



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA AFRO-
BRASILEIRA**

**INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIAS**

ELSON ARTUR DIAS SANTOS

**ANÁLISE DO CENÁRIO HÍDRICO E ENERGÉTICO NO ARQUIPÉLAGO DE
CABO VERDE (ÁFRICA)**

Redenção, Ceará

2019

ELSON ARTUR DIAS SANTOS

**ANÁLISE DO CENÁRIO HÍDRICO E ENERGÉTICO NO ARQUIPÉLAGO DE
CABO VERDE (ÁFRICA)**

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Orientador: Prof. Dr. George Leite Mamede

Redenção, Ceará

2019

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira
Sistema de Bibliotecas da UNILAB
Catalogação de Publicação na Fonte.

Santos, Elson Artur Dias.

S237a

Análise do Cenário Hídrico e Energético no Arquipélago de Cabo Verde África / Elson Artur Dias Santos. - Redenção, 2019.
64f: il.

Monografia - Curso de Engenharia De Energias, Instituto De Engenharias E Desenvolvimento Sustentável, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, Redenção, 2019.

Orientador: Prof. Dr. George Leite Mamede.

1. Cabo Verde. 2. Clima. 3. Água. 4. Energia. 5. Planejamento. I. . II. Título.

CE/UF/BSCA

CDD 333.91

ELSON ARTUR DIAS SANTOS

ANÁLISE DO CENÁRIO HÍDRICO E ENERGÉTICO NO ARQUIPÉLAGO DE CABO VERDE (ÁFRICA).

Monografia apresentada ao curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira, como requisito para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Energias.

Aprovado em 05/09/2019.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. George Leite Mamede

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. Dr. Alexandre Cunha Costa

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)



Prof. Dr. Herminio Miguel de Oliveira Filho

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Dedico este trabalho aos meus pais. Esta conquista é tão minha quanto deles.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por conceder-me vida e saúde, possibilitando assim chegar até este momento, Ele tem sido o meu sustento. Agradeço a minha família por todo o apoio, em especial aos meus pais que sempre procuraram por todos os meios que eu concluísse com sucesso esta etapa, foram o meu suporte ao longo de toda a trajetória e sem o apoio deles teria sido impossível esta conquista. Agradeço aos amigos e colegas que foram companheiros de luta ao longo desta caminhada, principalmente aos colegas ingressantes em 2012 e a turma de Engenharia de Energias 2012.2, serão sempre lembrados com apreço, acrescentaram muito ao meu aprendizado, sem a ajuda deles o percurso seria mais árduo. Agradeço ao Professor Doutor Cleiton da Silva Silveira, a sua contribuição para o meu crescimento acadêmico e intelectual foi inestimável. Agradeço ao meu orientador, Professor Doutor George Leite Mamede, pela paciência e compreensão, este trabalho não teria sido concluído sem a sua cooperação. Agradeço à República Federativa do Brasil, particularmente à UNILAB, pelas oportunidades e experiências, por meio delas foi possível ampliar os meus horizontes. Um reconhecimento especial à República de Cabo Verde por propiciar as condições que permitiram a minha formação acadêmica. A todos que de alguma forma colaboraram para o sucesso desta jornada minha gratidão.

*“Sou um simples africano que quis saldar a sua
dívida para com o seu povo e viver a sua época.”*

Amílcar Cabral

RESUMO

Recursos hídricos e energéticos são essenciais para que qualquer sociedade prospere, por isso estes dois recursos caracterizam uma das maiores preocupações a nível mundial. Para Cabo Verde, um pequeno país insular localizado no oceano Atlântico, assolado por baixos índices pluviométricos e reduzida disponibilidade hídrica a água torna-se um bem extremamente valioso. Reservas de fontes de energia de origem fóssil também são ausentes no território, que depende essencialmente de combustíveis derivados de petróleo para atender a demanda energética. Juntos estes dois fatores limitam o desenvolvimento econômico e social do arquipélago. Pretende-se elucidar a relação entre clima, água e energia no país por meio de pesquisa bibliográfica e análise exploratória de dados. As condições climáticas condicionam a disponibilidade hídrica, a pluviosidade média anual é inferior a 300 mm. A técnica de dessalinização implementada para suprir a demanda de água apresenta custos energéticos que se traduzem em custos financeiros, as tarifas de água que vigoram em Cabo Verde são consideradas altas. Embora tenham ocorrido investimentos em fontes de energia renováveis, aproximadamente 20% da energia elétrica gerada vem de fontes renováveis, contribuindo para atenuar o problema energético, a geração de energia continua, em sua maioria, dependendo de combustíveis fósseis. Entretanto o país apresenta um bom potencial de energia solar e eólica. O último senso realizado apontava que aproximadamente 46% da população não possuía água encanada e que 19% da população não usufruía de energia elétrica em suas residências. As perdas na rede de abastecimento de água e na rede elétrica são altas. Entre os anos de 2006 e 2017 em média as perdas técnicas e comerciais de água foram 36% e as perdas de eletricidade entre 2006 e 2018 rondavam os 26%. A situação requer melhorias, em termos de gestão de recursos hídricos e energéticos, acompanhadas de um planejamento integrado de longo prazo. O sucesso de tais esforços depende de um trabalho conjunto de todas as partes envolvidas.

Palavras-chave: Cabo Verde. Clima. Água. Energia. Planejamento.

ABSTRACT

Water and energy resources are essential for any society to succeed, these two resources characterize one of the world's greatest concerns. For Cape Verde, a small island country located in the Atlantic Ocean, afflicted by low rainfall and low water availability, water becomes an extremely valuable asset. Reserves of fossil energy sources are also absent in the territory, which relies essentially on petroleum-derived fuels to supply its energy demand. Together these two factors limit the economic and social development of the archipelago. It is intended to elucidate the relationship between climate, water and energy in the country through bibliographic research and exploratory data analysis. Climatic conditions affect water availability, the average annual rainfall is less than 300 mm. The desalination technique implemented to meet the demand for water has energy costs that translate into financial costs, the water tariffs in force in Cape Verde are considered high. Although investments have been made in renewable energy sources, approximately 20% of the electricity generated comes from renewable sources, contributing to alleviate the energy problem, most power generation continues to depend on fossil fuels. However, the country has a good potential for solar and wind energy. The last sense made pointed that approximately 46% of the population did not have running water and that 19% of the population did not have electricity in their homes. Losses in the water supply and the electricity grid are high. Between 2006 and 2017, on average, technical and commercial water losses were 36% and electricity losses between 2006 and 2018 were around 26%. The situation requires improvements in water and energy resource management, accompanied by long-term integrated planning. The success of such efforts depends from teamwork of all involved.

Keywords: Cape Verde. Climate. Water. Energy. Planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de petróleo entre 1986 e 2013.....	21
Figura 2 – Região do Sahel.....	23
Figura 3 – Arquipélago de Cabo Verde.....	25
Figura 4 – Precipitação média anual (1970 - 2006).....	27
Figura 5 – Água produzida pela ELECTRA entre 2006 e 2017.....	35
Figura 6 – Água produzida VS Perdas técnicas e comerciais	37
Figura 7 – Água produzida VS Águas Residuais	37
Figura 8 – Energia elétrica gerada VS Perdas técnicas e comerciais	40
Figura 9 – Participação das fontes de energia na matriz elétrica.....	41
Figura 10 – Energia elétrica gerada entre 2002 e 2018	42
Figura 11 – Potência elétrica instalada disponível entre 2006 e 2018.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dimensão superficial das ilhas	24
Tabela 2 – Projeções Demográficas para Cabo Verde 2011-2030.....	26
Tabela 3 – Produção de água.....	34
Tabela 4 – Custo energético de produção para água dessalinizada.....	35
Tabela 5 – Perdas técnicas e comerciais de água	36
Tabela 6 – Perdas técnicas e comerciais de energia	39
Tabela 7 – <i>Black-outs</i> (quantidade e duração).....	40
Tabela 8 – Geração de energia elétrica.....	41
Tabela 9 – Desempenho de energia eólica	42
Tabela 10 – Parque eólico na ilha de São Vicente	43
Tabela 11 – Parque eólico na ilha do Sal.....	43
Tabela 12 – Parque eólico na ilha da Boavista.....	43
Tabela 13 – Parque eólico na ilha de Santiago.....	44
Tabela 14 – Potência elétrica instalada.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AdS	Águas de Santiago
AEB	Águas e Energia de Boavista
ANAS	Agência Nacional de Água e Saneamento
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APN	Águas de Porto Novo, SA
APP	Águas de Ponta Preta
ARE	Agência de Regulação Económica
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
CFMT	Central Fotovoltaica de Monte Trigo
CIA	Central Intelligence Agency
CV TRADEINVEST	Cabo Verde Tradeinvest
ELECTRA	Empresa de Eletricidade e Água S.A
ENACOL	Empresa Nacional de Combustíveis
EUA	Estados Unidos da América
FC	Fator de Capacidade
FIT	Frente Intertropical
GESTO	Gesto Energia S.A
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
IEA	International Energy Agency
INE	Instituto Nacional de Estatística
INMG	Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica
MCC	Millennium Challenge Corporation
RGPH	Recenseamento Geral da População e Habitação
SESAM-ER	Serviço Energético Sustentável para Povoações Rurais Isoladas mediante Micro-redes com Energias Renováveis
SHELL	Royal Dutch Shell
SONANGOL	Sociedade Nacional de Combustíveis de Angola
UE	União Europeia
Wind TCP	Wind Technology Collaboration Programme
ZEE	Zona Económica Exclusiva

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
bar	Unidade de pressão
m	Metro
m ³	Metro cúbico
m ³ /dia	Metro cúbico por dia
h	Hora
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt hora
kWh/m ³	Quilowatt hora por metro cúbico
MW	Megawatt
MWh	Megawatt hora
barril/dia	Barril de petróleo por dia
°	Grau
N	Norte
O	Oeste
km	Quilômetro
km ²	Quilômetro quadrado
°C	Grau Celsius
mm	Milímetro
kWh/m ² /ano	Quilowatt hora por metro quadrado por ano
kWh/m ² /dia	Quilowatt hora por metro quadrado por dia
m/s	Metro por segundo
kWp	Quilowatt pico
Ah	Ampère-hora
kV	Quilovolt
USD\$	Dólar dos Estados Unidos da América
min	Minuto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	15
1.2 OBJETIVOS.....	17
1.2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	17
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1 RELAÇÃO ENTRE ÁGUA E CLIMA.....	18
2.2 RELAÇÃO ENTRE ÁGUA E ENERGIA.....	19
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	23
3.2 DADOS DO CENSO DEMOGRÁFICO	25
3.3 INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS	26
3.4 RECURSOS HÍDRICOS.....	28
3.5 RECURSOS ENERGÉTICOS	29
3.6 SECTOR ENERGÉTICO E DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
4.1 PROBLEMAS IDENTIFICADOS - RECURSOS HÍDRICOS.....	34
4.2 CLASSIFICAÇÃO DA ESCASSEZ DE ÁGUA EM CABO VERDE	38
4.3 PROBLEMAS IDENTIFICADOS - RECURSOS ENERGÉTICOS	38
4.4 ALTERNATIVAS PARA A PROBLEMÁTICA HÍDRICA E ENERGÉTICA.....	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
REFERÊNCIAS	49
ANEXOS.....	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Água e energia são recursos essenciais para a existência da vida e para o desenvolvimento de qualquer sociedade. Estes dois recursos encontram-se presentes ao longo de toda a cadeia produtiva de bens e serviços. A carência de qualquer um dos dois condiciona o desenvolvimento social e econômico de qualquer nação (MOURA, G. N. P., 2010; CARVALHO, 2014; BORDIGNON, 2016).

O acesso a água consiste num problema de caráter global, afetando países de todos os continentes, independente do grau de desenvolvimento tecnológico, social ou econômico (SANTOS, 2013; GAIO, 2016). A escassez de água pode ser caracterizada como escassez física ou escassez econômica. A escassez física ocorre quando os recursos hídricos disponíveis são insuficientes para suprir toda a demanda, incluindo requisitos mínimos de fluxo ambiental. Geralmente regiões áridas estão associadas à escassez física. Já a escassez econômica advém de fatores humanos, são os casos em que a capacidade humana ou os recursos financeiros são insuficientes para o aproveitamento adequado dos recursos hídricos (CAWMA, 2006). Embora seja um dos recursos mais abundantes, cobrindo aproximadamente $\frac{3}{4}$ da superfície do planeta Terra, cerca de 97,5% dessa água é salgada e apenas 2,5% água doce. Entretanto, nem toda a água doce se encontra disponível ou acessível, pois uma grande parcela encontra-se contida nos polos e glaciares, enquanto que uma importante fração corresponde a água subterrânea, estando apenas 0,3% acomodada nos rios e lagos. Nesse contexto, existe uma certa apreensão a nível global no que concerne a uma possível ameaça de escassez de água (SANTOS, 2013; GAIO, 2016). Alguns acreditam que a escassez de água doce, associada à sua má distribuição espaço-temporal no mundo, será a *commodity* do futuro. O debate em torno dos recursos hídricos suscita preocupações, impulsionando discussões políticas e acadêmicas. Aspectos como a redução na quantidade e qualidade da água, má gestão de recursos hídricos e o seu uso inadequado representam uma séria e crescente ameaça à saúde e ao bem-estar das populações, com especial destaque para regiões com baixos índices pluviométricos (OLIVEIRA et al., 2012).

Assegurar o fornecimento de energia também representa um desafio de proporções globais, sendo motivo de consideráveis preocupações. As fontes de energia foram determinantes no rumo da evolução da sociedade humana, destacando-se particularmente o

petróleo que tornou-se a principal fonte de energia do modelo industrial atual. Dotado de uma poderosa estrutura de comercialização e de uma rede de distribuição de combustíveis que estende-se pelo mundo todo, o petróleo, abundante e barato, proporcionou um grande desenvolvimento a indústria em geral. No que diz respeito à densidade energética e à transportabilidade, o petróleo possui características que lhe conferem qualidades ideais para o uso em larga escala, podendo ser facilmente empregado para variados fins, porém trata-se de um recurso energético não renovável (CARVALHO, 2014; MELFI, 2016). A exploração intensiva de petróleo tem conduzido à um rápido esgotamento das reservas, derivado disso as reservas estratégicas de petróleo encontram-se no foco dos principais conflitos das últimas décadas, sobretudo no Oriente Médio. Vale também mencionar os conflitos no mar Cáspio, na África e no mar da China, com potencial para chegar à América Latina. Qualquer turbulência que afete, direta ou indiretamente, essa indústria reflete-se diretamente sobre toda a economia mundial (CARVALHO, 2014; MARTINS, 2015). Alguns analistas receiam que as elevadas taxas de consumo e a acelerada depreciação das reservas em produção, combinados com fatores de natureza econômica, possam levar a uma crise de energia ainda mais séria do que a ocorrida na década de 1970. Outro aspeto pertinente sobre o uso intensivo de petróleo envolve questões ambientais, tendo em vista os danos ambientais originados pela indústria petrolífera (PIMENTEL, 2011; MELFI, 2016).

Embora problemas de natureza hídrica e energética afetem praticamente todos no planeta, são os países subdesenvolvidos os que mais sofrem (CAWMA, 2006; JANNUZZI; SWISHER; REDLINGER, 2018). Entre os países subdesenvolvidos que enfrentam dificuldades encontra-se Cabo Verde, um pequeno arquipélago localizado no Atlântico Norte.

As ilhas de Cabo Verde estão na denominada faixa climática do Sahel, uma região caracterizada por baixa pluviosidade, fazendo da água um bem escasso (MARTINS; REBELO, 2009; FONSECA, 2010). Face ao infortúnio, o país recorreu ao processo de dessalinização de água visando assegurar o abastecimento de água para a população (MOURA, M. A. B., 2011). O processo de dessalinização vem sendo utilizado em alguns países como forma de contornar problemas de escassez de água potável, contudo a tecnologia requer grandes quantidades de energia (GAIO, 2016).

Além de escassez de água, Cabo Verde também confronta adversidades no setor energético. A matriz energética de Cabo Verde depende essencialmente de petróleo, o que consiste em outra limitação (CV TRADEINVEST, 2017). De acordo com os dados do portal Cabo Verde, não existe nenhuma reserva comprovada de energia convencional como petróleo,

gás ou carvão mineral em território cabo-verdiano. Pressupõe-se que o país seja desprovido de qualquer fonte de energia de origem fóssil. Todos os insumos como gás, petróleo e derivados provêm de importações. Com a geração de energia elétrica nas ilhas dependendo das centrais termelétricas alimentadas por derivados de petróleo, a população cabo-verdiana vivencia uma difícil realidade, onde o abastecimento de água depende dos recursos energéticos para produção de água dessalinizada. Por outro lado, o fornecimento de energia encontra-se ameaçado pela carência de recursos energéticos, estando vulnerável as variações de preço do mercado petrolífero. O país enfrenta uma delicada situação, onde a matriz energética dependente de petróleo e a limitada disponibilidade hídrica condicionam o desenvolvimento social e econômico.

Pretende-se abordar a questão hídrica e energética em Cabo Verde com base em dados disponibilizados por entidades governamentais e não governamentais, assim como em informações providas por relatórios de empresas que atuam no setor de água e energia no país.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo consiste em explanar sobre o cenário hídrico e energético no arquipélago de Cabo Verde, localizado na costa ocidental africana. Visando abordar a relação entre clima, água e energia no país via pesquisa bibliográfica, cruzando informações extraídas de documentos de instituições e empresas.

1.2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

Elucidar como o clima afeta a situação dos recursos hídricos em Cabo Verde.

Analisar a relação entre água, clima e energia.

Caracterizar recursos hídricos e energéticos em Cabo Verde.

Propor alternativas para a problemática hídrica e energética.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 RELAÇÃO ENTRE ÁGUA E CLIMA

As condições naturais de Cabo Verde são um tanto inóspitas. O arquipélago carece de quase todo tipo de recursos, sendo as condições precárias e agravadas por secas periódicas. Tal quadro, agregado a fatores humanos, acabou por provocar as célebres fomes que dizimaram, no transcurso dos séculos, milhares de vidas humanas (PERREIRA, 2011).

Ao longo da história foram registradas diversas secas que levaram a períodos de fome nas ilhas. De acordo com Caniato (2006), a seca é documentada em Cabo Verde desde que as ilhas foram descobertas. Segundo Oliveira et al. (2012), a carência de água foi uma constante que atravessou a história das ilhas até a atualidade. Moura e Araújo (2014) também corroboram com essa opinião ao afirmarem que a escassez de água é um fenômeno com o qual a população de Cabo Verde tem convivido ao longo da sua história. Num período de 256 anos, foram registrados um total de 97 anos de secas mais ou menos persistentes. Durante o mesmo período, foram ainda registradas 14 secas consecutivas com a duração igual ou superior a três anos (MOURA, M. A. B., 2011).

