	681	796	842	810	722	555	351	136	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	87	293	497	436	468	579	594	680	520	340	130	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	77	238	416	465	385	732	792	711	547	350	138	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	78	219	319	402	389	541	676	705	545	348	137	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	58	156	197	238	296	700	770	699	544	347	135	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	68	204	298	345	408	485	738	716	554	356	140	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	73	228	432	670	693	846	815	717	553	357	140	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	58	152	258	411	469	779	804	712	555	355	138	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	66	175	201	213	478	750	764	721	562	358	142	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	68	247	381	532	714	751	829	737	572	367	146	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	48	214	374	508	678	629	721	743	580	370	149	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	90	310	518	697	820	868	845	741	579	366	148	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	65	210	480	589	448	730	818	729	569	364	146	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	76	201	338	431	376	512	765	734	574	367	150	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	67	191	337	653	705	590	784	710	534	365	150	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	71	254	438	604	541	372	468	617	583	370	152	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	52	129	185	233	254	322	210	279	249	171	107	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	63	209	331	260	401	540	555	470	521	333	151	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	67	206	464	663	464	592	684	741	595	384	159	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	86	308	530	702	845	895	872	769	602	387	160	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	92	301	518	689	839	885	866	760	595	383	157	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	70	199	296	471	572	766	729	694	597	383	160	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	69	202	326	397	456	464	562	622	566	376	144	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	0	69,35	218,68	362,97	484,55	545,26	655,23	703,26	668,77	537,81	345,55	138,52	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº4: Temperatura média diária na província de Luanda de Julho de 2014.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	20,68	20,56	20,44	20,32	20,2	20,09	19,97	19,85	24,43	25,48	26,52	27,57	27,13	26,7	26,27	24,83	23,4	21,96	21,39	20,81	20,24	20,12	20	19,88
2	19,64	19,4	19,15	19,3	19,45	19,6	21,13	22,67	24,21	25,29	26,36	27,44	26,8	26,17	25,54	24,16	22,79	21,41	20,94	20,46	19,99	20	20,01	20,01
3	19,73	19,44	19,15	19,23	19,31	19,39	21	22,62	24,24	25,26	26,29	27,31	26,73	26,15	25,57	24,17	22,76	21,36	20,73	20,09	19,46	19,29	19,12	18,94
4	18,9	18,85	18,8	18,86	18,92	18,99	20,46	21,94	23,42	24,41	25,41	26,4	25,79	25,18	24,57	23,14	21,7	20,27	19,68	19,09	18,5	18,45	18,39	18,33
5	18,36	18,38	18,4	18,48	18,56	18,64	20,17	21,7	23,23	24,23	25,24	26,24	25,76	25,28	24,8	23,43	22,06	20,69	20,09	19,48	18,88	18,7	18,52	18,34
6	18,13	17,92	17,71	17,85	17,99	18,13	19,69	21,26	22,82	23,74	24,67	25,59	25,23	24,88	24,52	23,16	21,81	20,45	19,87	19,28	18,7	18,6	18,49	18,38
7	18,21	18,04	17,87	17,95	18,03	18,11	19,74	21,38	23,01	24,03	25,04	26,06	25,42	24,79	24,16	22,77	21,37	19,98	19,43	18,88	18,33	18,29	18,25	18,2
8	18,02	17,83	17,64	17,78	17,92	18,06	19,67	21,28	22,89	23,88	24,87	25,86	25,09	24,33	23,57	22,25	20,92	19,6	19,03	18,46	17,89	17,81	17,73	17,65
9	17,61	17,57	17,53	17,69	17,85	18,02	19,6	21,19	22,78	23,86	24,94	26,02	25,36	24,71	24,05	22,69	21,34	19,98	19,46	18,95	18,43	18,45	18,46	18,47
10	18,36	18,25	18,13	18,2	18,27	18,35	19,83	21,32	22,81	23,81	24,82	25,82	25,35	24,89	24,42	23,08	21,75	20,41	19,94	19,48	19,01	18,99	18,97	18,94
11	18,7	18,46	18,22	18,39	18,55	18,72	20,23	21,75	23,27	24,33	25,39	26,45	25,97	25,5	25,03	23,62	22,2	20,79	20,28	19,76	19,25	19,15	19,05	18,95
12	18,62	18,29	17,95	18,04	18,12	18,21	19,75	21,3	22,85	23,95	25,06	26,16	25,57	24,99	24,41	23,02	21,64	20,25	19,66	19,08	18,49	18,35	18,21	18,06
13	17,95	17,84	17,73	17,83	17,93	18,03	19,57	21,12	22,66	23,79	24,93	26,06	25,52	24,98	24,44	23,03	21,63	20,22	19,72	19,21	18,71	18,56	18,41	18,25
14	17,99	17,72	17,45	17,51	17,57	17,64	19,2	20,77	22,33	23,45	24,56	25,68	25,16	24,64	24,12	22,74	21,35	19,97	19,42	18,88	18,33	18,17	18,01	17,84
15	17,67	17,49	17,31	17,37	17,42	17,48	19,06	20,65	22,23	23,38	24,54	25,69	25,23	24,78	24,33	22,91	21,48	20,06	19,49	18,92	18,35	18,21	18,07	17,92
16	17,7	17,47	17,24	17,36	17,48	17,61	19,16	20,71	22,26	23,43	24,61	25,78	25,3	24,82	24,34	22,96	21,59	20,21	19,69	19,16	18,64	18,55	18,46	18,37
17	18,19	18,01	17,82	17,87	17,91	17,96	19,45	20,94	22,43	23,57	24,71	25,85	25,33	24,82	24,31	22,92	21,54	20,15	19,6	19,05	18,5	18,44	18,37	18,3
18	18,12	17,94	17,75	17,75	17,75	17,76	19,26	20,77	22,28	23,3	24,33	25,35	24,75	24,16	23,57	22,13	20,68	19,24	18,61	17,99	17,36	17,31	17,25	17,19
19	17,4	17,61	17,81	17,94	18,07	18,2	19,74	21,28	22,82	23,87	24,93	25,98	25,6	25,23	24,86	23,43	22	20,57	19,97	19,37	18,77	18,72	18,67	18,62
20	18,45	18,27	18,09	18,13	18,16	18,2	19,73	21,26	22,79	23,84	24,9	25,95	25,32	24,7	24,07	22,71	21,36	20	19,48	18,97	18,45	18,35	18,25	18,15
21	17,98	17,81	17,64	17,71	17,78	17,86	19,34	20,82	22,3	23,37	24,45	25,52	25,14	24,77	24,4	22,99	21,57	20,16	19,61	19,06	18,51	18,36	18,21	18,06
22	17,96	17,86	17,75	17,8	17,85	17,9	19,37	20,85	22,32	23,4	24,49	25,57	25,24	24,91	24,58	23,19	21,8	20,41	19,89	19,37	18,85	18,78	18,71	18,64
23	18,26	17,88	17,49	17,63	17,77	17,91	19,39	20,87	22,35	23,4	24,46	25,51	25,28	25,06	24,83	23,49	22,14	20,8	20,24	19,67	19,11	19,07	19,02	18,97
24	18,86	18,75	18,63	18,71	18,79	18,88	20,43	21,98	23,53	24,61	25,68	26,76	26,28	25,81	25,33	23,92	22,5	21,09	20,47	19,85	19,23	19,2	19,16	19,12
25	18,98	18,84	18,69	18,78	18,87	18,97	20,51	22,06	23,6	24,53	25,47	26,4	25,92	25,45	24,97	23,46	21,95	20,44	19,82	19,19	18,57	18,46	18,34	18,22
26	18,01	17,8	17,58	17,69	17,8	17,91	19,49	21,07	22,65	23,66	24,68	25,69	25,29	24,9	24,51	23,12	21,73	20,34	19,73	19,13	18,52	18,44	18,36	18,28
27	18,05	17,82	17,59	17,65	17,71	17,78	19,29	20,81	22,33	23,38	24,43	25,48	25,15	24,83	24,51	23,12	21,73	20,34	19,79	19,25	18,7	18,58	18,45	18,32
28	18,14	17,96	17,78	17,83	17,87	17,92	19,57	21,23	22,88	24,03	25,17	26,32	25,86	25,41	24,95	23,45	21,96	20,46	19,9	19,35	18,79	18,7	18,6	18,5
29	18,32	18,14	17,95	18,09	18,22	18,36	19,89	21,43	22,97	24,02	25,08	26,13	25,56	25	24,43	23,03	21,64	20,24	19,74	19,25	18,75	18,73	18,71	18,68
30	18,5	18,32	18,13	18,27	18,4	18,54	20,06	21,59	23,12	24,18	25,25	26,31	26,01	25,72	25,42	23,95	22,47	21	20,47	19,94	19,41	19,38	19,35	19,32
31	19,05	18,78	18,51	18,59	18,66	18,74	20,24	21,74	23,24	24,28	25,33	26,37	26,18	25,99	25,8	24,3	20,62	20,56	20,49	20,42	20,36	20,29	20,22	20,16
Média	18,4	18,24	18,06	18,15	18,23	18,32	19,81	21,3	22,94	23,99	25,05	26,11	25,62	25,15	24,67	23,26	21,79	20,43	19,89	19,35	18,81	18,73	18,64	18,55

Anexo nº5: Irradiância global média mensal na província de Luanda desde Janeiro a Dezembro  
(2007 - 2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,55	0	1,13
5	0	0	0	51,87	0	0	0	2,65	0,57	28,31	30,90	30,10
6	126,59	131,53	95,10	103,73	115,90	90,19	69,35	93,42	123,97	158,69	171,87	172,48
7	301,23	362,63	258,87	297,70	284,55	262,99	218,68	265,12	278,97	291,55	375,13	366,58
8	399,42	570,29	479,10	445,63	450,81	422,67	362,97	429,58	432,27	461,47	525,57	581,00
9	608,28	781,71	658,12	544,80	558,74	530,60	484,55	604,68	600,00	664,13	634,30	675,26
10	670,32	918,89	727,37	605,40	654,87	618,77	545,26	725,19	695,37	727,23	677,27	703,32
11	784,74	1002,21	819,90	730,60	779,13	687,40	655,23	802,23	780,43	744,92	821,30	718,03
12	828,68	978,79	818,87	786,10	804,39	703,57	703,26	766,79	782,77	768,32	827,40	736,42
13	832,94	888,86	776,90	746,83	714,03	641,23	668,77	685,00	731,63	671,02	768,63	680,97
14	673,06	737,00	670,71	594,70	552,13	511,63	537,81	540,13	569,53	531,58	567,27	543,68
15	468,97	514,29	429,10	386,70	343,35	329,23	345,55	342,74	364,37	338,81	388,10	394,94
16	269,56	275,79	202,32	157,70	120,81	118,33	138,52	143,61	139,90	128,74	153,00	173,68
17	57,17	51,43	15,68	0	0	0	0	0	0	0	0	12,84
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	250,87	300,56	248,00	227,16	224,11	204,86	197,08	225,05	229,16	229,85	247,53	241,27

Anexo nº6: Temperatura média mensal na província de Luanda desde Janeiro a Dezembro  
(2007 - 2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	24,28	24,78	24,75	24,19	23,48	21,61	18,4	20,24	21,57	22,86	24,42	24,17
1	24,10	24,51	24,46	23,98	23,34	21,54	18,24	20,18	21,53	22,75	24,29	24,03
2	23,91	24,25	24,17	23,77	23,23	21,47	18,06	20,12	21,49	22,65	24,16	23,9
3	24,08	24,37	24,28	23,89	23,33	21,5	18,15	20,26	21,66	22,9	24,43	24,13
4	24,24	24,49	24,39	24,02	23,44	21,54	18,23	20,38	21,83	23,15	24,7	24,36
5	24,41	24,61	24,49	24,84	23,54	21,57	18,32	20,52	22	23,4	24,98	24,59
6	25,78	26,15	25,95	25,54	25	22,98	19,81	21,92	23,59	24,9	26,28	25,82
7	27,16	27,69	27,41	26,94	26,47	24,39	21,3	23,33	25,18	26,41	27,57	27,03
8	28,68	29,39	29,01	28,48	28,08	25,93	22,94	24,88	26,92	28,06	29	28,39
9	29,37	30,28	29,69	29,14	29,16	26,98	23,99	25,81	27,64	28,77	29,61	28,94
10	30,08	31,16	30,36	29,8	30,24	28,02	25,05	26,73	28,36	29,48	30,21	29,51
11	30,77	32,04	31,03	30,46	31,31	29,06	26,11	27,66	29,07	30,19	30,81	30,07
12	30,63	31,71	30,78	30,08	30,77	28,62	25,62	27,32	28,61	29,66	30,45	29,77
13	30,49	31,37	30,54	29,7	30,22	28,18	25,15	26,99	28,15	29,12	30,09	29,46
14	30,34	31,04	30,29	29,32	29,68	27,74	24,67	26,66	27,69	28,58	29,73	29,16
15	29,06	29,64	29,10	28,21	28,2	26,29	23,26	25,24	26,26	27,29	28,48	28,08
16	27,71	28,16	27,86	27,05	26,65	24,76	21,79	23,74	24,78	25,93	27,18	26,95
17	26,46	26,81	26,70	25,98	25,22	23,34	20,43	22,36	23,4	24,69	25,97	25,91
18	25,95	26,34	26,30	25,56	24,76	22,84	19,89	21,83	22,96	24,27	25,6	25,5
19	25,45	25,86	25,90	25,15	24,3	22,34	19,35	21,3	22,53	23,86	25,24	25,09
20	24,95	25,39	25,51	24,73	23,83	21,83	18,81	20,77	22,09	23,44	24,88	24,68
21	24,80	25,29	25,34	24,61	23,73	21,75	18,73	20,63	21,95	23,31	24,77	24,55
22	24,65	25,18	25,17	24,49	23,64	21,66	18,64	20,49	21,8	23,18	24,66	24,41
23	24,50	25,08	25,01	24,38	23,55	21,58	18,55	20,34	21,65	23,05	24,55	24,28
Média	26,74	27,32	27,02	26,43	26,05	24,06	20,98	22,90	24,28	25,50	26,75	26,37

Anexo nº7: Irradiância global média diária na província de Lunda Norte de Setembro de 2008.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	32	227	483	690	670	662	721	792	652	497	141	41	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	26	238	482	696	853	896	925	724	555	522	268	68	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	21	132	435	628	801	889	943	544	572	491	249	47	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	29	129	358	631	639	876	925	886	748	526	286	61	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	31	182	363	680	736	822	927	864	734	490	256	59	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	34	256	465	671	866	934	882	706	224	155	147	41	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	40	228	465	713	832	931	942	896	599	488	197	49	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	38	248	503	716	877	924	976	806	649	306	285	63	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	39	250	493	708	838	884	963	895	654	540	294	64	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	45	254	502	704	874	961	975	863	759	532	275	42	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	6	23	69	90	236	541	803	786	688	449	57	22	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	37	222	438	635	813	886	927	793	721	493	226	50	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	45	248	489	701	864	947	897	828	378	473	268	58	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	45	250	492	700	736	849	845	288	98	511	292	39	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	43	258	521	732	894	979	986	905	760	537	279	57	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	51	254	512	715	888	982	983	872	721	514	285	54	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	53	274	521	738	881	984	964	873	534	412	250	56	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	58	278	516	716	819	830	664	790	746	532	270	57	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	52	279	533	748	896	957	994	861	292	532	234	58	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	63	253	480	702	849	861	899	768	678	445	215	55	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	19	99	371	597	677	804	933	843	707	521	248	31	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	61	291	530	749	889	860	782	874	716	211	293	10	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	19	300	554	760	921	1003	990	845	500	515	132	20	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	52	216	371	729	884	771	828	366	293	311	33	27	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	6	34	138	266	96	89	235	234	305	337	273	54	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	72	281	545	780	939	1015	1011	927	714	494	265	50	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	78	311	566	775	931	1006	996	894	632	512	285	49	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	82	323	579	786	914	992	981	914	759	512	188	23	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	78	276	535	628	712	894	906	820	587	430	180	39	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	79	263	444	702	933	1017	984	741	723	532	225	54	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	44	229,2	458,4	669,5	791,9	868	892,9	773	590	461	230	46,6	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº8: Temperatura média diária na província de Lunda Norte de Setembro de 2008.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	20,7	20,61	20,53	20,45	20,36	20,28	20,2	20,11	25,26	25,39	25,53	25,66	27,13	28,59	30,06	28,18	26,3	24,42	23,54	22,66	21,78	21,23	20,68	20,12
2	19,69	19,27	18,84	19,62	20,4	21,17	23,81	26,45	29,09	30,1	31,1	32,1	32,72	33,33	33,95	31,52	29,09	26,66	25,7	24,74	23,79	23,23	22,67	22,11
3	21,41	20,7	20	20,7	21,41	22,11	23,58	25,05	26,51	27,05	27,58	28,11	28,95	29,79	30,64	28,48	26,33	24,18	23,17	22,16	21,16	20,7	20,24	19,78
4	19,04	18,29	17,55	18,22	18,89	19,56	22,48	25,4	28,32	30,02	31,72	33,41	33,39	33,36	33,34	30,58	27,82	25,06	23,9	22,74	21,59	20,88	20,17	19,46
5	18,5	17,53	16,56	17,48	18,41	19,33	22,92	26,51	30,1	31,55	32,99	34,43	34,66	34,89	35,12	32,09	29,07	26,05	24,72	23,39	22,07	21,39	20,71	20,03
6	19,22	18,41	17,6	18,54	19,48	20,41	24,12	27,83	31,54	32,73	33,92	35,1	35,24	35,37	35,51	32,54	29,58	26,62	25,35	24,08	22,81	22,09	21,36	20,64
7	19,69	18,73	17,77	18,74	19,71	20,67	24,17	27,67	31,17	32,54	33,9	35,26	35,4	35,53	35,67	32,97	30,27	27,57	26,26	24,95	23,65	22,8	21,94	21,09
8	20,12	19,15	18,18	19,05	19,93	20,8	24,07	27,34	30,6	32,16	33,71	35,26	35,47	35,68	35,9	33,13	30,37	27,61	26,57	25,53	24,49	23,83	23,16	22,5
9	21,5	20,49	19,48	20,23	20,98	21,73	24,93	28,12	31,31	32,16	33,01	33,85	34,24	34,62	35,01	32,5	29,99	27,48	26,5	25,52	24,54	23,94	23,34	22,74
10	21,83	20,91	19,99	20,65	21,31	21,97	24,56	27,14	29,72	30,95	32,17	33,39	34	34,61	35,23	32,6	29,98	27,36	26,29	25,23	24,17	23,72	23,26	22,81
11	21,92	21,03	20,14	21,02	21,9	22,77	26,36	29,94	33,52	34,65	35,78	36,9	36,9	36,9	36,9	34,7	32,5	30,31	28,21	26,11	24,02	23,38	22,73	22,09
12	21,18	20,26	19,34	20,27	21,21	22,14	25,38	28,62	31,86	33,37	34,88	36,38	36,45	36,52	36,59	33,69	30,79	27,89	26,65	25,42	24,19	23,61	23,04	22,46
13	21,42	20,38	19,34	20,14	20,94	21,73	24,94	28,15	31,35	32,74	34,12	35,5	35,39	35,28	35,18	32,77	30,36	27,95	26,98	26,01	25,04	24,5	23,95	23,41
14	22,36	21,3	20,24	21,02	21,81	22,59	25,13	27,67	30,21	30,63	31,04	31,45	32,41	33,36	34,32	32,01	29,7	27,39	26,22	25,06	23,9	22,93	21,97	21
15	20,26	19,51	18,77	19,99	21,21	22,42	25,32	28,22	31,12	32,43	33,73	35,03	35,06	35,09	35,13	32,22	29,32	26,42	24,98	23,55	22,12	21,8	21,49	21,17
16	19,73	18,28	16,83	18	19,17	20,34	24,17	28	31,83	33,17	34,5	35,83	35,71	35,59	35,47	32,58	29,7	26,82	25,54	24,26	22,98	22,48	21,98	21,48
17	20,52	19,55	18,59	19,54	20,49	21,44	24,69	27,94	31,18	32,43	33,67	34,91	35,01	35,11	35,22	32,8	30,38	27,97	26,52	25,07	23,62	23,39	23,17	22,94
18	22,1	21,25	20,41	21,23	22,05	22,86	25,51	28,16	30,81	32,04	33,27	34,5	34,68	34,86	35,04	32,93	30,82	28,72	27,69	26,66	25,64	25,06	24,47	23,89
19	22,94	21,98	21,03	21,87	22,71	23,55	26,67	29,78	32,89	33,98	35,07	36,15	35,94	35,72	35,51	33,23	30,96	28,69	27,7	26,71	25,72	25,08	24,44	23,8
20	22,86	21,91	20,96	21,86	22,76	23,65	25,82	27,99	30,15	30,28	30,4	30,52	31,74	32,96	34,19	31,78	29,37	26,97	25,78	24,59	23,41	22,91	22,41	21,91
21	21,12	20,32	19,52	20,14	20,77	21,39	24,3	27,2	30,1	31,88	33,66	35,44	35,39	35,34	35,3	32,98	30,66	28,35	27,41	26,47	25,53	24,91	24,3	23,68
22	22,85	22,01	21,17	22,06	22,96	23,85	26,3	28,75	31,2	32,59	33,98	35,36	35,73	36,1	36,47	34,05	31,63	29,21	27,98	26,76	25,54	24,84	24,13	23,43
23	22,7	21,96	21,23	21,73	22,23	22,72	24,09	25,45	26,81	27,01	27,21	27,4	28,64	29,88	31,13	29,33	27,53	25,74	24,88	24,02	23,17	22,79	22,4	22,02
24	21,45	20,87	20,3	20,91	21,52	22,13	23,71	25,29	26,87	26,57	26,26	25,95	26,2	26,45	26,71	25,39	24,07	22,76	22,14	21,53	20,92	20,67	20,43	20,18
25	19,59	19	18,41	19,3	20,2	21,09	24,03	26,96	29,89	31,09	32,28	33,47	33,36	33,24	33,13	31,06	28,99	26,93	26,03	25,14	24,25	23,66	23,08	22,49
26	21,55	20,6	19,66	20,48	21,31	22,13	25,12	28,1	31,08	31,59	32,1	32,61	33,46	34,31	35,17	32,86	30,55	28,24	27,29	26,34	25,4	24,63	23,85	23,08
27	22,17	21,26	20,35	21,27	22,19	23,1	26,2	29,29	32,38	33,13	33,88	34,63	34,21	33,79	33,38	31,35	29,32	27,29	26,25	25,22	24,19	23,73	23,27	22,81
28	22,04	21,27	20,5	21,67	22,84	24,01	26,79	29,57	32,34	32,79	33,23	33,67	34,12	34,56	35,01	32,67	30,34	28,01	26,91	25,82	24,73	24,24	23,74	23,25
29	22,66	22,07	21,48	22,17	22,86	23,54	25,15	26,76	28,37	28,84	29,31	29,77	31,04	32,31	33,59	31,49	29,39	27,3	26,26	25,22	24,18	23,59	23,01	22,42
30	21,82	21,21	20,6	21,22	21,85	22,47	24,31	26,15	27,98	28,26	28,53	28,8	30,68	32,55	34,43	32,01	26,53	25,99	25,44	24,9	24,35	23,81	23,27	22,72
Média	21,16	20,34	19,51	20,32	21,13	21,93	24,63	27,32	30,19	31,14	32,08	33,03	33,44	33,86	34,28	31,88	29,39	27,07	25,96	24,86	23,77	23,19	22,62	22,05

