



**UNIVERSIDADE DA INTEGRAÇÃO INTERNACIONAL DA LUSOFONIA
AFRO-BRASILEIRA
INSTITUTO DE ENGENHARIAS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL
CURSO DE ENGENHARIA DE ENERGIAS**

LIDIANA ROSSI FORTES SABINO

**INSERÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS COMPLEMENTARES NA
MATRIZ ENERGÉTICA DE CABO VERDE PARA O DESENVOLVIMENTO
DO SETOR ELÉTRICO: ESTUDO DO CASO DA ENERGIA EÓLICA**

ACARAPE

2016

LIDIANA ROSSI FORTES SABINO

**INSERÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS COMPLEMENTARES NA
MATRIZ ENERGÉTICA DE CABO VERDE PARA O DESENVOLVIMENTO
DO SETOR ELÉTRICO: ESTUDO DO CASO DA ENERGIA EÓLICA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Orientador: Prof. Dr. Mário Fernandes Biague.

ACARAPE

2016

Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro- Brasileira
Direção de Sistema Integrado de Bibliotecas da UNILAB (DSIBIUNI)
Biblioteca Setorial Campus Liberdade
Catálogo na fonte

Bibliotecário: Gleydson Rodrigues Santos – CRB-3 / 1219

S121i

Sabino, Lidiana Rossi Fortes.

Inserção de energias renováveis complementares na matriz energética de cabo verde para o desenvolvimento do setor elétrico: estudo do caso da energia eólica. / Lidiane Rossi Fortes Sabino. – Acarape, 2016.

77 f.; 30 cm.

Monografia apresentada do Curso de Engenharia de Energias do Instituto de Engenharia e Desenvolvimento Sustentável (IEDS) da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-brasileira – UNILAB.

Orientador: Prof. Dr. Mário Fernandes Biague.

Inclui figuras, tabelas e referências.

1. Energia eólica. I. Título.

CDD 621.312136

LIDIANA ROSSI FORTES SABINO

**INSERÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS COMPLEMENTARES NA
MATRIZ ENERGÉTICA DE CABO VERDE PARA O DESENVOLVIMENTO
DO SETOR ELÉTRICO: ESTUDO DO CASO DA ENERGIA EÓLICA**

Monografia julgada e aprovada para obtenção do diploma de graduação em Engenharia de Energias da Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira.

Data: ____ / ____ / ____

Nota: _____

Banca Examinadora:

Orientador: Prof. Dr. Mário Fernandes Biague

Prof. Dra. Ligia Maria Carvalho Sousa Cordeiro

Prof. Dr. Hermínio Miguel De Oliveira Filho

*A Deus,
Aos meus pais, Ana e Bernardo.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por todas as coisas boas e más que me aconteceram. Cada uma delas, ao seu modo, me fizeram chegar aonde eu cheguei, enfrentando dificuldades e superando barreiras, que foram decisivos para minha formação pessoal e profissional. Em especial aos meus pais Ana e Bernardo, por terem acreditado em mim, e ter concebido toda a força, o incentivo, dedicação e o sacrifício nesses últimos cinco anos para que eu pudesse alcançar minhas metas.

Ao meu orientador Prof. Dr. Mário Fernandes Biague, que sempre me incentivou, acreditou no meu potencial e pela disponibilidade do seu tempo para fazer presente em cada etapa da minha monografia. Agradeço de coração por tudo, foi uma pessoa singular nessa conquista e, além de tudo, um pai.

Aos meus irmãos Alcinda, Vitória, Lúcia, Miguel, Ivone e Liziliana e meus cunhados Rufino e Benvindo, pelo apoio, carinho e força.

Ao meu namorado Nuno António, que sempre acreditou em mim, me apoiando em todos os momentos da minha vida. Agradeço pelo amor, incentivo, paciência e o companheirismo de sempre.

Aos meus amigos, Verônica, Jairo, Mabrysa, Mardônio, Alysson, Marcelo, Milton, Pedro, Aldemário, Mateus e Ivan que sempre caminhamos nessa jornada juntos, sem vocês também não teria chegado até aqui. Agradeço por todo o compartilhamento de conhecimentos, foram anos de muita amizade, muita luta e sofrimento, mas também de muitas vitórias. Amizades, que levarei pra vida toda.

Às meninas, minhas amigas, irmãs e confidentes, Verônica, Soraya e Mabrysa pelo apoio, paciência, cumplicidade e carinho.

A todas as pessoas que não foram citadas, mas que fazem parte da minha vida e tiveram grande importância no sucesso da minha formação profissional e pessoal, fica o meu mais sincero agradecimento.

“No que diz respeito ao desempenho, ao compromisso, ao esforço, à dedicação, não existe meio termo. Ou você faz uma coisa bem feita, ou você não faz.”

(Ayrton Senna)

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo geral analisar a matriz energética de Cabo Verde, diagnosticando as possibilidades da inserção da energia eólica no setor elétrico como energia complementar, tendo como foco a sua reestruturação, operação, assim como a sua contribuição ambiental e socioeconômica para Cabo Verde. A pesquisa foi majoritariamente a base de revisão de literatura. Assim, com o intuito de dar resposta as questões principais do trabalho, primeiramente fez-se uma apreensão dos elementos que norteiam o desenvolvimento das fontes alternativas de energia, em particular a eólica. Contextualizou a estrutura do setor elétrico de Cabo Verde e analisou parâmetros como disponibilidade de potencial eólico e as demandas ambientais, que impulsionam a crescente necessidade do uso de novas tecnologias de aproveitamento energético. Para esta análise, foi adotada duas premissas, em que uma baseada na taxa de crescimento do consumo de combustíveis fósseis e outra em uma taxa de redução do consumo referente ao setor elétrico nacional, que permitiram analisar sobre a perspectiva de inserção da energia eólica. Os cálculos foram realizados na ferramenta computacional Excel, onde se adotou a metodologia do IPCC (2006). Os resultados obtidos mostram que Cabo Verde apresenta grande dependência em combustíveis fósseis e que, se apostar na energia eólica, por apresentar esse grande potencial, pode também contribuir para a redução de gases, nomeadamente CO₂ para a atmosfera e, além disso, pode ocasionar a emancipação para o setor elétrico do país, reduzindo de forma significativa o consumo de combustíveis fósseis e conseqüentemente proporcionando os ganhos sociais, ambientais, financeiros e políticos, sendo estes últimos relacionados à segurança em fornecimento de energia elétrica e ao desenvolvimento econômico sustentável do país. Portanto, concluiu-se que, adoção de uma política de incentivo ao uso da tecnologia eólio-elétrica em Cabo Verde é incontestável.

Palavras-chave: Cabo Verde. Setor Elétrico. Combustíveis Fósseis. Energia eólica. Meio Ambiente.

ABSTRACT

The main goal of the current work was to analyse the Cape Verdean energetic matrix by diagnosing the possibilities of inserting wind energy in the electric sector as supplementary energy, focusing in the restructuring, operation and its environmental and socioeconomic contribution to Cape Verde. The research was mostly based on literature review. In this context and in order to answer the main questions of this paper, an apprehension of the elements that lead the development of alternative energy sources was done, particularly the wind energy. It contextualised the Cape Verdean electric sector's structuring and analysed the parameters such as availability of wind potential and the environmental demands which drove the growing need for the use of new technologies for energy use. For this analysis two premises, related to fuel consumption in the national electricity sector, were used and they permitted to study, on the wind energy perspective. The calculations were made in the computing tool Excel, where the IPCC (2006) methodology was adopted. For this analysis, two assumptions were adopted related to the fossil fuel consumption in the national electric sector, which enabled analyzing about the prospect of integration of wind energy. The results obtained show that Cape Verde has great dependency on fossil fuels and that, if you bet on wind energy, by presenting this great potential, may also contribute to the reduction of gases, in particular CO₂ to the atmosphere and, in addition, can lead to emancipation for the electricity sector in the country, significantly reducing the consumption of fossil fuels and thus providing the social gains, environmental, financial and political, being the latter related to electric energy supply security and the sustainable economic development of the country. Therefore, it is concluded that the adoption of a policy to encourage the use of Eolic-electric technology in Cape Verde is unquestionable.

Key-words: Cape Verde. Electric Sector. Fossil Fuels. Wind Energy. Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização de Cabo Verde.....	17
Figura 2. Taxa de crescimento anual do PIB.....	18
Figura 3. Repartição por setor do PIB.....	18
Figura 4. Fontes de energia.....	20
Figura 5. Produção de energia renovável.....	22
Figura 6. Evolução da produção de eletricidade de origem renovável em Cabo Verde (GWh).....	22
Figura 7. Evolução das tecnologias em relação entre o diâmetro típico do rotor e a potência nominal da turbina.....	25
Figura 8. Formação dos ventos.....	27
Figura 9. Comportamento do vento sob influência das características do terreno.....	28
Figura 10. Diagrama de resumo das classificações das turbinas.....	31
Figura 11. Desenho esquemático de uma turbina eólica moderna.....	31
Figura 12. Exemplos de turbinas.....	32
Figura 13. Capacidade eólica total instalada no mundo (MW).....	35
Figura 14. Países com maior capacidade eólica instalada acumulada no final de 2015.....	36
Figura 15. Localização das centrais produtoras de energia elétrica.....	47
Figura 16. Consolidação da procura de energia elétrica.....	50
Figura 17. Mapa de potencial eólico de Cabo Verde.....	52
Figura 18. Mix energético de Cabo Verde.....	54
Figura 19. Consumo de combustíveis.....	55
Figura 20. Preço médio de eletricidade ao consumidor final (CVE/KWh).....	55
Figura 21. Preço de combustível em Cabo Verde (10 anos).....	56
Figura 22. Evolução da energia eólica produzida anualmente (MWh).....	57
Figura 23. Custos de redução de emissões de CO ₂ para diferentes fontes renováveis... ..	59
Figura 24. Emissão de CO ₂ proveniente do consumo de combustíveis fósseis na geração de energia.....	61
Figura 25. Emissão de CO ₂ referente à projeção do consumo ao longo de 10 anos.....	62
Figura 26. Emissão de CO ₂ com inserção de eólica no setor elétrico.....	63
Figura 27. Perspectiva de crescimento da potência instalada de energia eólica.....	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Função dos componentes.....	32
Tabela 2 - Potência eólica instalada no mundo no ano de 2014.....	35
Tabela 3. Capacidade instalada de energia eólica na África e Oriente Médio (MW)	37
Tabela 4- Fatores de conversão do IPCC (1995).....	42
Tabela 5- Cenários de produção por ilha.....	49
Tabela 6- Características dos projetos eólicos em Cabo Verde.....	51
Tabela 7- Evolução de produção de energia no setor elétrico (MWh).....	54
Tabela 8- Projeção do consumo de combustível (litros) com base na taxa de crescimento	61
Tabela 9 – Projeção do consumo de combustível com redução de 10 % de consumo de combustíveis	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

APP Água de Ponta Preta

AEB Água e Energia de Boavista

CO₂ Dióxido de Carbono

GEE Gases de Efeito Estufa

IPCC Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas

PEERCV Plano Energético Renovável de Cabo Verde

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Contextualização da Área de Estudo	16
2 OBJETIVOS	19
2.1 Objetivo Geral	19
2.2 Objetivos Específicos	19
Como objetivos específicos decorrentes têm-se:.....	19
3 REVISÃO DA LITERATURA	20
3.1 Conceitos e Considerações Gerais.....	20
3.1.2 Importância das Energias Renováveis.....	23
3.2 Energia Eólica.....	24
3.2.1 História da Geração de Energia Eólica.....	24
3.2.2 Conceitos: o Vento	26
3.2.2.1 <i>Potência Eólica Disponível e Utilizável</i>	29
3.2.3 Evolução das Tecnologias de Aproveitamento no Mundo.....	30
3.2.4 O Contexto Atual do Mercado da Energia Eólica no Mundo.....	33
3.2.5 Energia eólica e o Meio Ambiente	37
3.3 O Setor Elétrico e as Demandas Ambientais.....	39
4 METODOLOGIA.....	40
5 OPORTUNIDADES E BARREIRAS DE ENERGIA EÓLICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE CABO VERDE	45
5.1 O contexto Energético de Cabo Verde	45
5.1.2 Estruturação do Setor Energético de Cabo Verde	46
5.1.3 Caracterização do Setor Elétrico Atual	47
5.1.3.1 <i>Evolução da Procura por Ilha</i>	48
5.1.4 Evolução da Procura em Cabo Verde por Setor	49
5.2 Potencial Eólico em Cabo Verde.....	50
5.2.1 Caracterização do Recurso Eólico	52
5.2.2 Potência Instalada no Setor Elétrico de Cabo Verde.....	53
5.3 Projeção do Crescimento de Energia Eólica e Impacto na Redução de CO ₂ no Setor Elétrico	57
5.3.1 A Variável Ambiental.....	57

<i>5.3.1.1 Redução dos Gases de Efeito Estufa</i>	58
<i>5.3.1.2 Impacto da Energia Eólica na Emissão de CO₂ no Setor Elétrico de Cabo Verde</i>	60
<i>5.3.1.3 Oportunidades do MDL em Cabo Verde</i>	64
5.3.2 Perspectiva de crescimento da potência instalada da energia eólica no setor elétrico	65
6 CONCLUSÃO	66
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A- CÁLCULO DE EMISSÃO DE CO₂ NO SETOR ELÉTRICO ATUAL	73
APÊNDICE B – Cálculo de emissão de CO₂ da Premissa 1	74
APÊNDICE C - Cálculo de Emissão de CO₂ da Premissa 2	75

1 INTRODUÇÃO

A questão energética é um dos fatores de extrema importância atualmente, pois, a qualidade de vida da sociedade está intimamente ligada ao consumo de energia. A segurança no suprimento de energia para o desenvolvimento social e econômico e os custos ambientais são fatores essenciais que hoje se tem justificado a preocupação para a política e o planejamento energético dos países de economias emergentes (MONTEIRO, 2012).