Existem alguns relatos documentados sobre as secas mais marcantes na história do povo cabo-verdiano, onde a baixa pluviosidade teria conduzido à períodos de fome nas ilhas e ceifado vidas. A primeira, que se tem registro, prolongou-se de 1580 a 1583, nessa data pereceram muitas pessoas e outras emigraram para não morrer de fome. Entre 1809 e 1811 uma grande fome dizimou muitas vidas humanas e animais domésticos na ilha da Boavista. No século XX foram registrados também alguns períodos de seca grave como a que ocorreu de 1921 a 1922, em que o povo se achou no "último estágio de miséria nua". Um obituário de 1921 indica que mais de 23 mil pessoas faleceram. Entre 1941 e 1943 houve outro episódio onde a ausência de chuvas seria responsável pela fome que levou a morte de mais de 24 mil pessoas. Porém, entre os anos de 1947 e 1948 a tragédia teria sido maior, a ponto de impossibilitar o controle do obituário, entretanto estimativas apontam que tenham falecido aproximadamente 30 mil indivíduos (CANIATO, 2006; PEREIRA, 2011).

As precipitações no arquipélago são caracterizadas por uma irregularidade bastante acentuada no tempo e no espaço. O maior volume das precipitações concentram-se nos meses de agosto e setembro, período durante o qual caem, em média, cerca de 60% a 80% de toda a quantidade anual de chuvas, podendo variar em função da topografia e latitude das ilhas

(MOURA, M. A. B., 2011). Devido à irregularidade das chuvas, a produção alimentar é altamente deficitária, cobrindo apenas 10% a 15% das necessidades da população. Essa condição obriga o país a importar maior parte dos produtos que necessita, procurando suprir o *deficit* de produção alimentar (OLIVEIRA et al., 2012).

Não existem dados seguros sobre mudanças climáticas que tenham ocorrido nas ilhas durante os cinco séculos e meio de presença humana, contudo ela é notável nos últimos cem anos. Ao longo do século XX, as secas tornaram-se mais frequentes, os raros anos úmidos tiveram menos chuva e os anos secos registraram precipitações mais baixas, tendendo para o nulo. Inclusive o arquipélago de Cabo Verde consta na lista dos países que apresentam elevada vulnerabilidade aos efeitos das mudanças climáticas, consequência do aumento da frequência de episódios climáticos extremos tais como secas, inundações e chuvas torrenciais (OLIVEIRA et al., 2012).

Em virtude da baixa disponibilidade hídrica, a dessalinização de água salgada por osmose reversa foi implementada no país. A cada ano nascentes e fontes subterrâneas contribuem com menores volumes de água, enquanto que a quantidade de água dessalinizada produzida aumentou significativamente nas últimas décadas (ELECTRA, 2006-2018).

2.2 RELAÇÃO ENTRE ÁGUA E ENERGIA

A dessalinização é um recurso bastante utilizado em regiões com escassez de recursos hídricos. O processo consiste na remoção ou redução da concentração de sais e sólidos dissolvidos, assim como de componentes químicos, orgânicos e biológicos da água salina, possibilitando que seja obtido água potável a partir de água salgada ou salobra. Os processos de dessalinização podem ser separados em duas categorias: processos térmicos e processos de separação por membranas. Porém, independente da tecnologia, o processo necessita de quantidades consideráveis de energia na forma de eletricidade, pressão ou calor, fazendo da dessalinização uma alternativa bastante onerosa (GOMES FILHO *et al.*, 2014; GAIO, 2016).

O processo de osmose reversa (tecnologia de membrana) é o mais utilizado no mundo devido ao baixo consumo energético, menor investimento inicial, custo de operação inferior, equipamentos simples e por ocupar menos espaço. Além disso, o processo requer apenas energia elétrica para o seu funcionamento, resultando em menores custos. Para a dessalinização de água salobra as pressões de operação variam entre 15 a 30 bar, para dessalinização da água do mar as pressões oscilam entre 55 a 70 bar. Uma unidade de dessalinização com tecnologia

de recuperação de energia e capacidade de 24.000 m³/dia, alimentada por água do mar, consome cerca de 4 a 6 kWh/m³ de energia elétrica. Se a água de alimentação da central for água salobra o consumo ronda 1,5 a 2,5 kWh/m³. Utilizando água do mar o percentual de recuperação fica entre os 25% e os 45%, enquanto que águas salobras oferecem taxas de recuperação mais altas, podendo atingir até 90%. Entre os maiores produtores de água dessalinizada encontram-se países como Arábia Saudita, Emirados Árabes, Estados Unidos da América (EUA) e Espanha (GAIO, 2016). Em Cabo Verde a dessalinização de água tem como principal finalidade assegurar o abastecimento de água para a população. Algumas indústrias e hotéis também possuem seus próprios sistemas de dessalinização (MOURA, M. A. B., 2011; SANTOS, 2013).

Mesmo nos países onde não seja necessário recorrer a técnica de dessalinização, a energia elétrica continua sendo vital para que as pessoas tenham acesso a água. Os sistemas de abastecimento urbano necessitam de energia elétrica para bombear, transportar e processar a água, podendo esse insumo ser responsável por 60% a 80% dos custos de distribuição e tratamento de água. A energia elétrica representa, em média, 14% do total das despesas das companhias de água (MOURA, G. N. P., 2010).

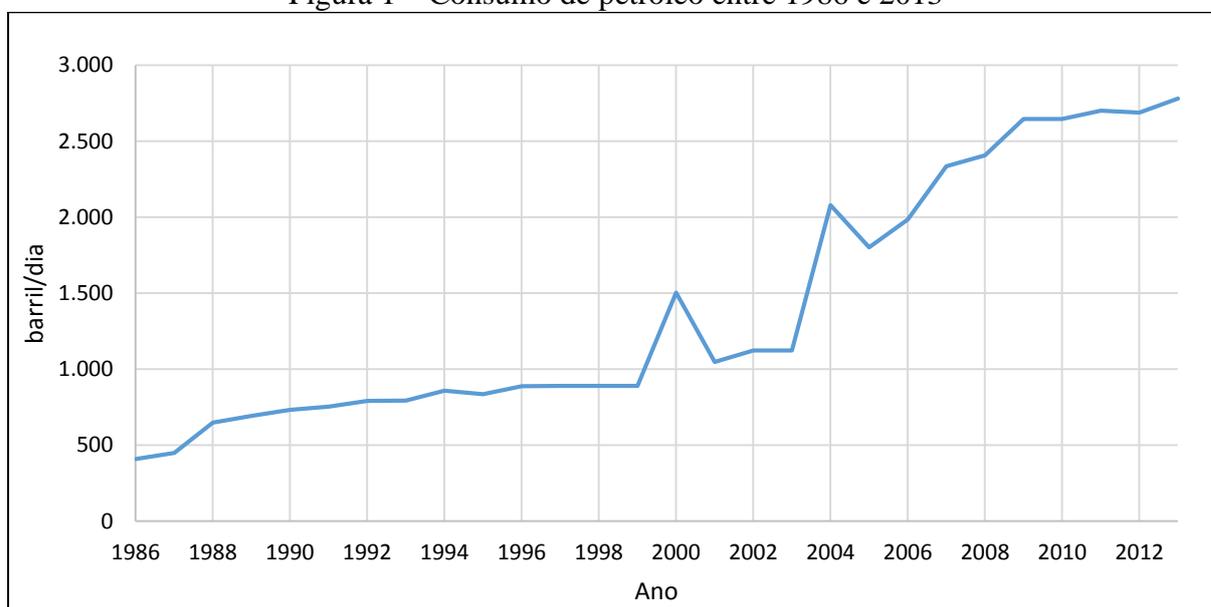
As necessidades energéticas de Cabo Verde são supridas essencialmente por importações de petróleo. A geração de energia elétrica advém essencialmente de termelétricas alimentadas por diesel e combustíveis derivados de petróleo (CV TRADEINVEST, 2017; ELECTRA, 2006-2018). Os ciclos de potência comercialmente mais utilizados em centrais termelétricas são Rankine, Brayton (ciclo aberto), ciclo combinado (Rankine e Brayton) e motor a combustão. O ciclo Rankine é o ciclo de potência mais utilizado em usinas termelétricas em operação no mundo. Praticamente todas as centrais de potência a carvão mineral e óleo combustível operam de acordo com este ciclo de potência. O ciclo Brayton, normalmente, é utilizado para geração de eletricidade com turbinas a gás. Usinas que operam em ciclo combinado utilizam um arranjo que incorpora turbinas a gás e turbinas a vapor. As termelétricas menos populares são as equipadas com motores a combustão interna, onde o combustível é queimado dentro do equipamento em um mecanismo constituído por pistão, biela e eixo de manivelas, semelhante ao que ocorre em veículos automotores (VISCONDI et al., 2016).

O acoplamento de motores a combustão interna a geradores de energia elétrica é comumente utilizado em sistemas descentralizados devido à robustez e facilidade de operação. Normalmente com potência instalada inferior a 5 MW, podendo ser utilizados vários geradores diesel em usinas centralizadas, totalizando uma capacidade instalada maior, embora seja menos usual. As principais vantagens são curto tempo de montagem da usina, rápida entrada em

operação (partida da usina), pouca sensibilidade às condições ambientais (temperatura, pressão e umidade) e baixa necessidade de manutenção. A geração de eletricidade a partir de motores de combustão interna não possui dependência significativa do suprimento de água para resfriamento, diferente das usinas térmicas operando com ciclo Rankine e Brayton, porém apresenta rendimento energético inferior (VISCONDI et al., 2016). Geralmente as termelétricas em Cabo Verde são equipadas com grupos de geradores diesel funcionando com motores a combustão interna (ELECTRA 2006-2018).

Embora tenha-se observado alguns investimentos em energia eólica e solar fotovoltaica no arquipélago, conferindo alguma diversificação à matriz energética, as termoelétricas prevalecem como principal forma de geração de energia elétrica (CV TRADEINVEST, 2017). Na sequência do aumento da demanda energética no arquipélago, o consumo de derivados de petróleo sofreu um significativo incremento (CABO VERDE DADOS DO PORTAL). A Figura 1 exibe a evolução do consumo de petróleo, em barril por dia, entre os anos de 1986 e 2013. Num intervalo de 27 anos o consumo aumentou em mais de 500%, atingindo o volume de 2.780 barril/dia em 2013, valor muito superior ao consumo em 1986 que rondavam os 409 barril/dia.

Figura 1 – Consumo de petróleo entre 1986 e 2013



FONTE: Adaptado de Cabo Verde - Dados do Portal

Existe uma relação estreita entre recursos hídricos e energéticos. Essa relação deve ser considerada sob duas perspectivas importantes. A primeira aborda a utilização dos recursos hídricos para o suprimento de recursos energéticos. A água é um dos principais itens requeridos nos processos de obtenção de recursos energéticos. Processos de mineração e refino de petróleo,

gás natural e carvão necessitam de água. A geração de eletricidade em usinas térmicas e hidrelétricas depende grandemente da disponibilidade hídrica. A segunda envolve a utilização dos recursos energéticos para o abastecimento de água, considerando a importância da energia elétrica nos serviços prestados por empresas de água e saneamento (MOURA, G. N. P., 2010; SCANLON; DUNCAN; REEDY, 2013; BEHRENS et al., 2017).

Companhias de água deveriam visualizar os consumos de água e energia como integrados. Cada litro de água que se move pelo sistema possui embutido uma certa quantidade de energia elétrica. As perdas na rede de água, afetam diretamente a quantidade de energia elétrica necessária para fazer este insumo chegar ao consumidor. Resumindo, desperdício de água leva ao desperdício de energia (MOURA, G. N. P., 2010).

O fato é que água e energia estão intimamente interligados. Vários países têm criado instituições ou mecanismos para monitorar os parâmetros envolvendo a demanda e oferta de água e energia, visando compreender melhor o nexo entre ambos, adotando políticas e modelos de gestão para melhor atender as necessidades hídricas e energéticas. As atividades implementadas para economizar energia e água detêm maior impacto se planejadas de forma conjunta (MOURA, G. N. P., 2010; BROUWER et al., 2018).

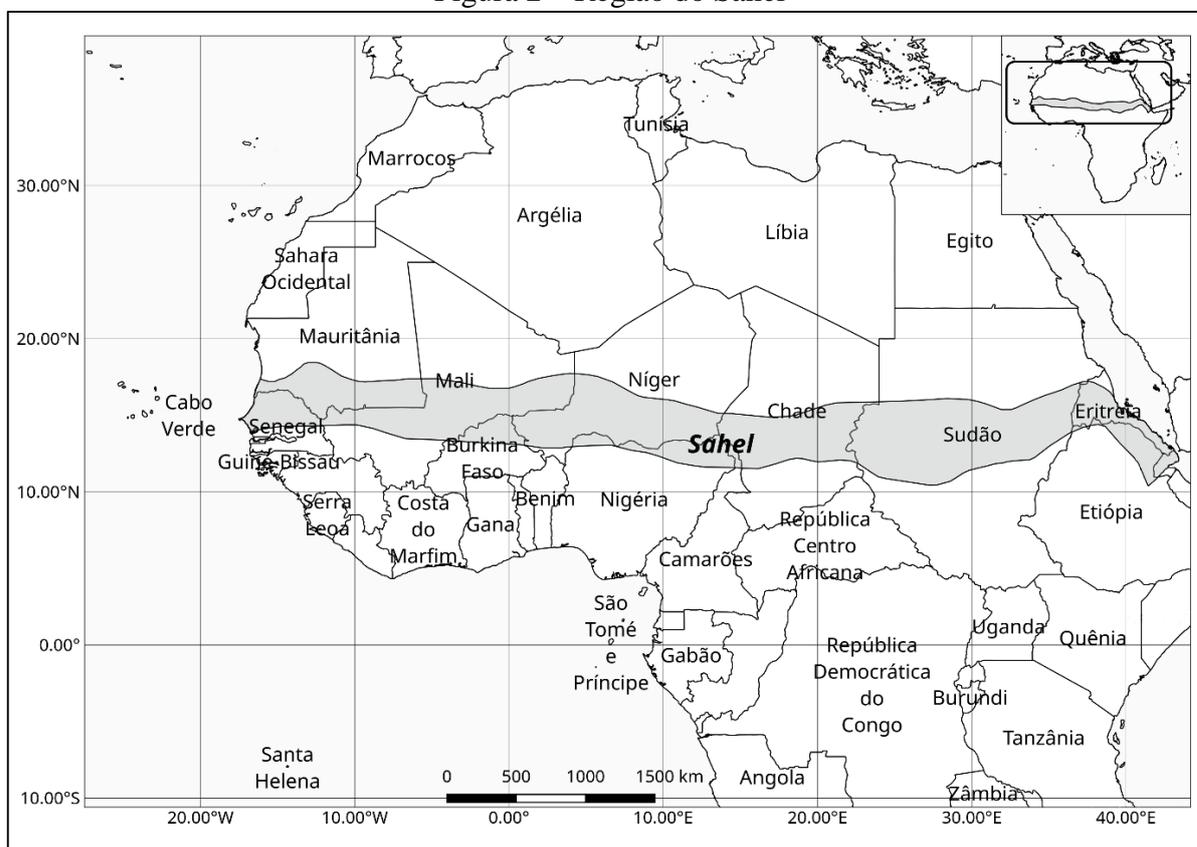
3 METODOLOGIA

Visando alcançar o objetivo proposto, foi realizado uma revisão bibliográfica baseada em livros, artigos, dissertações, sites eletrônicos, relatórios de empresas e informações fornecidas por instituições. Procurou-se fundamentar o trabalho em informações recentes e de fontes credíveis que possibilitassem explicar sobre o panorama atual da realidade cabo-verdiana. Decorrente da revisão bibliográfica, procedeu-se com uma pesquisa exploratória dos dados compilados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O arquipélago de Cabo Verde está localizado no oceano Atlântico, nas coordenadas dos pontos extremos de latitude 17°12'N e 14°48'N, longitude 22°40'O e 25°22'O, a aproximadamente 500 km da costa ocidental africana (NEVES et al., 2017). As ilhas encontram-se na denominada faixa climática do Sahel que atravessa a África horizontalmente, desde o Atlântico ao mar Vermelho, a região é caracterizada por clima árido e semiárido (MARTINS; REBELO, 2009; GALITO, 2013). A Figura 2 ilustra a região climática do Shael.

Figura 2 – Região do Sahel



FONTE: Produção do autor

Descoberto em 1460 por navegadores portugueses, Cabo Verde começou a ser povoado em 1462, acredita-se que antes da chegada dos portugueses as ilhas eram desabitadas. Permaneceu como colônia portuguesa até 1975, ano em que foi proclamada a independência, passou então a denominar-se República de Cabo Verde (PEREIRA, 2011). A área terrestre total é de aproximadamente 4.033 km², espalhada por uma área oceânica com cerca de 87 milhas de raio, 1.000 km de costa e uma área marítima de responsabilidade nacional de 734.265 km² (INOCÊNCIO, 2016).

O arquipélago é composto por dez ilhas e alguns ilhéus divididos em dois grupos, denominados por Barlavento e Sotavento. Entre as ilhas, nove são habitadas e uma desabitada (NEVES et al., 2017). A Tabela 1 reúne as informações referentes a área superficial e o ponto mais alto das ilhas.