Anexo nº9: Irradiância global média diária na província de Lunda Norte de Maio de 2014.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	18	225	408	132	527	713	750	772	505	474	283	56	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	35	244	435	697	850	764	464	454	131	438	83	7	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	33	238	492	702	844	914	755	731	482	478	284	55	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	14	255	480	682	837	854	824	846	697	470	282	54	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	32	258	493	694	843	927	869	796	538	465	280	53	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	34	244	442	646	797	882	847	793	702	489	275	52	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	26	191	342	608	717	629	826	638	456	425	272	43	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	35	211	461	677	809	891	879	779	615	410	245	33	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	34	260	489	692	836	915	886	785	673	490	273	47	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	34	257	485	686	830	899	878	795	667	463	253	41	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	23	240	476	681	781	813	880	681	658	458	262	47	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	32	250	484	682	824	907	905	786	652	284	163	39	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	32	166	198	357	713	715	605	547	245	340	165	26	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	21	239	393	129	424	559	900	827	686	470	264	43	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	29	239	464	662	809	890	897	820	684	489	259	41	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	29	211	450	656	794	878	881	805	661	465	254	40	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	25	216	461	664	808	880	892	807	679	490	258	41	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	26	241	468	662	805	882	889	801	664	476	255	40	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	30	229	457	653	799	875	864	723	572	480	256	40	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	24	223	425	644	731	841	875	792	462	446	249	40	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	26	240	465	659	802	861,3	882	806	675	484	255	39	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	20	237	461	657	800	877	884	808	677	480	253	38	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	23	229	453	651	798	874	882	798	648	384	252	38	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	23	230	453	646	779	863	875	800	663	461,65	246	26	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	23	237	461	654	793	870	882	802	672	479	253	38	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	22	235	459	652	791	872	875	800	673	478	253	38	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	21	228	450	643	785	865	873	799	669	474	247	38	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	20	226	451	641	779	863	871	797	667	473	250	38	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	20	224	447	636	777	861	869	795	663	468	249	38	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	18	196	434	631	779	855	863	790	655	469	244	36	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	15	219	439	635	777	853	861	788	654	450	245	37	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	25,71	230,26	444,39	616,48	775,42	843,3	844,61	766,48	604,68	454,86	247,16	40,06	0	0	0	0	0	0	0

Anexo nº10: Temperatura média diária na província de Lunda Norte durante o mês de Maio de 2014.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	20,32	20,15	19,98	19,82	19,65	19,48	19,32	19,15	23,46	23,61	23,76	23,91	24,09	24,28	24,47	23,3	22,13	20,96	20,56	20,15	19,75	19,62	19,49	19,36
2	18,88	18,4	17,92	18,6	19,29	19,97	21,48	22,99	24,51	24,62	24,73	24,84	24,55	24,26	23,97	23,03	22,09	21,14	20,54	19,94	19,34	19,06	18,79	18,52
3	17,94	17,36	16,78	17,54	18,31	19,07	21,51	23,94	26,38	26,89	27,41	27,93	27,59	27,26	26,93	25,47	24,02	22,56	21,8	21,03	20,26	19,85	19,44	19,04
4	18,4	17,75	17,11	17,81	18,52	19,23	21,77	24,31	26,86	27,39	27,92	28,46	28,28	28,1	27,92	26,2	24,48	22,75	22,06	21,37	20,68	20,34	20	19,66
5	19,04	18,41	17,79	18,28	18,78	19,27	21,82	24,37	26,92	27,46	28	28,54	28,19	27,84	27,49	25,97	24,45	22,93	22,3	21,67	21,04	20,86	20,68	20,51
6	19,86	19,2	18,55	19,07	19,6	20,13	22,54	24,95	27,37	27,48	27,59	27,71	27,78	27,85	27,93	26,13	24,34	22,54	21,79	21,04	20,29	20	19,72	19,44
7	18,88	18,32	17,76	18,43	19,1	19,77	21,97	24,17	26,38	26,33	26,29	26,25	26,04	25,83	25,63	24,28	22,93	21,58	20,99	20,39	19,8	19,49	19,19	18,89
8	18,15	17,41	16,68	17,41	18,14	18,87	21,2	23,53	25,86	26,33	26,8	27,28	27,17	27,07	26,97	25,25	23,53	21,8	21,05	20,29	19,54	19,1	18,67	18,24
9	17,66	17,07	16,49	17,3	18,11	18,92	21,65	24,38	27,11	27,52	27,93	28,34	28,21	28,08	27,95	26,01	24,07	22,13	21,22	20,31	19,4	19,01	18,63	18,25
10	17,77	17,29	16,82	17,57	18,32	19,07	21,73	24,39	27,05	27,62	28,19	28,77	28,54	28,32	28,1	25,83	23,57	21,3	20,46	19,61	18,76	18,36	17,97	17,58
11	16,96	16,33	15,71	16,4	17,09	17,78	20,71	23,64	26,57	27,37	28,17	28,97	28,7	28,43	28,16	26,17	24,18	22,19	21,65	21,1	20,55	20,31	20,07	19,83
12	19,33	18,83	18,34	18,84	19,34	19,84	22,31	24,78	27,25	27,73	28,22	28,71	28,32	27,93	27,55	26,01	24,47	22,92	22,3	21,67	21,05	20,67	20,3	19,93
13	19,22	18,51	17,8	18,43	19,06	19,69	22,16	24,63	27,11	27,78	28,45	29,12	28,6	28,08	27,57	26,27	24,98	23,68	23,04	22,4	21,76	21,55	21,34	21,13
14	20,58	20,03	19,49	19,88	20,28	20,68	22,91	25,14	27,37	28,03	28,7	29,37	28,9	28,43	27,96	26,48	25,01	23,53	22,95	22,36	21,78	21,55	21,32	21,09
15	20,51	19,93	19,36	19,83	20,31	20,78	22,91	25,03	27,16	27,89	28,62	29,36	29,08	28,81	28,54	27,27	26	24,72	24,14	23,55	22,97	22,58	22,19	21,81
16	20,99	20,16	19,34	19,71	20,09	20,46	22,85	25,23	27,62	28,29	28,97	29,65	29,4	29,15	28,9	27,39	25,89	24,38	23,81	23,23	22,65	22,34	22,03	21,73
17	21,07	20,4	19,74	20,06	20,38	20,7	23,19	25,68	28,17	28,91	29,65	30,39	30,12	29,85	29,58	27,4	25,22	23,04	22,12	21,2	20,28	19,96	19,64	19,33
18	18,8	18,26	17,73	18,38	19,04	19,7	22,54	25,38	28,22	29,09	29,96	30,83	30,48	30,13	29,78	28,37	26,97	25,56	25,06	24,55	24,04	23,78	23,53	23,28
19	22,45	21,61	20,78	21,01	21,25	21,48	23,94	26,4	28,86	29,35	29,85	30,35	30,08	29,81	29,54	27,92	26,3	24,67	24,08	23,49	22,9	22,7	22,5	22,3
20	21,87	21,44	21,01	21,36	21,72	22,07	23,84	25,6	27,37	28,1	28,83	29,56	29,59	29,62	29,65	27,4	25,16	22,91	22,08	21,25	20,42	20,14	19,87	19,6
21	19,21	18,82	18,43	19,01	19,6	20,18	22,75	25,32	27,9	28,71	29,53	30,35	30,19	30,04	29,89	27,47	25,05	22,63	21,78	20,93	20,08	19,79	19,51	19,23
22	18,55	17,87	17,19	17,86	18,53	19,2	22,17	25,14	28,12	28,83	29,55	30,27	30,06	29,85	29,65	27,46	25,28	23,09	22,23	21,37	20,51	20,28	20,06	19,84
23	19,45	19,05	18,66	19,21	19,77	20,32	22,38	24,44	26,5	27,18	27,86	28,55	28,39	28,23	28,08	26,62	25,16	23,69	22,88	22,06	21,24	20,94	20,65	20,36
24	19,53	18,7	17,88	18,39	18,9	19,41	21,66	23,91	26,17	26,9	27,63	28,37	28,26	28,16	28,06	26,2	24,34	22,48	21,72	20,95	20,18	19,78	19,38	18,99
25	18,01	17,02	16,04	16,55	17,07	17,58	20,16	22,73	25,31	26,18	27,06	27,94	27,95	27,96	27,98	25,85	23,73	21,6	20,82	20,03	19,24	18,79	18,34	17,9
26	17,22	16,54	15,86	16,5	17,15	17,8	20,61	23,41	26,22	27,04	27,86	28,69	28,63	28,57	28,51	26,41	24,32	22,22	21,34	20,45	19,56	18,97	18,38	17,79
27	17,07	16,35	15,63	16,36	17,1	17,84	20,87	23,9	26,94	27,65	28,37	29,09	28,94	28,8	28,66	26,68	24,71	22,73	21,94	21,14	20,35	19,98	19,61	19,24
28	18,49	17,73	16,98	17,48	17,99	18,5	21,6	24,7	27,81	28,65	29,49	30,33	30,19	30,05	29,92	27,61	25,3	22,99	22,18	21,37	20,56	20,11	19,66	19,21
29	18,47	17,72	16,98	17,52	18,06	18,6	21,73	24,86	28	28,94	29,88	30,82	30,61	30,41	30,21	28,11	26,01	23,91	23,53	23,14	22,76	22,51	22,27	22,03
30	21,34	20,65	19,97	20,33	20,7	21,07	23,34	25,6	27,87	28,81	29,76	30,71	30,63	30,56	30,49	27,97	25,45	22,92	22,12	21,31	20,51	20,58	20,65	20,73
31	20,15	19,57	19	19,49	19,99	20,49	22,82	25,15	27,48	28,43	29,39	30,35	30,18	30,01	29,85	27,46	21,65	21,54	21,44	21,34	21,24	21,14	21,04	20,94
Média	19,23	18,61	17,99	18,53	19,07	19,61	22,01	24,41	26,97	27,58	28,21	28,83	28,64	28,44	28,25	26,45	24,54	22,81	22,13	21,44	20,76	20,46	20,16	19,86

Anexo nº11: Irradiância global média mensal na província da Lunda Norte desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	21,21	19,58	106,1	25,71	5,87	0	10,29	44,47	86,48	66,1	63,26
6	155,6	157,36	155,39	185,6	230,3	205,7	180,26	198,4	229,23	264,65	194,17	182,52
7	281,6	330,46	317,35	393,5	444,4	426,5	391,61	420,6	458,43	459,03	346,13	365,29
8	449,8	508,79	482,97	588,4	616,5	620,8	599,81	626,9	669,53	649,52	445,5	553,65
9	563,9	665,04	626,19	676,8	775,4	756,2	732,32	798,6	791,93	785,9	634,13	597,94
10	643,7	676,93	649,77	753,1	843,3	845,8	834,26	887,3	868,2	866,39	730,03	656,87
11	672,8	747,75	689,48	733,1	844,6	848,3	860,9	879,7	892,9	843,58	780,57	651,29
12	671,7	700,71	725,16	661,6	766,5	771	802,45	798,3	773,27	702,55	704,4	544,68
13	558,8	578,39	615,58	512	604,7	649,1	672,94	632,5	589,93	558,65	596,7	493,87
14	496,6	416,5	424,71	425,8	454,9	462,2	465,97	472,3	460,67	396,39	443,7	382,39
15	294,8	278,29	282,16	218,5	247,2	249,1	266,35	272,7	229,87	197,58	255,37	219,32
16	129,5	129,86	104,87	62,67	40,06	42,77	60,97	64,06	46,6	41,39	95,2	80,06
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11,93	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	204,95	217,14	212,22	221,55	245,56	245,14	244,49	252,56	252,29	243,84	221,00	199,63

Anexo nº12: Temperatura média mensal na província da Lunda Norte desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	18,6	19,09	19,14	18,81	19,23	17,68	17,8	19,19	21,16	19,17	18,39	18,66
1	18,31	18,76	18,88	18,47	18,61	16,9	17,03	18,25	20,34	18,8	18,12	18,42
2	18,33	18,43	18,62	18,15	17,99	16,12	16,27	17,31	19,51	18,42	17,85	18,18
3	18,87	18,92	19,08	18,66	18,53	16,64	16,73	17,98	20,32	19,32	18,61	18,86
4	19,4	19,41	19,53	19,18	19,07	17,16	17,2	18,65	21,13	20,23	19,37	19,53
5	20,29	19,91	19,98	20,68	19,61	17,68	17,65	19,31	21,93	21,13	20,13	20,2
6	21,81	21,52	21,53	21,6	22,01	20,97	20,7	22,72	24,63	22,68	21,47	21,49
7	23,33	23,13	23,07	23,44	24,41	24,26	23,75	26,13	27,32	24,23	22,8	22,77
8	24,56	24,88	24,77	25,46	26,97	27,81	27,08	29,8	30,19	25,99	24,27	24,21
9	24,9	25,21	25,06	25,77	27,58	28,66	28,06	30,69	31,14	26,32	24,62	24,39
10	25,24	25,54	25,35	26,08	28,21	29,51	29,04	31,59	32,08	26,65	24,97	24,56
11	25,31	25,87	25,64	26,36	28,83	30,36	30,02	32,48	33,03	26,98	25,32	24,73
12	24,98	25,56	25,42	26,05	28,64	30,46	30,14	32,53	33,44	26,61	24,91	24,47
13	24,64	25,25	25,21	25,74	28,44	30,56	30,27	32,57	33,86	26,24	24,51	24,22
14	24	24,94	24,99	25,4	28,25	30,66	30,39	32,62	34,28	25,87	24,11	23,96
15	22,79	23,78	23,86	24,08	26,45	28,23	27,91	30,25	31,88	24,53	22,98	22,88
16	21,67	22,53	22,65	22,7	24,54	25,69	25,34	27,79	29,39	23,11	21,78	21,74
17	20,73	21,41	21,55	21,45	22,81	23,31	22,92	25,45	27,07	21,83	20,68	20,7
18	20,2	20,9	21,07	20,94	22,13	22,19	21,88	24,23	25,96	21,27	20,2	20,21
19	19,67	20,39	20,59	20,43	21,44	21,09	20,85	23	24,86	20,73	19,72	19,73
20	19,3	19,88	20,12	19,93	20,76	19,97	19,81	21,77	23,77	20,18	19,24	19,25
21	19,19	19,73	19,88	19,67	20,46	19,48	19,4	21,21	23,19	19,94	19,04	19,14
22	19,06	19,59	19,65	19,41	20,16	18,98	19	20,65	22,62	19,7	18,84	19,03
23	18,88	19,44	19,42	19,17	19,86	18,48	18,59	20,08	22,05	19,46	18,63	18,92
Média	21,42	21,84	21,88	21,98	23,12	23,04	22,83	24,84	26,46	22,47	21,27	21,26