Atualmente, para uma melhor segurança energética tornou-se notório a necessidade de os governos investirem em novas formas de geração de energia para minimizar a dependência energética sobre os combustíveis fósseis, devido à crescente demanda por eletricidade que vem sendo suprida, em grande parte, por essas fontes convencionais de energia. Fontes essas, que, além da sua instabilidade econômica devido às oscilações do preço do petróleo, resultado da sua eminente escassez, também são altamente prejudiciais ao meio ambiente.

Diante dessa preocupação energética, o interesse por outras formas de aproveitamento de energia tem aumentado, principalmente pelas fontes renováveis oriundas do sol, da água e do vento. Essas formas de aproveitamento de energia menos agressivas ao ambiente que vêm ganhando força no seu desenvolvimento e aplicação, têm-se tornado uma alternativa para o atual cenário energético mundial, são as chamadas Fontes Alternativas de Energias. O termo fonte alternativa de energia é sinônimo de uma energia limpa, pura, não poluente, a princípio, inesgotável e que pode ser encontrada em qualquer lugar, pelo menos a maioria, na natureza. Apesar de limpa, possui impactos ambientais, porém reduzidos quando comparados com os das fontes convencionais.

Dentre as fontes alternativas de energia as que vêm se destacando são a eólica e a solar. A energia solar afigura-se como uma opção de energia muito importante, por ser a fonte de energia renovável mundialmente disponível, cuja tecnologia consolidada e custo de instalação estão cada vez ficando competitivos. Contudo, a sua grande limitação continua a ser o elevado custo da tecnologia necessária para gerar energia elétrica a partir dela, apesar da sua queda nos últimos anos. A energia eólica, diferente da solar, já possui custos reduzidos e até competitivos, como anteriormente mencionado, e atualmente tem apresentado um elevado crescimento, principalmente devido aos elevados incentivos governamentais e devido ao alto desenvolvimento e confiabilidade da tecnologia (RESENDE, 2012).

No caso de Cabo verde a geração eólica vem sendo muito aplicada para a geração de eletricidade, atuando como uma fonte complementar dos combustíveis convencionais. Essa necessidade de utilização de uma fonte complementar deriva-se do fato do setor energético de

Cabo Verde ser à base de utilização de combustíveis, derivados de petróleo, para geração de energia elétrica, fazendo com que a energia consumida em Cabo Verde seja uma das mais caras do mundo. A aposta em energias renováveis é uma forma de emancipação energética para Cabo Verde. Por outro lado, as metas ambiciosas prosseguidas constituem uma proposta de transformação profunda do setor energético, implicando na substituição gradual das tecnologias antigas, dos procedimentos, dos mercados e dos seus agentes (PEERCV, 2011). De acordo com Monteiro (2012), no caso de Cabo Verde, o setor de energia apresenta-se como um desafio crítico para a realização da agenda de transformação do país. Atualmente, devido aos altos preços de petróleo, países como Cabo Verde dependentes das importações necessitam procurar por vias alternativas seguras e sustentáveis.

Segundo o Ministério de Energia (2008), em termos de crescimento e competitividade, a energia constitui um dos setores estratégicos em qualquer plano de desenvolvimento sustentável. Porém, Cabo Verde é um país de economia frágil que carece de fontes primárias convencionais, tendo que importar combustíveis, o que exige consideráveis recursos financeiros que poderiam ser direcionados para investimentos produtivos, na educação e na saúde.

O aumento do consumo de energia coloca desafios de natureza estratégica e de planeamento de infraestruturas para Cabo Verde. Isso se deve ao fato de Cabo Verde não possuir combustíveis fósseis, dependendo essencialmente das importações de produtos derivados do petróleo para a maior parte das suas necessidades em energia. Este fator, aliado ao custo da insularidade e a alguma ineficiência no setor, como é o caso de cortes de energias constantes, resulta num elevado custo de eletricidade em Cabo Verde que é cerca de 70% superior ao da União Europeia (PEERCV, 2011).

Diante deste cenário, o país tem vindo procurado pelo aumento da exploração de fontes de energias renováveis disponíveis no arquipélago, sobretudo a eólica, para a geração de eletricidade. Além disso, a capacidade de produção e a rede de distribuição da energia elétrica e água não estão adequados à demanda, devido à falta de investimentos e a não integração das redes de distribuição. Esta situação conduziu a enormes deficiências no setor da energia e água, com enormes prejuízos para as populações e para a economia (PEERCV, 2011). Fatores como o crescimento da demanda energética, aumento do preço do petróleo e da sua volatilidade, alterações climáticas, e a necessidade de aumentar a capacidade e melhoria na eficiência do setor, a visão da política energética do Governo é cobrir 50 % das necessidades em energia elétrica até 2020, através de fontes renováveis e ter pelo menos uma ilha com 100 % de energia renovável, para poder dar resposta à crescente procura de energia

sem se comprometer o ambiente, (Agenda de Ação para a Energia Sustentável para Todos, 2015).

A inexistência de combustíveis fósseis em Cabo Verde é altamente compensada com excelentes condições para a energia eólica e solar. Para solucionar esses empecilhos, a autoridade cabo verdiana tem fomentado a exploração do potencial de energias renováveis que o arquipélago apresenta, sobretudo, a eólica (PEERCV, 2011). A aposta em energia eólica deve-se ao fato do vento ser um dos recursos naturais mais disponíveis em Cabo Verde, por isso a produção da energia eólica é cada vez mais vista como uma opção viável de fonte de energia renovável, chegando mesmo a ser considerada uma das melhores. Para além de ser um recurso energético natural, este deve ser explorado e utilizado no máximo, para o benefício do país e do futuro dos cabo-verdianos (COSTA, 2013).

Arelado a esses fatores, surgiu uma dinâmica Parceria Público-Privada (PPP) estabelecida em 2008 entre a Infrac Africa Limited, uma empresa de desenvolvimento de infraestruturas com sede no Reino Unido, o Governo de Cabo Verde e a Electra – Empresa de Eletricidade e Água, SARL (Electra, SARL), a empresa concessionária local. A PPP possuía como metas o desenvolvimento de quatro parques eólicos em Cabo Verde, com uma capacidade total instalada de 25,5 MW, distribuídos pelas ilhas de Santiago (9,35 MW), São Vicente (5,95 MW), Sal (7,65 MW) e Boa Vista (2,55 MW)

Ao criar uma produtora independente de energia (Cabeólica) para produzir eletricidade para a rede nacional usando o vento, um recurso natural, não poluente, renovável e localmente abundante, o projeto apresentou-se como uma solução para mitigar os problemas resultantes da procura crescente de energia, funcionando também para reduzir a importação dos combustíveis derivados de petróleo, financeiramente penalizantes e ambientalmente poluentes. Desde a entrada em produção dos parques eólicos das ilhas de Boavista, São Vicente, Sal e Santiago, a Empresa atualmente está contribuindo com cerca de 24% da produção total de eletricidade produzida no país, operando com os quatro parques eólicos (CABEÓLICA, 2014). Outra empresa privada existente é a empresa privada ELECTRIC WIND, a qual desenvolveu e explora um parque eólico na ilha de Santo Antão (AAEST, 2015).

O presente trabalho justifica-se com o intuito de analisar a evolução da matriz energética de Cabo Verde com a penetração da energia eólica tendo como foco a sua reestruturação e operação, assim como a sua contribuição socioeconômica e ambiental para Cabo Verde.

1.1 Contextualização da Área de Estudo

A pesquisa neste trabalho delimitou-se a área de estudo no arquipélago de Cabo Verde. É um país situado no oeste do Continente Africano, entre os paralelos 15 e 17 graus de latitude norte e as longitudes de 22° 41' e 25° 22' Oeste de Greenwich. Localizado em pleno Oceano Atlântico, ao largo do Senegal e da Mauritânia, está a uma distância de cerca de 460 km da Costa de África. Cabo Verde tem uma superfície de 4033 Km² com uma população de 526.249 habitantes e é composto por dez ilhas, das quais nove são habitadas: Santo Antão, São Vicente, São Nicolau, Sal, Boa Vista, Maio, Santiago, Fogo e Brava, e oito ilhéus (Branco, Raso, Grande, Luís Carneiro, Cima e os ilhéus do Rombo ou Secos).

As ilhas dividem-se em dois grupos, de acordo com a sua posição geográfica relativamente aos ventos dominantes: Barlavento, do lado que sopra o vento, (Santo Antão, São Vicente, Santa Luzia, São Nicolau, Sal, Boavista e os ilhéus Branco e Raso) e Sotavento, do lado oposto ao vento (Brava, Fogo, Santiago, Maio e os ilhéus Grande, Luís Carneiro, Cima e os ilhéus do Rombo ou Secos). A Figura 1 mostra o mapa de localização de Cabo Verde.

O clima de Cabo Verde é do tipo tropical seco, caracterizado por um longo período de estação seca (8 a 9 meses) e uma curta estação chuvosa, com temperaturas moderadas devidas à influência marítima, com valores médios por volta dos 25°C. As temperaturas médias mensais são mais elevadas em Setembro (26,7°C) e as mais baixas registam-se entre Janeiro e Fevereiro (18,4°C). A insolação das zonas de pouca elevação ronda as 2.950 horas anuais, o que corresponde a cerca de 66% de insolação teórica.

Figura 1. Mapa de localização de Cabo Verde.



Fonte: adaptada de Monteiro (2012).

Em termos da situação socioeconômica, Cabo Verde tem uma larga dependência do exterior, quer para o seu abastecimento em gêneros de primeira necessidade e bens de equipamento, quer relativamente à obtenção de recursos financeiros. Este isolamento reduz a competitividade do país. Por ser de natureza insular, os custos de transporte e comunicação interna são muito importantes.

O ritmo de crescimento da economia cabo-verdiana processa-se a uma escala sustentável, desde os anos de 1991. De acordo com o Conseil (2011), a taxa de crescimento do PIB foi superior a 10 % em 2000 e em 2007. Entre 2007 e 2009 houve um abrandamento na taxa de crescimento econômico, tendo atingido nesses anos o menor valor (6 %). Após esse período houve uma retomada no crescimento do PIB. Esse dinamismo é principalmente sustentado pelo investimento direto estrangeiro e pelas transferências dos emigrantes, com pesos respectivos de 10,4 % e 11,6 % do PIB.

Com a taxa de crescimento real do PIB de 2 % registrada em 2014, a recuperação económica continua a ser moderada devido ao fraco crescimento da economia nacional e internacional, mantendo-se o turismo e a construção como os motores do crescimento da economia cabo-verdiana. De acordo com o Instituto Nacional de Estatística (2014), a taxa de crescimento do PIB foi em torno de 1,5 % no ano de 2015, com uma variação homóloga de 3,2 %. A Figura 2 ilustra a taxa de crescimento do PIB de Cabo verde.