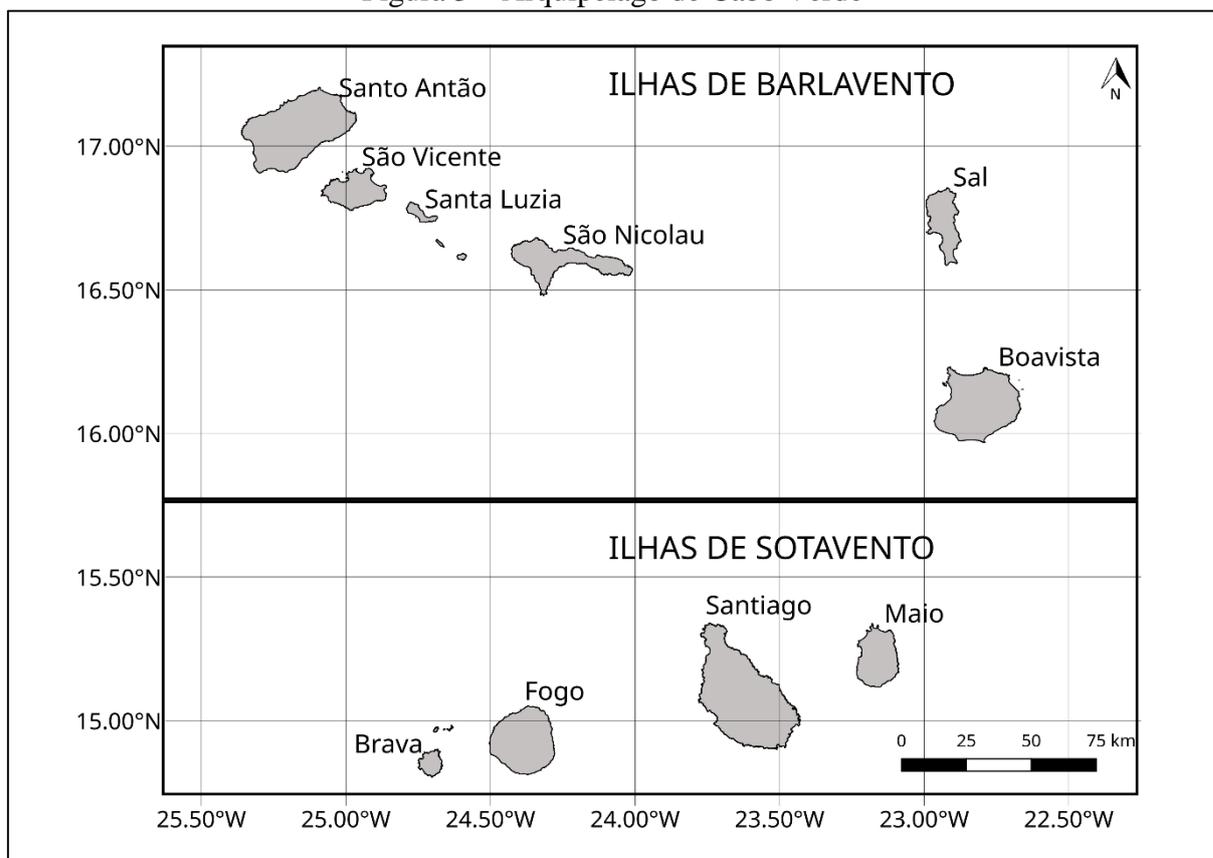
Tabela 1 – Dimensão superficial das ilhas

Ilha	Área superficial (km²)	Ponto mais alto (m)
Santo Antão	779	1.979
São Vicente	227	725
Santa Luzia	35	395
São Nicolau	343	1.304
Sal	216	406
Boavista	620	387
Maio	269	436
Santiago	991	1.394
Fogo	476	2.829
Brava	64	976

FONTE: Adaptado de NEVES et al. (2017)

Os grupos, Barlavento e Sotavento, são divididos de acordo com a disposição em relação aos ventos alísios que sopram de nordeste. O grupo de Barlavento fica mais ao norte, sendo composto pelas ilhas de Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia (ilha desabitada), São Nicolau, Sal e Boavista. Sotavento contém as ilhas mais ao sul, Maio, Santiago, Fogo e Brava (NEVES et al., 2017). A Figura 3 exibe o mapa do arquipélago de Cabo Verde.

Figura 3 – Arquipélago de Cabo Verde



FONTE: Produção do autor

As ilhas são de origem vulcânica, formadas essencialmente por rochas tais como basaltos, fofolitos, tufos, escórias, traquitos, andesites e rochas sedimentares, principalmente calcárias (NEVES et al., 2017).

3.2 DADOS DO CENSO DEMOGRÁFICO

No ano de 2010 foi efetuado o último Recenseamento Geral da População e Habitação (RGPH) pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) de Cabo Verde. O próximo RGPH está programado para o ano de 2020. O censo de 2010 estimava que a população residente seria de 488.040 pessoas. Cerca de 54% da população tinham menos de 25 anos, 62% residiam em espaços urbanos e 38% pertencia ao meio rural. Dos 488.040 residentes no país, aproximadamente 224.255 não possuíam água encanada, representando sensivelmente 46% da população. Ainda segundo o RGPH de 2010, cerca de 91.099 não tinham energia elétrica em suas residências, representando em torno de 19% do total de habitantes. O RGPH apontava que para iluminação 79,9% da população utilizava energia elétrica, 15% velas, 4,5% querosene, 0,2% gás e 0,4% empregava outro meio para iluminação ou não especificou qual recurso

utilizava. No preparo de alimentos, 66,2% da população utilizava gás para cozinhar os alimentos, 32% lenha, 0,1% carvão, 0,1% eletricidade, 1,4% não preparava as refeições e 0,2% utilizava alguma outra fonte de energia ou não respondeu.

As Projeções Demográficas de Cabo Verde encontram-se na Tabela 2, que apresenta os valores de população estimados até o ano de 2030.

Tabela 2 – Projeções Demográficas para Cabo Verde 2011-2030

Ano	População
2011	499.929
2012	505.983
2013	512.173
2014	518.467
2015	524.833
2016	531.239
2017	537.661
2018	544.081
2019	550.483
2020	556.857
2021	563.198
2022	569.509
2023	575.803
2024	582.095
2025	588.401
2026	594.738
2027	601.133
2028	607.625
2029	614.269
2030	621.141

FONTE: Adaptado do INE

Porém, em 2018 a *Central Intelligence Agency* (CIA) estimava que a população do arquipélago teria alcançado o número de 568.373 habitantes, crescendo a uma taxa anual de 1,32%.

3.3 INFORMAÇÕES CLIMÁTICAS

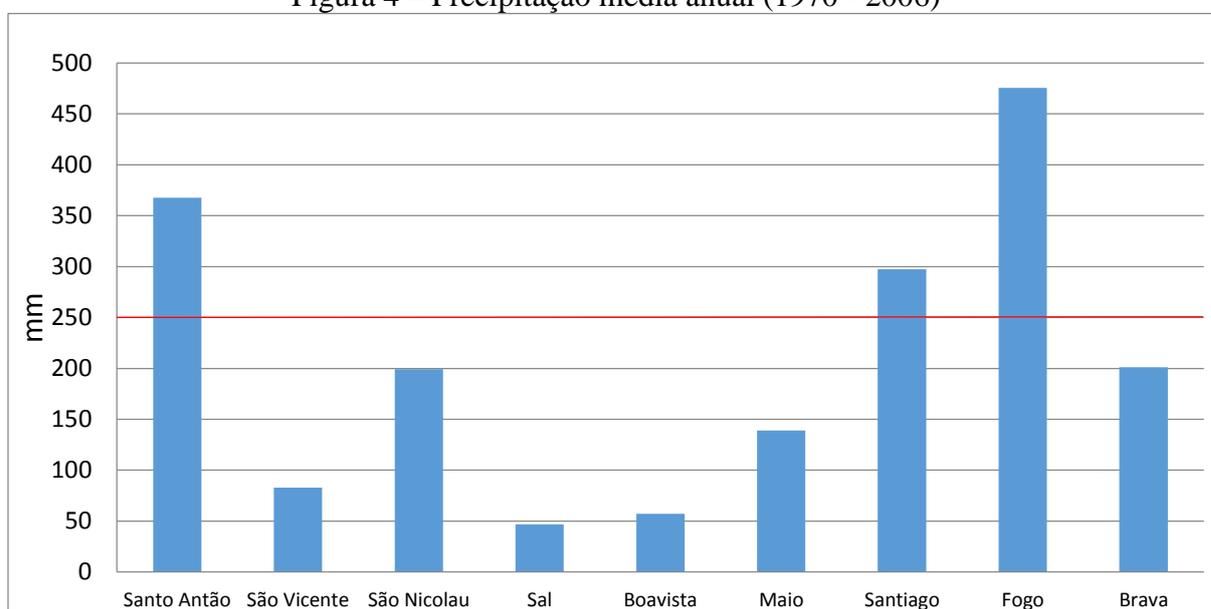
A média mensal para a temperatura do ar fica em torno dos 20 °C no período mais frio, compreendido entre janeiro e abril. Na época mais quente do ano, entre agosto e outubro, a média situa-se próxima de 27 °C (NEVES et al., 2017).

O regime das chuvas encontra-se associado a passagem anual da Frente Intertropical (FIT) pelas ilhas, ocasionando a estação úmida. As chuvas usualmente acontecem entre os

meses de agosto e outubro, podendo por vezes iniciar em julho. Em regiões do território situadas a menos de 400 m de altura a precipitação média anual não ultrapassa 300 mm. As regiões situadas a mais de 500 m de altitude são expostas aos ventos alísios e as precipitações podem ultrapassar 700 mm. Em geral as chuvas caem sob a forma de aguaceiros, chegando a atingir valores iguais ou superiores aos valores médios mensais. A pluviosidade média anual é inferior a 300 mm (MARTINS; REBELO, 2009; MOURA, M. A. B., 2011; NEVES et al., 2017).

Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger, regiões caracterizadas por precipitação anual total média inferior a 250 mm são consideradas como clima desértico. A Figura 4 retrata a precipitação média anual das ilhas habitadas do arquipélago.

Figura 4 – Precipitação média anual (1970 - 2006)



FONTE: Adaptado do INMG de Cabo Verde e MOURA, M. A. B (2011)

Consequência da pluviosidade escassa e irregular sobre todo o território, somado a ação antrópica, o solo encontra-se frequentemente sem qualquer tipo de cobertura vegetal, ficando vulnerável aos efeitos da erosão que são particularmente intensos em ecossistemas secos (MARTINS; REBELO, 2009).

De modo geral, o clima de Cabo Verde pode ser caracterizado por uma longa estação seca que normalmente dura de 8 à 10 meses no ano e por uma curtíssima estação das chuvas (MOURA, M. A. B., 2011).

3.4 RECURSOS HÍDRICOS

O abastecimento de água em Cabo Verde encontra-se fortemente condicionado pelo regime pluviométrico que atinge o arquipélago e pelas condições do clima, solo, vegetação e orografia. Estas condições fazem do arquipélago um dos países mais desfavorecidos em matéria de recursos hídricos (MOURA, M. A. B., 2011).

A baixa pluviosidade média anual, aliada a orografia escarpa e montanhosa da maioria das ilhas, resulta numa fraca recarga de águas subterrâneas. A acumulação da água é prejudicada pela baixa capacidade de infiltração dos terrenos, geralmente desmatados, dada a ação erosiva dos ventos dominantes nas ilhas. Devido as condições citadas, elaborar o balanço hidrológico de Cabo Verde torna-se desafiador, fazendo as estimativas da oferta e demanda potencial de água no arquipélago divergirem. Estima-se que das águas das chuvas que precipitam nas ilhas 20% escorrem sob a forma de águas superficiais, 13% recarregam os aquíferos e 67% evaporam. Em anos de precipitação média, o escoamento superficial representa 181 milhões de metros cúbicos, a recarga das águas subterrâneas representa 124 milhões de metros cúbicos, contudo apenas 65 milhões são tecnicamente exploráveis. A captação de recursos hídricos basicamente reside no aproveitamento dos recursos hídricos superficiais por meio de barragens, exploração dos aquíferos subterrâneos e dessalinização da água do mar. Não existem cursos de água permanentes como rios ou lagos, estando o país constantemente sob ameaça de *stress* hídrico, com tendência para agravar no futuro (MARTINS; REBELO, 2009; MOURA, M. A. B., 2011; SANTOS, 2013).

A construção de barragens objetiva aproveitar a taxa significativa do escoamento de água superficial, apresentando condições para ser explorada em algumas ilhas. São barragens de médio porte destinadas a atender principalmente a agricultura. A exploração dos aquíferos subterrâneos consiste em nascentes, galerias escavadas horizontalmente nos basaltos, poços, aquíferos aluviais e furos profundos. A água dos aquíferos subterrâneos supre parte das demandas de abastecimento humano, agrícola e em alguns casos a pequena indústria e empresas prestadoras de serviços. Entretanto, a exploração dos recursos subterrâneos envolve alguns riscos e incertezas advindo de chuvas torrenciais, fraca cobertura vegetal e da morfologia hidrogeológica dos solos. Outro fator pertinente está associado à relativa proximidade da zona costeira, requerendo um sistema de monitoramento dos mananciais perante a ameaça de intrusão salina. A água proveniente de dessalinização atende parcialmente as demandas nas ilhas de Santo Antão (cidade de Porto Novo), São Vicente, Sal, Boavista e Santiago (cidade da

Praia). Existe também a produção autônoma de água dessalinizada, feita diretamente pelos *resorts* turísticos, fábricas de bebidas e refrigerantes, não dependendo das companhias de água. Embora atenda parte da demanda atual, a dessalinização possuiu encargos financeiros consideráveis, que contribuem para aumentar os custos de produção de algumas indústrias instaladas no país, reduzindo assim a competitividade do país e comprometendo a capacidade de atrair investimentos privados, nacionais e estrangeiros (MOURA, M. A. B., 2011; SANTOS, 2013).

Tanto nas grandes quanto nas pequenas cidades o abastecimento é feito mediante racionamento da oferta de água. O fornecimento é executado em dias alternados e somente por algumas horas, como forma de garantir a pressão no sistema. Nas áreas rurais aproximadamente 78% da população tem acesso à água potável. Cerca de 22% abastecida por meio da rede geral, 49% por meio de chafarizes e 7% em carros-pipa. Por vezes as fontes de água estão distantes das residências, muitas pessoas levam de 15 a 30 minutos para chegar ao ponto de abastecimento de água (MOURA, M. A. B., 2011).

3.5 RECURSOS ENERGÉTICOS

A energia consumida em Cabo Verde é majoritariamente fornecida por derivados de petróleo como gás liquefeito de petróleo (GLP), gasolina, querosene, diesel, *fuel* óleo (óleo combustível pesado) e Jet A1 (combustível de aviação), todos oriundos de importações (CV TRADEINVEST, 2017). Não existe nenhuma informação oficial confirmando a existência de recursos energéticos de origem fóssil ao longo do território das ilhas ou na Zona Econômica Exclusiva (ZEE). Segundo os dados do portal Cabo Verde, não há reservas comprovadas de gás natural, petróleo ou carvão mineral no país.

No que tange as fontes alternativas de energia, a energia solar apresenta o maior potencial a ser explorado. A radiação global registrada na maior parte das ilhas varia entre os 1.800 e os 2.000 kWh/m²/ano, a exceção da ilha do Fogo em que os valores situam-se no intervalo de 2.000 a 2.200 kWh/m²/ano. Praticamente metade do território apresenta valores de radiação direta superiores a 1.500 kWh/m²/ano, o equivalente a 4,1 kWh/m²/dia (GESTO, 2011).

A energia eólica apresenta um potencial considerável, caracterizada por indicadores que apontam ser esta a alternativa mais viável do ponto de vista financeiro, com possibilidades de alcançar custos de geração inferiores a metade do custo das termelétricas (GESTO, 2011).

Um importante indicador de desempenho de um parque eólico é o Fator de Capacidade (FC), sendo definido como a razão entre a energia elétrica total gerada anualmente e a energia que seria gerada se o parque operasse sempre na potência nominal. Pode ser calculado através da Equação 1, podendo o resultado ser expresso na forma decimal, ou na forma percentual (MELO, 2015; ORTIZ, 2016; IEA Wind TCP, 2018).

$$FC = \frac{E_{anual}}{t \times P_{inst}} \quad (1)$$

A variável t é calculada pela Equação 2

$$t = 365 \times 24h = 8.760h \quad (2)$$

onde:

E_{anual} - energia anual gerada

t - número de horas de 1 ano

P_{inst} - potência instalada

De acordo com as simulações para 10 m acima do nível da superfície, a ilha de São Vicente dispõe de maior potencial eólico em termos de velocidade média do vento, possuindo várias partes do território onde se registram velocidades médias superiores a 8,5 m/s. Na ilha de Santiago regista-se velocidades médias de vento entre os 6 e os 8 m/s. As ilhas de São Nicolau, Sal, Fogo e Brava apresentam áreas com um potencial médio/elevado com velocidade média na ordem dos 7 m/s. As ilhas da Boavista e do Maio não apresentam um recurso eólico muito elevado, ficando a velocidade média no intervalo de 6 a 6,5 m/s. A ilha de Santo Antão, apesar da proximidade com a ilha de São Vicente, apresenta potencial eólico significativamente menor, com uma velocidade média inferior a 5 m/s. A direção do vento é geralmente muito constante, os ventos de norte-nordeste prevalecem em todas as estações do ano. De dezembro a maio as velocidades médias de vento são elevadas, entre junho a novembro regista-se um decréscimo considerável das velocidades de vento (GESTO, 2011).

As ilhas de São Vicente e Santiago comportam cerca de 71% da população do arquipélago e maior parte das indústrias existentes no país. Nestas ilhas, os resíduos sólidos urbanos podem ser uma fonte de energia atrativa (INE, 2010; GESTO, 2011).

Na ilha do Fogo existe um vulcão ativo, a última erupção aconteceu entre novembro de 2014 e fevereiro de 2015, porém o potencial geotérmico apresenta elevada incerteza. O

aproveitamento de energia das ondas e mares reside numa tecnologia cercada por dúvidas (GESTO, 2011).

Não foi encontrada nenhuma fonte fazendo referência a quantidade de energia que poderia ser aproveitada através da biomassa.

3.6 SECTOR ENERGÉTICO E DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Em Cabo Verde é comum empresas atuarem tanto no sector energético como no de abastecimento de água.

A Empresa de Eletricidade e Água S.A. (ELECTRA) é uma sociedade anônima que presta serviços de fornecimento de água e energia nas ilhas de Santo Antão, São Vicente, São Nicolau, Sal, Maio, Santiago, Fogo e Brava. Até o ano de 2017 a empresa era responsável pela produção/exploração e distribuição de água em quase todas as ilhas do arquipélago. Atualmente é a empresa com maior potência elétrica instalada, atuando na geração, distribuição e comercialização de energia elétrica. No ano de 2018 a empresa tinha capacidade nominal de 47.200 m³/dia e dispunha de 132 MW de potência instalada, contava com 11 centrais termelétricas, 1 parque eólico e 2 parques de energia solar fotovoltaica.

A empresa Águas e Energia de Boavista (AEB) opera somente na ilha da Boavista, atuando no setor de água e energia, com uma potência instalada de 15,1 MW distribuída entre termelétricas e energia eólica. Utiliza a técnica de dessalinização para assegurar a oferta de água na ilha.

Águas de Ponta Preta (APP) é mais uma empresa que atua no setor de água e energia em Cabo Verde. A empresa possui 7,6 MW de potência instalada na ilha do Sal onde atua com 1 central termelétrica, 2 Parques eólicos e 2 parques de energia solar fotovoltaica. Também utiliza a técnica de dessalinização para atender a demanda de água da população, com uma capacidade nominal de 3.000 m³/dia.

A Cabeólica, S.A. é uma empresa de energia eólica criada em 2009, fruto de uma parceria público-privada entre a InfraCo Africa, o governo de Cabo Verde e a concessionária ELECTRA. Em 2017 os acionistas da empresa eram a *Edison Energy Asset Company* (56,8%), *Finnish Fund for Industrial Cooperation* (37,2%), ELECTRA (3,7%) e o estado de Cabo Verde (2,3%). Em 2017 possuía 4 parques eólicos, compostos por 30 turbinas da marca Vestas, modelo V52 - 850 kW, somando uma potência instalada de 25,5 MW, distribuída pelas ilhas

de São Vicente, Sal, Boavista e Santiago. Começou a operar em 2011, mas só em 2013 os 4 parques eólicos entram em funcionamento total.