## Anexo B: Dados sobre irradiância global e temperatura na região do centro de Angola

Anexo nº1: Irradiância global média diária na província do Huambo de Setembro de 2009.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	0	184	426	649	815	918	944	895	775	589	361	126	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	187	427	647	814	922	947	907	782	590	361	125	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	187	431	651	818	921	951	905	775	588	360	125	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	182	426	648	822	929	959	917	786	593	361	125	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	187	432	655	826	932	962	920	791	594	363	125	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	188	433	659	829	936	965	918	789	598	360	121	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	190	441	659	833	930	535	772	598	440	219	122	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	193	441	663	837	943	976	663	620	355	246	67	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	199	437	660	840	946	979	939	791	494	142	104	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	137	361	660	840	950	946	764	677	518	133	11	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	57	171	369	477	953	452	775	736	77	33	11	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	210	455	682	856	966	983	821	592	558	380	129	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	214	459	685	860	970	995	944	793	543	366	127	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	217	465	689	863	968	983	619	728	573	381	90	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	209	459	686	867	971	996	934	801	54	109	11	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	6	225	477	707	879	984	1009	926	798	638	192	62	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	9	232	485	711	878	982	1001	909	812	604	370	119	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	9	78	352	473	782	981	1004	921	813	535	366	128	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	14	233	483	708	876	984	1012	947	819	596	363	108	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	9	74	296	91	79	600	810	826	795	610	33	11	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	20	240	411	689	860	990	1017	956	529	55	57	86	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	7	104	183	406	351	115	1009	819	815	560	286	120	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	8	231	502	736	912	1011	1006	726	723	545	255	115	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	28	211	117	684	902	1003	1024	912	694	285	36	78	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	19	266	491	547	741	1001	1026	889	571	626	211	62	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	21	171	251	622	801	978	789	955	828	595	153	134	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	28	169	324	754	925	1022	1036	981	837	621	224	13	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	9	207	188	267	94	905	1053	997	694	535	350	129	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	25	165	103	104	107	231	434	930	819	628	376	131	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	29	274	399	726	925	1029	1047	995	824	620	389	104	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	8,03	187,4	378	596	744	899	928	879	747	507	261	94	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº2: Temperatura média diária na província do Huambo de Setembro de 2009.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	18,43	17,93	17,42	16,91	16,4	15,89	15,38	14,87	27,48	28,75	30,03	31,3	31,5	31,7	31,91	28,86	25,82	22,77	21,55	20,33	19,11	17,73	16,35	14,98
2	14,3	13,62	12,94	13,44	13,94	14,44	18,86	23,27	27,69	28,9	30,1	31,31	31,42	31,53	31,65	28,67	25,7	22,72	21,24	19,75	18,27	17,6	16,92	16,25
3	14,72	13,19	11,66	12,32	12,97	13,63	18,32	23,01	27,7	28,96	30,23	31,49	31,57	31,65	31,73	28,89	26,06	23,22	21,73	20,24	18,75	17,83	16,9	15,98
4	14,89	13,8	12,71	12,93	13,15	13,37	18,14	22,92	27,69	28,98	30,28	31,57	31,63	31,68	31,74	29,05	26,37	23,68	21,98	20,29	18,59	18,01	17,42	16,84
5	15,36	13,88	12,4	13,06	13,71	14,37	19,05	23,72	28,4	29,58	30,76	31,94	32,05	32,15	32,26	29,14	26,02	22,9	21,78	20,66	19,54	18,62	17,69	16,77
6	15,57	14,37	13,17	14,01	14,85	15,69	20,07	24,45	28,83	29,84	30,84	31,85	31,86	31,87	31,89	29,52	27,15	24,78	23,31	21,84	20,37	19,75	19,13	18,51
7	18,03	17,19	16,35	16,63	16,9	17,18	20,3	23,42	26,54	27,7	28,86	30,02	29,81	29,6	29,4	27,22	25,04	22,86	21,42	19,99	18,55	17,96	17,36	16,77
8	15,98	15,2	14,41	14,88	15,36	15,83	19,66	23,48	27,31	28,79	30,26	31,74	31,81	31,87	31,94	29,32	26,71	24,1	22,48	20,86	19,24	18,75	18,25	17,76
9	17,09	16,42	15,75	16,17	16,59	17,01	20,64	24,28	27,91	28,76	29,6	30,45	30,42	30,39	30,37	28,44	26,52	24,6	23,16	21,73	20,29	19,45	18,61	17,77
10	17,2	16,63	16,06	16,56	17,07	17,57	20,74	23,9	27,07	28,46	29,85	31,24	31,28	31,32	31,37	29,68	28	26,32	24,47	22,62	20,77	19,95	19,12	18,3
11	17,52	16,74	15,96	16,47	16,97	17,48	20,99	24,49	28	29,29	30,59	31,88	31,86	31,84	31,83	29,46	27,1	24,74	23,09	21,44	19,79	19,17	18,55	17,93
12	17,28	16,64	16	16,6	17,21	17,81	21,66	25,51	29,36	30,5	31,64	32,78	32,9	33,02	33,15	30,54	27,94	25,34	23,35	21,36	19,37	18,97	18,56	18,16
13	17,67	17,19	16,71	17,1	17,48	17,87	20,99	24,11	27,23	28,59	29,94	31,3	31,09	30,87	30,66	28,57	26,48	24,39	23,03	21,67	20,31	19,64	18,97	18,3
14	17,67	17,19	16,71	17,1	17,48	17,87	20,99	24,11	27,23	28,59	29,94	31,3	31,09	30,87	30,66	28,57	26,48	24,39	23,03	21,67	20,31	19,64	18,97	18,3
15	17,59	16,88	16,17	16,67	17,17	17,67	20,81	23,94	27,08	28,18	29,29	30,39	30,26	30,13	30	28,05	26,1	24,15	22,69	21,23	19,77	18,99	18,2	17,42
16	16,6	15,78	14,96	15,45	15,95	16,44	19,85	23,25	26,66	28,2	29,74	31,28	31,3	31,32	31,35	29,05	26,75	24,45	22,93	21,41	19,89	19,23	18,57	17,92
17	17,28	16,65	16,01	16,36	16,72	17,07	20,32	23,58	26,83	28,31	29,79	31,27	30,93	30,59	30,26	28,08	25,91	23,73	22,25	20,76	19,28	18,66	18,03	17,41
18	16,62	15,83	15,04	15,71	16,39	17,06	20,59	24,11	27,64	29,37	31,1	32,83	33,03	33,23	33,44	30,81	28,19	25,56	23,93	22,29	20,66	20,03	19,4	18,78
19	18,14	17,51	16,87	17,28	17,69	18,1	22,18	26,27	30,35	31,67	32,99	34,31	34,22	34,12	34,03	31,59	29,16	26,73	25,03	23,33	21,63	21,1	20,57	20,04
20	19,72	19,41	19,09	19,35	19,6	19,86	22,65	25,44	28,23	29,06	29,9	30,73	30,21	29,69	29,18	27,58	25,99	24,39	23,5	22,6	21,71	21,17	20,63	20,1
21	19,21	18,33	17,44	17,89	18,34	18,79	21,43	24,06	26,7	27,19	27,68	28,17	26,9	25,62	24,35	23,42	22,5	21,57	21,1	20,63	20,16	19,99	19,81	19,64
22	19,15	18,67	18,19	18,49	18,79	19,09	21,41	23,74	26,06	26,57	27,07	27,58	27,15	26,72	26,29	25,18	24,07	22,96	22,14	21,31	20,49	20,21	19,92	19,64
23	19,07	18,51	17,95	18,49	19,04	19,58	22,57	25,56	28,55	29,52	30,48	31,45	31,3	31,14	30,99	29,07	27,16	25,25	23,94	22,62	21,31	20,83	20,35	19,87
24	19,1	18,34	17,58	18,11	18,65	19,18	22,27	25,35	28,44	28,95	29,46	29,97	28,86	27,74	26,63	25,34	24,06	22,78	21,8	20,83	19,85	19,56	19,27	18,98
25	18,27	17,56	16,85	17,77	18,7	19,62	23,26	26,89	30,53	31,01	31,5	31,98	31,89	31,8	31,71	29,5	27,29	25,08	23,88	22,67	21,47	20,83	20,18	19,54
26	18,99	18,45	17,91	18,55	19,19	19,83	22,95	26,07	29,19	29,99	30,79	31,59	31,22	30,84	30,47	28,22	25,98	23,74	22,67	21,59	20,52	20,18	19,84	19,51
27	18,85	18,2	17,55	18,04	18,54	19,03	21,64	24,26	26,87	27,44	28,02	28,59	28,08	27,57	27,07	25,84	24,62	23,4	22,64	21,88	21,12	20,66	20,19	19,73
28	18,74	17,76	16,78	17,13	17,48	17,83	21,27	24,71	28,15	29,3	30,44	31,59	30,87	30,15	29,43	27,93	26,44	24,94	23,88	22,83	21,77	21,13	20,49	19,86
29	19,07	18,29	17,51	18,21	18,9	19,6	22,2	24,81	27,41	28,31	29,21	30,11	30,02	29,92	29,83	28,28	26,73	25,18	24,12	23,06	22	21,25	20,5	19,76
30	18,75	17,75	16,75	17,6	18,44	19,29	22,37	25,46	28,54	29,4	30,25	31,11	30,36	29,61	28,87	27,48	23,65	23,25	22,84	22,44	22,03	21,63	21,22	20,82
Média	17,56	16,8	16,03	16,51	16,99	17,47	20,79	24,1	27,86	28,94	30,02	31,1	30,9	30,69	30,48	28,38	26,2	24,13	22,83	21,53	20,23	19,62	19	18,39

Anexo nº3: Irradiância global média diária na província do Huambo de Agosto de 2015.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	0	123	354	571	738	848	885	846	737	560	344	116	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	123	353	574	744	855	892	848	740	565	347	117	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	128	357	577	747	854	886	847	739	567	351	120	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	131	362	579	746	852	885	841	730	555	327	116	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	134	368	585	753	856	888	853	740	566	352	123	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	136	369	588	752	859	896	851	742	571	354	121	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	135	368	588	756	862	899	854	745	573	355	121	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	139	372	591	762	870	897	852	744	575	357	124	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	143	378	596	766	868	900	855	750	577	360	124	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	143	379	597	765	872	904	858	753	579	360	126	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	144	380	600	769	875	907	861	755	581	361	126	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	141	377	600	772	883	915	869	758	580	361	126	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	141	374	597	771	882	918	881	764	582	360	124	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	136	363	585	767	885	926	888	767	584	356	126	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	143	374	600	782	894	934	896	777	595	367	130	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	147	387	610	786	897	933	890	772	594	368	128	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	149	381	607	789	901	941	897	782	596	369	130	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	150	386	617	793	904	944	900	781	588	289	134	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	161	394	617	797	908	761	269	473	490	143	134	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	159	395	621	800	911	951	855	789	604	373	109	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	135	381	608	792	906	950	909	788	591	364	131	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	29	131	312	588	557	923	856	790	602	368	125	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	102	59,0	609,9	791,6	905,2	945,3	889,1	767,3	566,7	364,7	138,8	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	167	314	418	807	878	960	486	116	97	279	123	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	165	394	625	811	934	973	864	801	610	377	135	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	171	401	632	819	938	976	866	783	602	381	136	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	181	422	653	835	946	979	931	794	610	373	137	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	180	419	647	830	945	983	934	796	580	381	139	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	178	413	644	834	949	986	941	818	622	382	113	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	158	201	627	799	943	989	939	792	599	375	126	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	173	414	634	811	924	960	933	784	550	317	100	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	0	143,4	355,5	590,6	776,5	882,6	925,4	847,1	737,7	564,9	348,9	125,1	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº4: Temperatura média diária na província do Huambo de Agosto de 2015.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	16,62	16,31	15,99	15,68	15,37	15,06	14,75	14,44	25,5	26,56	27,61	28,66	28,77	28,88	28,99	26,52	24,06	21,59	19,8	18	16,2	15,77	15,34	14,9
2	14,43	13,96	13,48	13,64	13,79	13,95	17,68	21,41	25,14	26,18	27,21	28,24	28,42	28,59	28,77	26,49	24,22	21,95	20,63	19,3	17,98	16,83	15,68	14,53
3	13,95	13,37	12,79	13	13,2	13,41	17,04	20,67	24,3	25,49	26,67	27,85	27,99	28,12	28,25	25,82	23,4	20,98	19,06	17,13	15,2	14,65	14,1	13,54
4	13,2	12,87	12,53	12,76	12,99	13,22	16,82	20,43	24,03	25,37	26,71	28,05	28,21	28,36	28,52	25,6	22,69	19,77	18,38	16,99	15,6	14,71	13,82	12,92
5	12,47	12,02	11,57	11,82	12,07	12,32	16,33	20,35	24,36	25,56	26,75	27,94	28,03	28,11	28,2	25,45	22,71	19,96	18,68	17,4	16,11	15	13,89	12,77
6	12,42	12,07	11,72	11,91	12,1	12,29	16,21	20,13	24,05	25,35	26,65	27,95	28,19	28,42	28,66	25,97	23,29	20,61	18,79	16,96	15,14	14,47	13,81	13,14
7	12,9	12,65	12,4	12,74	13,07	13,41	17,2	21	24,79	25,89	26,99	28,09	28,32	28,54	28,76	26,48	24,21	21,93	19,61	17,29	14,98	14,58	14,18	13,78
8	13,25	12,72	12,19	12,27	12,36	12,44	16,07	19,71	23,34	24,73	26,11	27,49	27,71	27,92	28,14	25,55	22,97	20,39	18,42	16,45	14,48	14,03	13,57	13,11
9	12,76	12,4	12,04	12,35	12,66	12,97	16,62	20,28	23,93	25,12	26,3	27,48	27,8	28,11	28,42	25,86	23,3	20,74	19,05	17,35	15,65	14,56	13,46	12,36
10	11,82	11,28	10,74	10,99	11,25	11,5	15,87	20,25	24,62	25,77	26,91	28,05	28,15	28,25	28,35	25,45	22,55	19,65	18,49	17,33	16,17	14,91	13,65	12,38
11	11,93	11,47	11,01	11,19	11,37	11,55	16,18	20,81	25,44	26,63	27,82	29,01	29,01	29,01	29,01	26,51	24,02	21,52	20,2	18,88	17,56	16,88	16,21	15,54
12	14,38	13,22	12,06	12	11,93	11,87	16,61	21,35	26,09	27,2	28,31	29,41	29,24	29,06	28,89	26	23,12	20,23	18,61	16,99	15,38	15,36	15,34	15,32
13	14,22	13,12	12,02	12,11	12,19	12,28	16,62	20,95	25,29	26,82	28,35	29,88	29,59	29,29	29	26,1	23,21	20,31	18,59	16,86	15,14	14,83	14,52	14,21
14	13,94	13,66	13,38	13,44	13,5	13,56	17,47	21,39	25,3	26,82	28,33	29,84	29,95	30,05	30,16	27,93	25,7	23,47	21,79	20,11	18,43	18,18	17,93	17,68
15	16,65	15,62	14,59	14,38	14,18	13,97	18,43	22,88	27,34	28,6	29,86	31,12	30,97	30,82	30,67	28,51	26,35	24,19	22,5	20,81	19,12	18,54	17,95	17,36
16	16,4	15,43	14,46	14,38	14,29	14,21	18,34	22,47	26,6	28,08	29,56	31,03	31,09	31,14	31,2	27,97	24,75	21,52	20,4	19,28	18,16	17,38	16,61	15,83
17	14,82	13,82	12,81	13,07	13,33	13,59	18,15	22,71	27,27	28,48	29,69	30,9	30,81	30,72	30,63	28,17	25,72	23,27	21,51	19,75	17,99	17,34	16,7	16,06
18	15,88	15,7	15,52	15,72	15,93	16,13	19,38	22,62	25,87	27,24	28,61	29,98	29,94	29,9	29,86	27,48	25,1	22,72	21,47	20,22	18,97	18,58	18,2	17,82
19	17,3	16,78	16,25	16,44	16,62	16,81	20,06	23,3	26,55	27,86	29,17	30,48	30,29	30,09	29,9	28,04	26,18	24,32	22,49	20,66	18,83	18,43	18,04	17,65
20	16,92	16,2	15,47	15,49	15,5	15,52	19,59	23,67	27,74	28,97	30,19	31,41	31,35	31,28	31,21	28,89	26,57	24,25	22,75	21,25	19,75	19,45	19,16	18,86
21	17,85	16,85	15,84	16,24	16,63	17,03	19,75	22,48	25,2	26,7	28,19	29,68	29,02	28,35	27,69	25,8	23,91	22,02	20,78	19,54	18,3	17,92	17,55	17,17
22	17,02	16,88	16,73	16,83	16,92	17,02	20,38	23,74	27,1	28,11	29,12	30,13	29,62	29,11	28,6	26,56	24,53	22,49	21,35	20,2	19,06	19,04	19,03	19,02
23	18,35	17,69	17,02	17,2	17,37	17,55	20,64	23,73	26,82	27,58	28,33	29,08	28,41	27,74	27,07	25,73	24,4	23,07	22,18	21,29	20,4	20,28	20,17	20,06
24	19,31	18,55	17,79	17,73	17,67	17,61	20,74	23,88	27,01	28,03	29,05	30,06	29,69	29,31	28,94	27,18	25,43	23,68	22,33	20,97	19,61	19,24	18,86	18,48
25	17,5	16,52	15,53	15,5	15,48	15,45	19,35	23,26	27,16	28,32	29,48	30,63	30,52	30,4	30,29	28,03	25,77	23,51	21,7	19,88	18,07	17,49	16,91	16,33
26	15,94	15,55	15,16	15,23	15,31	15,38	18,9	22,43	25,95	27,34	28,73	30,11	30,07	30,02	29,98	27,92	25,87	23,82	22,12	20,42	18,72	18,06	17,4	16,74
27	16,07	15,4	14,72	14,98	15,23	15,49	19,5	23,52	27,53	28,88	30,23	31,57	31,45	31,32	31,19	29,34	27,5	25,66	23,86	22,06	20,26	19,73	19,19	18,65
28	18,03	17,41	16,79	16,66	16,52	16,39	19,69	22,99	26,29	27,68	29,06	30,44	29,9	29,35	28,8	26,77	24,75	22,72	21,14	19,56	17,98	17,36	16,74	16,12
29	15,72	15,32	14,91	15,27	15,63	15,99	18,7	21,41	24,12	25,87	27,61	29,35	28,87	28,38	27,89	26,07	24,26	22,45	21,27	20,08	18,9	18,51	18,12	17,73
30	17,45	17,17	16,89	17,09	17,3	17,5	19,75	22,01	24,26	25,41	26,55	27,69	27,54	27,38	27,22	25,69	24,16	22,63	21,44	20,25	19,07	18,61	18,15	17,69
31	16,99	16,29	15,59	15,93	16,27	16,61	20,19	23,76	27,34	28,62	29,91	31,19	30,92	30,65	30,38	28,16	22,51	22	21,49	20,98	20,47	19,96	19,45	18,94
Média	15,37	14,78	14,19	14,32	14,45	14,58	18,16	21,74	25,69	26,94	28,20	29,44	29,35	29,25	29,15	26,84	24,43	22,17	20,67	19,17	17,67	17,12	16,57	16,02

Anexo nº5: Irradiância global média mensal na província do Huambo desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	12,5	29,74	94,53	12,35	0	0	0	8,03	42,13	78,83	55,13
6	177,81	152,46	183,8	182,6	125,4	131,7	118,8	143,39	187,37	224,52	229,83	202,55
7	352,06	295,46	344	419,1	330,6	350,7	344,5	355,48	377,53	415,77	417,33	369,65
8	547,68	449,04	572,4	632,1	547,2	551,8	554,1	590,64	596,23	561,97	565,27	535,16
9	670,52	606,96	749,4	789,5	722,4	720,1	721,8	776,54	743,63	734,48	713,83	702,48
10	702,06	690,14	830,2	849,2	840,8	821,3	827,9	882,62	899,03	884,16	748,3	767,87
11	682	743,07	796,3	807,8	886,4	845	862,9	925,36	928,33	869,65	771,9	763,39
12	737,59	694,89	668,4	692,8	855,9	801,6	824,2	847,07	879,4	720,87	623,4	639,55
13	559,77	531,57	568,1	585,6	760,8	684,2	714,4	737,65	746,83	584,9	514,5	500,39
14	454,48	398,57	402,7	485,1	594	505,4	543	564,89	507,23	438,26	413,87	458,45
15	332,9	248,61	245,5	271	389,2	304,7	332,6	348,89	261,2	216,68	250,2	271,32
16	180,19	148,43	96,52	106,2	167,6	82,23	107,4	125,12	93,97	71,84	109,63	133,65
17	31,45	23,29	0,39	0	30,06	0	0	0	0	0	0	8,87
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	226,19	208,12	228,7	246,5	260,9	241,6	248	262,4	259,53	240,22	226,54	225,35