Figura 2. Taxa de crescimento anual do PIB

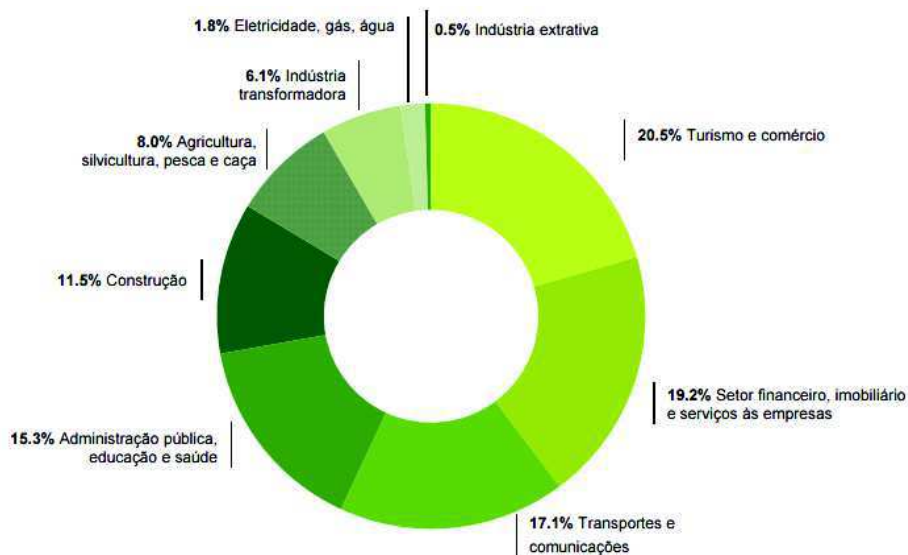


Fonte: Trading Economics (2015).

De acordo com o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) de 2015, Cabo Verde subiu um lugar (ocupa agora a 122ª posição) no referido ranking em relação ao ano passado (121º em 2014) entre 188 países analisados, com 0,646 pontos, valor acima da média da África Subsaariana.

Os serviços representam cerca de 75 % do PIB, a agricultura 8 % e o setor secundário cerca de 16 %. A Figura 3 mostra a repartição por setor do PIB, no ano de 2013.

Figura 3. Repartição por setor do PIB



Fonte: Novo Banco (2015).

2 OBJETIVOS

Este trabalho será dividido em objetivo geral e objetivos específicos.

2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é analisar a matriz energética de Cabo Verde, diagnosticando as possibilidades da inserção da energia eólica no setor elétrico como energia complementar, tendo como foco a sua reestruturação, operação, assim como a sua contribuição ambiental e socioeconômica para Cabo Verde.

2.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos decorrentes têm-se:

- a) caracterizar o mercado atual da energia eólica mundial e nacional;
- b) caracterizar o setor elétrico de Cabo Verde abordando os condicionantes técnicos, econômicos, políticos, sociais e ambientais que levaram o mesmo a se firmar sobre uma base tecnológica centralizadora em sua produção;
- c) analisar o potencial eólico em Cabo Verde, caracterizando o recurso eólico;
- d) analisar o percentual de penetração da fonte eólica na geração de eletricidade, e mostrar a crescente necessidade de ampliação do uso de tecnologias de aproveitamento dos recursos naturais que, por sua vez, pressiona fortemente devido a sua disponibilidade de energia;
- e) analisar a contribuição ambiental da energia eólica com a sua inserção no setor elétrico a partir de premissas, considerando a taxa de crescimento médio do consumo de combustíveis fósseis em um período de 10 anos, considerando uma redução anual de 10% do consumo de combustíveis fósseis;
- f) estabelecer uma metodologia do setor de emissão de GEE baseada nas características do setor elétrico de Cabo Verde.

3 REVISÃO DA LITERATURA

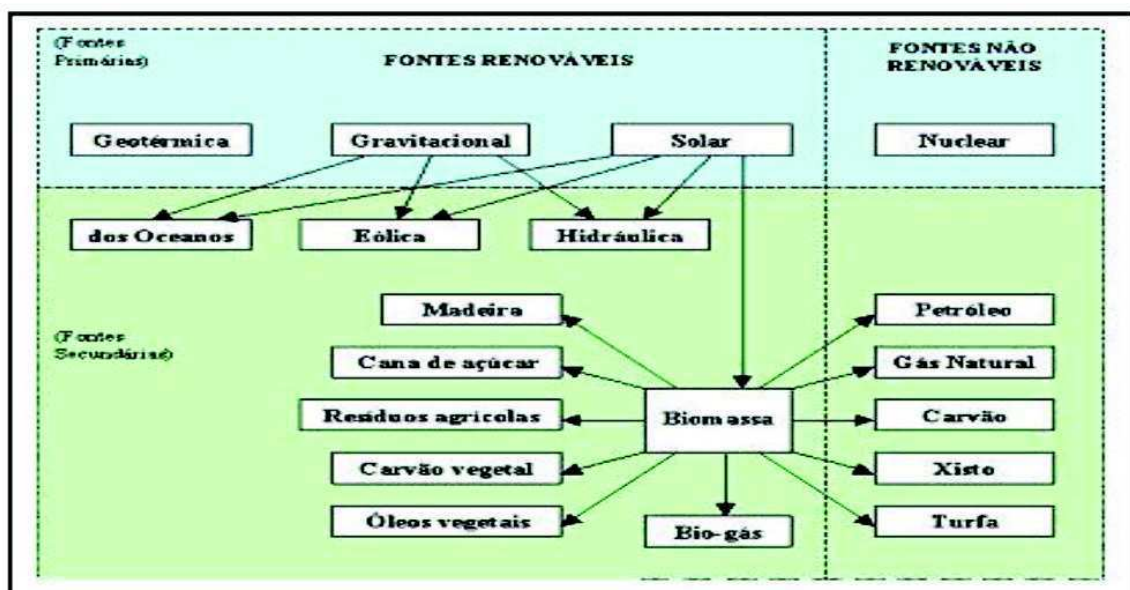
3.1 Conceitos e Considerações Gerais

As energias renováveis são as formas de energia cuja taxa de utilização é inferior a de renovação. Fontes renováveis utilizam recursos naturais considerados inesgotáveis pela sua capacidade de regenerar, como: as de origem terrestre (energia geotérmica), gravitacional (energia das marés), energia solar, energia eólica, energia hidráulica, energia oceânica. Também são consideradas fontes de energia renovável, os resíduos agrícolas, urbanos e industriais. As fontes de energias renováveis surgem como uma alternativa ou complemento às convencionais.

As energias renováveis são provenientes de ciclos naturais de conversão da radiação solar, fonte primária de quase toda energia disponível na terra e, por isso, são praticamente inesgotáveis e não alteram o balanço térmico do planeta e se configuram como um conjunto de fontes de energia que podem ser chamadas de não convencionais.

Entretanto, a utilização do termo “Energia solar”, refere-se somente as formas de aproveitamento da radiação direta (MONTEIRO, 2012). Geralmente, as formas de aproveitamento de energia indireta são referidas de forma específica, caracterizadas pelo aproveitamento de energia produzida de sistemas, processos ou fenômenos que têm a radiação solar como fonte primária, como é ilustrada na Figura 4.

Figura 4. Fontes de energia



Fonte: MONTEIRO (2012).

A exploração e utilização das energias renováveis como alternativa aos combustíveis fósseis é uma preocupação global, dadas as suas enormes vantagens ambientais e socioeconómicas.

A União Europeia, através da DIRECTIVA 2001/77/CE, foca a necessidade de promover a produção da eletricidade a partir de FER (Fontes de Energias Renováveis), nos estados membros. No art. nº 2 da citada Diretiva está explícito que a promoção da eletricidade produzida a partir de energias renováveis é fundamental, por razões de segurança, de diversificação do abastecimento de energia, de proteção ambiental, de coesão económica e social nos estados membros (ALVES, 2013).

De acordo com o Relatório da Agência Internacional de Energias Renováveis (2016), em 2015 a capacidade de produção das fontes alternativas cresceu 152 GW no mundo ou 8,3%. Essa é a maior taxa de crescimento anual já registrada. A implantação de energias renováveis continua a crescer ao redor do mundo, mesmo diante dos baixos preços do petróleo e do gás. Segundo ele, os custos decrescentes das tecnologias e uma série de fatores económicos, sociais, políticos e ambientais estão favorecendo as energias renováveis em relação às fontes convencionais. No total, a energia renovável alcançou capacidade instalada de 1.985 GW (ABEEólica, 2015).

O ano de 2015 foi recorde tanto para a fonte eólica quanto para solar, em grande parte devido a uma queda contínua nos custos da tecnologia. No caso da energia eólica, o crescimento de 63 GW ou 17% foi impulsionado por uma redução de até 45% no preço das turbinas terrestres desde 2010 (ABEEólica, 2015).

Em relação ao continente africano, as fontes renováveis apesar de existir um grande potencial substancial, a exploração das mesmas ainda é precária.

A região africana dispõe de 1,1 Gigawatts de capacidade hidroelétrica, 9.000 megawatts em potencial geotérmicos e abundantes recursos de biomassa, solares e elevado potencial eólico. Porém, a exploração desse potencial energético renovável é ainda muito insignificante, devido ao baixo interesse político, ao baixo nível de investimento, bem como um conjunto de fatores técnicos (ALVES, 2013).

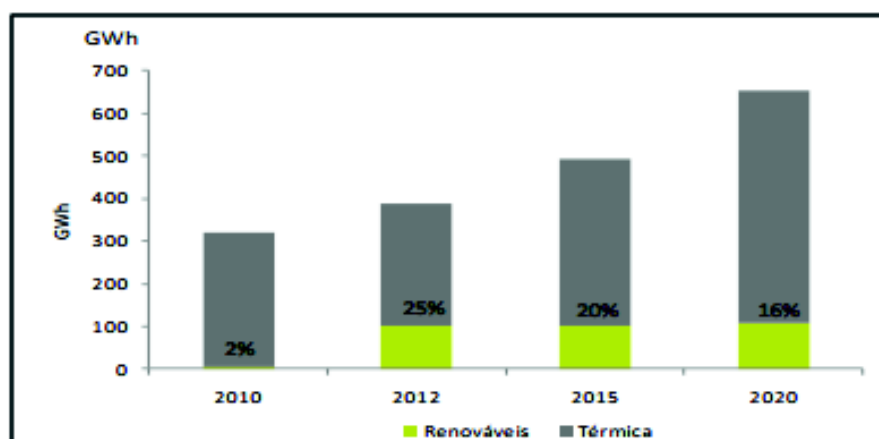
Na região da costa ocidental africana, Cabo Verde, têm-se destacado como o país que mais tem apostado no setor das energias renováveis, com enfoque na energia eólica e solar, (ECREEE, 2014). A eólica, sobretudo, numa primeira fase, foi à fonte privilegiada para o bombeamento de água em poços artesianos. Atualmente o país representa um modelo a seguir ao nível africano com uma capacidade de produção a rondar os 27% anualmente, tendo como grande objetivo alcançar os 50% de energia renováveis em 2020, (Diário da República de

Cabo Verde, n.º61, 2012). A forte aposta nas energias renováveis foi concretizada com a publicação do Decreto-Lei n.º 1/2011 de 3 de Janeiro de 2011, que vem criar um regime de licenciamento e exercício de atividades específicas e adaptado às energias renováveis (Boletim Oficial da República de Cabo Verde no 61, 2015).

Cabo Verde, atualmente possui um potencial de 33 MW de energias renováveis (ECREEE, 2012). Sendo a maior fonte o Sol, o mais económico o vento, a explorar resíduos sólidos urbanos, as ondas, marés e a geotermia apresentam uma elevada incerteza associada à tecnologia e ao próprio recurso, respectivamente (MONTEIRO, 2012).

Segundo Alves (2013), esse potencial, correspondente a 25% de penetração de energias renováveis no país. Com isto, Cabo Verde alcançou a meta definida nas políticas energéticas do governo de, em 2012, ter 25% de penetração de energias renováveis, como é ilustrada na Figura 5.