A *Electric Wind* trabalha apenas com energia eólica, possuiu 2 unidades da marca Micon, modelo M530 - 250 kW, com 0,5 MW de potência instalada na ilha de Santo Antão.

Águas de Santiago (AdS) é uma empresa pública intermunicipal do sector de água e saneamento da ilha de Santiago. A Empresa surgiu no âmbito da reforma do sector de água e saneamento promovida pelo governo de Cabo Verde em parceria com os municípios da ilha de Santiago e o *Millennium Challenge Corporation* (MCC) dos EUA. Em 2018 a empresa passou a ser responsável pelo saneamento na ilha de Santiago.

Águas de Porto Novo S.A. (APN) é uma Sociedade Anónima constituída em 2005, fruto de uma parceria público-privada entre o governo de Cabo Verde, Câmara Municipal do Porto Novo e a empresa APP. A empresa faz uso da dessalinização de água para abastecer a cidade de Porto Novo, ilha de Santo Antão.

As empresas Cabeólica e *Electric Wind* não possuem rede de distribuição. A energia produzida pela Cabeólica é vendida à ELECTRA e à AEB. No caso da *Electric Wind* a energia produzida é vendida à ELECTRA. A água dessalinizada produzida pela ELECTRA na ilha de Santiago é comercializada pela AdS.

O Serviço Energético Sustentável para Povoações Isoladas mediante Micro redes com Energias Renováveis (SESAM-ER) consiste num projeto que objetiva levar energia elétrica as populações isoladas. Na ilha de Santo Antão, através do projeto SESAM-ER, foi instalada uma central fotovoltaica na localidade de Monte Trigo que abriga uma comunidade isolada. A Central Fotovoltaica de Monte Trigo (CFMT) conta com 290 módulos fotovoltaicos, totalizando 39 kWp, contando também com acumuladores de energia, 48 baterias de 3.850 Ah, trata-se de uma sistema *off-grid*. A gestão é feita mediante uma parceria público privado.

A eletricidade consumida em cada ilha é produzida localmente. A distribuição de potência é desigual, variando entre 1,7 MW na ilha da Brava até os 90 MW na ilha de Santiago. O óleo diesel é utilizado nas centrais de menores dimensões, enquanto o *fuel* óleo utilizado nas centrais com maior potência situadas nas ilhas de São Vicente, Sal e Santiago. A rede de distribuição possui uma extensão com cerca de 297,6 km de linhas aéreas e 538,7 km de linhas subterrâneas. A distribuição de energia na maioria das ilhas é efetuada em média tensão com 20 kV. Na ilha de Santiago existe a única linha de 60 kV com 43 km de extensão. Em algumas

ilhas a rede está sendo ampliada para suportar maior penetração de energias renováveis (SABINO, 2018; ELECTRA, 2018).

No mercado de combustíveis, apenas duas companhias operam no país, a Empresa Nacional de Combustíveis (ENACOL) e a *VIVO Energy*. A ENACOL é uma empresa local com participação acionista da empresa Sociedade Nacional de Combustíveis de Angola (SONANGOL) e da companhia portuguesa GALP. A *VIVO Energy* comercializa produtos da *Royal Dutch Shell* (SHELL). Ambas são responsáveis pelas importações e distribuição de combustíveis no país (CV TRADEINVEST, 2017). Devido a condição insular, as empresas de combustíveis detêm uma rede de distribuição com extensões por todo o território. Cada ilha possui um sistema energético isolado, dotado de características particulares de oferta e demanda. Inicialmente, os combustíveis importados são armazenados nas ilhas de São Vicente, Sal, e Santiago. Posteriormente são redistribuídos por via marítima para as outras ilhas (SABINO, 2018).

Em 2002, mais de 96,8% da eletricidade era produzida a partir de combustíveis fósseis. No ano de 2018, aproximadamente 20% da energia elétrica gerada era originária de fontes renováveis. A Agência de Regulação Económica (ARE) é responsável, desde 2004, pela regulamentação do mercado elétrico e dos combustíveis (CV TRADEINVEST, 2017; ELECTRA, 2018).

A matriz elétrica de Cabo Verde conta com cerca de 180 MW de potência instalada, distribuída em termelétricas, energia eólica e solar fotovoltaica. A capacidade de dessalinização instalada supera os 50.000 m³/dia.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao longo da revisão bibliográfica foram coletadas diversas informações que possibilitaram traçar o perfil hídrico e energético de Cabo Verde. Foram também identificados alguns problemas que carecem de atenção.

4.1 PROBLEMAS IDENTIFICADOS - RECURSOS HÍDRICOS

Condicionado pelas condições climáticas a disponibilidade hídrica no arquipélago é reduzida. As fontes de água subterrâneas tem sido incapazes de atender a toda demanda. A quantidade de água extraída pela ELECTRA foi diminuindo substancialmente na última década, reforçando a ideia apresentada por alguns autores que essas fontes estariam sobre ameaça de *stress* hídrico. A Tabela 3 indica os volumes de água provenientes da dessalinização e de água obtida através de exploração subterrânea entre 2006 e 2017, evidenciando a redução da capacidade das fontes subterrâneas de água.

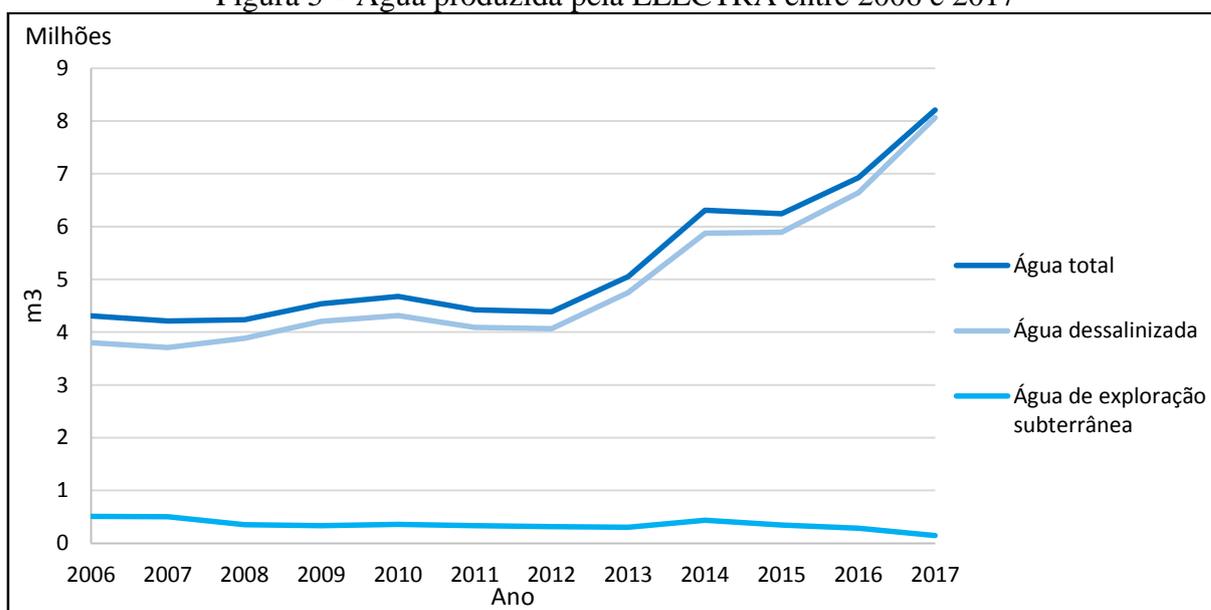
Tabela 3 – Produção de água

Ano	Dessalinização (m ³)	Fontes subterrâneas (m ³)	Total (m ³)
2006	3.797.875	511.894	4.309.769
2007	3.710.960	502.253	4.213.213
2008	3.882.942	353.682	4.236.624
2009	4.203.741	335.110	4.538.851
2010	4.315.950	358.898	4.674.848
2011	4.088.112	334.683	4.422.795
2012	4.066.854	316.836	4.383.690
2013	4.747.399	302.195	5.049.594
2014	5.874.777	436.731	6.311.508
2015	5.893.527	348.769	6.242.296
2016	6.641.713	283.991	6.925.704
2017	8.060.424	149.276	8.209.700

FONTE: Adaptado de ELECTRA (2006 – 2017)

A Figura 5 ilustra o declínio do volume de água originada por fontes subterrâneas, demonstrando como a cada ano a contribuição dessas fontes tornou-se menos significativa.

Figura 5 – Água produzida pela ELECTRA entre 2006 e 2017



FONTE: Adaptado de ELECTRA (2006 – 2017)

O abastecimento de água para boa parte da população em Cabo Verde depende principalmente da água dessalinizada. Estimativas apontam que 53% da população depende da dessalinização para ter acesso a água. Considerando a carência de recursos energéticos no arquipélago e a dependência de combustíveis de origem fóssil um cenário de crise, semelhante a crise do petróleo na década de 1970, comprometeria o acesso a água para a maioria dos habitantes. Em 2018, para cada metro cúbico de água dessalinizada, a ELECTRA dispendia cerca de 3,9 kWh de energia. A Tabela 4 apresenta o custo energético que a ELECTRA teve para cada metro cúbico produzido entre os anos de 2007 e 2018.

Tabela 4 – Custo energético de produção para água dessalinizada

Ano	Água dessalinizada (m ³)	Energia Consumida (kWh)	kWh/m ³
2007	3.710.960	21.818.457	5,879
2008	3.882.942	19.111.166	4,922
2009	4.203.741	18.142.068	4,316
2010	4.315.950	18.320.498	4,245
2011	4.088.112	16.427.677	4,018
2012	4.066.854	17.312.633	4,257
2013	4.747.399	*	*
2014	5.874.777	26.603.749	4,528
2015	5.893.257	28.574.455	4,848
2016	6.641.713	30.451.336	4,585
2017	8.060.424	35.609.158	4,418
2018	8.106.322	31.684.028	3,909

* informação indisponível

FONTE: Adaptado de ELECTRA (2007 - 2018)

Outro ponto desfavorável advindo do custo energético sobre a produção de água reside nas tarifas praticadas. As tarifas de água que vigoram em Cabo Verde são consideradas altas para um país subdesenvolvido. Consumidores residenciais na cidade da Praia, capital de Cabo Verde, pagam aproximadamente USD\$1,99 para cada metro cúbico de água, desde que o consumo mensal não ultrapasse 5 m³. No estado do Rio de Janeiro, que possui uma das tarifas de água mais caras no Brasil, a Companhia Estadual de Águas e Esgotos (CEDAE) cobra USD\$1,02 aos domicílios cujo o consumo não ultrapassar 15 m³. A tarifa da Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará (CAGECE), estado com um dos territórios mais áridos do Brasil, para consumidor residencial é de aproximadamente USD\$0,70 para residências com consumo de até 10 m³.

As perdas técnicas e comerciais constituem outro problema que carece de atenção. Tendo em conta a baixa disponibilidade hídrica das ilhas e os custos advindos do processo de dessalinização, sem considerar a energia despendida para bombear, transportar e processar a água, estas perdas significam desperdício de água e energia, configurando prejuízo financeiro. Em 2017 a ELECTRA relatou perdas na ordem de 33%. No ano de 2016 quase metade da produção de água havia sido perdida. Entre 2006 e 2017 foram perdidos em média 36% da água produzida pela empresa. A Tabela 5 apresenta informações sobre o volume de água perdido no intervalo compreendido entre 2006 e 2017.

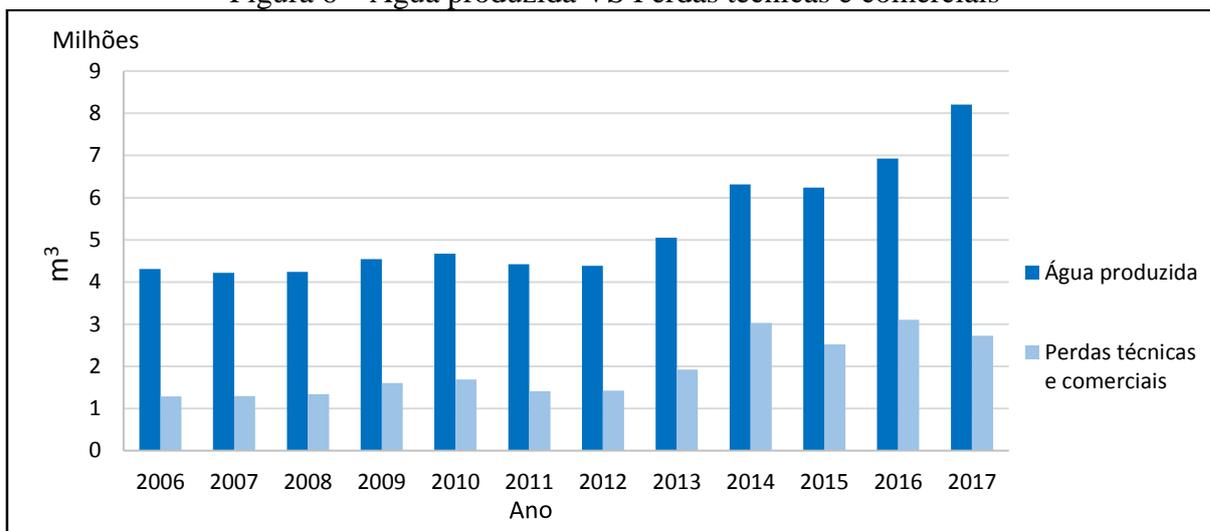
Tabela 5 – Perdas técnicas e comerciais de água

Ano	Produção de Água (m³)	Perdas Técnicas e Comerciais (m³)	Perdas (%)
2006	4.309.769	1.283.483	29,8
2007	4.213.213	1.290.948	30,6
2008	4.236.624	1.336.346	31,5
2009	4.538.851	1.603.761	35,3
2010	4.674.848	1.686.357	36,1
2011	4.422.795	1.403.762	31,7
2012	4.383.690	1.423.630	32,5
2013	5.049.594	1.922.524	38,1
2014	6.311.508	3.024.506	47,9
2015	6.242.296	2.523.390	40,4
2016	6.925.704	3.106.236	44,9
2017	8.209.700	2.721.952	33,2

FONTE: Adaptado de ELECTRA (2006 - 2017)

A Figura 6 permite comparar o volume de perdas em relação a quantidade de água produzida.

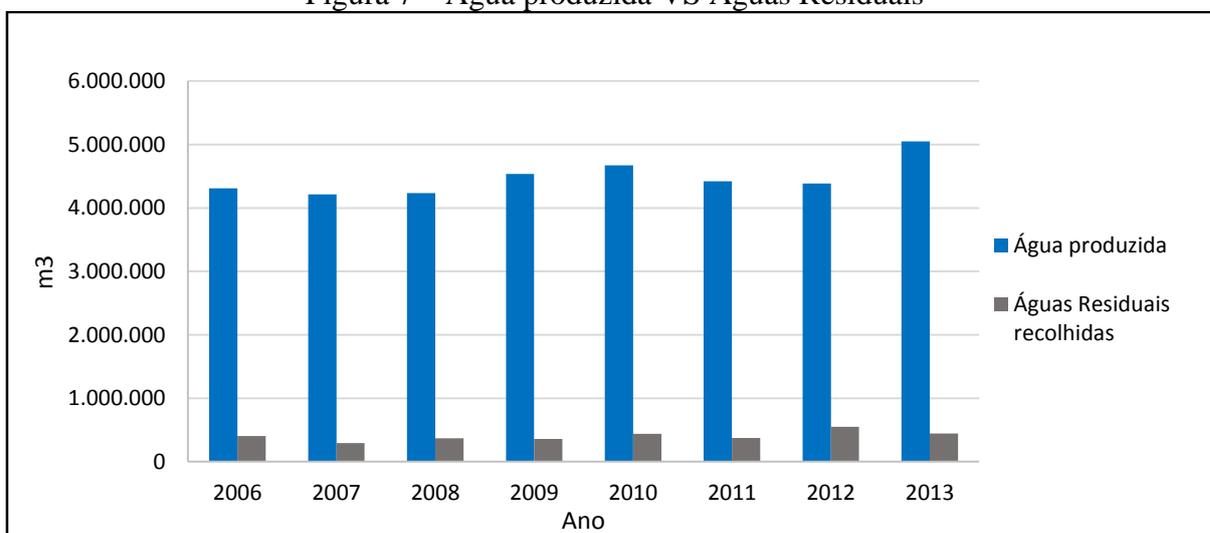
Figura 6 – Água produzida VS Perdas técnicas e comerciais



FONTE: Adaptado de ELECTRA (2006 – 2017)

O tratamento de águas residuais consiste em um dos aspectos talvez mais negligenciados em Cabo Verde. Os dados contidos nos relatórios da ELECTRA demonstram que o volume de água recolhido para tratamento representava, geralmente, menos de 10% do volume de água produzido. Esse fator apresenta um problema ambiental, pois provavelmente essas águas retornam a natureza sem nenhum tipo de tratamento, caracterizando uma séria ameaça ambiental, podendo comprometer ainda mais os recursos hídricos existentes e o desenvolvimento sustentável. Outro ponto de vista a ser considerado seria a possibilidade do uso de águas residuais para fins não potáveis. Sob essa perspectiva, as águas residuais seria uma potencial fonte de recursos hídricos não aproveitada. A Figura 7 ilustra bem a diferença de proporção entre as águas residuais recolhidas e o volume de água produzida.

Figura 7 – Água produzida VS Águas Residuais



FONTE: Adaptado de ELECTRA (2006 – 2013)

A questão de gestão de recursos hídricos e o planejamento também é pertinente. Considerando que o cenário de escassez hídrica tem acompanhado o povo cabo-verdiano ao longo de sua história, o arquipélago ainda carece de uma gestão de recursos hídricos que seja eficiente perante os problemas de natureza hídrica que enfrenta.

Existem referências na literatura sobre a possibilidade da captação de água originada pela ocorrência de neblina em algumas regiões de Cabo Verde, porém não foram encontrados dados técnicos informando sobre o potencial existente.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DA ESCASSEZ DE ÁGUA EM CABO VERDE

Ponderando a respeito das características climáticas que o arquipélago de Cabo Verde apresenta com baixos índices pluviométricos, a inexistência de cursos de água permanentes como rios ou lagos e as evidências da redução da capacidade das fontes subterrâneas, a escassez de água nas ilhas aparentemente seria classificada como sendo escassez física.

Entretanto, considerando o RGPH de 2010 realizado pelo INE apontando que aproximadamente 46% da população não possuía água encanada, indicando a necessidade de expansão da rede de abastecimento, os problemas de abastecimento enfrentados principalmente pela população rural, somado as perdas técnicas e comerciais superiores a 30% relatados pela ELECTRA, acrescentada pelas dificuldades presentes na gestão de recursos hídricos, o cenário poderia também ser identificado como sendo escassez econômica.

Face as informações recolhidas, seria mais apropriado classificar a escassez de água em Cabo Verde como sendo escassez física e econômica.