Anexo nº6: Temperatura média mensal na província do Huambo desde Janeiro a Dezembro  
(2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	17,57	16,83	17,29	16,82	14,26	12,25	14,19	15,37	17,56	18,17	16,52	16,78
1	17,32	16,45	16,93	16,34	13,65	11,79	13,62	14,78	16,8	17,56	16,2	16,5
2	17,05	16,25	16,58	15,84	13,11	11,34	13,06	14,19	16,03	16,96	15,89	16,23
3	17,44	16,49	16,81	16,05	13,28	11,46	13	14,32	16,51	17,63	16,58	16,83
4	17,83	16,73	17,05	16,26	13,46	11,58	12,94	14,45	16,99	18,29	17,28	17,43
5	18,22	17,33	17,29	17,76	13,87	11,71	12,88	14,58	17,47	18,95	17,97	18,03
6	19,69	19,15	19,21	19,06	17,49	15,11	16,53	18,16	20,79	21,27	19,87	19,63
7	21,17	20,98	21,13	21,65	21,13	18,52	20,18	21,74	24,1	23,59	21,77	21,23
8	22,77	22,84	23,17	24,42	24,92	22,18	24,21	25,69	27,86	26,22	23,86	22,91
9	23,3	23,65	23,94	25,15	25,87	23,41	25,5	26,94	28,94	26,89	24,41	23,4
10	23,83	24,46	24,7	25,89	26,81	24,64	26,79	28,2	30,02	27,55	24,97	23,88
11	24,36	25,1	25,47	26,62	27,69	25,86	28,07	29,44	31,1	28,21	25,53	24,36
12	24,29	24,96	25,14	26,4	27,56	25,94	28,03	29,35	30,9	27,83	24,91	23,8
13	24,22	24,82	24,82	26,17	27,43	26,02	27,99	29,25	30,69	27,45	24,29	23,22
14	24,16	24,37	24,5	25,94	27,18	26,11	27,94	29,15	30,48	27,07	23,67	22,65
15	22,97	23,01	23,19	24,41	25,2	23,8	25,69	26,84	28,38	25,68	22,48	21,65
16	21,71	21,57	21,79	22,72	23,07	21,32	23,29	24,43	26,2	24,2	21,23	20,58
17	20,56	20,38	20,52	21,24	21,17	19,07	21,12	22,17	24,13	22,84	20,06	19,6
18	19,96	19,69	19,9	20,28	19,5	17,52	19,46	20,67	22,83	21,91	19,32	19,06
19	19,35	19,01	19,29	19,31	17,82	15,98	17,8	19,17	21,53	20,98	18,59	18,52
20	18,74	18,35	18,67	18,35	16,23	14,44	16,15	17,67	20,23	20,05	17,85	17,97
21	18,45	17,96	18,34	17,98	15,77	13,84	15,71	17,12	19,62	19,6	17,51	17,66
22	18,16	17,56	18,02	17,61	15,32	13,24	15,27	16,57	19	19,16	17,16	17,34
23	17,87	17,19	17,69	17,24	14,83	12,64	14,83	16,02	18,39	18,72	16,82	17,03
Média	20,46	20,21	20,48	20,81	19,86	17,91	19,76	21,09	23,19	22,37	20,20	19,85

Anexo nº7: Irradiância global média diária na província do Moxico de Outubro de 2016.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	72	319	583	795	940	1017	1012	920	719	534	249	56	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	94	328	553	766	906	1007	1007	846	703	510	260	42	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	47	291	575	791	939	898	822	817	708	412	130	54	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	99	121	444	552	553	905	1005	883	774	537	290	54	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	114	369	608	818	965	1024	957	814	754	485	292	57	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	29	144	182	432	452	1010	1019	785	668	512	268	36	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	127	317	597	606	865	950	760	836	677	524	207	45	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	124	358	616	817	967	985	834	796	591	451	266	25	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	94	103	314	369	696	610	835	772	745	528	261	31	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	97	342	631	629	966	1045	1008	939	782	481	106	24	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	127	190	505	100	184	550	770	834	713	494	96	33	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	137	362	589	809	932	1020	1011	906	759	538	284	53	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	126	376	612	829	971	1038	1023	927	726	444	286	55	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	132	387	624	831	973	1034	1013	665,5	773	536	280	57	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	132	389	623	833	975	961	958	944	777	540	289	55	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	132	385	625	835	976	1042	1037	954	469,5	392,05	219,05	50,45	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	95,05	303,6	521,75	720,4	844,15	853,2	808	620,6	501,45	385,7	210,75	45,65	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	94,45	296,2	531,2	731,8	896,1	903,8	910,3	763,95	746	529	292	58	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	111	402	638	849	986	1052	776	708	270	462	292	60	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	145	391	629	837	977	1024	968	846	730	536	288	62	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	111	400	641	848	989	1054	1053	958	781	531	293	59	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	148	391	625	822	963	946	986	837	748	451	257	60	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	140	405	641	823	970	867	914	904	736	487	241	53	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	121	394	643	856	992	982	960	884	745	488	273	52	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	107	233	619	756	955	1046	667	854	775	110	77	33	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	72	381	564	646	590	628	786	916	755	552	297	53	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	116	405	639	851	995	1059	995	895	621	537	185	52	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	63	283	678	856	996	1059	1052	840	413	550	192	6	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	33	210	435	824	980	1054	1047	938	777	250	296	51	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	111	327	596	858	905	1032	742	784	753	571	234	63	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	165	425	661	863	992	1032	895	831	493	417	229	62	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	106,95	323,48	572,35	740,43	880,33	957,68	923,56	845,74	683,32	476,6	239,99	48,29	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº8: Temperatura média diária na província do Moxico de Outubro de 2016.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	23,55	23,93	24,31	24,69	25,07	25,46	25,84	26,22	32,48	33,13	33,78	34,44	34,45	34,46	34,47	32,52	30,58	28,63	27,41	26,2	24,98	23,88	22,77	21,66
2	21,18	20,69	20,2	21,33	22,45	23,57	26,44	29,32	32,19	33,1	34,01	34,92	34,77	34,62	34,47	32,56	30,65	28,74	27,87	27	26,14	25,53	24,91	24,3
3	23,72	23,14	22,56	23,25	23,94	24,62	27,11	29,6	32,09	33,04	33,99	34,94	34,55	34,16	33,77	32,01	30,26	28,5	27,67	26,83	25,99	25,38	24,77	24,16
4	23,42	22,68	21,94	22,36	22,77	23,18	24,62	26,07	27,51	26,81	26,1	25,4	24,94	24,49	24,03	23,38	22,73	22,08	21,61	21,13	20,65	20,44	20,24	20,03
5	19,6	19,17	18,73	19,62	20,51	21,39	23,49	25,58	27,67	27,92	28,16	28,41	27,59	26,77	25,96	24,88	23,8	22,73	22	21,27	20,54	20,13	19,72	19,31
6	19,06	18,81	18,56	19,9	21,23	22,56	24,98	27,39	29,81	30,16	30,52	30,87	30,41	29,95	29,5	27,97	26,44	24,92	24,2	23,48	22,77	22,37	21,97	21,57
7	21,12	20,67	20,21	21,02	21,83	22,63	24,81	26,99	29,17	30,06	30,94	31,83	31,7	31,56	31,43	29,82	28,21	26,6	25,63	24,66	23,69	23,06	22,42	21,79
8	21,49	21,19	20,88	21,7	22,52	23,33	25,54	27,74	29,95	30,29	30,63	30,97	30,27	29,56	28,86	27,52	26,19	24,85	24,09	23,32	22,56	22,27	21,99	21,7
9	21,43	21,17	20,9	21,73	22,56	23,39	24,9	26,41	27,92	28	28,09	28,17	27,33	26,48	25,64	24,75	23,86	22,97	22,49	22,01	21,54	21,34	21,15	20,95
10	20,92	20,9	20,87	21,7	22,53	23,35	26,11	28,87	31,63	32,33	33,02	33,72	33,08	32,44	31,8	30,07	28,35	26,62	25,82	25,01	24,2	23,88	23,55	23,23
11	22,49	21,75	21,01	21,86	22,71	23,55	25,52	27,5	29,47	30,43	31,38	32,34	32,72	33,09	33,47	31,44	29,41	27,39	26,81	26,23	25,65	24,55	23,44	22,34
12	21,37	20,4	19,43	21,31	23,19	25,06	27,86	30,66	33,46	33,97	34,47	34,98	34,72	34,45	34,19	31,99	29,79	27,58	26,48	25,38	24,28	23,48	22,69	21,89
13	22,01	22,13	22,25	23,56	24,87	26,17	28,58	30,99	33,4	34,3	35,21	36,11	36,14	36,17	36,2	33,72	31,24	28,75	27,29	25,82	24,36	23,78	23,19	22,61
14	22,63	22,65	22,67	23,97	25,27	26,56	28,9	31,24	33,58	34,42	35,26	36,1	35,87	35,65	35,42	32,73	30,05	27,36	26,88	26,39	25,9	24,65	23,4	22,15
15	22,22	22,29	22,36	23,75	25,14	26,53	28,92	31,32	33,71	34,39	35,06	35,74	35,8	35,85	35,91	33,9	31,89	29,89	28,88	27,87	26,86	26,56	26,27	25,97
16	25,79	25,62	25,44	26,11	26,78	27,44	29,61	31,79	33,96	34,72	35,47	36,23	36,16	36,09	36,02	33,57	31,12	28,67	27,57	26,46	25,35	24,79	24,22	23,66
17	22,28	20,9	19,52	21,24	22,95	24,66	27,74	30,82	33,9	34,92	35,94	36,96	36,76	36,55	36,35	33,7	31,06	28,42	27,24	26,07	24,9	24,58	24,26	23,94
18	23,44	22,94	22,44	23,39	24,34	25,29	28,19	31,08	33,98	34,97	35,95	36,94	36,91	36,88	36,86	34,66	32,47	30,27	29,37	28,47	27,57	26,62	25,68	24,73
19	24,04	23,35	22,66	23,46	24,26	25,05	27,75	30,44	33,13	33,34	33,56	33,77	32,36	30,94	29,53	28,25	26,98	25,7	25,01	24,31	23,62	23,23	22,83	22,44
20	22,17	21,9	21,62	22,24	22,86	23,47	24,56	25,64	26,72	26,55	26,38	26,21	26,31	26,41	26,51	25,46	24,41	23,36	22,66	21,95	21,25	21,03	20,81	20,59
21	20,16	19,74	19,31	20,2	21,09	21,98	23,86	25,74	27,62	26,9	26,18	25,46	25,9	26,33	26,77	25,49	24,21	22,92	22,04	21,15	20,26	20,15	20,03	19,92
22	19,54	19,17	18,79	20,09	21,39	22,68	25,14	27,6	30,06	30,87	31,69	32,5	32,47	32,44	32,41	30,2	27,99	25,78	24,89	23,99	23,09	22,32	21,54	20,77
23	20,28	19,79	19,29	20,82	22,35	23,87	26,49	29,1	31,72	32,2	32,68	33,16	33,12	33,07	33,03	30,98	28,93	26,89	25,83	24,77	23,72	23,05	22,39	21,72
24	21,15	20,58	20,01	21,12	22,22	23,32	26,41	29,49	32,58	33,33	34,09	34,84	34,36	33,88	33,4	31,48	29,56	27,65	26,68	25,71	24,74	24,17	23,61	23,04
25	22,52	22,01	21,49	22,6	23,71	24,82	27,55	30,27	32,99	33,71	34,44	35,16	34,96	34,75	34,55	32,58	30,61	28,65	27,77	26,9	26,03	25,6	25,18	24,75
26	24,15	23,56	22,96	23,75	24,54	25,32	27,75	30,19	32,62	33,27	33,91	34,56	33,98	33,39	32,81	31,34	29,87	28,4	27,55	26,71	25,87	25,21	24,55	23,89
27	23,62	23,35	23,08	23,64	24,19	24,74	26,07	27,39	28,72	28,83	28,94	29,05	29,19	29,33	29,48	28,21	26,94	25,67	24,97	24,27	23,57	23,14	22,72	22,29
28	21,92	21,55	21,18	22,19	23,2	24,21	26,54	28,87	31,2	31,91	32,61	33,32	33,08	32,84	32,6	30,75	28,9	27,06	26,23	25,4	24,58	23,97	23,35	22,74
29	22,29	21,84	21,38	22,4	23,41	24,42	25,97	27,51	29,05	29,75	30,46	31,16	30,89	30,62	30,36	28,9	27,44	25,98	25,08	24,19	23,3	22,91	22,53	22,14
30	21,74	21,35	20,95	21,98	23,01	24,03	25,74	27,44	29,14	29,26	29,38	29,5	29,07	28,65	28,22	26,87	25,52	24,17	23,56	22,96	22,36	22	21,65	21,29
31	20,83	20,37	19,9	21,18	22,46	23,74	25,86	27,97	30,09	30,56	31,02	31,49	31,9	32,31	32,73	30,95	25,2	25,21	25,22	25,24	25,25	25,26	25,28	25,29
Média	22	21,6	21,19	22,2	23,2	24,21	26,41	28,62	31,02	31,53	32,04	32,56	32,31	32,07	31,83	30,09	28,21	26,53	25,7	24,88	24,05	23,53	23	22,48

Anexo nº9: Irradiância global média diária na província do Moxico de Julho de 2011.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	0	201	424	616	754	831	832	769	639	453	231	21	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	188	408	599	746	827	833	766	629	442	225	22	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	197	420	613	755	833	838	771	638	451	232	23	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	195	417	613	756	834	848	785	646	455	235	24	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	190	408	607	752	839	841	778	644	454	235	25	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	195	422	617	769	840	842	775	642	456	231	25	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	197	418	615	754	837	843	777	644	459	239	27	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	200	425	618	759	843	845	778	645	461	241	28	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	200	426	619	760	839	846	780	644	460	243	29	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	203	428	623	765	799	782	773	649	464	244	29	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	203	433	628	763	842	816	771	643	463	243	31	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	205	434	629	768	848	847	785	652	465	247	32	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	205	433	626	769	846	848	783	647	469	247	32	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	206	433	628	771	852	855	789	656	471	249	33	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	199	425	626	768	849	857	791	655	470	248	34	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	206	435	627	770	851	859	780	660	464	241	36	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	203	430	628	772	853	856	796	662	471	248	36	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	201	431	627	774	860	863	798	664	478	255	37	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	199	427	628	775	857	866	800	663	478	255	37	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	205	435	637	782	864	873	807	669	477	254	37	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	198	427	628	775	857	870	800	667	482	265	37	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	198	424	623	773	859	873	807	669	481	258	40	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	206	433	632	780	862	870	805	668	483	258	41	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	201	430	634	786	869	882	812	677	487	264	42	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	196	424	629	780	867	880	819	680	487	265	43	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	193	421	624	782	874	883	826	686	494	265	43	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	198	425	629	785	877	890	824	688	496	265	45	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	198	427	635	783	875	893	822	687	490	268	46	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	204	436	641	794	882	896	825	685	497	273	47	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	216	450	654	801	885	894	827	695	502	274	46	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	199	428	631	785	869	878	811	675	480	259	43	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	0	200,16	427	625,29	771,16	852,26	858,03	794,52	660,26	472,26	250,23	34,55	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº10: Temperatura média diária na província do Moxico de Julho de 2011.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	16,63	16,11	15,59	15,06	14,54	14,02	13,5	12,98	23,28	24,55	25,81	27,08	26,81	26,55	26,28	23,29	20,29	17,3	16,09	14,87	13,66	13,38	13,1	12,82
2	12,19	11,56	10,93	11,49	12,06	12,63	16,82	21,01	25,2	26,27	27,34	28,41	28,25	28,08	27,92	24,8	21,69	18,57	17,6	16,62	15,65	15,23	14,8	14,37
3	13,83	13,3	12,76	13,36	13,96	14,56	18,27	21,99	25,7	26,97	28,23	29,5	29,17	28,84	28,51	25,43	22,35	19,27	18,28	17,29	16,3	15,87	15,44	15,01
4	14,5	13,98	13,47	13,99	14,51	15,04	18,18	21,32	24,46	26,02	27,59	29,15	28,85	28,56	28,26	25,63	23	20,37	19,44	18,5	17,57	16,93	16,29	15,65
5	15,05	14,46	13,86	14,26	14,66	15,06	18,04	21,03	24,01	25,13	26,24	27,36	26,96	26,56	26,16	24,08	22,01	19,93	19,03	18,13	17,23	16,73	16,23	15,73
6	15,03	14,33	13,63	13,86	14,1	14,34	16,73	19,13	21,52	22,75	23,97	25,2	25,16	25,11	25,07	22,94	20,82	18,69	17,89	17,08	16,27	15,86	15,44	15,02
7	14,67	14,32	13,97	14,35	14,73	15,12	17,16	19,2	21,24	22,42	23,59	24,77	24,61	24,45	24,29	22,27	20,25	18,23	17,49	16,74	15,99	15,54	15,08	14,62
8	14,02	13,41	12,81	13,05	13,3	13,55	15,75	17,95	20,15	21,47	22,8	24,12	24,07	24,03	23,98	21,97	19,97	17,96	17,15	16,34	15,53	15,07	14,61	14,15
9	13,53	12,91	12,29	12,59	12,89	13,2	15,34	17,48	19,62	20,98	22,35	23,71	23,66	23,62	23,57	21,42	19,27	17,12	16,4	15,67	14,95	14,58	14,2	13,82
10	13,26	12,69	12,13	12,44	12,76	13,08	15,33	17,59	19,84	21,27	22,71	24,14	23,95	23,76	23,57	21,44	19,31	17,18	16,51	15,85	15,18	14,8	14,42	14,04
11	13,46	12,87	12,29	12,63	12,97	13,31	15,64	17,98	20,32	21,59	22,86	24,13	23,88	23,62	23,37	21,37	19,38	17,38	16,71	16,03	15,36	14,96	14,55	14,14
12	13,7	13,26	12,82	13,13	13,45	13,77	16,15	18,54	20,93	22,22	23,52	24,81	24,6	24,39	24,18	21,94	19,71	17,47	16,83	16,18	15,54	15,25	14,96	14,66
13	14,21	13,77	13,32	13,78	14,24	14,71	17,27	19,84	22,4	23,54	24,69	25,83	25,62	25,42	25,21	22,91	20,61	18,31	17,6	16,89	16,18	15,87	15,56	15,24
14	14,68	14,13	13,57	13,98	14,39	14,81	17,51	20,22	22,92	24,12	25,33	26,53	26,23	25,92	25,62	23,33	21,03	18,74	17,96	17,17	16,39	15,96	15,52	15,08
15	14,58	14,09	13,59	13,97	14,36	14,75	17,45	20,15	22,85	24,07	25,28	26,5	26,17	25,83	25,5	23,19	20,89	18,58	17,84	17,11	16,37	15,99	15,61	15,23
16	14,62	14,02	13,41	13,74	14,08	14,42	17,29	20,16	23,03	24	24,98	25,95	25,65	25,36	25,06	22,74	20,41	18,09	17,19	16,3	15,4	14,92	14,43	13,94
17	13,38	12,83	12,27	12,69	13,11	13,54	16,48	19,43	22,38	23,66	24,93	26,21	25,99	25,76	25,54	23,07	20,61	18,14	17,23	16,32	15,41	15,01	14,61	14,21
18	13,71	13,2	12,7	13,16	13,62	14,08	17,15	20,23	23,31	24,67	26,02	27,38	27,19	27,01	26,82	24,26	21,71	19,15	18,25	17,34	16,43	15,94	15,45	14,95
19	14,51	14,06	13,62	14,07	14,52	14,97	18,19	21,41	24,63	25,79	26,96	28,12	27,89	27,66	27,43	24,86	22,29	19,72	18,81	17,9	16,99	16,46	15,93	15,4
20	14,9	14,4	13,9	14,38	14,86	15,35	18,62	21,9	25,18	26,28	27,39	28,49	28,28	28,06	27,85	25,06	22,26	19,47	18,56	17,64	16,72	16,3	15,87	15,44
21	14,9	14,36	13,82	14,3	14,78	15,26	18,32	21,39	24,45	25,83	27,2	28,58	28,33	28,09	27,84	25,2	22,56	19,92	19,07	18,21	17,35	16,95	16,54	16,13
22	15,48	14,82	14,17	14,53	14,9	15,27	17,86	20,45	23,04	24,58	26,13	27,67	27,52	27,36	27,21	24,71	22,21	19,71	18,75	17,78	16,82	16,2	15,57	14,94
23	14,13	13,31	12,5	12,92	13,34	13,76	16,86	19,97	23,08	24,59	26,09	27,6	27,53	27,47	27,4	24,53	21,66	18,79	17,52	16,25	14,98	14,42	13,86	13,29
24	12,68	12,07	11,46	12,15	12,85	13,55	17,85	22,16	26,47	27,8	29,14	30,47	30,26	30,05	29,84	27,98	26,11	24,25	21,91	19,56	17,22	16,65	16,07	15,49
25	14,55	13,61	12,67	13,36	14,05	14,74	18,4	22,06	25,72	27,17	28,62	30,07	29,56	29,04	28,53	25,91	23,3	20,68	19,83	18,99	18,14	17,61	17,08	16,54
26	15,95	15,35	14,76	15,07	15,38	15,69	18,81	21,94	25,07	26,71	28,34	29,98	29,68	29,38	29,08	26,55	24,02	21,49	20,64	19,78	18,93	18,4	17,86	17,32
27	16,67	16,02	15,37	15,89	16,41	16,93	20,04	23,16	26,27	27,82	29,37	30,92	30,75	30,57	30,4	27,66	24,92	22,18	21,33	20,48	19,63	19,2	18,76	18,32
28	18,34	18,37	18,39	18,69	19	19,31	21,9	24,5	27,09	28,47	29,86	31,24	30,66	30,09	29,51	27,49	25,47	23,45	22,61	21,78	20,94	20,33	19,71	19,09
29	18,29	17,48	16,68	16,75	16,82	16,9	18,94	20,99	23,04	24,58	26,13	27,67	27,53	27,4	27,26	25,24	23,21	21,19	20,24	19,28	18,32	17,73	17,14	16,55
30	15,74	14,93	14,12	14,29	14,46	14,63	17,15	19,67	22,19	23,79	25,4	27	26,84	26,68	26,52	24,22	21,93	19,63	18,79	17,95	17,11	16,66	16,21	15,76
31	15,13	14,5	13,86	14,36	14,86	15,35	17,82	20,29	22,76	24,2	25,64	27,08	26,88	26,68	26,47	24,47	19,49	19,25	19	18,76	18,52	18,27	18,03	17,78
Média	14,72	14,15	13,57	13,94	14,32	14,70	17,45	20,20	23,30	24,62	25,95	27,28	27,05	26,82	26,59	24,19	21,70	19,36	18,47	17,57	16,68	16,23	15,77	15,31