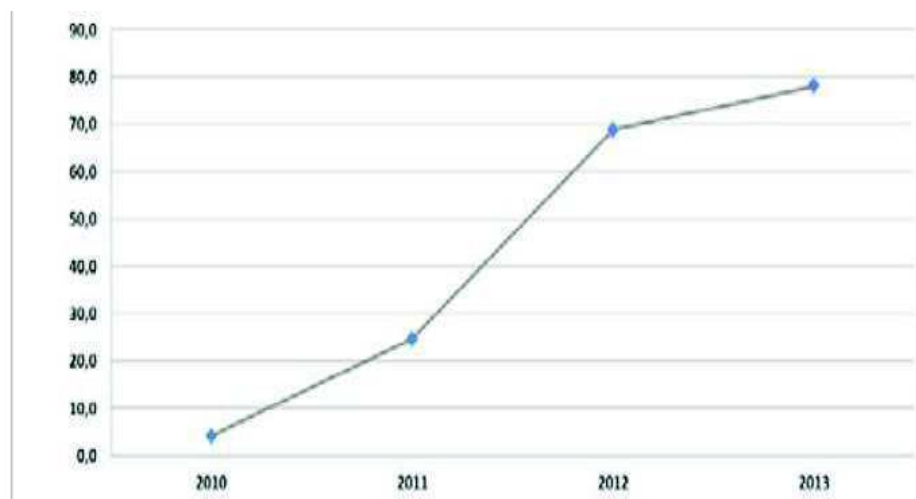
Figura 5. Produção de energia renovável



Fonte: MONTEIRO (2012).

De acordo com o Diário da República de Cabo Verde, (Boletim Oficial da República de Cabo Verde n.º61, 2015), os parques eólicos bem como os parques solares, todos conectados à rede elétrica, permitiram incrementar a penetração de renováveis, sendo que em 2013, 20% (quase 80 GWh) da energia elétrica produzida no país era de origem renovável, conforme é ilustrado na Figura 6.

Figura 6. Evolução da produção de eletricidade de origem renovável em Cabo Verde (GWh).



Fonte: Boletim Oficial da República de Cabo Verde n° 61 (2015).

3.1.2 Importância das Energias Renováveis

Questões como a crise do petróleo, em que se deu a primeira em 1973, o que acarretou no aumento exorbitante do preço do barril do petróleo imposto pela OPEP atrelado ao fator escassez em uma segunda instância, levaram os consumidores a ter consciência de que as reservas de combustíveis fósseis se esgotarão dentro de dezenas ou poucas centenas de anos. O homem se preocupou cada vez mais em como conseguir energia para suprimir as suas necessidades. Essa foi a primeira grande alteração na matriz energética mundial, mas sem a devida preocupação ambiental, (CARMO, 2012). Segundo Unemet (2007),

O planeta terra mudou. O mundo mudou, evoluiu. Porém, todo progresso tem o seu preço: hoje a humanidade possui uma enorme demanda energética e os cenários de crescimento mostram que o colapso não estaria distante. Além de toda a problemática já existente envolvendo as matrizes energéticas atuais, as energias renováveis possuem um atrativo de desenvolvimento limpo, com reduzida (ou nenhuma) emissão direta do carbono na atmosfera. Em tempos de debates sobre o aquecimento global elas têm sido apontadas como não só a evolução das fontes energéticas, mas como uma necessidade do mundo moderno (UNEMET, 2007).

A elevada procura devido à crescente demanda destes combustíveis tem levado não só à redução das suas reservas, mas também ao aumento das emissões de gases que contribuem para a intensificação do efeito da estufa, sendo o dióxido de carbono o que mais contribui para

este fenómeno. A constante preocupação com a falta de sustentabilidade dos combustíveis fósseis tem contribuído para o interesse dos países em procurar novas fontes de energia sustentáveis cujo impacto ambiental seja o menor possível. Para solucionar estes problemas, sugeriram diversas fontes para geração de energia elétrica, ou mesmo para uso como combustível denominado de fontes renováveis. Neste contexto, as fontes de energia renováveis, como a radiação solar, os rios ou o vento apresentam-se como uma hipótese bastante apelativa (CARMO, 2012).

3.2 Energia Eólica

3.2.1 História da Geração de Energia Eólica

Acredita-se que foram os egípcios os primeiros a fazer uso prático do vento. Em torno do ano 2800 a.C. eles começaram a usar velas para ajudar a força dos remos dos escravos. Eventualmente, as velas ajudavam o trabalho da força animal em tarefas como moagem de grãos e bombeamento de água (SANTOS et al, 2006).

Os persas começaram a usar a força do vento poucos séculos antes de Cristo, e por volta de 700 d.C. eles estavam construindo moinhos de vento verticais elevados para serem usados como força nas mós, na moagem de grãos.

Outras civilizações do oriente médio, mais notavelmente os muçulmanos, continuaram onde persas deixaram e construíram seus próprios moinhos de vento. Com o retorno das cruzadas, pensou-se que eles tinham trazido ideias sobre moinhos de vento e desenhos para a Europa, e a partir do século XII, começaram a ser usados moinhos de eixo horizontal na Inglaterra, França e Holanda e o modelo foi disseminado pela Europa.

As forças do vento e da água logo se tornaram a fonte primária da energia mecânica medieval inglesa. Durante esse período, os holandeses contaram com a força do vento para bombeamento de água, moagem de grãos e operações de serraria.

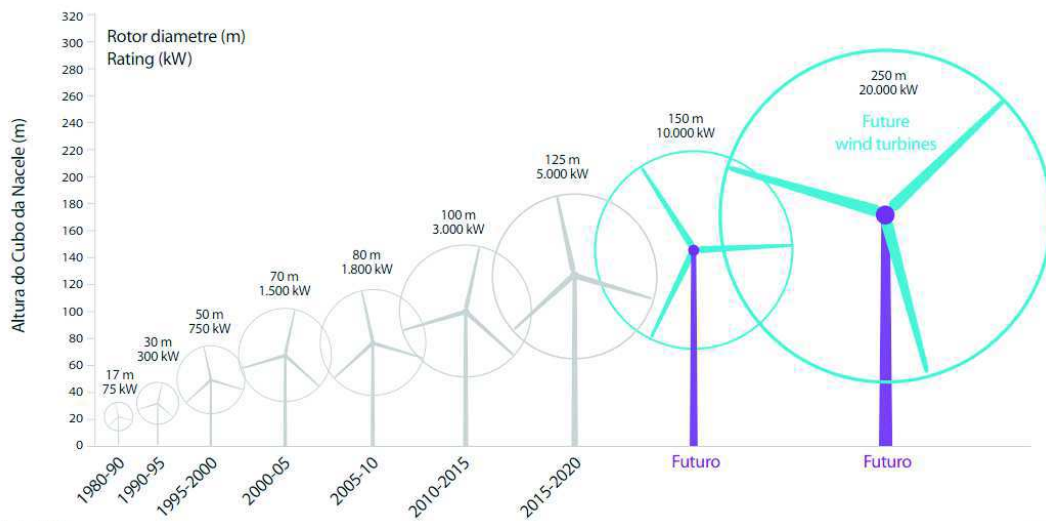
Os primeiros moinhos de vento nas novas colônias inglesas eram duplicatas das máquinas inglesas. Muitos dos desenhos melhorados na Holanda eram virtualmente ignorados. Por volta de 1850, Daniel Halliday começou a desenvolver o famoso moinho de vento americano de fazenda. Usado principalmente para bombear água, essa máquina é o familiar moinho de vento multilâmina ou cata-vento americano, ainda visto hoje em muitas áreas rurais.

No final do século XIX, surgiram as primeiras tentativas para a geração de eletricidade a partir da eólica, mas somente nos anos 1970, com a crise internacional do petróleo é que houve interesse e investimentos suficientes para viabilizar o desenvolvimento e aplicação de equipamentos em escala comercial com exceção da Dinamarca (COSTA, 2013). Nessa época países como os EUA e alguns outros países da Europa se interessaram pelo desenvolvimento de fontes alternativas para a produção de energia elétrica, buscando diminuir a dependência do petróleo e carvão o que impulsionou para a busca de uma alternativa. A primeira turbina eólica comercial ligada à rede elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca.

Desde 1980, as turbinas eólicas apresentaram um rápido crescimento em tamanho e potência de geração. As primeiras turbinas eólicas dinamarquesas possuíam diâmetros de 10 metros a 15 metros, e de capacidade de 30 a 55 KW. Durante as últimas décadas, além da questão de tamanho e potência, vários aspectos foram levados em conta na evolução de tecnologia dos aerogeradores. Já no final da década de 1980 a capacidade dos aerogeradores era da ordem dos 300 kW e atualmente já existem modelos de mais de 5 MW, aumentando de uma forma significativa futuramente. A tecnologia da energia eólica é hoje uma tecnologia madura e amplamente disseminada (COSTA, 2013).

Consequentemente, o aproveitamento da energia eólica apresenta uma escala significativa em termos de geração, eficiência e competitividade sustentável ao nível do setor elétrico e da indústria. Recentes desenvolvimentos tecnológicos (sistemas avançados de transmissão, melhor aerodinâmica, etc), têm reduzido custos e melhorado o desempenho e confiabilidade dos equipamentos. A Figura 7 ilustra a tendência crescente do aumento da potência instalada unitária e relaciona o diâmetro típico do rotor com a potência nominal.

Figura 7. Evolução das tecnologias em relação entre o diâmetro típico do rotor e a potência nominal da turbina



Fonte: Ministério de Minas e Energias (2016).

A característica mais importante que se leva em consideração quando se considera a utilização da energia eólica para a geração de eletricidade, é a velocidade do vento. Portanto, pequenas mudanças na velocidade do vento podem produzir grandes mudanças econômicas de um parque eólico devido à redução ou aumento da produção de energia.

3.2.2 Conceitos: o Vento

Denomina-se de energia eólica, a energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento), e é também denominada simplesmente de energia do vento. Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com emprego de turbinas eólicas ou aerogeradores para geração de eletricidade. Para a realização de tarefas mecânicas como o bombeamento de água, utilizam-se dispositivos denominados de cata-ventos e/ou moinhos de vento.

A energia cinética dos ventos, primeiramente é convertida em energia mecânica, através do movimento das pás da turbina eólica, em seguida, esta energia mecânica é convertida em energia elétrica através do gerador elétrico. Ao girar, a energia cinética é convertida em energia mecânica, que aciona o rotor do aerogerador, produzindo assim, a eletricidade. A quantidade de energia transferida está relacionada à densidade do ar, à área coberta pela rotação das pás e à velocidade do vento. Seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia de translação em energia de rotação (MENEZES, 2012).

Como já foi descrito anteriormente, o vento é uma determinada massa de ar em movimento. A energia eólica provém da radiação solar, uma vez que os ventos são gerados

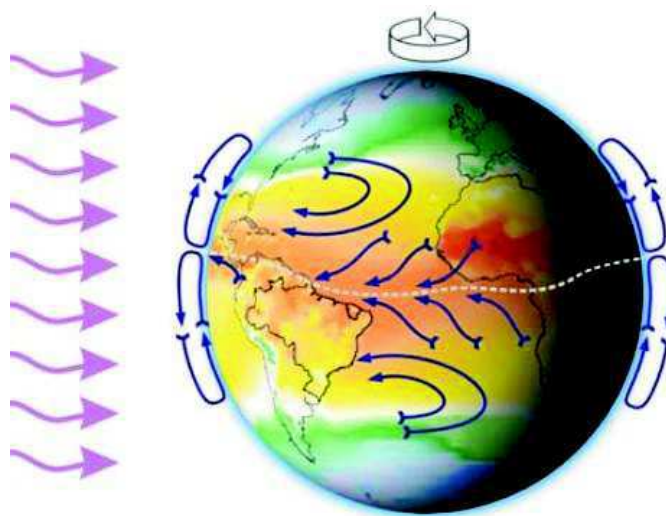
pelo aquecimento não uniforme da superfície. As regiões tropicais, sendo as mais próximas do sol, são mais aquecidas que as regiões polares. Consequentemente, o ar quente que se encontra nas baixas altitudes das regiões tropicais tende a subir, sendo substituído por uma massa de ar mais frio que se desloca das regiões polares. O deslocamento de massas de ar determina a formação dos ventos (FERREIRA, 2011).