4.3 PROBLEMAS IDENTIFICADOS - RECURSOS ENERGÉTICOS

O RGPH de 2010 informava que cerca de 19% da população não usufruía de energia elétrica em suas residências, representando uma fração considerável da população que ainda não tinha suas necessidades energéticas devidamente supridas. Outro dado preocupante apontado pelo RGPH reside no fato de 32% da população utilizar lenha para cozinhar os alimentos. O uso de lenha contribui para agravar o cenário de erosão, prejudicando também os poucos recursos hídricos no arquipélago.

O transporte da energia, resulta inevitavelmente em perdas. No caso dos sistemas elétricos as perdas técnicas estão relacionadas à transformação de energia elétrica em energia térmica nos condutores devido ao efeito Joule, assim como perdas nos núcleos dos transformadores, perdas dielétricas, entre outros. Estes tipos de perdas são inerentes ao sistema de transporte de energia elétrica. As perdas não técnicas ou comerciais decorrem principalmente de fraudes como ligação clandestina, desvio direto da rede, adulterações no medidor ou de erros de medição e faturamento.

As perdas técnicas e comerciais informadas pela ELECTRA apresentam valores significativos. Entre os anos de 2006 e 2018 as perdas técnicas e comerciais da empresa foram em média 26%, valor percentual superior às perdas informadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) no Brasil, que estima as perdas em valores próximos aos 15%. Tendo em conta a extensão das linhas de distribuição e as dimensões da rede em cada ilha, que somadas não chegam à 1.000 km, quando comparadas as dimensões da rede elétrica brasileira, cerca de 141.388 km somente de linhas de transmissão, as perdas em Cabo Verde são consideradas elevadas. A Tabela 6 permite confrontar a energia gerada com as perdas técnicas e comerciais de 2006 até o ano de 2018.

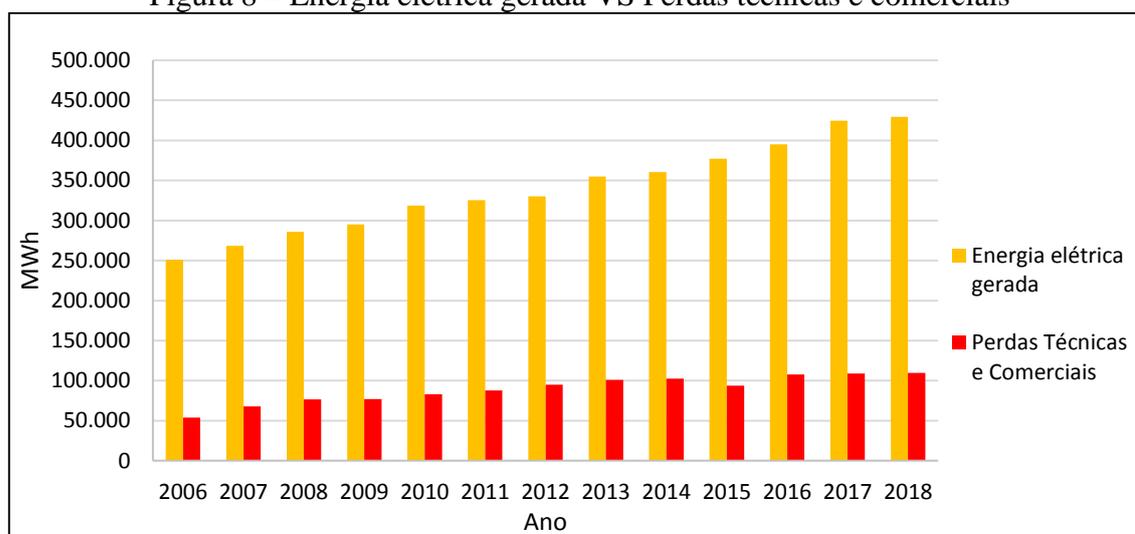
Tabela 6 – Perdas técnicas e comerciais de energia

Ano	Geração de Energia (MWh)	Perdas Técnicas e Comerciais (MWh)	Perdas (%)
2006	250.921	54.069	21,5
2007	268.518	67.761	25,2
2008	285.795	76.559	26,8
2009	294.934	77.065	26,1
2010	318.413	83.198	26,1
2011	325.421	87.802	27,0
2012	330.197	94.894	28,7
2013	354.834	101.084	28,5
2014	360.624	102.600	28,5
2015	377.113	93.900	24,9
2016	395.194	107.900	27,3
2017	424.798	109.082	25,7
2018	429.553	109.664	25,5

FONTE: Adaptado de ELECTRA (2006 - 2018)

A Figura 8 ilustra a comparação entre a energia elétrica gerada e as perdas técnicas e comerciais.

Figura 8 – Energia elétrica gerada VS Perdas técnicas e comerciais



FONTES: Adaptado de ELECTRA (2006 – 2018)

A frequência com que ocorrem os *black-outs* representa outro problema enfrentado pelo setor energético. A interrupção no fornecimento de energia compromete a qualidade do serviço prestado, impactando nas atividades comerciais e de empresas, afetando a qualidade de vida da população e a economia. No relatório de 2018 a ELECTRA relatou alguns *black-outs*, a situação mais crítica encontrava-se na ilha do Maio e na ilha da Brava, como pode ser verificado na Tabela 7.

Tabela 7 – *Black-outs* (quantidade e duração)

Ilha	Quantidade	Duração (min)
Santo Antão	12	167
São Vicente	25	241
São Nicolau	10	116
Sal	26	644
Maio	68	1.816
Santiago	2	117
Fogo	37	625
Brava	50	1.930

FONTES: Adaptado de ELECTRA (2018)

Nos últimos anos Cabo Verde tem apostado no uso de fontes renováveis de energia elétrica, diversificando a matriz elétrica e diminuindo a dependência de combustíveis fósseis. Os efeitos desse investimento já apresenta alguns resultados. Segundo a ELECTRA a energia solar fotovoltaica vem contribuindo com cerca de 2% e a energia eólica com 19% da energia comercializada pela empresa. A Tabela 8 caracteriza a evolução da matriz de geração elétrica.

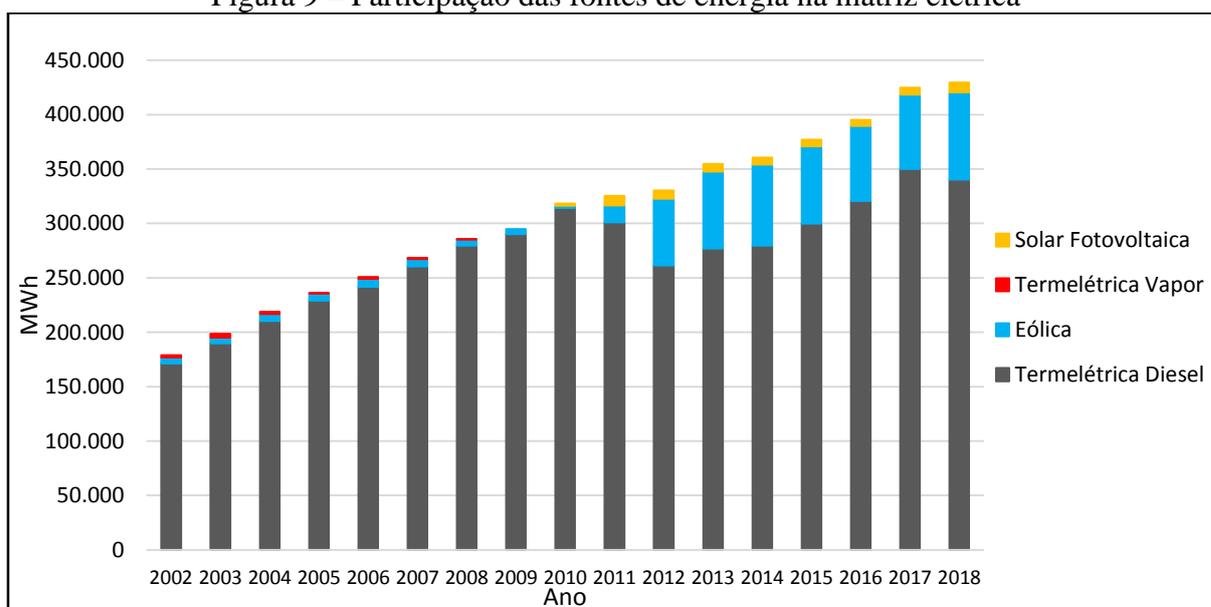
Tabela 8 – Geração de energia elétrica

Ano	Termelétrica Diesel (MWh)	Termelétrica Vapor (MWh)	Eólica (MWh)	Solar Fotovoltaica (MWh)	Total (MWh)
2002	171.247	2.062	5.662		178.971
2003	189.733	3.554	5.366		198.653
2004	210.246	2.137	6.430		218.813
2005	229.132	476	6.450		236.058
2006	241.709	1.772	7.441		250.922
2007	260.465	1.185	6.869		268.519
2008	279.645	640	5.510		285.795
2009	290.273		4.661		294.934
2010	314.316		1.992	2.105	318.413
2011	300.860		15.605	8.956	325.421
2012	261.334		61.399	7.464	330.197
2013	276.840		70.741	7.253	354.834
2014	279.544		74.433	6.647	360.624
2015	299.698		71.208	6.207	377.113
2016	320.572		69.057	5.565	395.194
2017	349.932		68.318	6.548	424.798
2018	340.268		80.231	9.054	429.553

FONTE: Adaptado de ELECTRA (2006 - 2018)

A Figura 9 retrata a participação de cada fonte de energia na geração de energia elétrica nos últimos anos.

Figura 9 – Participação das fontes de energia na matriz elétrica

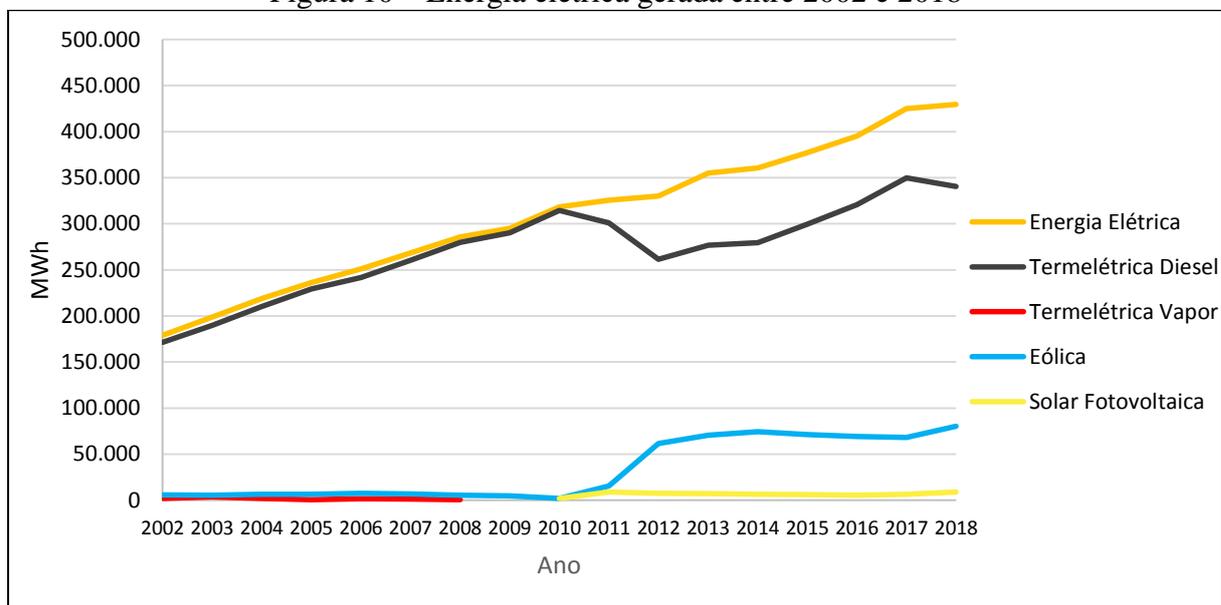


FONTE: Adaptado de Electra S.A (2006 – 2018)

A Figura 10 permite visualizar melhor o impacto que as fontes de energias renováveis tiveram na matriz elétrica. Houve uma redução na participação de termelétricas entre os anos

de 2010 e 2012. A diferença entre a energia elétrica total gerada e a energia de termelétricas nos anos recentes se assemelha a curva de energia gerada por turbinas eólicas, indícios de que a energia eólica teve um impacto relevante na matriz elétrica.

Figura 10 – Energia elétrica gerada entre 2002 e 2018



FONTE: Adaptado de Electra S.A (2006 – 2018)

Segundo o Relatório Anual de 2017, da *Wind Technology Collaboration Programme* (Wind TCP), pertencente a *International Energy Agency* (IEA), entre os países da União Europeia (UE) o FC médio para os parques eólicos instalados em terra é 0,22 e a média dos países que fornecem dados ao programa é 0,27.

Comparando os valores de FC informados no relatório da IEA Wind TCP com os dados da Cabeólica, a energia eólica em Cabo Verde apresentou um bom desempenho entre os anos de 2013 e 2017, com um FC superior à média dos países que participam do Wind TCP, como é possível constatar através da Tabela 9.

Tabela 9 – Desempenho de energia eólica

Ano	Potência instalada (MW)	Energia Gerada (MWh)	FC
2013	25,5	75.200	0,34
2014	25,5	80.879	0,36
2015	25,5	77.153	0,35
2016	25,5	75.426	0,34
2017	25,5	75.290	0,34

FONTE: Adaptado de Cabeólica (2013 - 2017)

As turbinas eólicas utilizadas pela empresa Cabeólica são da fabricante Vestas, modelo V52, com potência de 850 kW.

Conforme previsto pela GESTO, a ilha de São Vicente apresenta um bom potencial eólico, com velocidade média do vento variando entre 9 e 10 m/s, o FC médio é 0,38, sendo de fato a ilha que apresenta as melhores condições de vento para implementação de energia eólica. A Tabela 10 reúne informações do parque eólico instalado na ilha de São Vicente.

Tabela 10 – Parque eólico na ilha de São Vicente

Ano	Nº turbinas	Potência instalada (MW)	Energia gerada (MWh)	Velocidade do vento (m/s)	FC
2013	7	5,95	21.056	*	0,40
2014	7	5,95	22.211	10,0	0,43
2015	7	5,95	19.072	10,2	0,37
2016	7	5,95	18.264	9,9	0,35
2017	7	5,95	19.507	9,6	0,37

* informação indisponível

FONTE: Adaptado de Cabeólica (2013 - 2017)

A ilha do Sal apresenta um potencial considerável, com velocidade média do vento próxima dos 9 m/s e FC médio de 0,26. A Tabela 11 traz as informações do parque eólico da ilha.

Tabela 11 – Parque eólico na ilha do Sal

Ano	Nº turbinas	Potência instalada (MW)	Energia gerada (MWh)	Velocidade do vento (m/s)	FC
2013	9	7,65	16.544	*	0,25
2014	9	7,65	16.640	8,9	0,25
2015	9	7,65	18.776	8,9	0,28
2016	9	7,65	17.227	9,1	0,26
2017	9	7,65	16.541	8,8	0,25

* informação indisponível

FONTE: Adaptado de Cabeólica (2013 - 2017)

Embora a GESTO aponte-se a ilha da Boavista como uma das ilhas com menor potencial eólico, os dados da Cabeólica indicam uma velocidade média próxima de 9 m/s e FC médio de 0,33. A Tabela 12 relata os números do parque eólico da Boavista.

Tabela 12 – Parque eólico na ilha da Boavista

Ano	Nº turbinas	Potência instalada (MW)	Energia gerada (MWh)	Velocidade do vento (m/s)	FC
2013	3	2,55	5.264	*	0,24
2014	3	2,55	8.130	8,9	0,36
2015	3	2,55	7.633	8,8	0,34
2016	3	2,55	7.883	9,0	0,35
2017	3	2,55	7.959	8,9	0,36

* informação indisponível

FONTE: Adaptado de Cabeólica (2013 - 2017)

A ilha de Santiago detém o parque eólico com maior potência instalada, contudo apresenta velocidade média de vento inferior aos outros parques da empresa, os valores variam pouco, entre 8,2 e 8,6 m/s, porém detém o melhor FC médio com 0,39. A tabela 13 contém informações do parque eólico da ilha de Santiago.

Tabela 13 – Parque eólico na ilha de Santiago

Ano	Nº turbinas	Potência instalada (MW)	Energia gerada (MWh)	Velocidade do vento (m/s)	FC
2013	11	9,35	32.336	*	0,39
2014	11	9,35	33.898	8,6	0,41
2015	11	9,35	31.672	8,3	0,39
2016	11	9,35	32.052	8,3	0,39
2017	11	9,35	31.283	8,2	0,38

* informação indisponível

FONTE: Adaptado de Cabeólica (2013 - 2017)

Todavia, um aspecto se destaca nos dados da Cabeólica, não houve aumento de potência instalada durante os anos de 2013 e 2017. Quando essa informação é confrontada com os relatórios da ELECTRA, torna-se ainda mais perceptível que não houve aumento de potência instalada das fontes de energias renováveis entre 2013 e 2018. O mesmo não ocorreu com as termelétricas que tiveram aumento de potência instalada entre 2014 e 2015, sofrendo redução entre 2015 e 2017, mas voltando a aumentar entre 2017 e 2018. A Tabela 14 apresenta a evolução da potência elétrica instalada entre 2006 e 2018.

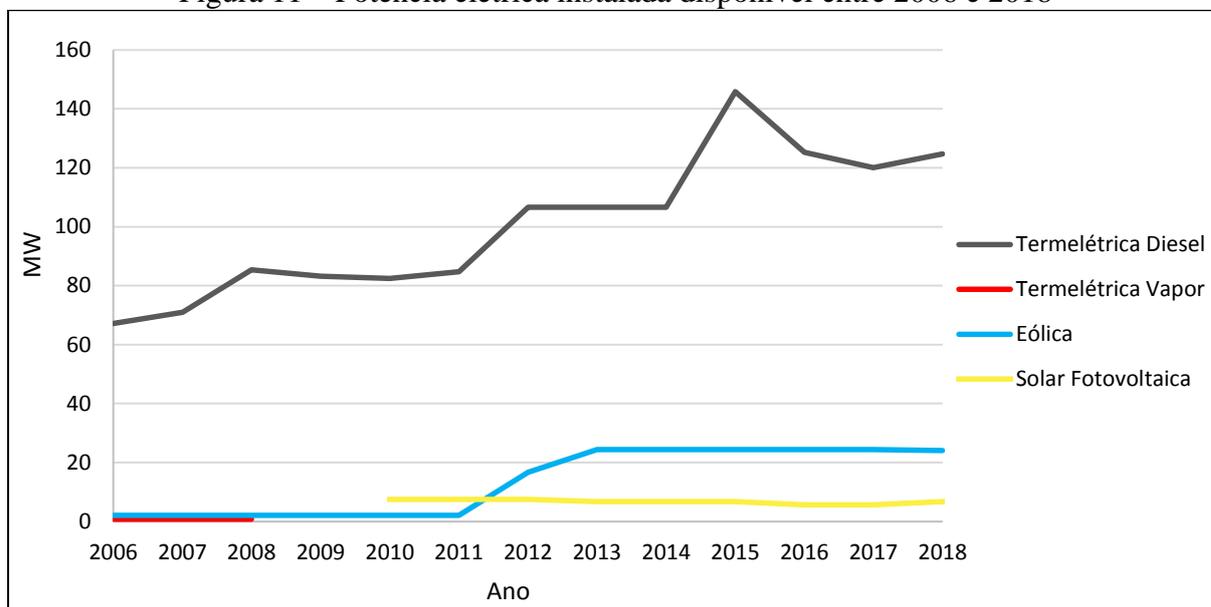
Tabela 14 – Potência elétrica instalada

Ano	Termelétrica Diesel (MW)	Termelétrica Vapor (MW)	Eólica (MW)	Solar Fotovoltaica (MW)	Total (MW)
2006	67	1	2		70
2007	71	1	2		74
2008	85	1	2		88
2009	83		2		85
2010	82		2	8	92
2011	85		2	8	94
2012	107		17	8	131
2013	107		24	7	138
2014	107		24	7	138
2015	146		24	7	177
2016	125		24	6	155
2017	120		24	6	150
2018	125		24	7	155

FONTE: Adaptado de ELECTRA (2006 - 2018)

A Figura 11 ilustra de forma bem evidente como a potência das fontes de energia renováveis, nomeadamente eólica e solar fotovoltaica, não foram alvos de investimentos visando ampliação da potência instalada.