Anexo nº11: Irradiância global média mensal na província do Moxico desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,26
5	0	45,25	33,06	149,88	31,48	2,27	0	18,29	68,4	106,95	113,3	101,55
6	166,43	198,46	205,39	255,76	248,58	204,8	200,16	236,1	278,3	323,48	279	237,81
7	326,81	327,89	391,9	477,67	467,16	415,83	427	468,55	499	572,35	446,1	449,48
8	520,85	511,43	587,45	697,62	666,68	598,37	625,29	680,1	709,73	740,43	605,1	575,88
9	629,65	644,64	692,77	827,16	802,97	731,27	771,16	833,68	852,9	880,33	735,7	633,45
10	771,48	715,11	757,58	885,06	880,03	810,23	852,26	912,03	928,63	957,68	777,27	679
11	744,23	735,61	751,94	836,64	842,1	822,43	858,03	900	887,93	923,56	768,43	707,74
12	696,87	630,61	734,71	747,6	752,87	751,27	794,52	826,16	820,63	845,74	711,5	612,07
13	568,44	520,57	620,83	621,56	637,26	601,83	660,26	701,9	675,73	683,32	606,47	581,55
14	457,03	422,89	490,81	458,1	443,52	427,2	472,26	502,87	435,73	476,6	439,83	423,87
15	296	286,43	272,55	269,67	224,84	210,7	250,23	272,35	240,5	239,99	257,47	267,71
16	124,77	120,32	95,29	49,49	7,42	3,13	34,55	49,81	43,87	48,29	60,53	105,23
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	220,94	214,97	234,76	261,51	250,20	232,47	247,74	266,74	268,39	283,28	241,70	224,23

Anexo nº12: Temperatura média mensal na província do Moxico desde Janeiro a Dezembro  
(2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	19,2	19,94	19,12	18,44	17,62	16,15	14,72	17,45	21,64	22	19,82	19,35
1	18,98	19,72	18,9	18,19	17,15	15,69	14,15	16,91	20,97	21,6	19,54	19,11
2	19,4	19,49	18,68	17,94	16,68	15,23	13,57	16,37	20,3	21,19	19,26	18,88
3	19,82	19,89	19,01	18,39	17,26	15,75	13,94	16,97	21,16	22,2	19,99	19,25
4	20,24	20,28	19,34	18,84	17,84	16,26	14,32	17,56	22,02	23,2	20,73	19,7
5	21,47	20,68	19,66	20,18	18,41	16,78	14,7	18,15	22,88	24,21	21,48	20,15
6	22,69	21,9	20,96	21,08	20,8	19,22	17,45	20,97	25,25	26,41	22,59	21,3
7	24,01	23,12	22,25	22,88	23,18	21,66	20,2	23,79	27,62	28,62	23,71	22,51
8	24,42	24,49	23,71	24,83	25,7	24,38	23,3	26,88	30,25	31,02	25,04	23,72
9	24,84	24,93	24,16	25,43	26,62	25,39	24,62	28,01	31,05	31,53	25,4	24,28
10	25,26	25,37	24,61	26,02	27,53	26,4	25,95	29,15	31,86	32,04	25,76	24,7
11	25,14	25,82	25,06	26,62	28,44	27,41	27,28	30,29	32,66	32,56	26,12	25,11
12	25,02	25,68	24,88	26,38	28,11	27,11	27,05	30,03	32,42	32,31	26,03	24,95
13	24,9	25,55	24,69	26,15	27,77	26,82	26,82	29,77	32,18	32,07	25,95	24,66
14	23,92	25,42	24,5	25,91	27,44	26,53	26,59	29,5	31,93	31,83	25,86	24,37
15	22,86	24,43	23,48	24,38	25,39	24,41	24,19	27,06	29,95	30,09	24,74	23,59
16	21,9	23,44	22,37	22,76	23,23	22,3	21,7	24,45	27,86	28,21	23,53	22,61
17	21,46	22,44	21,4	21,29	21,22	20,19	19,36	22,1	25,94	26,53	22,44	21,69
18	21,01	21,96	20,95	20,67	20,47	19,37	18,47	21,23	25,11	25,7	21,92	21,19
19	20,56	21,47	20,49	20,05	19,71	18,55	17,57	20,36	24,27	24,88	21,41	20,77
20	20,25	20,99	20,04	19,43	18,95	17,73	16,68	19,5	23,44	24,05	20,89	20,35
21	19,94	20,7	19,8	19,18	18,63	17,33	16,23	19,05	23,07	23,53	20,58	20,07
22	19,63	20,41	19,56	18,93	18,32	16,94	15,77	18,59	22,69	23	20,27	19,82
23	19,63	20,13	19,31	18,69	18	16,55	15,31	18,15	22,31	22,48	19,92	19,57
Média	22,04	22,43	21,54	21,78	21,85	20,59	19,58	22,60	26,20	26,72	22,62	21,74

## Anexo C: Dados sobre irradiância global e temperatura na região do sul de Angola

Anexo nº1: Irradiância global média diária na província do Namibe de Outubro de 2015.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	1	212	478	704	878	987	1015	957	844	657	426	180	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	11	233	483	704	881	990	1017	959	841	654	426	182	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	3	167	175	413	870	962	961	835	842	163	221	109	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	6	47	197	399	873	841	1026	972	848	656	426	175	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	9	222	483	714	889	941	1039	984	853	684	439	156	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	19	238	489	702	892	1010	1036	986	859	662	429	182	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	19	239	485	723	899	1008	1038	987	860	666	430	180	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	19	217	490	726	907	1020	1045	994	862	670	431	183	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	17	142	316	488	831	1007	1036	980	858	668	431	186	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	25	251	509	732	903	1014	1038	987	860	669	434	186	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	28	191	428	261	887	1011	1045	988	861	670	435	186	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	25	264	514	741	907	1014	1026	939	862	647	438	188	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	25	155	501	744	910	1021	1043	991	863	675	439	190	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	36	272	520	739	912	1012	1029	977	860	673	437	191	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	36	268	520	741	919	1019	1031	983	861	590	438	191	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	25	238	509	739	916	1021	1043	990	866	678	441	192	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	31	271	525	742	923	1023	1050	991	867	675	440	192	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	47	286	543	755	920	1030	1035	997	873	676	441	192	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	38	200	508	723	931	1031	1058	1008	703	555	421	186	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	47	280	526	732	933	1027	1064	1010	875	675	443	193	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	16	207	396	699	925	1024	1044	990	867	675	441	193	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	32	141	274	424	884	1030	1051	996	868	680	442	194	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	43	227	410	604	924	1032	1052	982	855	649	454	192	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	39	168	383	751	930	1038	1063	1009	878	685	444	197	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	46	190	544	764	936	1034	1064	1010	879	686	452	200	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	57	296	545	769	937	1035	1055	1005	880	687	448	200	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	58	287	544	767	938	1036	1056	1006	877	685	449	200	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	47	161	473	401	354	1032	1056	1012	882	686	446	197	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	65	287	485	765	921	1006	749	763	614	469	442	165	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	61	236	230	580	864	1039	1074	1019	884	691	450	207	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	52	101	356	542	358	135	516	667	795	245	440	157	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	31,71	215,94	446,42	654,45	869,42	981,61	1014,68	966,9	848,29	629,06	431,42	184,58	0	0	0	0	0	0	0

Anexo nº2: Temperatura média diária na província do Namibe de Outubro de 2015.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	18,66	18,39	18,12	17,86	17,59	17,33	17,06	16,79	23,96	25,95	27,94	29,93	28,48	27,03	25,58	23,4	21,22	19,04	18,73	18,43	18,12	17,77	17,43	17,08
2	16,48	15,89	15,29	15,54	15,79	16,04	18,31	20,58	22,85	24,65	26,45	28,25	27,36	26,48	25,59	23,62	21,64	19,67	19,14	18,62	18,09	17,57	17,04	16,52
3	16,2	15,88	15,56	15,89	16,22	16,55	19,08	21,62	24,16	25,95	27,75	29,55	28,77	27,99	27,21	25,06	22,92	20,77	20,11	19,45	18,79	18,52	18,24	17,97
4	17,94	17,91	17,87	18,22	18,57	18,92	21,72	24,52	27,32	29,15	30,98	32,81	32,06	31,31	30,56	28,69	26,83	24,96	24,32	23,69	23,05	22,68	22,31	21,94
5	21,44	20,94	20,44	20,44	20,43	20,43	22,46	24,49	26,52	28,45	30,38	32,31	31,63	30,95	30,27	28,2	26,13	24,06	23,89	23,73	23,56	23,34	23,13	22,91
6	22,42	21,94	21,45	21,14	20,84	20,53	22,59	24,66	26,73	27,84	28,95	30,06	28,66	27,27	25,87	24,07	22,28	20,48	20,22	19,96	19,7	19,56	19,42	19,28
7	19,38	19,48	19,58	19,63	19,67	19,72	22,17	24,62	27,07	28,31	29,56	30,81	29,26	27,71	26,16	24,38	22,6	20,82	20,53	20,24	19,95	19,73	19,5	19,28
8	18,87	18,47	18,06	18,22	18,39	18,55	20,76	22,97	25,19	26,63	28,07	29,51	28,3	27,1	25,89	23,99	22,1	20,2	19,82	19,43	19,05	18,8	18,55	18,3
9	17,96	17,62	17,28	17,4	17,51	17,63	19,82	22,01	24,2	25,68	27,16	28,64	27,51	26,39	25,26	23,25	21,24	19,23	18,85	18,48	18,1	17,91	17,73	17,54
10	17,18	16,83	16,47	16,65	16,82	17	19,27	21,54	23,82	25,47	27,13	28,79	28,28	27,78	27,27	25,16	23,05	20,94	20,52	20,1	19,68	19,21	18,75	18,28
11	17,29	16,31	15,32	15,71	16,1	16,49	18,58	20,67	22,77	24,45	26,14	27,82	27,15	26,49	25,82	23,89	21,97	20,04	19,55	19,07	18,58	18,2	17,81	17,43
12	17	16,57	16,13	16,43	16,74	17,04	19,38	21,72	24,06	25,88	27,7	29,52	28,72	27,92	27,12	24,96	22,81	20,65	20,08	19,51	18,94	18,61	18,29	17,96
13	17,41	16,86	16,31	16,5	16,69	16,88	19,22	21,57	23,92	25,8	27,69	29,57	29,16	28,74	28,33	26,13	23,94	21,74	21,2	20,66	20,12	19,63	19,13	18,64
14	18,03	17,42	16,8	17,21	17,63	18,04	20,53	23,02	25,51	27,5	29,49	31,48	30,78	30,09	29,39	27,21	25,03	22,85	22,27	21,68	21,1	20,54	19,98	19,42
15	18,72	18,03	17,33	17,49	17,65	17,81	19,94	22,07	24,21	25,78	27,36	28,94	27,97	27	26,03	24,23	22,42	20,62	20,23	19,83	19,44	19	18,57	18,13
16	17,81	17,49	17,17	17,47	17,77	18,07	20,52	22,98	25,44	27,22	29	30,78	29,66	28,55	27,43	25,34	23,25	21,16	20,82	20,48	20,14	19,77	19,4	19,03
17	18,35	17,68	17	17,46	17,93	18,39	21,04	23,69	26,34	28,29	30,25	32,2	30,65	29,09	27,54	25,47	23,39	21,32	20,82	20,31	19,81	19,37	18,92	18,48
18	18,06	17,64	17,22	17,79	18,35	18,92	21,39	23,87	26,35	28,23	30,12	32	31,07	30,13	29,2	27,37	25,55	23,72	23,08	22,44	21,8	21,34	20,88	20,42
19	20,31	20,2	20,08	20,08	20,09	20,09	22,51	24,93	27,35	29,17	31	32,83	31,73	30,63	29,53	27,28	25,04	22,79	22,4	22,02	21,63	21,35	21,08	20,8
20	20,72	20,65	20,57	20,53	20,48	20,44	22,35	24,26	26,17	27,43	28,69	29,95	28,82	27,68	26,55	24,56	22,57	20,58	20,33	20,08	19,83	19,74	19,65	19,56
21	19,53	19,5	19,47	19,49	19,52	19,54	21,2	22,86	24,53	26,18	27,84	29,49	28,54	27,6	26,65	24,53	22,4	20,28	19,9	19,52	19,14	19,02	18,91	18,79
22	18,56	18,33	18,1	18,2	18,31	18,41	20,48	22,56	24,64	26,08	27,53	28,98	27,8	26,63	25,45	23,51	21,56	19,62	19,19	18,75	18,32	18,12	17,91	17,71
23	17,76	17,81	17,86	17,92	17,99	18,05	20,07	22,09	24,12	25,38	26,65	27,92	27,27	26,63	25,98	23,71	21,44	19,17	18,76	18,34	17,93	17,81	17,69	17,57
24	17,47	17,37	17,27	17,46	17,64	17,83	19,89	21,96	24,03	25,48	26,94	28,39	27,65	26,9	26,16	24,44	22,73	21,01	20,59	20,17	19,75	19,59	19,42	19,26
25	18,8	18,34	17,88	18,24	18,6	18,96	21,07	23,19	25,31	26,86	28,42	29,98	29,2	28,42	27,64	25,58	23,52	21,46	21,1	20,74	20,38	20,12	19,87	19,61
26	19,15	18,7	18,24	18,47	18,69	18,92	21,09	23,26	25,43	26,94	28,46	29,97	29,1	28,24	27,37	25,5	23,63	21,76	21,45	21,14	20,83	20,5	20,16	19,83
27	19,24	18,65	18,05	18,5	18,96	19,41	21,54	23,68	25,82	26,88	27,95	29,02	27,91	26,79	25,68	24,13	22,59	21,04	20,93	20,81	20,7	20,6	20,51	20,41
28	20,04	19,67	19,29	19,38	19,46	19,55	21,44	23,34	25,24	26,56	27,89	29,21	28,39	27,57	26,75	24,89	23,03	21,17	20,83	20,49	20,15	19,99	19,84	19,68
29	19,44	19,21	18,97	19,17	19,38	19,58	21,29	23,01	24,73	25,62	26,52	27,41	26,5	25,59	24,68	23,54	22,41	21,27	21,1	20,93	20,76	20,59	20,41	20,24
30	20,26	20,28	20,29	20,22	20,15	20,08	21,5	22,92	24,34	25,75	27,17	28,59	28,01	27,44	26,86	25,08	23,3	21,52	21,11	20,7	20,29	20,02	19,75	19,48
31	19,22	18,96	18,7	18,96	19,22	19,48	21,41	23,35	25,29	26,7	28,1	29,5	29,08	28,66	28,24	26,9	23,79	23,57	23,35	23,13	22,91	22,7	22,48	22,26
Média	18,7	18,36	18,01	18,18	18,36	18,54	20,63	22,74	25,08	26,65	28,23	29,81	28,89	27,96	27,03	25,1	23,11	21,21	20,81	20,42	20,02	19,73	19,44	19,16