As brisas marítimas também são localmente formadas por diferenças de temperaturas, não mais decorrentes pelo ângulo e incidência dos raios solares, mas das diferentes capacidades de armazenamento de calor pela água e pelos corpos sólidos. A parcela continental da terra é aquecida durante o dia e resfriada durante a noite de forma muito mais rápida que a parcela aquática. Por esta razão, o ar é aquecido pela terra durante o dia sobe, sendo repostado por ar frio vindo do mar. Durante a noite, o processo se inverte. Os ventos de vales e montanhas também sofrem o processo semelhante (BRUNI; SOUZA, 2011). Existem locais no globo terrestre nos quais os ventos jamais cessam de soprar, pois os mecanismos que os produzem (aquecimento no equador e resfriamento nos polos) estão sempre presentes na natureza. São chamados de ventos planetários ou constantes e podem ser classificados em:

- a) alísios: ventos que sopram dos trópicos para o equador, em baixas altitudes.
- b) contra-Alísios: ventos que sopram dos trópicos para os polos.
- c) polares: ventos que sopram dos polos para as zonas temperadas.

A Figura 8 ilustra como ocorre a formação dos ventos devido ao deslocamento das massas de ar.

Figura 8. Formação dos ventos

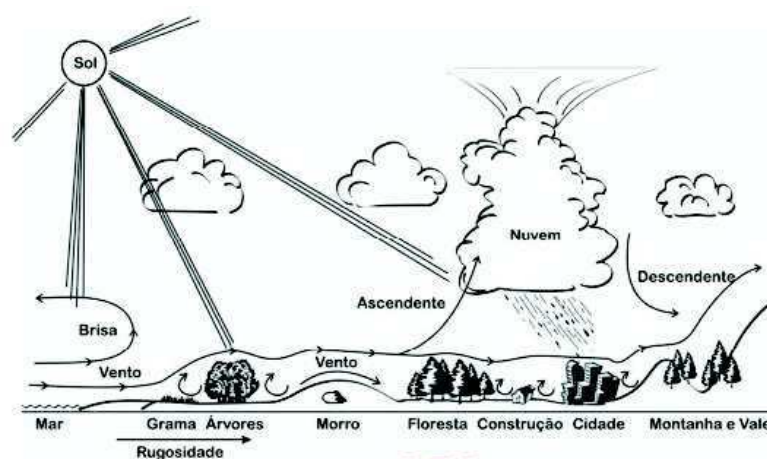


Fonte: FERREIRA (2011).

Os ventos mais fortes e constantes situam-se em alturas superiores a um quilómetro da superfície terrestre. Como não é possível colocar aproveitamentos eólicos nestas faixas, estes são instalados a algumas dezenas de metros da superfície terrestre, isso porque os ventos se tornam mais uniformes e têm suas velocidades aumentadas conforme se distanciam da superfície. No entanto, são afetados pela rugosidade, pelo relevo e pelos obstáculos presentes nos locais de instalação dos mesmos. As informações necessárias para o levantamento das condições podem ser obtidas a partir de mapas topográficos e de uma visita ao local de interesse para avaliar e modelar a rugosidade e os obstáculos. O uso de imagens aéreas e dados de satélite também contribui para uma análise mais rigorosa (BRITO, 2008).

A Figura 9, mostra de uma forma genérica como os ventos se comportam quando estão sob influência das características da superfície do solo.

Figura 9. Comportamento do vento sob influência das características do terreno



Fonte: BRITO (2008).

Para efeitos de produção da energia elétrica, torna-se necessário identificar e avaliar um local para instalar um aproveitamento eólico. A avaliação é sustentada em medidas de vento efetuadas por anemómetros. Tipicamente, o tempo mínimo para avaliar o potencial eólico de um local ronda os três anos. Na conversão de energia eólica há que se levar em conta que nem todo o local é apropriado. Segundo os fabricantes de turbinas eólicas, para que o sistema seja economicamente viável, a velocidade média anual mínima deve ser no mínimo de 5,5 a 7,0 m/s (BRUNI; SOUZA, 2007).

Devido à inclinação do eixo da Terra em relação ao plano da sua órbita em torno do Sol, variações na distribuição de radiação recebida, resultam em variações de intensidade e duração dos ventos. O vento é classificado nos seguintes termos: monções, brisas, ciclones,

tufões, tornado, furacão, vendaval e willy-willy. As monções são ventos periódicos que mudam a sua direção de acordo com as estações do ano. As brisas caracterizam-se por serem ventos periódicos de baixa intensidade, que geralmente não ultrapassam os 50 km/h (BRUNI; SOUZA, 2007).

Em escalas de tempo menores que um ano, as monções são previstas com alguma segurança, devido às variações muito lentas dependendo da estação do ano. Já as brisas, devido à sua grande variação de intensidade em intervalos de tempo curtos, apenas se conseguem prever com alguns dias de antecedência. Para intervalos de tempo inferiores a alguns minutos, existem grandes variações de vento às quais se designam turbulência.

Segundo Bruni e Souza (2007), do ponto de vista de aproveitamento da energia eólica, é importante que seja feita a distinção entre as diferentes variações dos ventos, que podem ser anuais, sazonais, diárias e de curta duração. As variações sazonais são oriundas do aquecimento não uniforme da superfície terrestre, de maneira diferente nas estações do ano. Assim, médias anuais podem levar a resultados diferentes das médias sazonais. Em relação à variação diária da velocidade dos ventos (brisas marítimas e terrestres) também são causadas pelo aquecimento não uniforme da superfície da terra. Comparando-se a evolução da velocidade média durante um dia, percebe-se que existe uma variação significativa de um mês para o outro. Com esse tipo de informação, projeta-se melhor o sistema eólico. Existem também variações de curta duração que estão associadas tanto às pequenas flutuações quanto às rajadas de vento. A priori, essas rajadas não são consideradas na análise de potencial eólico.

3.2.2.1 Potência Eólica Disponível e Utilizável

A velocidade do vento é o parâmetro crucial quando se deseja avaliar o potencial de geração de energia eólica em uma região. De uma maneira geral, se a média anual mínima da velocidade dos ventos for no mínimo de 5,5 m/s, é considerada viável a utilização da energia eólica. De outra forma, o uso dessa energia não seria interessante. São instalados, portanto, os aerogeradores para a apropriação da energia contida nos ventos em regiões onde haja um fluxo permanente e razoavelmente forte de vento. Estes aerogeradores são geralmente projetados para atingirem a potência máxima para as velocidades do vento da ordem de 10 a 15 m/s (QUEIROZ; LUZ, 2014).

A potência disponível do vento, em Watt, é proporcional ao cubo da velocidade do vento fluindo perpendicularmente através da pá cuja área A é dada pela Equação 1:

$$P = \frac{1}{2} \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

em que ρ é a densidade do ar, A é a área da pá e v é a velocidade do vento.

Entretanto, nem toda a potência disponível no vento é aproveitada pela turbina eólica, apenas uma fração dessa potência é extraída pelas pás da turbina. Essa fração é denominada Coeficiente de Potência (c_p). De acordo com o físico alemão Albert Betz, a máxima potência que pode ser aproveitada pela turbina eólica equivale a 59,3% da potência do vento disponível para a turbina. Esse valor é teórico. Na prática, para turbinas eólicas modernas aproveitam-se em torno de 40% (MENEZES, 2012).

3.2.3 Evolução das Tecnologias de Aproveitamento no Mundo

O vento é o conjunto das partículas em movimentos geradores da energia cinética. De acordo com Queiroz e Luz (2014), para poder captar essa energia cinética e transformá-la em energia elétrica, é necessária uma turbina eólica ou aerogerador. Estes são compostos, basicamente, por três partes: pás do rotor, eixo e gerador. As pás têm a finalidade de capturar a energia cinética contida no vento. Conforme se movimentam, giram um eixo que une o rotor ao gerador. Assim, o rotor transfere sua energia mecânica rotacional para o eixo que está conectado a um gerador elétrico, transformando energia rotacional em energia elétrica.

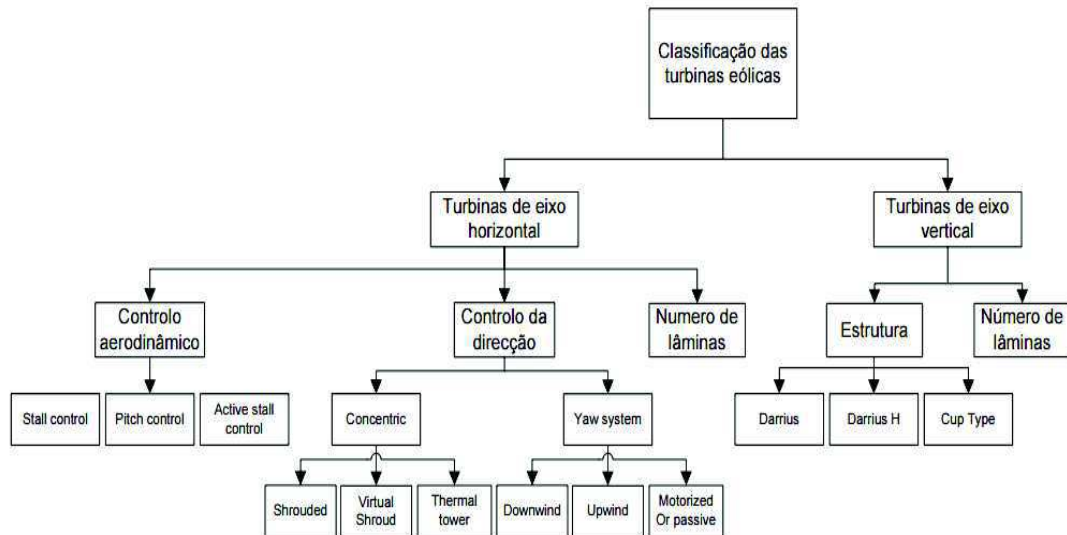
Com o início da utilização da energia eólica, surgiram as turbinas de vários tipos: eixo horizontal, eixo vertical, com apenas uma pá, com duas e três pás, gerador de indução, gerador síncrono, etc. Com o passar do tempo, aperfeiçoou-se o projeto de turbinas eólicas com as seguintes características: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não flexível.

Entretanto, algumas características desse projeto ainda geram polêmica, como a utilização ou não do controle do ângulo de passo (pitch) das pás para limitar a potência máxima gerada. A tendência atual é a combinação das duas técnicas de controle de potência (stall e pitch) em que as pás podem variar o ângulo de passo para ajustar a potência gerada, sem, contudo, utilizar esse mecanismo continuamente (ANEEL, 2015).

A Figura 10 ilustra um resumo da classificação das turbinas eólicas, existentes atualmente. Sendo estas classificadas de acordo com a posição do eixo, relativamente à

direção do vento e a forma de controle das forças aerodinâmicas exercidas nas pás da turbina (QUEIROZ; LUZ, 2014).

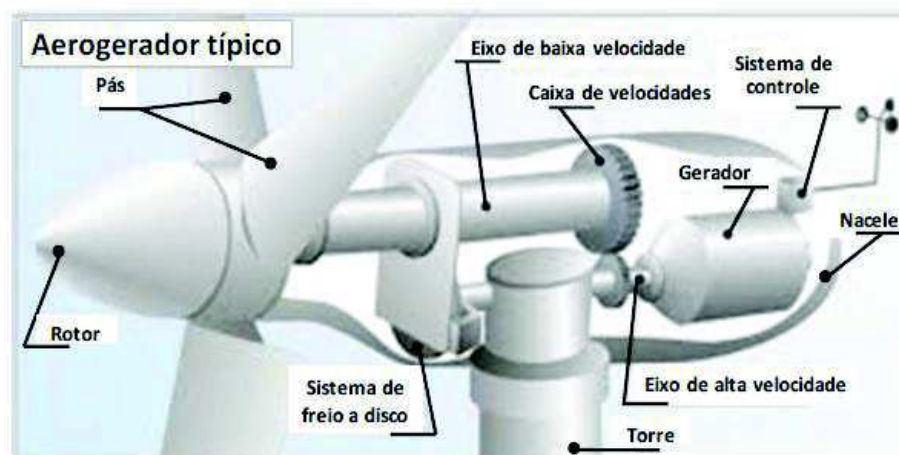
Figura 10. Diagrama de resumo das classificações das turbinas



Fonte: QUEIROZ; LUZ (2014).

Os principais componentes de uma unidade geradora eólica estão descritos na Figura 11 e são: torre, pás do rotor, eixo; nacele, caixa de engrenagens, gerador, controlador, freios, unidade de controle eletrônico e equipamentos elétricos.