Figura 11 – Potência elétrica instalada disponível entre 2006 e 2018



FONTE: Adaptado de Cabeólica (2013 - 2017) e Electra S.A (2006 – 2018)

Não foi possível determinar se o motivo de não ampliação da potência instalada das fontes de energia renováveis seria de natureza econômica ou por limitação técnica.

Não foi encontrado nenhum documento informando sobre o uso de biodigestores em Cabo Verde. Possivelmente este recurso energético seja pouco conhecido nas ilhas.

4.4 ALTERNATIVAS PARA A PROBLEMÁTICA HÍDRICA E ENERGÉTICA

Investir na gestão de recursos hídricos e energéticos seria um dos primeiros passos para a solução da problemática. A gestão de recursos hídricos tem sido pouco eficiente no país. As políticas energéticas também precisam ser definidas de forma mais cautelosa e alinhadas com a gestão de recursos hídricos. Conforme orientações de obras consultadas, instituições ou mecanismos para monitorar, entender e gerenciar os parâmetros envolvendo a demanda e oferta de água e energia são imprescindíveis para melhorar políticas e modelos de gestão hídrica e energética.

A captação de água da neblina é apontada em alguns documentos como uma forma viável de obtenção de água potável em algumas localidades de Cabo Verde, porém carece de informações técnicas que permitam analisar a sua viabilidade, contudo tendo em conta a

carência de recursos hídricos nas ilhas é uma opção que não deverá ser descartada, de modo que seria interessante conduzir estudos e pesquisas sobre o assunto.

A ausência de tratamento de águas residuais representa uma fonte de recursos hídricos ignorada. Atualmente Israel, país que semelhantemente sofre de escassez hídrica, obtém água principalmente por meio de dessalinização e a reutilização, quase total, do esgoto. O país tem conseguido prosperar mesmo contando com uma área arável de apenas 15,45% do seu território, sendo uma das referências mundiais em tecnologia agrícola e de recursos hídricos. A empresa APP vem realizando esforços nesse sentido, implementando mecanismos de reutilização de água. Os mesmos métodos poderiam ser aplicados por outras empresas e instituições. Outra alternativa interessante seria a adoção de projetos de fossa verde (conhecido igualmente como canteiro biossético) como modelo de tratamento de efluente domiciliar que aproveita a água e os nutrientes provindos do esgoto para a formação de quintais produtivos, podendo contribuir também para o aumento da oferta de alimentos. Projetos de fossa verde podem ser especialmente atrativos para os domicílios localizados nas áreas rurais, sendo que muitos carecem de sistema de saneamento adequado. Ressaltando que estas iniciativas poderão evitar que águas de esgoto retornem para a natureza sem nenhum tipo de tratamento.

Em relação ao custo energético da produção de água dessalinizada, seria interessante a integração das fontes de energias renováveis com a tecnologia de dessalinização. Por exemplo, alguns países que apresentam elevado potencial de energia solar já colocaram em execução projetos de unidades dessalinizadoras que utilizam energia solar. A energia eólica também apresenta condições de ser integrada a projetos de dessalinização. Nesse sentido, as fontes de energia renováveis mostram-se ainda mais atrativas para Cabo Verde.

O documento “Plano Energético Renovável Cabo Verde” elaborado pela GESTO identifica um grande potencial de energia solar a ser explorado, os resultados obtidos pelo projeto SESAM-ER na localidade de Monte Trigo também reforçam essa posição. Os dados da Cabeólica demonstram que a energia eólica é igualmente promissora. Destacando que ainda existe a possibilidade de instalação de turbinas eólicas *offshore*, a semelhança do que já é feito em alguns países europeus. Nessa vertente, a geração distribuída, que consiste na geração de energia descentralizada através de sistemas geradores que ficam próximos ou até mesmo na própria unidade consumidora, poderia ser vantajosa para o país, especialmente mediante instalação de módulos fotovoltaicos em residências, empresas e indústrias. Contudo, a implementação da geração distribuída requer uma regulamentação bem definida, afim de evitar transtornos que poderiam prejudicar concessionárias e população. Tanto a geração distribuída

como a implementação de parques eólicos *offshore* são projetos que necessitam de avaliação cuidadosa, principalmente devido a limitada capacidade financeira e tecnológica do arquipélago.

Os resíduos sólidos urbanos representam uma fonte de energia ainda não explorada nas ilhas. A questão de tratamento de resíduos sólidos em Cabo Verde consiste num problema ambiental e de saúde pública. Os resíduos não passam por nenhum tipo de tratamento, sendo expostos a céu aberto em espaços sem nenhum tipo de vedação, envolvendo risco de contaminação do solo. O uso de resíduos sólidos para fins energéticos seria benéfico sob vários pontos de vista.

Investir em eficiência e prevenção de perdas representa custos financeiros menores do que os necessários para expandir a capacidade de geração de energia elétrica, seja por meio de termelétricas ou energias renováveis. O mesmo se aplica a rede de abastecimento de água. O custo de investir em eficiência e prevenção de perdas apresenta encargos menores do que o de aumentar a capacidade de produção de água, seja via dessalinização ou exploração subterrânea. As perdas técnicas e comerciais são elevadas na rede de distribuição de energia elétrica. Esta energia perdida poderiam atender a várias outras demandas. No caso da água as perdas são ainda mais expressivas e os prejuízos maiores. Ressaltando que de acordo com o RGPH de 2010, 46% da população ainda não possuía água encanada e 19% da população não desfrutava de energia elétrica, parcela significativa da população com demandas ainda por atender.

A implementação de biodigestores potencialmente poderá reduzir o uso de lenha, contornado a ameaça que esta representa em termos de erosão. Biodigestores são relativamente baratos e fáceis de operar. Utilizando resíduos provenientes da agricultura e pecuária, atividades comuns entre a população rural das ilhas, seria possível obter biogás e substituir a lenha por este recurso.

A principal de todas as alternativas para o problema dos recursos hídricos e energéticos em Cabo Verde envolve a educação. A população precisam ser conscientizada sobre a situação dos recursos hídricos e energéticos no país, entendendo o impacto que esses dois recursos tem na realidade vivenciada nas ilhas. A má educação em questões de saneamento resulta em custos para a saúde pública e desperdício de água potável. Parcela significativa das perdas comerciais são produto de furtos e fraudes na rede de abastecimento de água e de energia elétrica. Esses atos prejudicam financeiramente as empresas e os demais consumidores, com reflexos na economia do país. Nenhum planejamento elaborado por instituições ou medida de eficiência adotado por empresas será eficaz sem a colaboração dos cidadãos cabo-verdianos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A baixa pluviosidade e ausência de recursos energéticos são, provavelmente, os maiores entraves ao desenvolvimento social e econômico do arquipélago de Cabo Verde. Se a água por si só constitui um recurso valioso, em Cabo Verde devido à enorme carência hídrica ela torna-se mais preciosa ainda. As fontes de energia convencional figuram entre os recursos que as ilhas igualmente carecem. Considerando este contexto, investir em eficiência e prevenção de perdas deverá ser uma prioridade, principalmente por apresentar custos financeiros menores do que os custos para aumento de produção. A redução de perdas permitirá aumentar a oferta de água e energia, além de reduzir prejuízos econômicos e impactos ambientais.

Devido as particularidades do clima e das características insulares a atuação de instituições que monitorem a situação de recursos hídricos e energéticos nas ilhas, afim de compreender melhor a relação entre o clima, recursos hídricos e energéticos torna-se essencial. Propiciando assim a elaboração de propostas que ajudem na formulação de políticas adequadas à realidade cabo-verdiana, permitindo contornar a escassez hídrica e ausência de recursos energéticos de origem fóssil, atenuando dessa forma parte dos problemas de natureza social e econômico.

Alternativas pouco exploradas, como uso de resíduos sólidos urbanos para geração de energia elétrica e implementação de biodigestores para produção de biogás, oferecem benefícios tanto do ponto de vista energético como ambiental. O reuso de águas residuais e projetos de fossa verde também podem contribuir para o aumento da oferta de água e oferecer vantagens ambientais, porém são práticas pouco usuais ou inexistentes nas ilhas. Energias renováveis, como a solar e a eólica, ainda tem muito para serem exploradas. Os projetos envolvendo energia solar ainda são tímidos e os dados coletados demonstram que a energia eólica poderá contribuir muito para reduzir a dependência de combustíveis fósseis.

Difícilmente o abastecimento de água poderá ser assegurado sem o uso da técnica de dessalinização, porém seria aconselhável procurar meios para reduzir custos e tentar aliar a técnica com as energias renováveis, procurando tornar o processo mais sustentável.

A população precisa estar ciente da importância dos recursos hídricos e energéticos para o arquipélago. Educar a população sobre água e energia é imprescindível, pois apenas mediante um esforço conjunto entre autoridades, empresas e população serão alcançadas soluções para a problemática que o arquipélago enfrenta.

REFERÊNCIAS

ADS - ÁGUAS DE SANTIAGO. Disponível em: <<https://www.ads.cv/index.php>> Acesso em 12 agosto 2019.

ANAS - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA E SANEAMENTO. Disponível em: <<http://www.anas.gov.cv/>> Acesso em 12 agosto 2019.

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/metodologia-distribuicao/-/asset_publisher/e2INtBH4EC4e/content/perdas/654800?inheritRedirect=false> Acesso em 22 agosto 2019.

APP - ÁGUAS DE PONTA PRETA. Disponível em: <<http://aguaspontapreta.cv>> Acesso em 12 agosto 2019.

BEHRENS, P. et al. Climate change and the vulnerability of electricity generation to water stress in the European Union. **Nature Energy**. v. 2, July. 2017.

BORDIGNON, S. **Dessalinização da água do mar como alternativa para obtenção de água potável**. 2016. 39 f. Dissertação (Pós-graduação em Economia e Meio Ambiente) – Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

BROUWER, F. et al. Energy modelling and the Nexus concept. **Energy Strategy Reviews**. v. 19, p. 1-6. 2018

CABEÓLICA. **Relatório e Contas**. 2013 – 2017. Disponível em: <<http://www.cabeolica.com/site1/sobre-nos/relatorio-e-contas/>> Acesso em 12 agosto 2019.

CABO VERDE DADOS DO PORTAL. Disponível em: <<http://caboverde.opendataforafrica.org/apps/gallery>> Acesso em 26 fevereiro 2019.

CAGECE - Companhia de Água e Esgoto do Estado do Ceará. Disponível em: <<https://www.cagece.com.br/produtos-e-servicos/precos-e-prazos/estrutura-tarifaria/>> Acesso em 22 agosto 2019.

CANIATO, B. J. Cabo Verde: a fome em sua literatura. **VEREDAS**. Porto Alegre. v.7, p.131-144, 2006. Disponível em: <<https://digitalis-dsp.uc.pt/jspui/handle/10316.2/34489>>. Acesso em: 07 maio 2018.

CARVALHO, J. F. Energia e sociedade. **Estudos Avançados**. v.28, n.82, p. 25-39, 2014.

CAWMA - COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF WATER MANAGEMENT IN AGRICULTURE. **Water for food, Water for life: Insights from the Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture**. 2006. Disponível em: <http://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files_new/publications/Discussion%20Paper/InsightsBook_Stockholm2006.pdf> Acesso em: 24 fevereiro 2019.

CBIE – CENTRO BRASILEIRO DE INFRA ESTRUTURA. Disponível em: <<https://cbie.com.br/artigos/quantos-quilometros-de-linha-de-transmissao-de-energia-temos-no-brasil/>> Acesso em 22 agosto 2019.

CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos. Disponível em: <<https://www.cedae.com.br/tarifas>> Acesso em 21 agosto 2019.

CIA - CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY. The World Factbook. Disponível em <<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cv.html>> Acesso em: 12 agosto 2019.

COELHO, C. F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J. C. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Eng Sanit Ambient**. v.23, n.4, p. 801-810, 2018.

CV TRADEINVEST - CABO VERDE TRADEINVEST. Informações sobre o Setor das Energias em Cabo Verde. 2017. Disponível em: <https://cvtradeinvest.com/wp-content/uploads/bsk-pdf-manager/2018/03/Infografia_sector_da_energia2.pdf> Acesso em: 24 fevereiro 2019.

ELECTRA - EMPRESA DE ELETRICIDADE E ÁGUA, S A. **Relatório e Contas**. 2006 – 2018. Disponível em: <<http://www.electra.cv/index.php/2014-05-20-15-47-04/relatorios-sarl>> Acesso em 12 agosto 2019.

EOS - EOS Organização e Sistemas Ltda. Disponível em: <<https://www.eosconsultores.com.br/os-custos-da-dessalinizacao-da-agua/>> Acesso em 21 agosto 2019.

FONSECA, J. P. B. D. **Integração das Fontes de Energia Renovável em Ilhas e Regiões Remotas**. Praia: Uni-CV, 2010.

GAIO, S. S. M. **Produção de água potável por dessalinização: tecnologias, mercado e análise de viabilidade económica**. 2016. 90 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia da Energia e do Ambiente) – Faculdade de Ciências, Departamento de Engenharia Geográfica, Geofísica e Energia, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2016.

GALITO, M. S. **Terrorismo na Região do Sahel**. Centros de Estudo do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa. n.118, 2013.

GESTO - GESTO ENERGIA S.A. Plano energético renovável Cabo Verde. 2011.

GOMES FILHO, H. R.; ROCHA, E. F. C.; OLIVEIRA, V. P. S. Produção e consumo de água dessalinizada em plataforma de petróleo. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, RJ, v.8, n.2, p. 9-17, Jul./Dez. 2014.

GOVERNO DE CABO VERDE. Disponível em: <<http://www.governo.cv/index.php/dados-gerais>> Acesso em 26 fevereiro 2018.

IEA Wind TCP - International Energy Agency Wind Technology Collaboration Programme. Annual Report 2017. Set, 2018.

INE - INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA DE CABO VERDE. Disponível em: <<http://ine.cv>> Acesso em 12 agosto 2019.

INMG - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA E GEOFÍSICA DE CABO VERDE

INOCÊNCIO, J. C. G. **Forças Armadas de Cabo Verde. O Impacto Económico e Financeiro da Profissionalização das Forças Armadas**. 2016. Dissertação (Mestrado em Administração Militar) - Academia Militar, Lisboa, 2016.

JANNUZZI, G. M.; SWISHER, J.; REDLINGER, R. **PLANEJAMENTO INTEGRADO DE RECURSOS ENERGÉTICOS: Oferta, demanda e suas interfaces**. 2. ed. Campinas: IEI, 2018.

MARTINS, B.; REBELO, F. Erosão e paisagem em São Vicente e Santo Antão (Cabo Verde): O risco de desertificação. **Territorium**, n.16, p. 69-78, 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10316/13288>> Acesso em 08 março 2018.

MARTINS, S. S. S. et al. Produção de petróleo e impactos ambientais: algumas considerações. **HOLOS**. v.6, n 31, p. 54-76, 2015.

MELFI, A. J. et al. (Org.). Recursos Minerais no Brasil: problemas e desafios. Academia Brasileira de Ciências. Rio de Janeiro, 2016.

MELO; J. L. Análise das etapas de desenvolvimento de projetos de energia eólica – estudo de caso. 2015. 52 f. Dissertação (Especialista em Economia e Meio Ambiente) - Pós-graduação

em Economia e Meio Ambiente, Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

MOURA, G. N. P. **A Relação Entre Água e Energia: Gestão Energética nos Sistemas de Abastecimento de Água das Companhias de Saneamento Básico do Brasil.** 2010. 222 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Planejamento Energético) - Programa de Planejamento Energético, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

MOURA, M. A. B. **Os Custos da Água como um Bem Econômico e Social no Município da Praia (Cabo Verde).** 2011. 109 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

MOURA, M. A. B.; ARAÚJO, R. C. P. Custo total da água como um bem social e econômico: o caso do sistema de abastecimento do concelho da praia, ilha de Santiago-CV. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos.** v.9, n.4, p.34-48, Out/Dez. 2014.

NEVES, D. J. D. et al. Aspectos gerais do clima do arquipélago de Cabo Verde. **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais.** v.13, n.1, p. 59-73, Abr. 2017.

OLIVEIRA, V. P. V. et al. (Org.). Cabo Verde: análise e perspectivas para o desenvolvimento sustentável em áreas semiáridas. Edições UFC. Fortaleza, 2012.

ORTIZ; G. S. **Análise do potencial eólico pelo software WAsP comparando dados de torre de medição local com dados do INMET na cidade de Rio Grande, RS.** 2016. 36 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Energia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

PERREIRA, D. A. Das Relações Históricas Cabo Verde/Brasil. Fundação Alexandre Gusmão. Brasília, 2011.

PIMENTEL, F. O fim da era do petróleo e a mudança do paradigma energético mundial: perspectivas e desafios para a atuação diplomática brasileira. Fundação Alexandre de Gusmão. Brasília, 2011.

SABINO, L. R. F. Proposta de planejamento para o setor elétrico de Cabo Verde. 2018. 148 f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia de Energia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2018.

SANTOS, A. A. M. **Análise custo/benefício do processo da dessalinização da água do mar.** 2013. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas) – Escola Superior de Tecnologias e Gestão, Instituto Politécnico de Leiria, Leiria - Portugal, 2013.