Anexo nº3: Irradiância global média diária na província do Namibe de Julho de 2014.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	0	54	262	470	618	715	791	766	676	522	311	116	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	56	265	465	631	743	788	767	666	520	324	111	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	57	268	474	641	751	797	768	678	521	322	114	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	57	269	474	642	756	802	777	683	526	330	114	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	56	268	470	633	749	791	766	670	522	326	115	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	56	268	473	637	750	788	768	668	523	326	115	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	56	267	473	644	758	802	781	680	530	331	116	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	54	259	464	638	756	799	775	682	529	331	118	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	36	142	256	629	757	808	788	690	536	334	119	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	54	265	475	646	766	810	790	692	538	335	121	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	55	265	468	641	759	799	780	687	537	337	123	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	56	268	476	645	761	805	777	692	533	340	124	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	57	268	477	647	762	798	771	680	532	338	124	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	39	148	205	380	764	804	789	689	542	342	127	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	56	270	477	649	769	815	795	698	544	347	128	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	58	271	478	647	764	808	777	686	541	343	129	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	38	140	342	656	769	819	792	702	545	349	132	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	56	270	483	654	767	825	790	701	550	351	131	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	38	146	236	577	765	815	792	696	547	351	134	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	53	267	483	658	775	825	798	709	554	354	136	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	47	170	297	663	774	832	805	715	557	358	136	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	60	276	487	658	772	826	795	710	553	356	138	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	42	150	229	300	446	837	814	720	561	360	141	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	40	142	222	262	477	831	821	730	566	365	143	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	39	159	249	490	779	838	811	725	566	367	144	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	55	276	494	674	786	841	814	724	565	365	143	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	63	279	496	676	796	852	829	730	573	367	143	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	64	275	493	675	799	855	836	740	578	371	148	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	64	278	495	681	802	862	839	747	581	377	150	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	40	153	284	453	672	869	846	749	586	379	151	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	69	285	503	687	808	864	836	741	585	379	152	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	0	52,42	235,13	415,1	604,26	744,1	819,23	795,3	701,81	547,19	347,29	130,19	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº4: Temperatura média diária na província do Namibe de Julho de 2014.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	17,48	17,44	17,4	17,36	17,32	17,28	17,24	17,19	20,89	23,04	25,19	27,34	26,75	26,16	25,57	23,49	21,41	19,33	18,89	18,46	18,02	17,52	17,03	16,53
2	16,19	15,84	15,49	15,17	14,85	14,52	16,84	19,16	21,47	23,81	26,14	28,47	27,57	26,67	25,77	23,64	21,51	19,39	18,75	18,12	17,48	16,9	16,32	15,74
3	15,37	14,99	14,61	14,2	13,78	13,36	15,76	18,16	20,56	22,78	25	27,22	26,39	25,56	24,74	22,72	20,7	18,68	18,02	17,37	16,72	16,24	15,75	15,27
4	14,84	14,41	13,98	13,63	13,28	12,93	15,1	17,27	19,44	21,47	23,49	25,51	24,89	24,27	23,66	21,48	19,31	17,14	16,53	15,92	15,31	14,92	14,54	14,15
5	14,03	13,91	13,78	13,62	13,46	13,29	14,99	16,68	18,37	20,5	22,63	24,75	24,64	24,53	24,42	22,53	20,65	18,77	18,06	17,36	16,65	15,99	15,32	14,66
6	14,1	13,53	12,96	12,32	11,67	11,02	13,24	15,46	17,68	19,58	21,48	23,37	23,14	22,9	22,67	20,96	19,25	17,54	16,85	16,16	15,47	14,68	13,9	13,11
7	13,11	13,11	13,11	13,23	13,34	13,45	14,91	16,37	17,82	19,85	21,87	23,89	23,73	23,57	23,42	21,63	19,84	18,06	17,19	16,33	15,46	15,61	15,76	15,91
8	15,64	15,37	15,1	14,9	14,7	14,5	15,92	17,34	18,76	20,92	23,08	25,24	24,96	24,67	24,39	22,06	19,73	17,41	16,68	15,96	15,23	14,65	14,08	13,5
9	13,2	12,9	12,6	12,49	12,38	12,27	13,81	15,34	16,87	18,61	20,34	22,07	21,46	20,85	20,25	18,59	16,94	15,29	15,1	14,92	14,73	14,84	14,94	15,05
10	15,14	15,23	15,31	14,88	14,45	14,02	16	17,98	19,96	22,15	24,34	26,52	24,95	23,38	21,81	19,97	18,13	16,29	16,02	15,76	15,49	15,47	15,46	15,44
11	15,71	15,98	16,25	15,93	15,61	15,28	16,99	18,69	20,39	22,41	24,43	26,44	25,89	25,34	24,79	22,91	21,04	19,17	18,8	18,44	18,07	17,55	17,04	16,52
12	16,22	15,92	15,61	14,9	14,18	13,46	15,99	18,52	21,05	23,36	25,66	27,96	27,55	27,14	26,73	24,58	22,44	20,3	19,71	19,13	18,55	17,86	17,16	16,47
13	15,93	15,39	14,85	14,29	13,73	13,17	15,81	18,44	21,07	23,26	25,44	27,62	26,89	26,16	25,44	23,27	21,11	18,95	18,24	17,53	16,82	16,55	16,28	16,01
14	15,67	15,33	14,99	15,14	15,29	15,44	17,07	18,7	20,33	22,5	24,67	26,83	25,55	24,27	23	20,92	18,84	16,77	16,29	15,81	15,33	14,78	14,23	13,68
15	13,41	13,14	12,86	12,49	12,12	11,74	14,76	17,77	20,78	23,22	25,65	28,08	26,46	24,84	23,23	20,82	18,42	16,02	15,68	15,34	15	15,24	15,49	15,73
16	15,87	16,01	16,15	16,05	15,95	15,85	18,21	20,56	22,91	25,19	27,47	29,74	28,06	26,38	24,7	22,22	19,75	17,28	16,87	16,47	16,06	16,1	16,14	16,18
17	16,15	16,11	16,07	16,13	16,18	16,23	17,47	18,7	19,93	22,18	24,42	26,66	25,74	24,81	23,89	21,86	19,83	17,81	17,35	16,9	16,44	15,87	15,29	14,72
18	14,53	14,33	14,13	14,5	14,87	15,24	16,2	17,16	18,11	20,21	22,31	24,4	24,13	23,86	23,6	21,85	20,11	18,37	17,81	17,25	16,69	15,93	15,18	14,42
19	14,33	14,24	14,14	14,38	14,61	14,84	15,93	17,02	18,11	20,03	21,95	23,86	23,59	23,32	23,05	21,3	19,55	17,81	17,22	16,64	16,05	15,39	14,73	14,07
20	13,8	13,52	13,24	13,11	12,98	12,84	15,26	17,67	20,08	22,38	24,68	26,97	26,2	25,43	24,66	22,3	19,94	17,58	16,96	16,35	15,73	15,1	14,47	13,84
21	13,65	13,46	13,27	13,05	12,82	12,59	14,98	17,36	19,74	22,14	24,54	26,93	25,56	24,19	22,83	20,93	19,03	17,14	16,71	16,29	15,86	15,33	14,79	14,26
22	14,03	13,8	13,56	13,2	12,84	12,48	15,53	18,58	21,63	24,31	26,98	29,65	28,39	27,13	25,88	23,17	20,46	17,76	17,17	16,58	15,99	15,46	14,92	14,39
23	14,19	13,98	13,77	13,59	13,41	13,23	14,99	16,75	18,51	20,11	21,71	23,31	22,34	21,36	20,39	18,85	17,32	15,79	15,66	15,53	15,4	15,2	14,99	14,79
24	14,77	14,74	14,71	14,78	14,85	14,91	15,88	16,85	17,81	19,72	21,63	23,53	22,3	21,06	19,83	18,54	17,26	15,98	15,92	15,86	15,8	15,77	15,74	15,71
25	15,64	15,57	15,5	15,43	15,35	15,27	16,27	17,26	18,25	20,47	22,69	24,91	25,06	25,2	25,35	23,55	21,76	19,97	19,33	18,7	18,06	17,48	16,9	16,32
26	15,79	15,26	14,73	14,18	13,63	13,07	15,41	17,75	20,08	22,1	24,12	26,13	25,87	25,61	25,36	23,34	21,32	19,3	18,57	17,84	17,11	16,7	16,29	15,88
27	15,88	15,88	15,87	15,64	15,4	15,16	16,79	18,42	20,04	22,44	24,84	27,24	26,73	26,22	25,71	23,38	21,05	18,73	18,06	17,39	16,72	16,17	15,61	15,06
28	14,7	14,34	13,97	13,86	13,74	13,62	16,24	18,86	21,47	24,07	26,67	29,26	27,44	25,61	23,79	21,61	19,43	17,26	16,94	16,63	16,32	16,08	15,85	15,61
29	15,54	15,47	15,39	15,13	14,87	14,61	17,55	20,48	23,41	25,84	28,27	30,69	28,6	26,51	24,42	22,09	19,76	17,44	17,17	16,91	16,65	16,6	16,55	16,5
30	16,37	16,24	16,11	16,09	16,06	16,03	17,62	19,21	20,8	22,64	24,48	26,32	25,08	23,83	22,59	20,75	18,92	17,09	16,79	16,5	16,2	15,89	15,58	15,27
31	15,53	15,79	16,04	16	15,95	15,9	17,28	18,66	20,04	22,39	24,74	27,08	25,59	24,1	22,61	20,48	16,29	16,29	16,28	16,28	16,28	16,28	16,27	16,27
Média	15,06	14,88	14,7	14,51	14,31	14,12	16	17,88	19,88	22,05	24,22	26,39	25,53	24,68	23,82	21,8	19,71	17,76	17,28	16,8	16,31	15,94	15,57	15,2

Anexo nº5: Irradiância global média mensal na província do Namibe desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31,97
5	0	0	0	60,35	0	0	52,42	0	0	31,71	48,43	207,68
6	173,1	151,46	130,19	120,7	102,5	64,27	235,13	80,29	161,24	215,94	257,57	416,39
7	389,84	379,21	366,77	347,13	326,2	263,77	415,1	268	384,23	446,42	469,17	612,81
8	582,94	601,89	593,06	582,97	536,3	472,03	604,26	461,71	619,57	654,45	724,5	767,87
9	781,58	739,39	788,94	755,3	704,8	590,5	744,1	670,19	792,87	869,42	822,97	909,77
10	814,9	927,71	929,28	864,4	812,7	726,07	819,23	813,19	935,77	981,61	948,23	967
11	921,29	976,89	994,9	909,67	849,4	781,03	795,26	880,71	968,37	1014,68	958,2	936,26
12	890,74	988,7	947,26	858,92	809,2	763,17	701,81	856,52	941,3	966,9	913,83	825,71
13	819,68	910,32	848,28	720,47	691,3	666,8	547,19	756,65	823,83	848,29	813,13	672,42
14	656,87	678,07	682,39	538,93	528,2	508,4	347,29	592,68	639,67	629,06	677,67	458,26
15	469,23	529,11	467,68	358,7	330,8	315,83	130,19	381,39	412,07	431,42	426,23	243,06
16	268,77	300,43	243,23	158,8	110,2	102,53	0	156,71	170,87	184,58	196,67	34,87
17	49,45	47,21	19,48	0	0	0	0	0	0	0	9,37	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	284,10	301,27	292,14	261,51	241,73	218,93	224,67	246,59	285,41	303,10	302,75	295,17

Anexo nº6: Temperatura média mensal na província do Namibe desde Janeiro a Dezembro  
(2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	23,19	20,52	25,16	25,51	21,1	17,49	15,06	15,1	15,8	18,7	21,66	22,39
1	23	20,21	24,99	25,32	20,81	17,32	14,88	14,78	15,44	18,36	21,42	22,22
2	22,8	19,89	24,81	25,12	20,53	17,16	14,7	14,46	15,08	18,01	21,17	22,04
3	22,83	19,82	24,75	25,05	20,38	16,95	14,51	14,25	14,99	18,18	21,46	22,22
4	22,85	19,76	24,68	24,97	20,22	16,74	14,31	14,03	14,9	18,36	21,74	22,4
5	22,87	19,7	24,62	25,84	20,07	16,54	14,12	13,82	14,81	18,54	22,03	22,57
6	24,42	21,41	26,37	26,78	22,6	18,72	16	15,2	16,41	20,63	24,21	24,44
7	25,97	23,13	28,12	28,66	25,13	20,91	17,88	16,58	18,01	22,74	26,4	26,31
8	27,68	25,05	29,99	30,67	27,94	23,4	19,88	18,04	19,75	25,08	28,81	28,3
9	29,17	26,87	31,62	32,08	29,95	25,51	22,05	19,94	21,63	26,65	30,17	29,72
10	30,67	28,7	33,25	33,49	31,95	27,62	24,22	21,85	23,51	28,23	31,52	31,14
11	32,15	30,52	34,88	34,91	33,96	29,73	26,39	23,76	25,39	29,81	32,88	32,56
12	31,7	30,25	34,79	34,46	33,29	29,03	25,53	23,35	24,66	28,89	31,88	31,93
13	31,24	29,97	34,7	34,02	32,62	28,34	24,68	22,95	23,94	27,96	30,89	31,29
14	30,78	29,69	34,6	33,58	31,95	27,64	23,82	22,54	23,21	27,03	29,9	30,66
15	29,03	27,7	32,55	31,56	29,16	25,33	21,8	20,96	21,65	25,1	27,89	28,68
16	27,23	25,62	30,37	29,46	26,26	22,92	19,71	19,32	20,02	23,11	25,81	26,6
17	25,52	23,68	28,41	27,51	23,52	20,68	17,76	17,77	18,5	21,21	23,86	24,69
18	25,05	23,08	27,74	27,1	23,12	20,04	17,28	17,45	18,23	20,81	23,44	24,23
19	24,58	22,49	27,08	26,7	22,71	19,4	16,8	17,13	17,96	20,42	23,02	23,77
20	24,1	21,89	26,41	26,29	22,31	18,75	16,31	16,8	17,68	20,02	22,59	23,32
21	23,85	21,56	26,1	26,05	21,94	18,37	15,94	16,32	17,23	19,73	22,36	23,07
22	23,6	21,23	25,79	25,82	21,57	17,99	15,57	15,84	16,77	19,44	22,12	22,84
23	23,35	20,9	25,48	25,58	21,2	17,61	15,2	15,36	16,3	19,16	21,89	22,6
Média	26,15	23,90	28,64	28,61	25,1788	21,42	18,52	17,82	18,82792	22,3404	25,38	25,832917

Anexo nº7: Irradiância global média diária na província do Cuando Cubango de Outubro de 2013.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	92	337	584	791	945	1022	1012	800	778	559	303	78	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	101	354	597	803	953	1024	1026	925	779	569	321	79	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	107	359	600	806	951	1027	1022	922	776	570	322	79	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	109	361	601	805	954	1035	1030	934	778	571	321	77	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	109	358	601	808	957	1032	1032	941	779	569	318	78	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	108	360	607	812	965	1035	1034	942	784	570	317	73	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	113	363	607	810	963	980	956	741	642	303	302	72	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	114	360	607	813	965	873	890	317	281	553	320	80	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	107	363	600	812	968	1042	1034	942	371	229	321	73	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	119	370	617	824	971	1049	1042	922	781	532	318	83	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	118	371	616	822	968	1046	1038	960	773	578	326	85	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	110	364	616	824	976	1042	1028	952	621	489	305	72	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	123	360	608	822	902	639	892	763	661	545	144	57	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	60	299	638	820	975	1052	1043	928	157	59	225	52	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	128	210	593	786	977	1054	935	430	201	320	29	84	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	116	381	640	844	995	1032	1041	363	519	579	339	86	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	118	232	629	846	992	1063	1048	794	801	580	342	88	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	135	395	642	848	994	1071	1066	980	798	578	332	89	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	49	331	506	846	996	949	656	939	653	589	199	91	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	19	384	402	843	932	880	1011	909	752	525	223	67	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	146	402	645	854	999	1070	687	734	576	346	215	84	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	122	306	651	753	957	1059	1066	586	651	579	278	57	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	111	393	650	835	975	1067	1061	970	626	541	135	71	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	127	206	651	855	833	1039	864	164	578	267	329	50	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	131	388	117	371	647	686	1069	791	641	588	349	88	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	162	417	659	863	1007	934	743	797	655	472	244	100	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	171	419	649	865	831	858	949	916	611	444	148	100	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	38	328	596	785	982	1019	873	954	724	569	299	98	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	172	427	671	877	1016	1062	1021	880	760	432	243	85	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	140	366	639	597	723	861	1051	998	828	610	85	9	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	178	434	677	879	1024	1099	1093	1005	762	605	352	106	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	114,61	354,77	597,29	803,84	944,94	990,35	977,84	812,87	648,29	494,19	267,87	77,13	0	0	0	0	0	0	0

## Anexo nº8: Temperatura média diária na província do Cuando Cubango de Outubro de 2013.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	24,02	23,69	23,36	23,03	22,7	22,37	22,03	21,7	27,84	28,85	29,86	30,87	30,57	30,26	29,95	28,25	26,54	24,84	23,97	23,09	22,22	21,52	20,83	20,13
2	19,45	18,77	18,09	18,72	19,34	19,97	22,05	24,13	26,21	27,25	28,3	29,34	29,24	29,14	29,03	27,19	25,34	23,5	22,61	21,71	20,82	20,23	19,64	19,05
3	18,35	17,64	16,94	17,9	18,85	19,81	22,18	24,54	26,91	27,98	29,06	30,13	30,03	29,93	29,83	27,58	25,33	23,08	22,08	21,08	20,08	19,53	18,99	18,44
4	17,95	17,45	16,96	18,12	19,28	20,44	23,2	25,97	28,73	29,62	30,5	31,39	31,35	31,3	31,25	28,58	25,9	23,22	22,14	21,06	19,99	19,37	18,75	18,13
5	17,96	17,78	17,61	18,96	20,31	21,66	24,76	27,87	30,97	31,74	32,52	33,29	33,15	33,01	32,86	30,08	27,29	24,51	23,68	22,84	22,01	21,58	21,16	20,73
6	20,18	19,62	19,07	20,4	21,72	23,05	26,27	29,49	32,71	33,32	33,93	34,54	34,23	33,91	33,59	30,96	28,32	25,69	24,83	23,96	23,1	22,61	22,13	21,64
7	21,23	20,81	20,4	21,74	23,09	24,43	27,4	30,37	33,34	33,95	34,57	35,18	34,77	34,35	33,93	32,12	30,3	28,48	27,93	27,37	26,82	26,46	26,1	25,74
8	25,25	24,75	24,25	25,08	25,9	26,73	28,75	30,77	32,79	33,3	33,8	34,31	34,07	33,83	33,58	32,05	30,51	28,97	28,26	27,55	26,85	26,13	25,41	24,69
9	24,1	23,5	22,91	23,94	24,96	25,99	28,39	30,79	33,19	33,68	34,18	34,67	34,31	33,95	33,58	31,74	29,89	28,04	27,15	26,25	25,36	24,77	24,19	23,6
10	23,11	22,62	22,13	23,32	24,5	25,69	28,1	30,51	32,92	33,61	34,29	34,98	34,65	34,31	33,97	31,78	29,58	27,38	26,38	25,38	24,38	23,82	23,26	22,7
11	22,19	21,67	21,15	22,49	23,82	25,16	27,97	30,79	33,6	34,24	34,87	35,51	35,18	34,84	34,5	32,32	30,14	27,96	27	26,04	25,08	24,47	23,85	23,24
12	22,59	21,93	21,28	22,77	24,26	25,75	28,63	31,51	34,39	34,84	35,3	35,75	35,34	34,92	34,5	32,25	30	27,75	26,63	25,51	24,4	23,75	23,11	22,46
13	22,27	22,08	21,89	23,47	25,06	26,64	29,69	32,75	35,8	36,29	36,79	37,28	36,81	36,33	35,85	34,04	32,22	30,41	29,66	28,91	28,17	27,42	26,68	25,93
14	25,63	25,32	25,01	25,86	26,72	27,57	30,04	32,52	34,99	35,6	36,2	36,81	36,31	35,81	35,31	33,32	31,33	29,34	28,28	27,21	26,15	25,12	24,09	23,06
15	21,99	20,92	19,85	21,9	23,95	26	28,55	31,11	33,66	33,98	34,29	34,61	34,24	33,86	33,48	32,05	30,61	29,18	28,43	27,68	26,93	26,31	25,69	25,07
16	24,47	23,87	23,27	24,23	25,18	26,14	28,29	30,45	32,6	33,69	34,77	35,86	35,43	34,99	34,55	32,76	30,96	29,17	28,21	27,25	26,29	25,68	25,08	24,47
17	24,01	23,54	23,07	24,25	25,42	26,6	29,05	31,51	33,96	34,58	35,21	35,83	35,46	35,09	34,72	32,91	31,09	29,28	28,34	27,4	26,47	25,73	25	24,26
18	23,68	23,1	22,52	23,74	24,97	26,19	28,83	31,48	34,12	34,92	35,71	36,51	36,08	35,65	35,21	33,35	31,48	29,62	28,87	28,11	27,36	26,7	26,05	25,39
19	25,09	24,78	24,47	25,36	26,26	27,15	29,47	31,79	34,11	35,12	36,13	37,14	36,49	35,83	35,17	33,19	31,21	29,23	28,6	27,97	27,35	27,19	27,04	26,88
20	26,62	26,35	26,08	26,79	27,49	28,2	29,77	31,33	32,9	32,99	33,08	33,17	32,84	32,51	32,18	30,76	29,33	27,91	27,3	26,68	26,07	25,69	25,32	24,94
21	24,3	23,65	23,01	23,97	24,93	25,89	28,17	30,44	32,72	33,26	33,8	34,34	33,73	33,11	32,49	31,12	29,74	28,36	27,82	27,28	26,75	26,18	25,62	25,05
22	24,82	24,58	24,34	25,01	25,69	26,36	28,39	30,41	32,44	33,24	34,05	34,85	34,51	34,16	33,81	31,79	29,77	27,75	27,32	26,89	26,47	25,99	25,52	25,04
23	24,55	24,05	23,55	24,53	25,52	26,5	28,69	30,88	33,07	33,77	34,48	35,18	35,02	34,85	34,68	32,6	30,51	28,43	27,23	26,03	24,84	24,31	23,79	23,26
24	23,19	23,12	23,05	23,77	24,49	25,21	26,87	28,52	30,18	30,5	30,81	31,13	29,85	28,56	27,27	26,36	25,44	24,52	24,07	23,61	23,16	22,84	22,53	22,21
25	21,85	21,48	21,11	21,98	22,86	23,73	25,44	27,15	28,86	29,66	30,47	31,27	30,83	30,38	29,93	28,73	27,52	26,32	25,47	24,61	23,76	23,1	22,45	21,79
26	21,54	21,28	21,03	21,94	22,86	23,77	25,32	26,86	28,41	28,78	29,15	29,52	30,01	30,49	30,97	29,6	28,22	26,84	26,35	25,86	25,38	24,67	23,97	23,26
27	22,63	21,99	21,35	22,38	23,4	24,43	27,02	29,62	32,21	33,25	34,28	35,32	35,31	35,3	35,28	33,37	31,45	29,54	28,33	27,12	25,91	25,3	24,7	24,09
28	23,8	23,51	23,22	24,14	25,06	25,98	28,04	30,11	32,17	32,71	33,24	33,78	33,43	33,08	32,73	31,43	30,12	28,82	27,98	27,14	26,31	25,69	25,07	24,45
29	23,73	23,01	22,29	24,01	25,73	27,45	29,29	31,14	32,98	33,21	33,44	33,67	33,69	33,7	33,71	32,18	30,65	29,12	28,31	27,5	26,69	26,12	25,55	24,98
30	24,44	23,89	23,34	24,36	25,38	26,4	28,6	30,79	32,99	33,83	34,66	35,5	35,51	35,52	35,52	33,44	31,35	29,27	28,11	26,95	25,79	25,3	24,82	24,33
31	23,77	23,2	22,63	24,03	25,43	26,83	29,2	31,56	33,93	34,82	35,71	36,6	36,48	36,35	36,22	33,56	26,87	26,35	25,82	25,3	24,78	24,26	23,74	23,22
Média	22,86	22,39	21,91	22,97	24,04	25,10	27,37	29,64	32,12	32,79	33,47	34,14	33,84	33,53	33,21	31,34	29,32	27,51	26,68	25,85	25,02	24,45	23,88	23,30