Figura 11. Desenho esquemático de uma turbina eólica moderna



Fonte: Ministério de Minas e Energia (2015).

A função de cada componente de uma grande unidade aerogeradora é especificada na Tabela 1.

Tabela 1- Função dos componentes

COMPONENTES	FUNÇÃO
Pás do Rotor	Capturar a energia eólica e converte-la em energia rotacional no eixo
Eixo	Transferir a energia de rotação para o gerador
Nacele	Carcaça onde são abrigados os componentes
Caixa de Engrenagens	Aumentar a velocidade de rotação do eixo entre o gerador e o cubo do rotor
Gerador	Usar a energia rotacional para gerar eletricidade utilizando eletromagnetismo
Unidade de controle eletrônico	Monitorar todo o sistema, realizar o desligamento da turbina em caso de falha e ajustar os mecanismos de alinhamento da turbina com o vento.
Mecanismo yaw	Alinhar o rotor com a direção do vento
Freios	Em caso de falha no sistema ou sobrecarga de energia, detém a rotação do eixo.
Torres	Sustentar o rotor e a nacele, além de erguer todo o conjunto a uma altura onde as pás possam girar com segurança e distantes do solo
Equipamentos Elétricos	Transmitir a eletricidade do gerador pela torre e controlar os elementos de segurança da turbina

Fonte: adaptada de Garbe et al (2011).

Quanto ao porte, as turbinas eólicas podem ser classificadas da seguinte forma: pequenas de potência nominal menor que 500 kW; médias de potência nominal entre 500 kW e 1000 kW; e grandes de potência nominal maior que 1 MW. A Figura 12 mostra as turbinas de pequena (a), média (b) e grande porte (c).

Figura 12. Exemplos de turbinas



Fonte: ANEEL (2016).

As maiores inovações nos últimos anos foram a utilização de acionamento direto (sem multiplicador de velocidades), com geradores síncronos e novos sistemas de controle que permitem o funcionamento das turbinas em velocidade variável, com qualquer tipo de gerador. A tecnologia atual oferece uma variedade de máquinas, segundo a aplicação ou local de instalação. Quanto à aplicação, as turbinas podem ser conectadas à rede elétrica ou destinadas ao suprimento de eletricidade a comunidades ou sistemas isolados. Em relação ao local, a instalação pode ser feita em terra firme denominadas de onshore, e de off-shore, que são instaladas no mar. As eólicas offshore também são possíveis e geram até mais energia em relação aos instalados no onshore.

O início do século 21 foi marcado pela escalada crescente de aumentos nos preços do petróleo (passando de US\$ 100 o barril), o que tem motivado, em aderência com as questões de aquecimento global do planeta, uma forte expansão na geração eólica centralizada (Ministério de Minas e Energia, 2015).

No atual contexto tecnológico, os parques offshore, no exterior, já apresentam turbinas com potência entre 5 MW e 7 MW, com consequentes benefícios futuros para os projetos onshore. Na Europa já há pesquisas para máquinas offshore, com turbinas de 20 MW, o que exigirá novos materiais leves e resistentes, alternativas para os ímãs de terras raras e novas soluções para torres que podem passar de 200 m de altura (Ministério de Minas e Energia, 2015).

No caso de Cabo Verde, no início de 1987, houve a instalação de duas turbinas de 55 kW cada uma, ligadas à rede elétrica da Praia, capital da ilha de Santiago, que posteriormente foram desativadas. Em 1994, houve a instalação de três parques eólicos com capacidade de 2x300 kW na ilha do Sal e 3x300 kW nas ilhas de S. Vicente e Santiago, com uma capacidade instalada de 2,4 MW. Estes parques são compostos por aerogeradores da Nordtank de 300 kW, com regulação Stall. E, assim por diante, deram-se passos na implementação da energia eólica nas ilhas de Cabo Verde. Atualmente, foram implementados cinco parques eólicos onshore nas ilhas do Sal, Santiago, São Vicente e Boavista, utilizando turbinas com potência de 850KW da Vestas e na ilha de Santo Antão com potência de 250 KW da Micon (MONTEIRO, 2012).

3.2.4 O Contexto Atual do Mercado da Energia Eólica no Mundo

A exploração dos recursos eólicos para a geração de energia tem-se mostrado uma solução viável na composição de uma matriz energética diversificada, contemplando a energia eólica como uma fonte complementar de geração de energia elétrica.

Os dois últimos estudos da Associação Mundial de Energia Eólica mostram um crescimento do uso de energia eólica no mundo. Os trabalhos, que avaliaram os anos de 2010 e o primeiro semestre de 2011, revelam que, ao todo, 86 países já utilizam essa fonte renovável para a produção de energia elétrica. Entre eles, destaca-se a China, que se tornou o país com maior capacidade instalada, acrescentando 18.928 Megawatts (MW) em sua matriz em um ano, bem como o centro da indústria eólica internacional (MONTEIRO, 2012).

Até 2005 a Alemanha liderava o ranking dos países em produção de energia através de fonte eólica, mas em 2008 foi ultrapassada pelos EUA. Desde 2010, a China é o maior produtor de energia eólica. Em 2011 o total instalado nesse país ultrapassava os 62.000 MW.

De acordo com os dados do Conselho Mundial de Energia Eólica (GWR, 2014) apud Ministério de Minas e Energia (2015), 2014 foi o grande ano para a indústria eólica, estabelecendo um novo recorde de mais de 51 GW instalados em um único ano, superando em 4 GW as previsões, elevando o total global para aproximadamente 370 GW, com destaque para a China, que instalou 23 GW.

A capacidade mundial total em 2014 correspondeu a 369,597 MW, um aumento de 16 % em relação a 2013, com recorde para a China, Alemanha e EUA. A Tabela 2 apresenta a potência eólica instalada no mundo durante 2014.

Tabela 2 - Potência eólica instalada no mundo no ano de 2014.

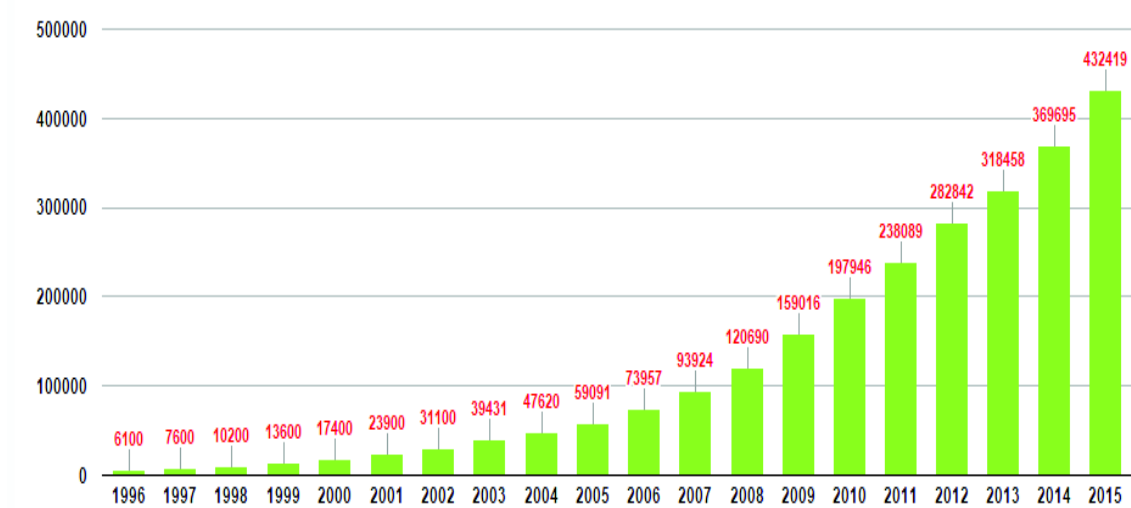
País	Potência Instalada (MW)	Participação (%)
China	23.196	45,1
Alemanha	5.279	10,3
Estados Unidos	4.854	9,4
Brasil	2.472	4,8
Índia	2.315	4,5
Canada	1.871	3,6
Reino Unido	1.736	3,4
Suécia	1.050	2
França	1.042	2
Turquia	804	1,6
Total dos 10 primeiros	44.619	86,7
Resto do Mundo	6.854	13,3
Total Mundial	6.854	100

Fonte: adaptada de Ministério de Minas e Energia (2015).

A China continua sendo o maior mercado de energia eólica, com 20 GW novos instalados. A Alemanha instalou mais de 5 GW de capacidade eólica, enquanto que a adição da capacidade dos EUA se recuperou de níveis muito baixos em 2013 quase 5 GW em 2014 (Ministério de Minas e Energias, 2015).

Entretanto, de acordo com os dados do Centro de Estatística em Recursos Naturais e Energia (2016), o mundo hoje tem novo recorde em novas instalações eólicas com o acréscimo de 63,690 MW em 2015. A capacidade total de energia produzida pelos ventos em todo o mundo chegou em torno de 432,42 GW acumulados. A Figura 13 ilustra a evolução da capacidade eólica instalada acumulada no mundo por ano.

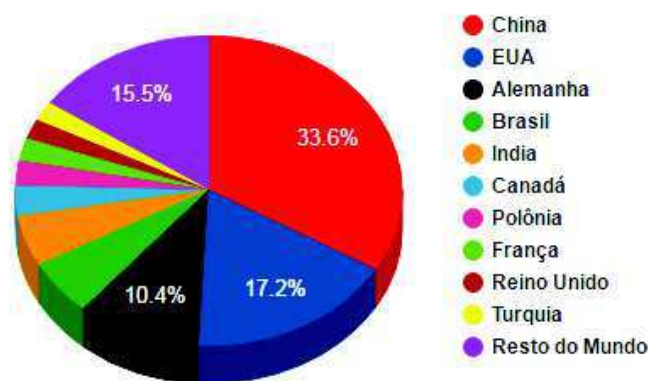
Figura 13. Capacidade eólica total instalada no mundo (MW)



Fonte: CERNE (2016).

A taxa de crescimento global de 17% foi maior do que em 2014. A China continua sendo o destaque como líder mundial de energia eólica, somando novos 33 GW de capacidade. Isto representa cerca de 50% do total do mercado (CERNE, 2016). A Figura 14 mostra os países com maior capacidade eólica instalada acumulada (MW) no final de 2015.

Figura 14. Países com maior capacidade eólica instalada acumulada no final de 2015



Fonte: CERNE (2016).

Em nível do continente africano em particular, destaca-se 483 MW instalados em 2015 na África do Sul. A Tabela 3 apresenta a capacidade instalada de energia eólica na África e no Oriente Médio (Jordânia).

Tabela 3. Capacidade instalada de energia eólica na África e Oriente Médio (MW)

	Final 2014	Novos 2015	Final 2015
África do Sul	570	483	1053
Marrocos	787	0	787
Egito	610	0	610
Etiópia	171	153	324
Tunísia	245	117	245
Jordânia	2	0	119
Cabo verde	26	0	26
Outros	125	753	125

Fonte: adaptada de Cabeólica (2015).

No caso de Cabo Verde, nota-se que não houve variação de potência desde 2014 até 2015, isso ocorreu devido à economia que continuou em desaceleração. O fraco crescimento previsto continua a dever-se, essencialmente, ao igualmente modesto crescimento dos principais parceiros do país, com maior preocupação, com o crescimento anémico das economias portuguesa e espanhola que juntos representam mais de 50% de todas as relações comerciais de Cabo Verde com o resto do mundo (CABEÓLICA, 2015).

3.2.5 Energia eólica e o Meio Ambiente

Atualmente, a energia eólica pode ser considerada uma alternativa energética sustentável, que se mostra uma alternativa ótima como fonte energética. Uma vantagem dela, é que não polui durante sua operação, portanto é vista como uma contribuição para a redução de emissão de gases de efeito estufa e na redução da concentração de CO₂(dióxido de carbono).

Seus impactos ambientais estão relacionados principalmente a ruídos, ao impacto visual e ao impacto sobre a fauna.