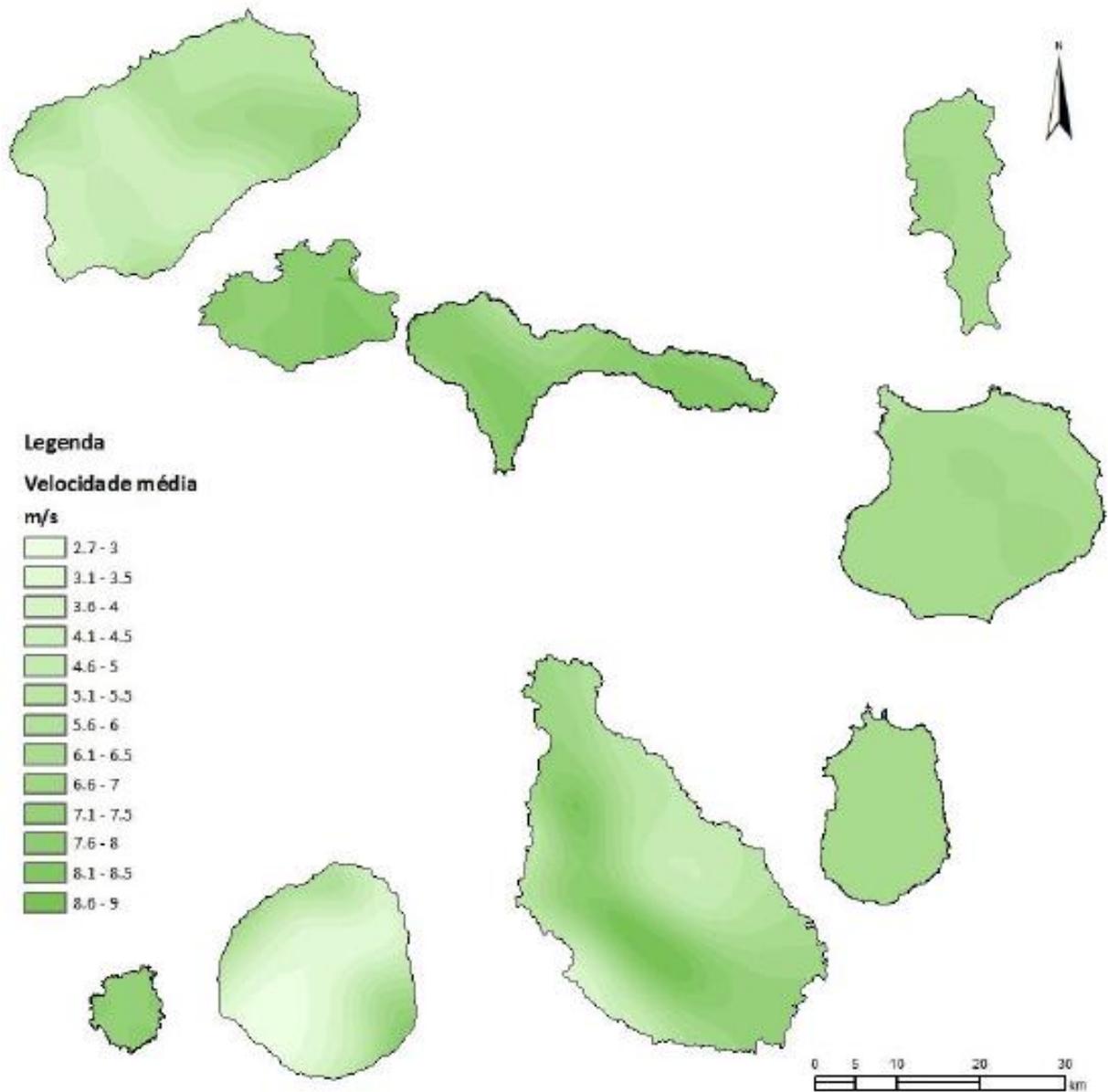
SCANLON, B. R.; DUNCAN, I.; REEDY, R. C. Drought and the water–energy nexus in Texas. **Environmental Research Letters**, n.8, p. 1-14, 2013.

SESAM-ER - SERVIÇO ENERGÉTICO SUSTENTÁVEL PARA POVOAÇÕES RURAIS ISOLADAS MEIDANTE MICRO-REDES COM ENERGIAS RENOVÁVEIS. Disponível em: <<http://sesam-er.no.comunidades.net/index.php>> Acesso em 21 agosto 2019.

VISCONDI, G. F. et al. **Uso de água em termoelétricas**. Série Termoeletricidade em Foco. IEMA - Instituto de Energia e Meio Ambiente. São Paulo, novembro de 2016.

ANEXOS

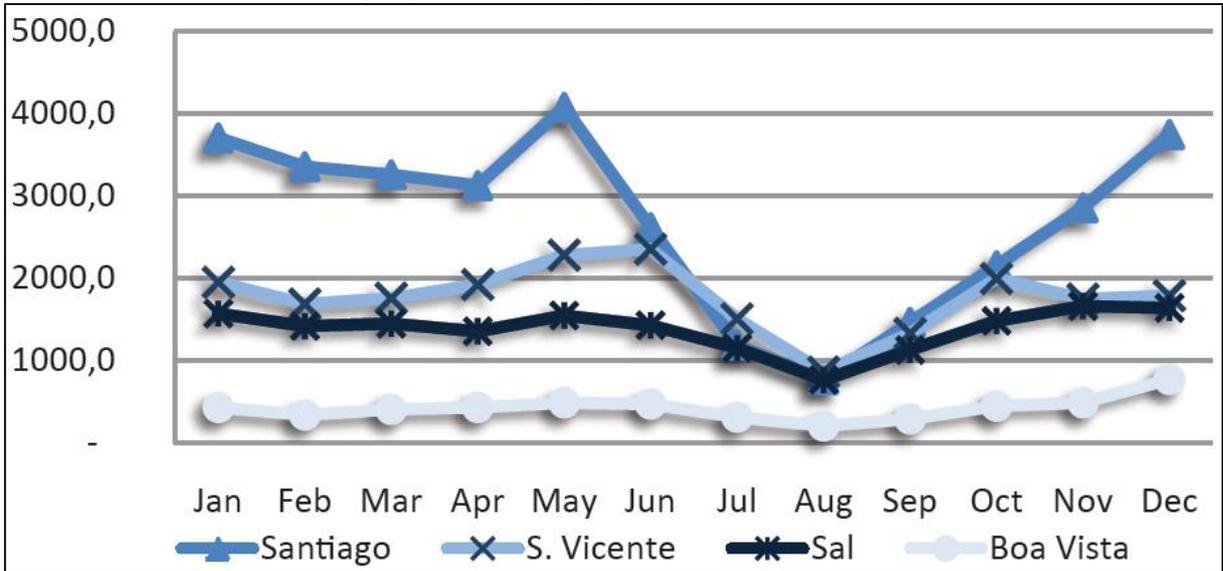
ANEXO 1 – Velocidade média do vento em Cabo Verde obtida por simulação para 10 m acima do nível da superfície.



FONTE: GESTO (2011)

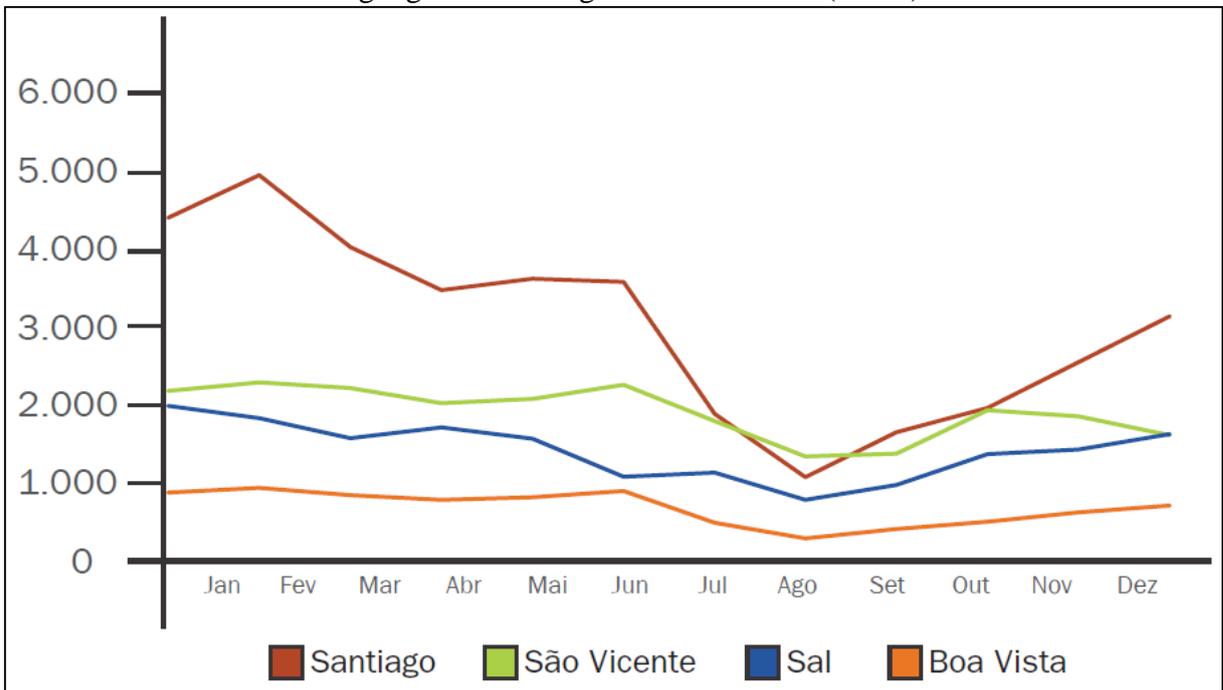
ANEXO 2 – Geração de energia nos parques eólicos da Cabeólica entre 2013 e 2017

Energia gerada ao longo do ano de 2013 (MWh)



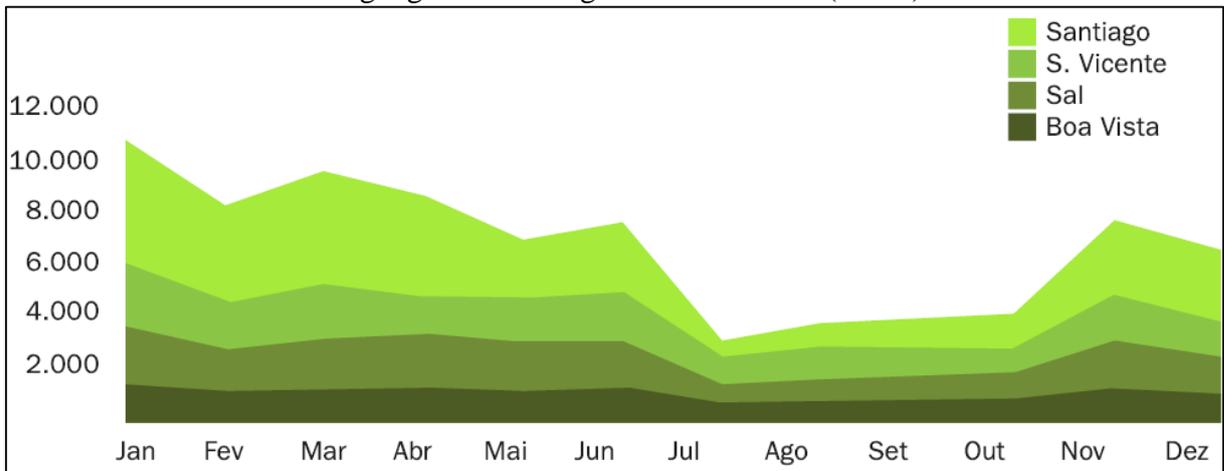
FONTE: Cabeólica (2013)

Energia gerada ao longo do ano de 2014 (MWh)



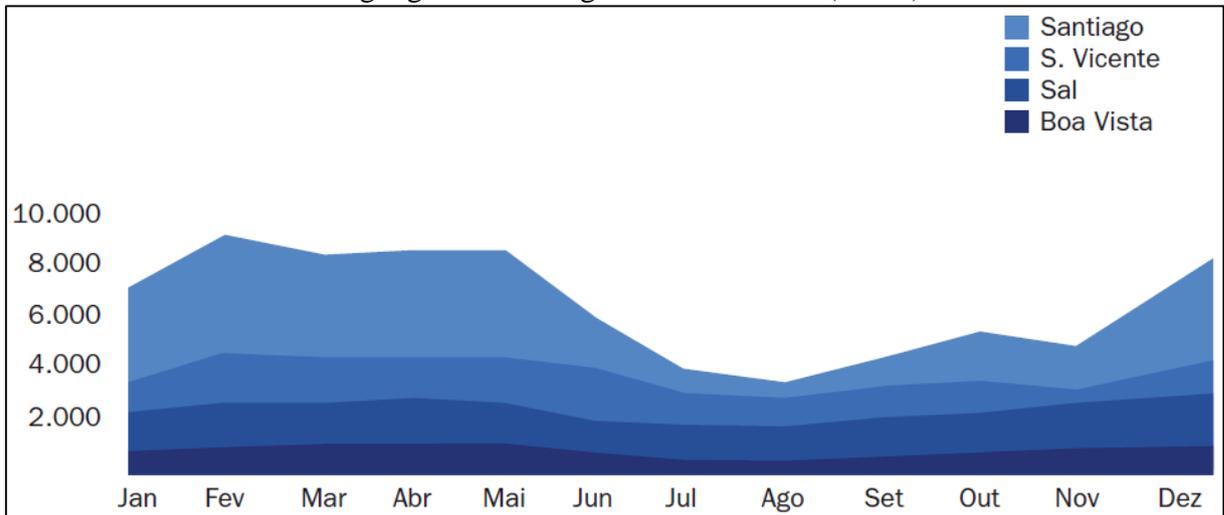
FONTE: Cabeólica (2014)

Energia gerada ao longo do ano de 2015 (MWh)



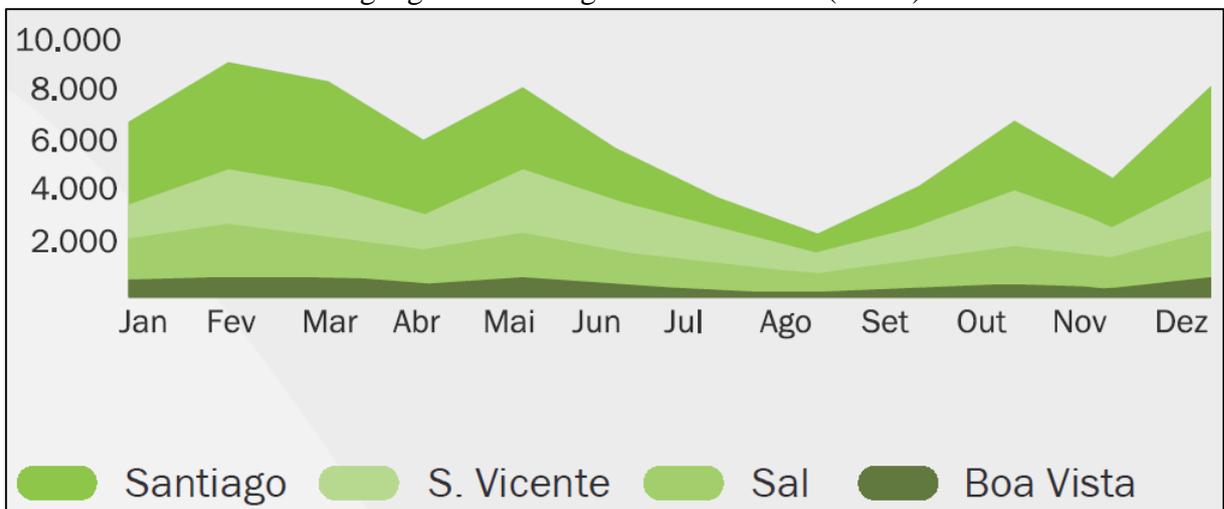
FONTE: Cabeólica (2015)

Energia gerada ao longo do ano de 2016 (MWh)



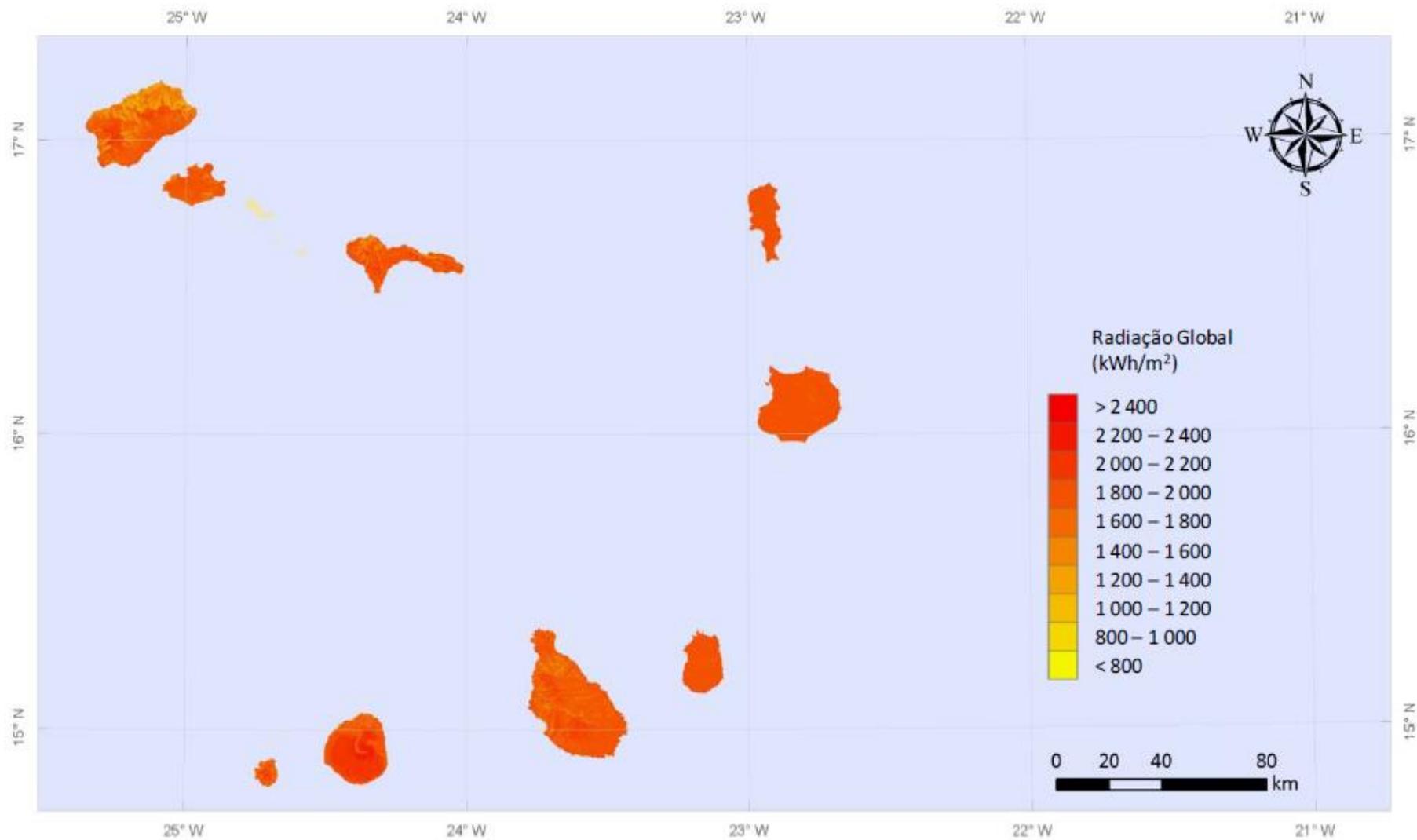
FONTE: Cabeólica (2016)