Anexo nº9: Irradiância global média diária na província de Cuando Cubango de Julho de 2011.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	0	0	0	0	0	0	151	371	568	719	803	821	763	633	451	238	26	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	150	371	568	719	804	822	764	631	455	239	28	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	150	369	569	720	805	819	765	640	456	238	28	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	145	363	559	717	806	820	767	638	458	239	29	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	145	363	563	717	794	826	772	643	462	245	30	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	153	375	573	710	808	823	770	641	463	247	31	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	150	374	574	723	801	829	771	642	462	248	31	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	155	380	578	724	811	826	765	641	464	244	32	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	155	379	575	721	803	819	762	643	463	248	34	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	152	379	576	723	764	807	738	641	460	231	36	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	158	378	577	728	644	776	637	556	290	180	26	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	160	385	581	705	681	465	320	276	317	206	30	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	157	384	583	731	819	831	770	643	473	257	37	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	161	387	581	732	816	833	772	649	473	259	40	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	158	384	582	734	818	830	774	651	469	255	40	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	160	387	584	736	820	832	776	653	474	255	41	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	160	386	585	734	818	835	779	655	476	258	43	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	158	383	584	736	825	837	777	658	475	264	44	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	159	384	586	738	827	844	788	660	483	264	45	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	155	384	587	740	829	846	790	666	485	268	46	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	158	383	583	738	827	840	788	665	484	266	46	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	157	382	588	741	830	847	791	667	486	268	48	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	162	386	590	743	832	850	789	669	486	270	49	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	159	386	589	750	839	857	801	672	493	273	49	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	162	394	594	748	838	855	799	674	490	273	52	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	161	387	593	751	840	863	811	681	498	277	54	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	155	376	582	749	843	875	822	687	500	277	55	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	165	398	602	760	851	869	812	686	505	283	56	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	171	402	608	763	849	867	806	681	502	284	57	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	176	409	610	762	852	870	809	687	501	282	57	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	161	387	589	743	828	846	789	665	484	269	51	0	0	0	0	0	0	0
Média	0	0	0	0	0	5,13	164,65	388,97	587,52	736,9	811,03	823,35	758,35	636,03	458,68	247,94	39,55	0	0	0	0	0	0	0

Anexo nº10: Temperatura média diária na província de Cuando Cubango de Julho de 2011.

Dia	Hora																							
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	12,51	12	11,48	10,96	10,45	9,93	9,41	8,9	21,49	22,38	23,26	24,15	23,92	23,7	23,48	22,27	21,06	19,85	17,95	16,05	14,15	12,78	11,41	10,04
2	9,11	8,17	7,24	7,56	7,88	8,19	12,85	17,51	22,17	23,24	24,31	25,38	25,19	25	24,81	23,97	23,13	22,29	19,83	17,38	14,92	13,18	11,44	9,7
3	9,16	8,63	8,09	8,65	9,22	9,78	14,02	18,26	22,5	23,91	25,32	26,73	26,41	26,09	25,77	22,59	19,4	16,22	15,03	13,83	12,64	12,42	12,19	11,97
4	11,62	11,28	10,93	11,22	11,5	11,78	15,67	19,55	23,43	24,71	26	27,28	27,01	26,75	26,49	23,33	20,17	17,01	16,21	15,41	14,61	13,99	13,37	12,75
5	12,72	12,7	12,67	12,53	12,4	12,27	14,38	16,49	18,6	20,01	21,43	22,84	22,5	22,15	21,81	19,74	17,67	15,61	14,78	13,94	13,11	12,46	11,82	11,17
6	10,41	9,65	8,89	8,71	8,53	8,36	11,17	13,98	16,79	18,33	19,87	21,41	21,43	21,46	21,49	18,96	16,44	13,92	13,31	12,71	12,1	11,61	11,11	10,62
7	10,28	9,94	9,6	10,03	10,47	10,9	13,62	16,33	19,05	20,21	21,36	22,52	22,36	22,21	22,06	20,16	18,26	16,37	15,63	14,89	14,15	13,66	13,17	12,68
8	12,21	11,74	11,27	11,15	11,02	10,9	13,05	15,21	17,37	18,38	19,38	20,39	20,34	20,3	20,25	18,43	16,61	14,79	14,11	13,43	12,75	12,27	11,78	11,3
9	10,96	10,62	10,28	10,31	10,34	10,38	12,58	14,78	16,98	18,1	19,21	20,33	20,3	20,26	20,23	18,38	16,53	14,68	14,13	13,58	13,03	12,68	12,32	11,97
10	11,62	11,28	10,93	10,95	10,98	11,01	13,17	15,34	17,51	18,51	19,5	20,5	20,38	20,26	20,15	18,39	16,64	14,89	14,32	13,76	13,19	12,81	12,42	12,04
11	11,59	11,15	10,7	10,58	10,46	10,35	12,47	14,59	16,71	17,78	18,84	19,91	19,83	19,74	19,66	18,23	16,81	15,39	14,8	14,22	13,63	13,12	12,6	12,09
12	11,7	11,31	10,92	10,88	10,83	10,78	13,19	15,59	18	18,95	19,91	20,86	20,86	20,86	20,85	19,1	17,35	15,6	15,37	15,13	14,9	14,67	14,44	14,21
13	14,3	14,4	14,49	14,4	14,3	14,2	16,04	17,87	19,71	20,5	21,28	22,07	21,92	21,77	21,62	19,58	17,54	15,5	14,97	14,44	13,91	13,52	13,12	12,73
14	12,2	11,67	11,14	11,12	11,11	11,1	13,73	16,36	19	20,18	21,35	22,53	22,35	22,18	22	19,72	17,43	15,14	14,57	13,99	13,42	13	12,59	12,17
15	11,8	11,44	11,07	11,11	11,15	11,19	13,99	16,79	19,59	20,61	21,64	22,66	22,42	22,17	21,92	19,65	17,37	15,1	14,54	13,97	13,41	12,92	12,44	11,95
16	11,44	10,92	10,41	10,4	10,39	10,39	13,35	16,31	19,28	20,19	21,1	22,01	21,79	21,57	21,35	18,89	16,43	13,97	13,31	12,65	11,99	11,51	11,02	10,54
17	10	9,45	8,91	9,06	9,21	9,36	12,63	15,89	19,16	20,21	21,26	22,31	22,1	21,9	21,69	19,13	16,57	14,01	13,27	12,52	11,78	11,38	10,97	10,57
18	9,95	9,32	8,7	8,93	9,16	9,39	13,03	16,67	20,32	21,32	22,32	23,32	23,25	23,18	23,11	20,14	17,17	14,2	13,24	12,27	11,31	10,86	10,41	9,96
19	9,73	9,49	9,26	9,57	9,89	10,2	14,05	17,9	21,75	22,79	23,84	24,88	24,68	24,48	24,27	21,37	18,46	15,55	14,56	13,56	12,57	12,18	11,78	11,39
20	10,98	10,56	10,15	10,51	10,86	11,22	15	18,78	22,56	23,49	24,42	25,35	25,15	24,95	24,75	21,76	18,78	15,8	15,1	14,39	13,69	13,36	13,04	12,71
21	12,46	12,21	11,96	12,14	12,32	12,49	15,85	19,21	22,57	23,68	24,79	25,9	25,66	25,41	25,17	22,43	19,69	16,96	16,3	15,65	14,99	14,54	14,09	13,64
22	13,14	12,64	12,14	12,23	12,32	12,4	15,44	18,48	21,52	22,9	24,27	25,65	25,53	25,41	25,28	22,5	19,72	16,94	16	15,07	14,13	13,36	12,59	11,82
23	10,91	10,01	9,1	9,32	9,55	9,77	13,45	17,12	20,79	22,1	23,4	24,71	24,7	24,69	24,68	21,59	18,49	15,4	14,21	13,03	11,84	11,48	11,12	10,76
24	10,59	10,41	10,24	10,24	10,23	13,43	16,62	19,81	21,53	23,24	24,96	24,61	24,26	23,92	21	18,08	15,16	13,72	12,29	10,85	10,19	9,53	8,87	
25	8,27	7,66	7,06	7,43	7,8	8,18	12,07	15,96	19,85	21,42	23	24,57	24,24	23,91	23,58	20,74	17,91	15,08	14,25	13,41	12,58	11,86	11,15	10,43
26	9,88	9,32	8,77	8,93	9,08	9,23	12,77	16,3	19,84	21,7	23,57	25,43	25,36	25,3	25,24	22,19	19,14	16,09	15,33	14,58	13,82	13,4	12,98	12,56
27	12,41	12,25	12,1	12,27	12,43	12,6	15,47	18,35	21,23	22,83	24,42	26,02	25,97	25,91	25,85	23,29	20,72	18,16	16,78	15,41	14,03	13,98	13,94	13,89
28	13,64	13,39	13,14	13,11	13,08	13,05	15,47	17,9	20,33	21,92	23,5	25,09	24,66	24,23	23,81	21,77	19,73	17,69	16,66	15,63	14,6	13,84	13,09	12,33
29	11,64	10,95	10,26	10,07	9,88	9,69	12,04	14,38	16,73	18,42	20,12	21,81	21,94	22,07	22,19	20,01	17,82	15,64	14,75	13,86	12,97	12,29	11,62	10,94
30	10,22	9,49	8,77	8,69	8,61	8,53	11,38	14,23	17,08	18,68	20,29	21,89	21,84	21,79	21,74	19,13	16,52	13,92	13,15	12,39	11,62	11,12	10,62	10,12
31	9,63	9,14	8,65	9,05	9,46	9,87	12,88	15,9	18,92	20,42	21,93	23,44	23,39	23,35	23,31	21	15,19	15,24	15,29	15,34	15,4	15,45	15,5	15,55
Média	11,20	10,75	10,30	10,39	10,48	10,57	13,47	16,37	19,70	20,95	22,20	23,45	23,29	23,14	22,98	20,63	18,16	15,88	15,02	14,15	13,29	12,77	12,25	11,72

Anexo nº11: Irradiância global média mensal na província do Cuando Cubango desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	1,3	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	5,13	0	18,2	0	0	0
5	0	38,07	23,94	120,89	115,06	24,1	164,65	0,68	144,3	114,61	142	94,49
6	182	197,79	217,87	229,03	332,84	193,37	388,97	194,39	364,93	354,77	359,77	270,43
7	311,1	405,61	428,32	462,22	535,58	407,27	587,52	426,52	563,6	597,29	584,8	469,39
8	451,94	601,68	653,61	686,23	703,19	592,57	736,9	640,29	756,73	803,84	742,13	602,81
9	544,61	734,32	765,68	808,22	756,74	726,17	811,03	797,52	862,7	944,94	863,13	719,26
10	596,13	786,18	797,16	852,81	785,6	796,6	823,35	877,32	956,8	990,35	879,8	698,16
11	607,68	693,11	800,29	798,62	727,39	795,57	758,35	888,77	904,4	977,84	890,73	668,13
12	694,61	584,54	738,13	726,73	575,84	726,6	636,03	823,71	779,4	812,87	765,83	671,16
13	579,06	568,14	544,16	622,44	436,13	590,93	458,68	696,45	647,07	648,29	653,93	560,84
14	501,45	412,21	489,81	440,71	268,97	406,1	247,94	506,74	422,5	494,19	447,33	424,68
15	267,39	250,79	302,16	273,34	85,65	192,07	39,55	288,45	209,83	267,87	264,23	259,77
16	135,58	133,14	107,06	69,05	10,16	6,07	0	63,52	59,27	77,13	100,17	126,81
17	7,39	2,25	0	0	0	0	0	0	10,37	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	2,47	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Média	203,29	225,33	244,51	253,76	222,21	227,39	235,75	258,52	279,33	295,17	278,91	231,91

Anexo nº12: Temperatura média mensal na província do Cuando Cubango desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	19,23	17,94	18,51	17,06	16,62	12,33	11,2	16,48	20,8	22,86	20,64	18,72
1	19,11	17,81	18,24	16,86	16,48	11,93	10,75	16,02	20,26	22,39	20,22	18,55
2	18,99	17,68	17,98	16,65	16,34	11,54	10,3	15,57	19,71	21,91	19,81	18,38
3	19,33	18,13	18,49	17,07	16,65	11,7	10,39	15,92	20,36	22,97	20,8	18,98
4	19,67	18,57	18,99	17,48	16,96	11,87	10,48	16,27	21	24,04	21,79	19,57
5	20,01	19,01	19,5	18,85	17,27	12,05	10,57	16,62	21,65	25,1	22,79	20,17
6	20,9	19,97	21,22	19,82	19,4	14,79	13,47	19,72	24,36	27,37	24,56	21,48
7	21,8	20,93	22,95	21,75	21,53	17,53	16,37	22,83	27,08	29,64	26,34	22,78
8	22,86	22	24,75	23,82	23,84	20,42	19,7	26,16	30,18	32,12	28,36	24,23
9	23,34	22,38	25,16	24,34	24,52	21,4	20,95	27,21	31,2	32,79	28,82	24,63
10	23,83	22,77	25,58	24,87	25,19	22,38	22,2	28,25	32,22	33,47	29,27	25,03
11	24,33	23,15	25,98	25,4	25,86	23,36	23,45	29,3	33,24	34,14	29,73	25,43
12	24,24	22,85	25,54	25,07	25,56	23,14	23,29	29,01	32,95	33,84	29,3	25,18
13	24,16	22,55	25,09	24,75	25,26	22,93	23,14	28,71	32,66	33,53	28,87	24,92
14	24,08	22,24	24,64	24,43	24,96	22,71	22,98	28,42	32,37	33,21	28,44	24,66
15	23,17	21,4	23,5	23,01	23,19	20,65	20,63	26,05	30,26	31,34	27,01	23,51
16	22,21	20,5	22,31	21,43	21,36	18,5	18,16	23,58	28,09	29,32	25,53	22,29
17	21,33	19,68	21,2	20,07	19,62	16,48	15,88	21,28	26,02	27,51	24,12	21,19
18	20,9	19,31	20,73	19,43	18,96	15,7	15,02	20,4	25,11	26,68	23,55	20,7
19	20,47	18,95	20,28	18,79	18,3	14,92	14,15	19,52	24,21	25,85	22,97	20,21
20	20,04	18,58	19,81	18,16	17,64	14,14	13,29	18,64	23,3	25,02	22,39	19,72
21	19,79	18,4	19,47	17,86	17,34	13,61	12,77	18,09	22,72	24,45	21,91	19,45
22	19,54	18,22	19,13	17,55	17,04	13,09	12,25	17,55	22,14	23,88	21,44	19,18
23	19,29	18,05	18,79	17,25	16,75	12,56	11,72	17,01	21,55	23,3	20,96	18,91
Média	21,36	20,04	21,58	20,49	20,28	16,66	15,96	21,61	25,98	27,78	24,57	21,58

## Anexo D: Dados sobre a velocidade do vento na região do norte de Angola

Anexo nº1: Velocidade do vento média mensal na província de Luanda desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	1,78	1,9	1,73	1,86	2,02	1,82	1,66	1,61	2,44	1,77	1,31	1,68
1	1,67	1,84	1,69	1,72	1,9	1,77	1,63	1,5	2,38	1,7	1,41	1,62
2	1,58	1,8	1,66	1,63	1,77	1,7	1,6	1,39	2,33	1,64	1,5	1,56
3	1,64	1,81	1,73	1,76	1,81	1,55	1,52	1,21	2,37	1,58	1,52	1,62
4	1,7	1,82	1,79	1,9	1,84	1,41	1,44	1,04	2,41	1,53	1,53	1,67
5	1,76	1,79	1,85	1,9	1,88	1,32	1,36	0,87	2,44	1,47	1,54	1,73
6	1,7	1,56	1,74	1,79	1,55	1,34	1,25	0,81	2,07	1,39	1,54	1,61
7	1,63	1,33	1,61	1,58	1,21	1,36	1,13	0,75	1,7	1,31	1,54	1,48
8	1,66	1,6	1,56	1,44	0,87	1,41	1,02	0,71	1,29	1,21	1,53	1,32
9	2,12	2,56	1,86	1,55	1,54	1,43	1,63	1,05	2,14	1,57	1,67	1,71
10	2,57	3,52	2,16	1,65	2,21	1,45	2,24	1,4	2,99	1,93	1,8	2,1
11	3	4,17	2,42	1,78	2,87	1,58	2,85	1,74	3,84	2,29	1,94	2,48
12	3,3	4,56	2,63	2,23	3,39	1,89	3,41	2,12	4,15	2,53	2	2,77
13	3,6	4,95	2,84	2,69	3,91	2,2	3,97	2,5	4,47	2,78	2,07	3,05
14	3,83	4,92	3,02	3,06	4,43	2,47	4,54	2,88	4,79	3,02	2,13	3,34
15	3,41	4,39	2,77	2,78	4,09	2,59	3,95	2,96	4,44	2,97	1,92	3,02
16	2,96	3,9	2,48	2,51	3,74	2,7	3,35	3,05	4,09	2,92	1,7	2,7
17	2,53	3,51	2,24	2,26	3,4	2,7	2,77	3,13	3,76	2,86	1,49	2,38
18	2,24	3,04	2,02	2,1	3,03	2,52	2,61	2,89	3,35	2,67	1,42	2,13
19	1,95	2,57	1,8	1,94	2,66	2,33	2,45	2,64	2,93	2,49	1,34	1,89
20	1,71	2,26	1,61	1,79	2,29	2,16	2,29	2,39	2,51	2,31	1,27	1,64
21	1,77	2,18	1,66	1,85	2,26	2,04	2,08	2,18	2,5	2,15	1,25	1,67
22	1,84	2,09	1,72	1,92	2,22	1,93	1,88	1,96	2,49	1,98	1,22	1,69
23	1,9	1,99	1,75	1,97	2,18	1,84	1,68	1,75	2,48	1,82	1,2	1,72
Média	2,24	2,75	2,01	1,99	2,46	1,90	2,26	1,86	2,93	2,08	1,58	2,02