De acordo com Inatomi e Udaeta (2005) apud Tolmasquim (2004), na década de 80 e 90, as questões relacionadas ao ruído gerado foram uma barreira no aproveitamento desse recurso. Porém, com o desenvolvimento tecnológico, houve uma redução significativa dos níveis de ruídos produzidos pelas turbinas eólicas, que está relacionada a fatores como a aleatoriedade do seu funcionamento e a variação da frequência do ruído, uma vez que este é diretamente proporcional à velocidade do vento incidente. O ruído proveniente das turbinas eólicas pode ser de origem mecânica e aerodinâmica. Análises demonstram que, para turbinas

com rotores de diâmetros maiores que 20 metros, o ruído mecânico é dominante, e que quanto mais largos os rotores, maior será o ruído aerodinâmico.

A tecnologia atual mostra que é possível a construção de turbinas eólicas com níveis de ruído bem menores, visto que as engrenagens utilizadas para multiplicar a rotação do gerador podem ser eliminadas caso seja empregado um gerador elétrico que funciona em baixas rotações (sistema multipolo de geração de energia elétrica). O ruído de origem aerodinâmica é função da velocidade do vento sobre a turbina eólica e a sua redução relaciona-se ao design das pás e da própria torre.

As turbinas eólicas geram um impacto visual de difícil quantificação, porém, com certeza, as turbinas, com corpos com aproximadamente 40 metros de altura e pás de 20 metros impactam a paisagem.

Outro aspecto do impacto visual é referente às movimentações das sombras provocadas pelas hélices, que deve ser considerado quando da implantação próxima a áreas habitadas.

O impacto sobre a fauna, também é outro aspecto da geração de energia eólica, é o seu impacto sobre a fauna, visto a colisão de pássaros com as estruturas. Entretanto, estudos comprovam que a mortalidade de pássaros em função de turbinas eólicas é pequena e isolada, como na Espanha, onde as turbinas foram instaladas numa rota de migração de pássaros. Porém, distúrbios na proliferação e descanso de pássaros podem ser um problema em regiões costeiras.

Fora das rotas de imigração, estudos mostram que raramente os pássaros são incomodados pelas turbinas e que eles tendem a mudar sua rota de voo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina, em distâncias seguras. Na Alemanha, morrem mais pássaros vitimados pelo impacto em torres de antenas do que em turbinas eólicas (INATOMI; UDAETA, 2005).

Segundo Bueno (2010), a quantificação dos impactos provenientes da energia eólica em parte pode ser avaliada pela quantidade de CO₂ não emitido na atmosfera. Uma turbina de 600KW, dependendo da velocidade do vento e fator de capacidade, pode evitar a emissão entre 20.000 a 36.000 toneladas de CO₂ equivalentes a geração convencional durante sua vida útil estimada em 20 anos. Estes valores dependem imperativamente do regime de vento e, por consequência, do fator de capacidade no local de instalação.

3.3 O Setor Elétrico e as Demandas Ambientais

Os impactos sobre o meio ambiente e antrópico gerados pelas atividades do setor elétrico ocorrem de forma significativa em suas etapas de exploração, transformação, distribuição e uso. Os danos mais expressivos, originários do funcionamento do mercado de energia, estão relacionados com as emissões de poluentes atmosféricos, contaminação dos meios aquáticos, terrestres e a geração de resíduos. Acrescentando também o esgotamento dos recursos naturais, produção de ruídos, impactos visuais e os efeitos negativos à biodiversidade.

Segundo Silva (2006), o aumento das concentrações das emissões dos poluentes atmosféricos tem repercutido em danos ambientais de âmbito global, regional e local. Dentre estes se pode citar: a intensificação do efeito estufa, depleção da camada de ozônio e a chuva ácida. A geração de eletricidade a partir de recursos fósseis lança na atmosfera uma gama de contaminantes que atuam no meio ambiente contribuindo para a acidificação do solo e dos recursos hídricos. Como principais contaminantes pode-se apresentar o SO₂ (principal poluente para a formação da chuva ácida), CO₂ e CH₄ (responsáveis pela maior intensificação do efeito estufa), metais pesados, materiais particulados e hidrocarbonetos.

O setor energético responde por quase todo o volume de emissões de CO₂. Atualmente, são lançados anualmente na atmosfera aproximadamente 6,3 bilhões de toneladas de carbono, resultantes da queima de combustíveis fósseis.

De uma forma geral, as implicações ambientais da produção e o uso dos recursos energéticos têm gerado um grande desafio para os países desenvolvidos e países emergentes, consistindo na busca e adoção de modelos de crescimento que garantam a sustentação do desenvolvimento destes, bem como a indústria de energia, sem que se ampliem os efeitos negativos ao meio ambiente. Neste contexto, a adoção de novas tecnologias de produção e uso de recursos renováveis apresenta-se como uma alternativa viável do ponto de vista ambiental (SILVA, 2006).

4 METODOLOGIA

Com o intuito de atingir o objetivo principal da presente pesquisa que consiste em analisar a matriz energética de Cabo Verde com a inserção da energia eólica no setor elétrico, tendo como foco a sua reestruturação, operação, assim como a sua contribuição ambiental e socioeconômica para Cabo Verde, seguiu-se as seguintes etapas:

a) Etapa 1- Revisão do referencial teórico

Para dar suporte ao desenvolvimento do trabalho foi importante realizar uma revisão bibliográfica com base em livros, dissertações e sites eletrônicos de instituições das áreas em estudo, além de relatórios atuais que descrevem a situação da energia, do clima, com o objetivo de ter por base informações e dados de qualidade extremamente atuais, possibilitando chegar a uma conclusão bem embasada e não ultrapassada. Fez-se uma descrição acerca das fontes renováveis, contemplando a sua importância para o incentivo do uso como fonte complementar. Apresentou o estado da arte da tecnologia eólio-elétrica, percorrendo as suas evoluções históricas, o panorama mundial da geração eólio-elétrica, sua relação com o meio ambiente e as suas características tecnológicas. Além disso, o projeto também buscou analisar a questão ambiental do setor elétrico, para que fosse possível calcular a emissão de CO₂ da matriz energética.

b) Etapa 2- Oportunidades e barreiras da energia eólica no setor elétrico de Cabo Verde

A realização desta etapa foi dividida em três fases:

Fase 1- Caracterização do setor elétrico de Cabo Verde;

Primeiramente foi feita uma caracterização do setor elétrico, pois é importante que se conheça o setor elétrico de Cabo Verde para que se possa ter base fundamental para uma clara percepção da sua evolução. Neste sentido, essa caracterização baseou-se em informações como descrição do contexto energético, sua estruturação atual e a evolução da procura de energia por setor.

Fase 2 - Caracterização do Potencial Eólico

Nesta fase foi necessário caracterizar o recurso eólico, o potencial eólico do país, suas características em relação ao regime dos ventos de cada ilha assim como as características tecnológicas dos parques eólicos que se encontram instalados no sistema. Além disso, analisou-se outras informações como sua participação no setor elétrico, conhecendo como se encontra o mix energético de Cabo Verde, sua evolução na produção de energia anual, o potencial eólico instalado em cada parque, assim como sua influência na queda do consumo de combustíveis fósseis, do preço de eletricidade ao consumidor final e a queda dos preços dos combustíveis importados.

Fase 3- Projeção do Crescimento de Energia Eólica e Impacto na Redução de CO₂ de no Setor Elétrico.

E por último, nesta fase foi feita uma projeção de crescimento da energia eólica e o seu impacto na redução de CO₂, com base no consumo de combustíveis fósseis. Nesse caso, analisou-se duas variáveis, a ambiental e a evolução da capacidade de instalação de energia eólica no setor elétrico. Para a realização dessa projeção, utilizou-se a ferramenta Excel.

A partir das informações levantadas com base nos relatórios anuais da empresa responsável, relacionadas ao consumo de combustíveis, analisou-se o impacto da energia eólica na emissão de CO₂, calculando a emissão desses combustíveis utilizados no estado atual e em seguida fez-se uma projeção dessa emissão num período de 10 anos.

Para o cálculo dessas emissões baseou-se na metodologia do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), usando seus fatores internacionais, referente ao IPCC (1995). A metodologia do IPCC baseia-se na contabilização dos consumos e emissões setoriais segundo usos finais (caldeiras, aquecimento, etc), através de fatores de conversão apropriados de unidades de energia (Joules) para toneladas de Carbono Equivalente (ou Carbono Molecular) de CO₂, como é mostrado na Tabela 4

Tabela 4- Fatores de conversão do IPCC (1995)

Combustível	tCO₂/TJ
Diesel	74,1
Gasolina	69,3
GLP	63,1
Óleo Combustível	77,4
Querosene	71,9
Biomassa Solida- Bagaço	109,6
Biomassa Liquida- Álcool Hidratado	73,3

Fonte: adaptada de Jannuzzi et al [1995?].

Para o cálculo das emissões utilizou-se a Equação 2.

$$E(\text{CO}_2) = DA \cdot FE \quad (2)$$

onde,

E (CO₂) - emissão de CO₂ em toneladas (t);

FE- fator de emissão de CO₂ expresso em KgCO₂/TJ

DA- quantidade de energia gerada pelo combustível expresso em (TJ)

Embora utilizasse os fatores de conversão do IPCC (1995), a realização dos cálculos foi com base na metodologia do IPCC (2006). Isso porque, a versão mais nova é a de 2006, onde os FE's já são expressos em kg de CO₂/TJ. O IPCC (1996) utiliza o fator 44/12 que refere CO₂/C, para transformar a massa de carbono em CO₂. E como não foi possível adquirir essas informações em relação a cada tipo de combustível utilizado no setor elétrico de Cabo Verde, foi adotado a de 2006, além disso, é também a mais utilizada para fins energéticos.

Portanto para a realização desse cálculo, realizou-se o seguinte procedimento: primeiramente foi necessário fazer a conversão das unidades de medidas, pois, o consumo é dado em litros. Onde se converteu a quantidade de litros de combustíveis para Kg com base na densidade de cada combustível (dado da literatura) e depois para giga gramas (Gg). Em seguida, determinou-se o DA, determinado de acordo com Equação 3. O fator FE também foi convertido de tC/TJ para KgCO₂/ TJ. E por fim, determinou-se a emissão de CO₂ emitido em tCO₂ de acordo com a Equação 2. Os cálculos feitos se encontram no Apêndice A.

$$DA = M_C \cdot PCI \quad (3)$$

onde,

Mc- massa do combustível consumido em Gg (Gg = 10^6 Kg) t ou kg para fins energéticos;

PCI- poder calorífico inferior expresso em TJ/Gg

Além de determinar a quantidade de emissão de CO₂ gerada pelo consumo de combustível no estado atual do setor, também foi calculada a quantidade de emissões geradas com base em projeções de consumo em um período de 10 anos, admitindo duas premissas:

- a) **Premissa 1:** Projeção do consumo de combustíveis ao longo desse período definido, com base na taxa de crescimento médio referente ao consumo (2006 a 2012). E em seguida determinou a emissão de CO₂ gerado por esse consumo projetado, com base na metodologia do IPCC de 2006, conforme descrito acima.
- b) **Premissa 2:** Adoção de uma taxa de redução de 10% do consumo de combustíveis, considerando a contribuição de energia eólica para a geração de eletricidade. Esse valor percentual da redução dos combustíveis fósseis foi escolhido de acordo com a meta energética estabelecida pelo Governo de Cabo Verde, que seria atingir 50 % das energias renováveis na matriz energética do país até 2020.

Para a realização desse cálculo, fez-se o seguinte procedimento: primeiramente, baseou-se no último consumo de combustível, dado referente ao ano de 2012, em seguida procedeu-se os cálculos até o ano 2022 (projeção de 10 anos), de acordo com a equação 4.

$$C_p = C_{ant} - (T_R \cdot C_{ant}) \quad (4)$$

Onde,

C_p – consumo de combustível desejado em litros (L)

C_{ant} - consumo de combustível anterior em litros (L)

T_R - taxa de redução (10%)

Depois de feito isso, determinou-se também a emissão de CO₂ referente a esse consumo projetado, utilizando a metodologia descrita acima.

Fase 4 - Oportunidade de participação no Programa de MDL do IPCC

Com base nessas análises feitas acima, foi descrito de forma sucinta sobre a possibilidade da participação de Cabo Verde no programa de MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo), em relação a quantidade de CO₂ emitidos no setor elétrico.