Energia gerada ao longo do ano de 2017 (MWh)



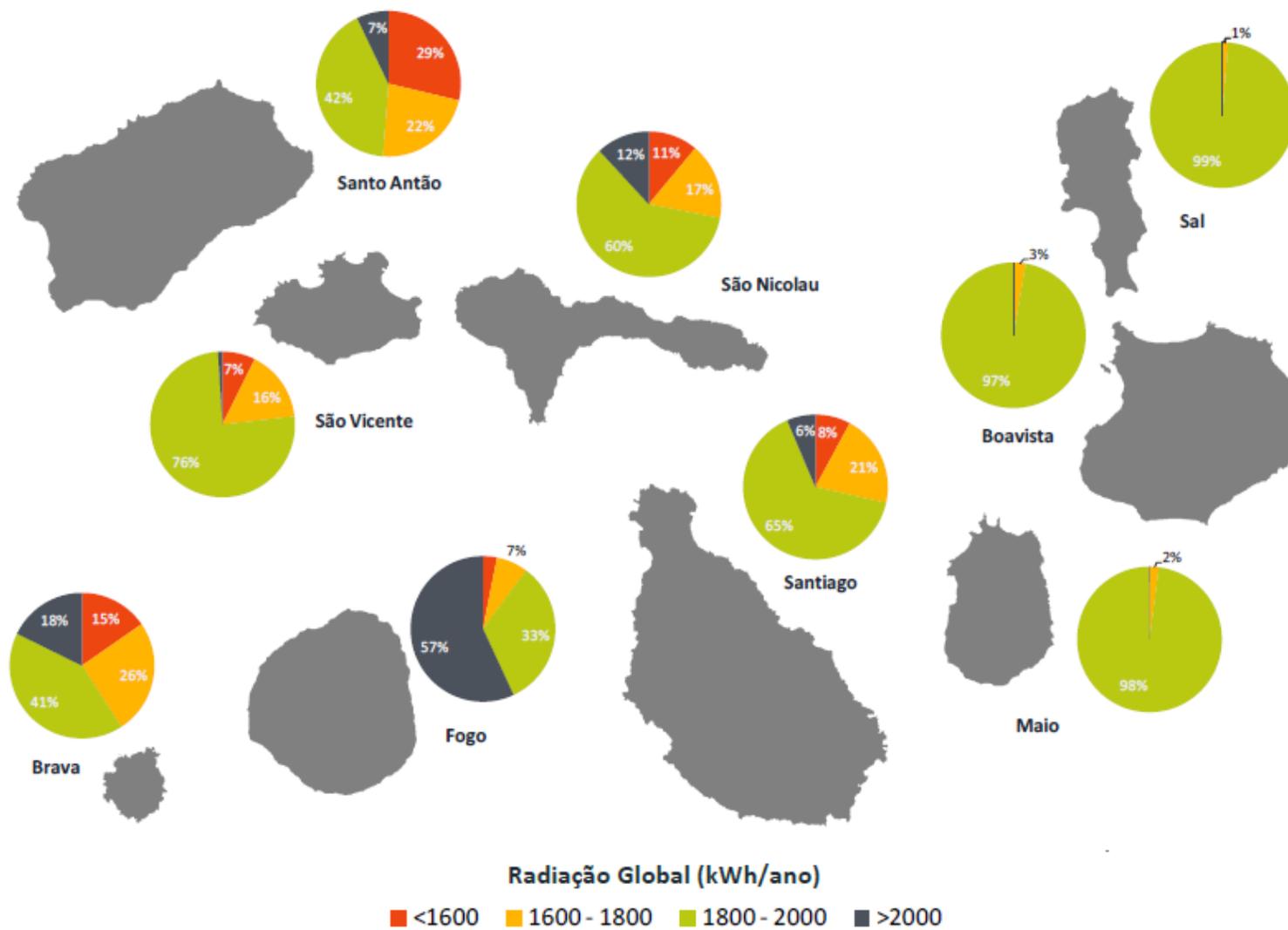
FONTE: Cabeólica (2017)

ANEXO 3 – Mapa da radiação solar global no arquipélago de Cabo Verde.



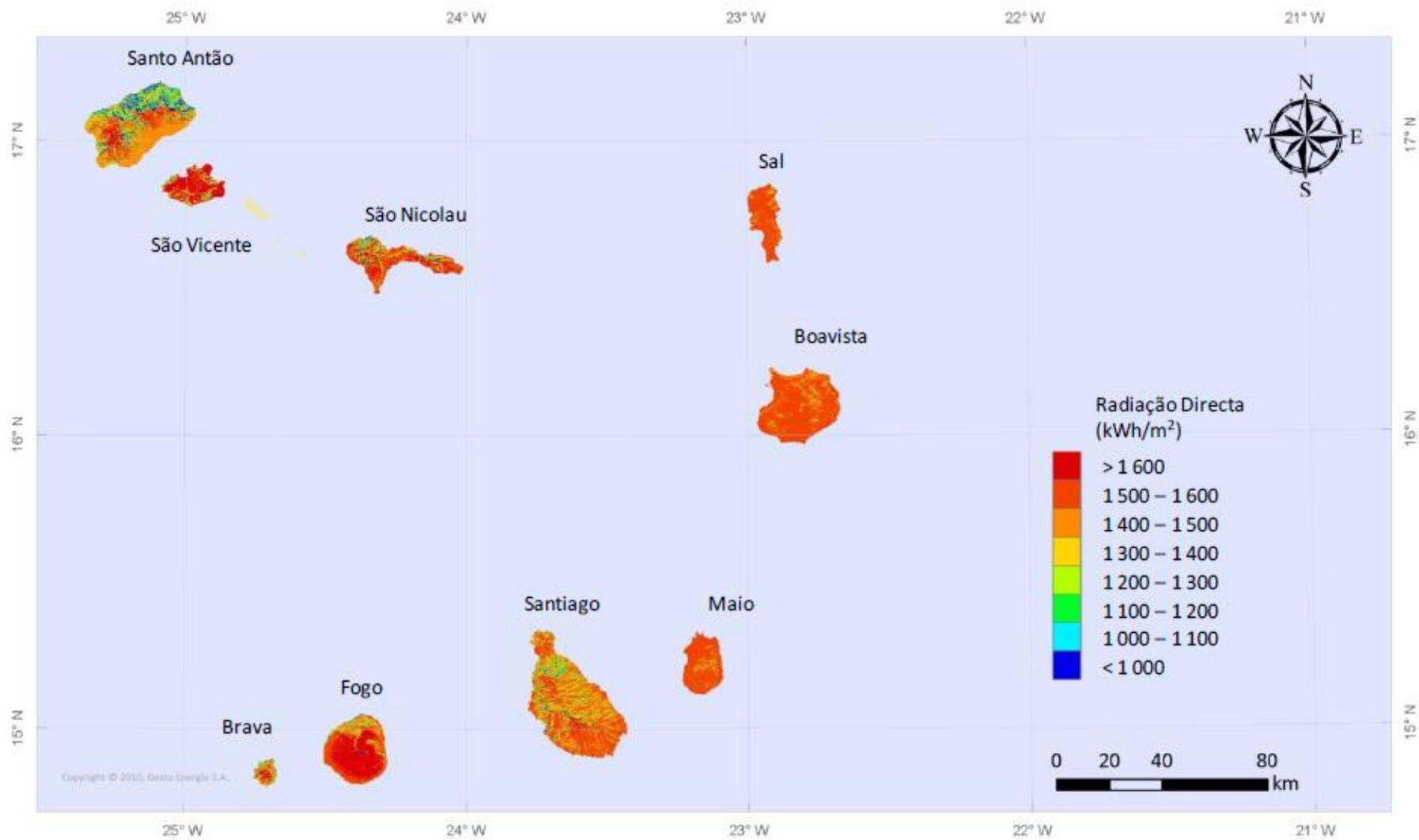
FONTE: GESTO (2011)

ANEXO 4 – Gráficos circulares representativos da área por ilha (%) em função da radiação global anual.



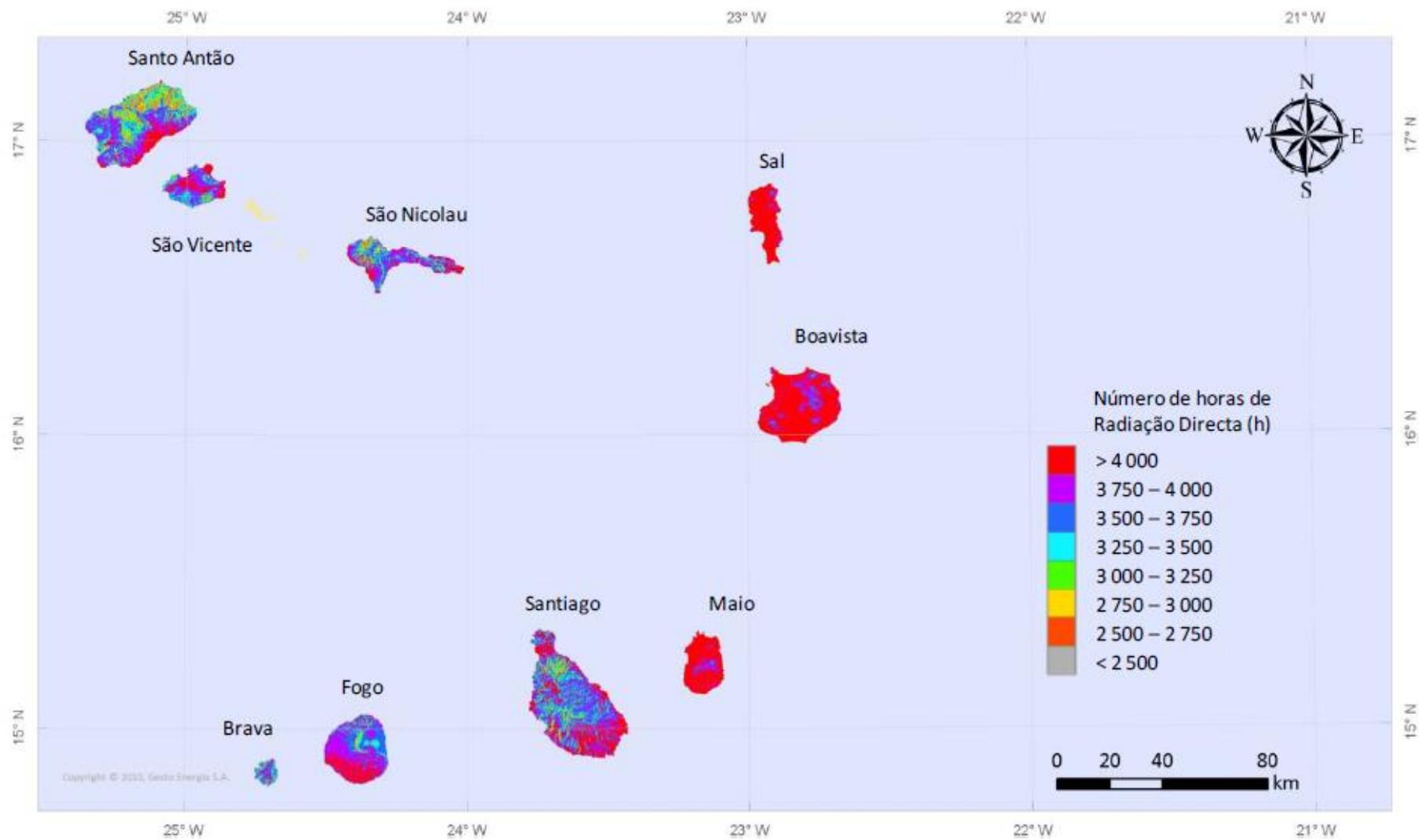
FONTE: GESTO (2011)

ANEXO 5 – Mapa da radiação solar direta no arquipélago de Cabo Verde.



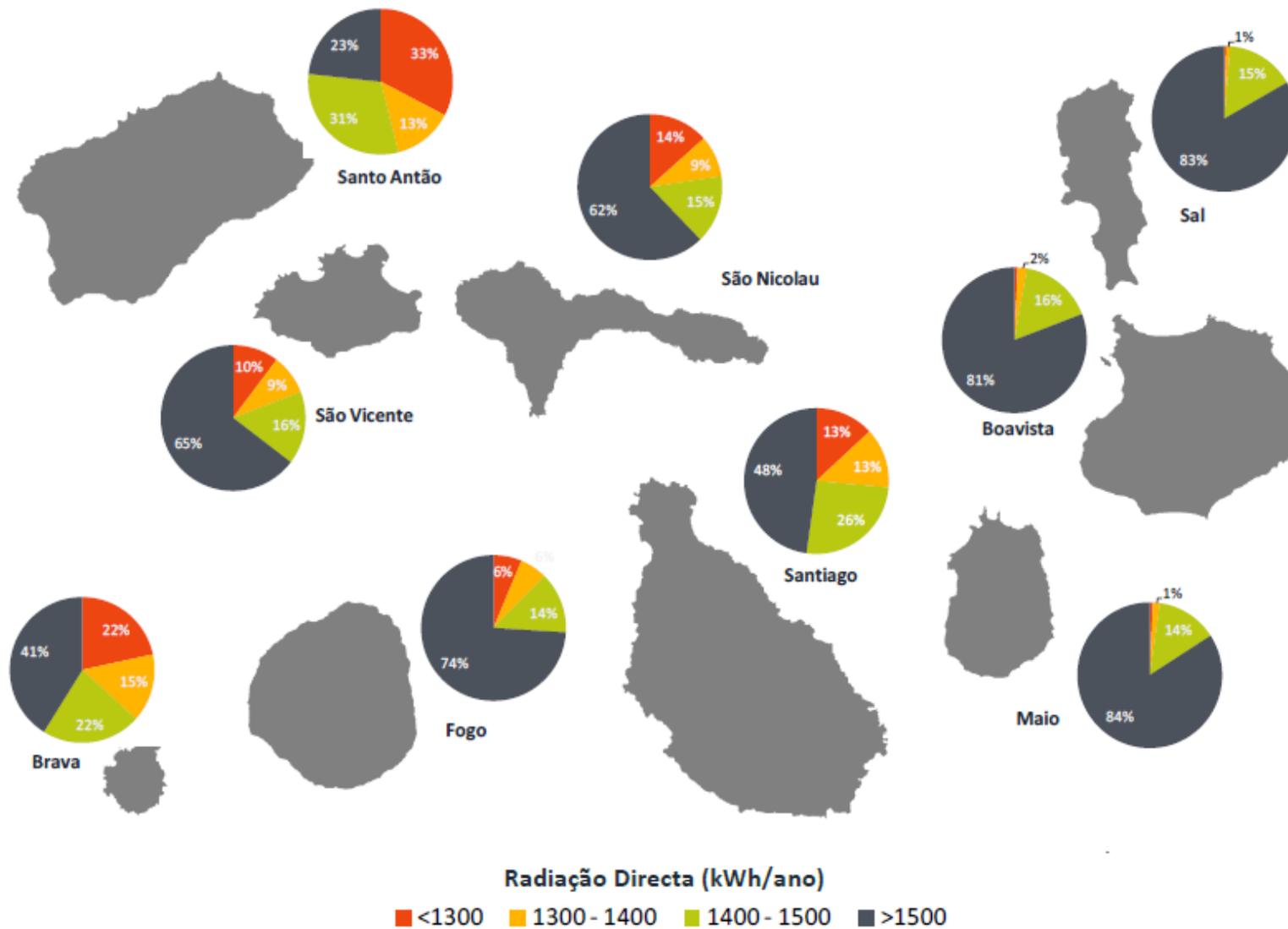
FONTE: GESTO (2011)

ANEXO 6 – Mapa com o número de horas de radiação solar direta no arquipélago de Cabo Verde.



FONTE: GESTO (2011)

ANEXO 7 – Gráficos circulares representativos da área por ilha (%) em função da radiação direta.



FONTE: GESTO (2011)

ANEXO 8 – Localidade de Monte Trigo

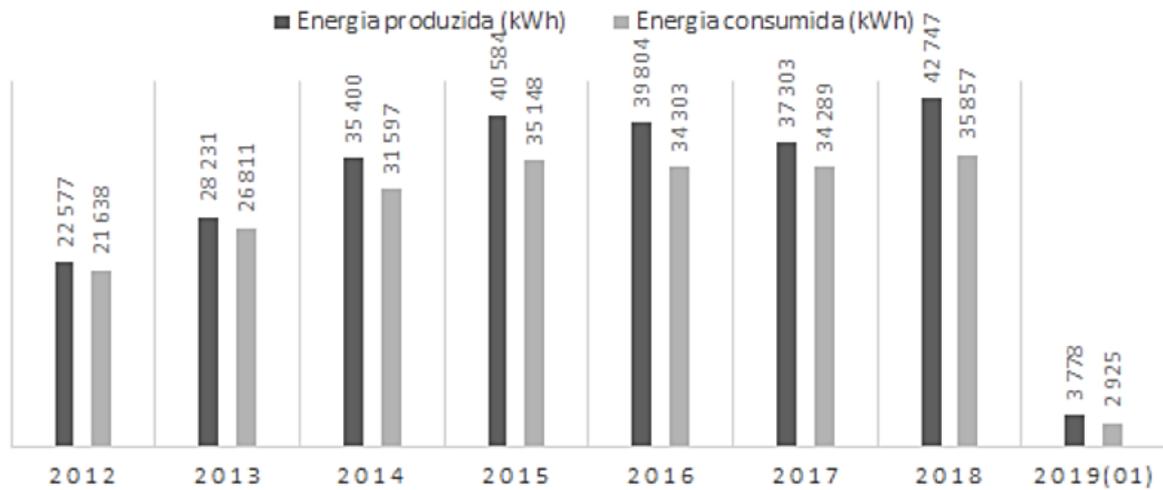


ANEXO 9 – Instalações da Central Fotovoltaica de Monte Trigo (CFMT)



FONTE: SESAM-ER (2019)

ANEXO 10 – Dados cumulativos de fevereiro 2012 a janeiro de 2019 da CFMT

CENTRAL FOTOVOLTAICA M.TRIGO

	2012 a 2019
Energia produzida (MWh)	250
Energia consumida (MWh)	223
Gasóleo poupados (litros)	73 068
Emissão de CO2 evitados (toneladas)	218

FONTE: SESAM-ER (2019)