Anexo nº2: Velocidade do vento média mensal na província da Lunda Norte desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	1,35	1,57	1,54	1,76	2,08	2,29	2,5	2,24	2,35	1,75	1,36	1,24
1	1,29	1,54	1,54	1,81	2,23	2,35	2,81	2,32	2,2	1,78	1,38	1,22
2	1,23	1,52	1,54	1,86	2,39	2,4	3,13	2,41	2,04	1,81	1,39	1,21
3	1,27	1,61	1,52	2,08	2,46	2,43	3,3	2,35	2,13	1,73	1,47	1,29
4	1,3	1,7	1,5	2,3	2,54	2,46	3,48	2,28	2,22	1,64	1,54	1,38
5	1,34	1,79	1,48	2,65	2,62	2,49	3,66	2,22	2,3	1,56	1,61	1,46
6	1,42	1,94	1,58	2,79	2,93	2,53	3,55	2,31	2,1	1,48	1,76	1,6
7	1,5	2,09	1,68	3,05	3,25	2,58	3,44	2,4	1,89	1,39	1,91	1,74
8	1,6	2,28	1,8	3,35	3,6	2,66	3,31	2,53	1,66	1,29	2,07	1,92
9	1,64	2,33	1,72	3,42	3,43	2,55	3,08	2,46	1,62	1,33	1,95	1,83
10	1,69	2,37	1,65	3,48	3,26	2,45	2,84	2,39	1,59	1,37	1,84	1,73
11	1,73	2,42	1,58	3,54	3,09	2,34	2,61	2,32	1,56	1,4	1,72	1,64
12	1,71	2,29	1,49	3,16	2,86	2,26	2,49	2,25	1,69	1,44	1,65	1,56
13	1,7	2,17	1,41	2,78	2,63	2,17	2,37	2,18	1,82	1,48	1,58	1,49
14	1,68	2,04	1,33	2,4	2,41	2,09	2,26	2,11	1,95	1,52	1,51	1,41
15	1,54	1,88	1,38	2,17	2,48	2,29	2,7	2,28	2,12	1,44	1,44	1,38
16	1,38	1,71	1,43	1,93	2,55	2,46	3,15	2,47	2,35	1,35	1,36	1,35
17	1,25	1,56	1,49	1,71	2,62	2,67	3,59	2,66	2,51	1,28	1,3	1,32
18	1,31	1,56	1,59	1,71	2,58	2,65	3,61	2,66	2,53	1,33	1,27	1,35
19	1,35	1,55	1,68	1,71	2,54	2,62	3,62	2,67	2,55	1,39	1,24	1,37
20	1,41	1,55	1,77	1,71	2,51	2,6	3,63	2,67	2,58	1,45	1,21	1,4
21	1,4	1,57	1,7	1,71	2,32	2,47	3,17	2,48	2,55	1,54	1,24	1,36
22	1,4	1,58	1,63	1,7	2,14	2,34	2,7	2,3	2,53	1,63	1,27	1,32
23	1,4	1,6	1,55	1,7	1,95	2,21	2,24	2,11	2,51	1,71	1,3	1,28
Média	1,45	1,84	1,57	2,35	2,64	2,43	3,05	2,38	2,14	1,50	1,52	1,45

## Anexo E: Dados sobre a velocidade do vento na região do centro de Angola

Anexo nº1: Velocidade do vento média mensal na província do Huambo desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	1,42	1,48	1,69	2,37	1,85	2,66	1,87	1,98	2,34	1,7	1,54	1,29
1	1,45	1,47	1,65	2,39	1,91	2,62	1,93	2,05	2,36	1,63	1,55	1,23
2	1,48	1,47	1,61	2,33	1,91	2,57	2	2,12	2,39	1,55	1,56	1,18
3	1,49	1,53	1,77	2,29	1,76	2,36	2,02	2,07	2,23	1,45	1,57	1,24
4	1,5	1,59	1,92	2,25	1,62	2,15	2,05	2,02	2,08	1,36	1,58	1,3
5	1,5	1,65	2,08	2,7	1,69	1,94	2,08	1,96	1,92	1,26	1,59	1,36
6	1,67	1,9	2,49	2,97	2,01	2,33	2,17	2,25	2,17	1,4	1,74	1,53
7	1,83	2,14	2,9	3,5	2,45	2,71	2,25	2,54	2,41	1,55	1,89	1,7
8	2	2,36	3,31	3,97	2,55	3,16	2,37	2,88	2,7	1,69	2,06	1,87
9	2,18	2,51	3,1	3,78	2,34	2,99	2,14	2,67	2,72	1,72	2,03	1,86
10	2,36	2,66	2,89	3,59	2,12	2,82	1,92	2,46	2,74	1,76	1,99	1,85
11	2,54	2,8	2,68	3,33	1,91	2,65	1,69	2,24	2,75	1,79	1,96	1,85
12	2,62	2,82	2,53	3,08	1,82	2,46	1,64	2,17	2,55	1,63	1,96	1,86
13	2,7	2,84	2,38	2,82	1,72	2,27	1,58	2,1	2,35	1,46	1,97	1,87
14	2,78	2,85	2,24	2,62	1,64	2,08	1,53	2,02	2,14	1,3	1,98	1,88
15	2,43	2,47	2,04	2,55	1,71	2,34	1,7	2,06	2,14	1,43	1,8	1,65
16	2,06	2,09	1,82	2,45	1,77	2,62	1,85	2,07	2,14	1,56	1,62	1,42
17	1,73	1,72	1,65	2,35	1,92	2,9	2,05	2,13	2,13	1,69	1,45	1,2
18	1,62	1,64	1,68	2,35	1,99	2,92	2,1	2,14	2,14	1,8	1,48	1,22
19	1,51	1,57	1,72	2,34	2,05	2,93	2,15	2,15	2,15	1,9	1,5	1,23
20	1,41	1,5	1,76	2,35	2,07	2,94	2,2	2,17	2,16	2	1,52	1,25
21	1,4	1,49	1,76	2,35	1,97	2,86	2,07	2,08	2,2	1,93	1,51	1,28
22	1,4	1,47	1,77	2,34	1,87	2,78	1,95	1,99	2,24	1,87	1,51	1,32
23	1,39	1,46	1,78	2,35	1,8	2,7	1,82	1,9	2,28	1,8	1,5	1,35
Média	1,85	1,98	2,13	2,73	1,94	2,62	1,96	2,18	2,31	1,63	1,70	1,49

Anexo nº2: Velocidade do vento média mensal na província do Moxico desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	2,1	2,12	1,84	2,54	3,17	3	3,34	3,17	2,61	2,47	2,15	2,62
1	2,14	2,17	1,85	2,63	3,28	3,06	3,45	3,2	2,69	2,47	2,12	2,64
2	2,19	2,22	1,86	2,72	3,78	3,12	3,56	3,23	2,78	2,46	2,09	2,67
3	2,36	2,46	2,12	3,12	4,28	3,3	3,96	3,6	2,89	2,51	2,36	2,91
4	2,53	2,69	2,38	3,52	4,78	3,48	4,36	3,97	3	2,55	2,63	3,15
5	2,7	2,92	2,64	3,95	4,82	3,66	4,76	4,34	3,11	2,59	2,9	3,39
6	2,8	3,11	2,72	3,98	4,84	3,9	4,93	4,45	3,46	2,59	2,9	3,36
7	2,91	3,3	2,81	4,05	4,86	4,14	5,1	4,55	3,81	2,58	2,9	3,33
8	3,02	3,49	2,91	4,17	4,38	4,4	5,28	4,68	4,12	2,61	2,87	3,28
9	2,91	3,59	2,8	3,84	3,9	4,05	4,88	4,19	3,78	2,65	2,69	3,14
10	2,8	3,7	2,68	3,52	3,43	3,7	4,48	3,69	3,45	2,69	2,5	3
11	2,7	3,81	2,57	3,2	3,32	3,35	4,08	3,2	3,12	2,74	2,32	2,86
12	2,6	3,64	2,49	3,06	3,21	3,29	3,95	3,32	3,02	2,71	2,28	2,69
13	2,5	3,47	2,41	2,93	3,11	3,24	3,81	3,45	2,93	2,68	2,24	2,51
14	2,4	3,3	2,34	2,79	2,96	3,18	3,67	3,57	2,83	2,65	2,2	2,33
15	2,1	2,87	2,12	2,7	2,81	3,03	3,4	3,39	2,71	2,56	2,15	2,13
16	1,81	2,47	1,9	2,58	2,68	2,86	3,1	3,25	2,56	2,46	2,09	1,93
17	1,53	2,03	1,68	2,49	2,72	2,72	2,85	3,04	2,46	2,38	2,03	1,73
18	1,61	1,94	1,7	2,48	2,77	2,81	2,94	3,05	2,41	2,4	2,13	1,87
19	1,68	1,84	1,71	2,47	2,81	2,91	3,02	3,07	2,36	2,43	2,24	2,01
20	1,76	1,75	1,73	2,46	2,85	3,01	3,11	3,09	2,3	2,45	2,34	2,16
21	1,86	1,86	1,77	2,47	2,88	2,98	3,15	3,1	2,37	2,48	2,26	2,3
22	1,95	1,97	1,81	2,48	2,92	2,96	3,2	3,11	2,43	2,5	2,18	2,45
23	2,04	2,07	1,86	2,49	2,92	2,93	3,24	3,12	2,5	2,53	2,1	2,59
Média	2,29	2,70	2,20	3,03	3,48	3,30	3,82	3,53	2,90	2,55	2,36	2,63

## Anexo F: Dados sobre a velocidade do vento na região do sul de Angola

Anexo nº1: Velocidade do vento média mensal na província do Namibe desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maió	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	1,7	1,89	1,44	1,47	1,41	1,46	1,12	1,51	1,56	1,61	1,15	1,19
1	1,51	1,71	1,42	1,39	1,49	1,51	1,09	1,43	1,57	1,51	1,14	1,1
2	1,31	1,52	1,39	1,32	1,57	1,57	1,06	1,35	1,59	1,41	1,18	1,04
3	1,25	1,42	1,46	1,34	1,57	1,64	1,14	1,24	1,39	1,37	1,23	1,07
4	1,19	1,33	1,54	1,36	1,57	1,72	1,21	1,14	1,19	1,34	1,27	1,09
5	1,13	1,23	1,61	1,39	1,57	1,8	1,28	1,03	0,99	1,3	1,66	1,18
6	1,42	1,47	1,79	1,39	1,43	1,71	1,26	1,26	1,33	1,64	2,06	1,56
7	1,71	1,72	1,97	1,39	1,29	1,62	1,23	1,49	1,68	1,99	2,55	1,97
8	2	2,07	2,2	1,42	1,19	1,56	1,23	1,75	2,05	2,37	3,3	2,44
9	2,41	2,73	2,39	1,91	1,7	2,17	2,06	2,46	2,86	3,2	4,05	3,18
10	2,81	3,39	2,58	2,4	2,21	2,77	2,89	3,17	3,67	4,03	4,8	3,92
11	3,21	4,05	2,76	2,88	2,73	3,38	3,72	3,87	4,47	4,85	5,18	4,56
12	4,08	4,94	2,88	3,62	3,57	4,22	4,5	4,54	5,15	5,64	5,55	4,89
13	4,95	5,83	2,99	4,36	4,41	5,07	5,28	5,21	5,83	6,42	5,93	5,21
14	5,83	6,72	3,11	5,1	5,25	5,91	6,06	5,88	6,5	7,2	5,11	5,41
15	5,78	6,27	3,24	4,84	5,1	5,27	5,26	5,4	5,77	6,43	4,27	4,81
16	5,68	5,79	3,39	4,51	4,91	4,59	4,4	4,89	4,98	5,64	3,47	4,16
17	5,63	5,34	3,48	4,27	4,76	3,98	3,61	4,43	4,27	4,87	2,91	3,6
18	4,86	4,6	3,04	3,54	3,74	3,14	2,88	3,7	3,57	4,04	2,34	3,03
19	4,09	3,87	2,59	2,8	2,7	2,31	2,15	2,98	2,87	3,21	1,78	2,46
20	3,33	3,13	2,14	2,07	1,67	1,47	1,42	2,25	2,17	2,38	1,59	1,91
21	2,87	2,78	1,91	1,89	1,56	1,45	1,33	2,03	1,96	2,16	1,41	1,68
22	2,41	2,42	1,68	1,7	1,45	1,42	1,24	1,82	1,75	1,94	1,22	1,44
23	1,95	2,07	1,46	1,52	1,34	1,39	1,15	1,6	1,54	1,72	1,21	1,22
Média	3,05	3,26	2,27	2,50	2,51	2,63	2,44	2,77	2,95	3,26	2,77	2,67

Anexo nº2: Velocidade do vento média mensal na província do Cuando Cubango desde Janeiro a Dezembro (2007-2016).

Hora	Mês											
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
0	2,59	1,9	2,47	2,9	2,97	3,1	3,26	3,07	3,05	3,06	2,72	2,31
1	2,55	1,94	2,41	2,9	3,17	3,07	3,27	3,14	3,1	3,08	2,65	2,3
2	2,52	1,98	2,38	2,99	3,38	3,05	3,28	3,21	3,15	3,11	2,58	2,29
3	2,78	2,3	2,61	3,19	3,69	3,38	3,55	3,39	3,34	3,25	2,91	2,57
4	3,04	2,62	2,84	3,41	4,01	3,7	3,82	3,58	3,53	3,38	3,24	2,85
5	3,29	2,94	3,07	3,81	4,35	4,03	4,09	3,76	3,72	3,51	3,56	3,13
6	3,36	3,23	3,19	3,94	4,29	4,36	4,43	4,07	4,08	3,81	3,62	3,32
7	3,43	3,52	3,31	4,19	4,24	4,69	4,77	4,37	4,43	4,11	3,68	3,52
8	3,53	3,81	3,38	4,24	4,18	5,03	5,11	4,73	4,8	4,39	3,84	3,74
9	3,48	3,6	3,34	4,14	3,75	4,64	4,62	4,25	4,46	4,19	3,59	3,71
10	3,43	3,39	3,3	4,03	3,32	4,26	4,13	3,77	4,13	3,99	3,34	3,69
11	3,35	3,19	3,29	3,82	2,89	3,87	3,63	3,3	3,79	3,79	3,09	3,66
12	3,23	2,94	3,21	3,54	2,75	3,63	3,46	3,18	3,64	3,69	3,07	3,46
13	3,12	2,68	3,14	3,29	2,62	3,39	3,28	3,07	3,49	3,58	3,05	3,27
14	3	2,43	3,02	3,19	2,48	3,15	3,11	2,96	3,34	3,47	3,04	3,08
15	2,68	2,21	2,8	2,95	2,52	3,06	3,04	2,86	3,17	3,22	2,84	2,77
16	2,39	1,95	2,57	2,71	2,56	2,98	2,96	2,77	2,98	3,01	2,62	2,47
17	2,09	1,74	2,41	2,57	2,6	2,89	2,91	2,68	2,83	2,73	2,43	2,16
18	2,18	1,74	2,45	2,64	2,64	2,99	3	2,76	2,9	2,79	2,51	2,17
19	2,28	1,75	2,48	2,72	2,69	3,08	3,09	2,83	2,97	2,86	2,6	2,17
20	2,37	1,75	2,54	2,77	2,73	3,18	3,19	2,91	3,04	2,93	2,69	2,17
21	2,46	1,79	2,56	2,82	2,74	3,15	3,21	2,94	3,05	2,93	2,72	2,22
22	2,54	1,82	2,57	2,88	2,74	3,12	3,23	2,97	3,06	2,94	2,76	2,26
23	2,62	1,86	2,57	2,91	2,75	3,09	3,25	3	3,07	2,94	2,8	2,3
Média	2,85	2,46	2,83	3,27	3,17	3,54	3,57	3,32	3,46	3,37	3,00	2,82

## Anexo G: Dados sobre as condições marítimas na costa de Angola

Anexo nº1: Condições marítimas no litoral de Cabinda (19 de Fevereiro a 19 de Março de 2020).

Dia	Altura [m]	Periodo [s]
19/02/2020	1,1	10,4
20/02/2020	1	9,5
21/02/2020	1,4	7,9
22/02/2020	1,4	8,1
23/02/2020	1,3	7,7
24/02/2020	1,2	7,4
25/02/2020	1,3	8,3
26/02/2020	1,2	10,9
27/02/2020	1,2	10,3
28/02/2020	1,3	11,2
29/02/2020	1,2	13,6
01/03/2020	1,1	12,4
02/03/2020	1,3	11,5
03/03/2020	1,3	9,7
04/03/2020	1,1	6,1
05/03/2020	1	6
06/03/2020	0,9	6
07/03/2020	0,9	5,5
08/03/2020	1	12,6
09/03/2020	1,1	11
10/03/2020	1,3	13,6
11/03/2020	1,2	12
12/03/2020	1,2	9,7
13/03/2020	1,2	9,8
14/03/2020	1,1	10,4
15/03/2020	1,2	9,5
16/03/2020	1,1	8,9
17/03/2020	1,1	8
18/03/2020	1,1	8,1
19/03/2020	1,3	8,1
Média	1,17	9,47

Anexo nº2: Condições marítimas no litoral do Cabo Ledo (19 de Fevereiro a 19 de Março de 2020).

Dia	Altura [m]	Período [s]
19/02/2020	1,4	9,4
20/02/2020	1,4	9,4
21/02/2020	1,6	8,5
22/02/2020	1,5	8
23/02/2020	1,3	7,2
24/02/2020	1,2	7,6
25/02/2020	1,3	10
26/02/2020	1,2	10
27/02/2020	1,2	9,8
28/02/2020	1,2	13,7
29/02/2020	1,1	13,4
01/03/2020	1	12,1
02/03/2020	1,4	8,9
03/03/2020	1,4	6,4
04/03/2020	1,1	6,5
05/03/2020	1,1	6,2
06/03/2020	1	5,6
07/03/2020	1	6,8
08/03/2020	1,1	12,3
09/03/2020	1,4	14,5
10/03/2020	1,4	12,2
11/03/2020	1,2	11
12/03/2020	1,1	9,5
13/03/2020	1,1	9,6
14/03/2020	1,3	11,5
15/03/2020	1,2	9,1
16/03/2020	1,2	8,7
17/03/2020	1	7,2
18/03/2020	1,2	9
19/03/2020	1,3	8,4
Média	1,23	9,42

Anexo nº3: Condições marítimas no litoral do Lobito (19 de Fevereiro a 19 de Março de 2020).

Dia	Altura [m]	Período [s]
19/02/2020	1,4	8,6
20/02/2020	1,4	9,1
21/02/2020	1,9	8,9
22/02/2020	1,8	8,2
23/02/2020	1,6	7,5
24/02/2020	1,4	7,5
25/02/2020	1,5	10,8
26/02/2020	1,5	10,3
27/02/2020	1,3	9,5
28/02/2020	1,3	13,2
29/02/2020	1,1	12,5
01/03/2020	1,3	9,6
02/03/2020	1,2	7,4
03/03/2020	1,1	7,9
04/03/2020	1	8
05/03/2020	0,9	5,4
06/03/2020	0,8	5,5
07/03/2020	0,9	9,8
08/03/2020	1	12
09/03/2020	1	14,5
10/03/2020	0,9	12,1
11/03/2020	1,6	11,5
12/03/2020	1,5	8,8
13/03/2020	1,8	8,7
14/03/2020	1,8	7,1
15/03/2020	1,5	7,4
16/03/2020	1,5	7,5
17/03/2020	1,6	7,7
18/03/2020	1,7	8,4
19/03/2020	1,6	7,9
Média	1,36	9,11

Anexo nº4: Condições marítimas no litoral do Tômbua (19 de Fevereiro a 19 de Março de 2020).

Dia	Altura [m]	Período [s]
19/02/2020	1,8	8,2
20/02/2020	1,8	9,9
21/02/2020	2	8,4
22/02/2020	1,9	8,3
23/02/2020	1,8	7,3
24/02/2020	1,8	8,7
25/02/2020	1,6	10,4
26/02/2020	1,7	9
27/02/2020	1,4	9,3
28/02/2020	1,3	13,6
29/02/2020	1,4	9,5
01/03/2020	1,7	9,2
02/03/2020	2	12,8
03/03/2020	1,8	11,8
04/03/2020	1,6	10,6
05/03/2020	1,2	8,1
06/03/2020	1,1	7,6
07/03/2020	1,2	12,4
08/03/2020	1,5	12
09/03/2020	1,6	12,4
10/03/2020	1,5	12,5
11/03/2020	1,3	10,5
12/03/2020	2,2	12,5
13/03/2020	2,2	12,4
14/03/2020	2,2	10,4
15/03/2020	1,9	8,1
16/03/2020	1,8	9,2
17/03/2020	2,1	10,4
18/03/2020	1,8	8,3
19/03/2020	1,6	9,1
Média	1,69	10,1