Fase 5: Perspectiva de crescimento da potência instalada da energia eólica no setor elétrico

Por último, foi feita uma análise com base nessa segunda premissa, determinou a evolução da potência instalada (KW) de energia eólica, considerando essa taxa de redução do consumo dos combustíveis e incremento do potencial eólico para geração de energia, utilizado no setor elétrico de Cabo Verde. A potência instalada foi determinada de acordo com a Equação 5.

$$P_{\text{int}} = \frac{E}{t} \quad (5)$$

onde,

P_{int} - potência instalada (KW)

E- energia gerada (KWh)

t - tempo expresso em horas (8760 horas)

A potência foi determinada para as duas premissas, em seguida foi montada a curva de crescimento com base na diferença de potência dessas duas premissas. O cálculo das emissões referentes as premissas 1 e 2 se encontram nos Apêndices B e C, respectivamente.

5 OPORTUNIDADES E BARREIRAS DE ENERGIA EÓLICA PARA O DESENVOLVIMENTO DE CABO VERDE

5.1 O contexto Energético de Cabo Verde

O setor energético de Cabo Verde é, em grande medida, influenciado por dois fatores fundamentais: os condicionalismos geográficos impostos pela sua insularidade e a ausência de dotações energéticas tradicionais próprias em quantidades significativas, que coloca o país mais vulnerável perante flutuações do mercado internacional dos derivados do petróleo.

A insularidade e a descontinuidade do território têm sido um desafio para o setor energético de Cabo Verde, referente à ausência de combustíveis fósseis, a importação e a distribuição interilhas são altamente custosas. Por outro lado, a descontinuidade do território nacional e o seu desmembramento em diversas ilhas de pequena dimensão torna mais difícil a exploração de economias de escala na geração de eletricidade. Assim, cada ilha do arquipélago tem que possuir a sua própria infraestrutura de geração e distribuição de energia, com uma dimensão adequada a sua própria realidade. Além disso, o país enfrenta um grande desafio elétrico devido às previsões apontadas para o aumento exponencial do consumo de eletricidade em 2015. Devido a este aumento da procura, o governo tem procurado responder de forma adequada, para poder garantir o suprimento dessa demanda. Entretanto, esse aumento tem ocasionado alguns problemas operacionais imediatos e significativos, pelo que justifica o fenómeno das quebras regulares do abastecimento de eletricidade no país.

Por outro lado, o país apresenta uma escassez de recursos energéticos e a dependência do abastecimento externo de combustíveis fósseis. Tal escassez de combustíveis fósseis leva a outra questão relevante, que é a sobre-exploração da biomassa para efeitos de geração de energia e o impacto que tal opção tem ao nível das alterações climáticas e da sustentabilidade do desenvolvimento. Além disso, tem a questão de dependência de um único operador na produção de eletricidade, tornando assim um desafio. A empresa de eletricidade tem fraca capacidade para gerir e dar resposta ao aumento da procura.

Assim a inexistência de combustíveis fósseis em Cabo Verde é altamente compensada com excelentes condições para a energia eólica e solar. Perante este cenário, as autoridades cabo-verdianas têm vindo a procurar impulsionar a exploração do potencial de energias renováveis que o arquipélago apresenta, sobretudo, a eólica (PEERCV, 2011).

Segundo o Portal de Energias Renováveis (2012), Cabo Verde tornou-se um exemplo a seguir na área do aproveitamento energético a partir de fontes renováveis, nomeadamente na

energia eólica. Cabo Verde é o país que mais cresceu, em média, na utilização de energia eólica, realça o Conselho Mundial de Energia Eólica (2012), este se torna relevante para um país com um PIB tão baixo como o de Cabo Verde.

Segundo Juan Araluce apud Portal Energias Renovável (2012), “acredita-se que a energia eólica pode desempenhar um papel importante na diversificação da oferta de energia e suprir a procura crescente de Cabo Verde por estas soluções”.

No entanto, apesar das condições favoráveis para energia eólica, o fator custo tem sido um dos principais obstáculos à sua adoção. As energias renováveis exigem investimentos iniciais muito elevados e, portanto, custos financeiros importantes, resultando daí os custos de produção mais elevados do que para os combustíveis fósseis.

Diante deste cenário o Estado cabo-verdiano, eventualmente, em virtude da constatação da dificuldade em responder aos desafios que o setor elétrico lhe coloca de forma individual e isolada, tem optado por uma política de abertura deste setor aos agentes económicos privados.

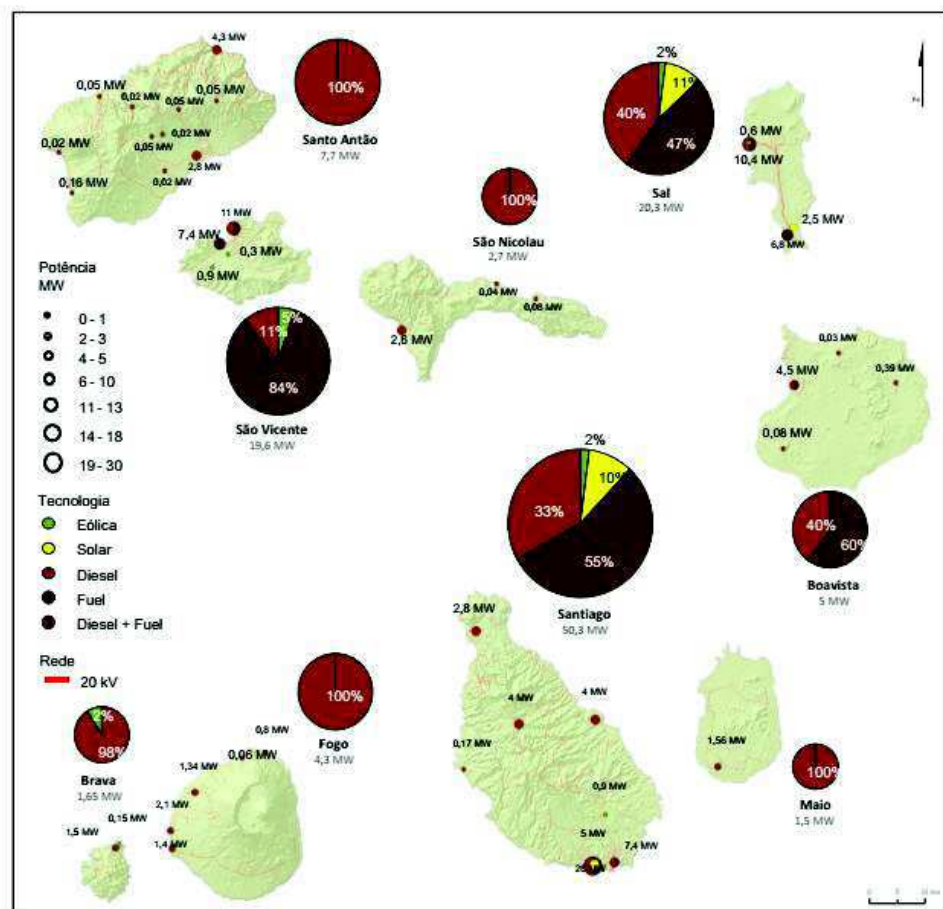
5.1.2 Estruturação do Setor Energético de Cabo Verde

No setor logístico, organismo máximo responsável pela área energética no país, é a Direção Geral de energia. O controle dos custos e preços é feito pela Agência da Regulação Económica (ARE). No sector da produção, sector energético cabo-verdiano é caracterizado por um único produtor em regime de exclusividade, a ELECTRA, SARL cujo objeto económico-social é a produção, distribuição e comercialização da água e energia eléctrica. Em 2006, houve alteração na legislação, permitindo assim, a entrada de outras empresas no circuito produtivo, nomeadamente a APP (Águas de Ponta Preta) no Sal e AEB (Água e Energia da Boavista) na ilha de Boavista. Essas empresas funcionam como subconcessionárias da ELECTRA. A taxa de eletrificação no país está em torno de 96 %, com exceção da ilha do Sal, Brava Boavista, São Nicolau e São Vicente, aonde a cobertura chega aos 100%. As centrais termoelétricas continuam a ter o papel predominante na produção de eletricidade sendo elas alimentadas por combustíveis fósseis. Houve a introdução de energias renováveis em algumas ilhas (Santiago, Sal, São Vicente e Boavista), nomeadamente energia eólica (Cabeólica), energia solar (parques solares de Santiago e Sal) e ainda a ELETRIC WIND (ilha de Santo Antão) produtor independente (MONTEIRO, 2012).

5.1.3 Caracterização do Setor Elétrico Atual

Em 2009 o consumo de energia elétrica foi cerca de 310 GWh, apresentando assim um crescimento de 8%, nos últimos 10 anos, valor que registra uma tendência crescente de ano para o ano, (PERCV, 2014). Em 2010 a produção de eletricidade no arquipélago de Cabo Verde baseava-se essencialmente em combustíveis fósseis, sendo que mais de 95% da energia era gerada com recurso óleo combustível (fuel) e gasóleo como é mostrado na Figura 15.

Figura 15. Localização das centrais produtoras de energia elétrica



Fonte: COSTA (2014).

Com a inserção das energias renováveis no setor elétrico de Cabo Verde, a produção de energia elétrica passou a ser assegurada por três grupos de tecnologias: térmica diesel, a eólica e fotovoltaica, entretanto, sendo ainda predominantemente os combustíveis fósseis (diesel). No final do ano de 2011, com a inserção das novas tecnologias, a produção de energia elétrica gerada pela Electra foi de 94. 331 KW repartidos pelas centrais a diesel

84.731 KW (90%), centrais eólica 2.100 KW (2%) e centrais solares fotovoltaicas 7.500 kW (8%). Durante o ano de 2012, foram gerados cerca de 330.196.955 KWh, registrando um aumento de 2,4 % determinado pelo crescimento da procura (ELECTRA, 2012).

Em 2012 a potência total instalada em centrais, micro centrais eléctricas e projetos de renováveis foram de, aproximadamente, 156,5 MW. A produção de eletricidade vem crescendo a um ritmo anual de 4%, tendo atingido um pouco mais de 390.700 MWh em 2013 (Agenda de Ação de Cabo Verde, 2015).

5.1.3.1 Evolução da Procura por Ilha

Nos últimos 10 anos, o consumo de energia elétrica total do arquipélago de Cabo Verde registou um crescimento médio superior a 8%, atingindo em 2009 os 302 GWh.

Em conformidade com o PEERCV (2011), de forma a definir diferentes comportamentos de crescimento da procura de energia elétrica para as várias ilhas foram desenvolvidos três cenários: a) Um cenário intermédio, que pressupõe uma abordagem Business as Usual (BAU), ou seja, suportada por previsões demográficas, macroeconómicas e setoriais, que mantêm a tendência dos últimos anos; b) Um cenário conservador de Eficiência Energética, arquitetado com base no cenário Intermédio, que prevê a implementação de medidas de eficiência energética nos vários setores, conduzindo a um crescimento da procura mais moderado; c) Um cenário agressivo, no qual se considerou que a taxa de crescimento anual da procura total da ilha, registada no período 2000-2009, assim permanecerá ao longo dos seguintes anos. É, portanto, um cenário que traduz um crescimento da procura mais ambicioso como mostra a Tabela 5.

Tabela 5- Cenários de produção por ilha

Produção por ilha MWh	Conservador				Intermédio			Agressivo		
	2009	2012	2015	2020	2012	2015	2020	2012	2015	2020
Santiago	158.480	199.433	228.656	272.981	208.708	247.222	313.310	208.153	273.448	431.079
São Vicente	61.635	70.670	79.462	95.611	72.199	84.044	107.659	69.781	79.004	97.164
Sal	37.429	42.896	53.119	75.405	47.150	57.489	86.321	49.500	65.462	104.306
Santo Antão	11.992	13.120	15.712	20.122	14.172	17.148	22.717	15.219	19.314	28.732
Fogo	8.983	12.019	14.091	18.050	12.754	15.125	20.197	12.100	16.299	26.779
Sao Nicolau	4.774	4.775	5.081	5.681	4.946	5.423	6.407	5.744	6.911	9.407
Boa Vista	13.916	34.878	58.438	87.440	35.818	61.861	97.560	24.084	41.680	103.974
Maio	2.579	4.590	6.883	11.427	4.750	7.311	12.768	4.463	7.724	19.269
Brava	2.296	2.581	2.755	3.067	2.685	2.947	3.445	2.727	3.240	4.318
Total	302.083	384.963	464.196	589.784	403.183	498.569	670.384	391.771	513.083	825.027

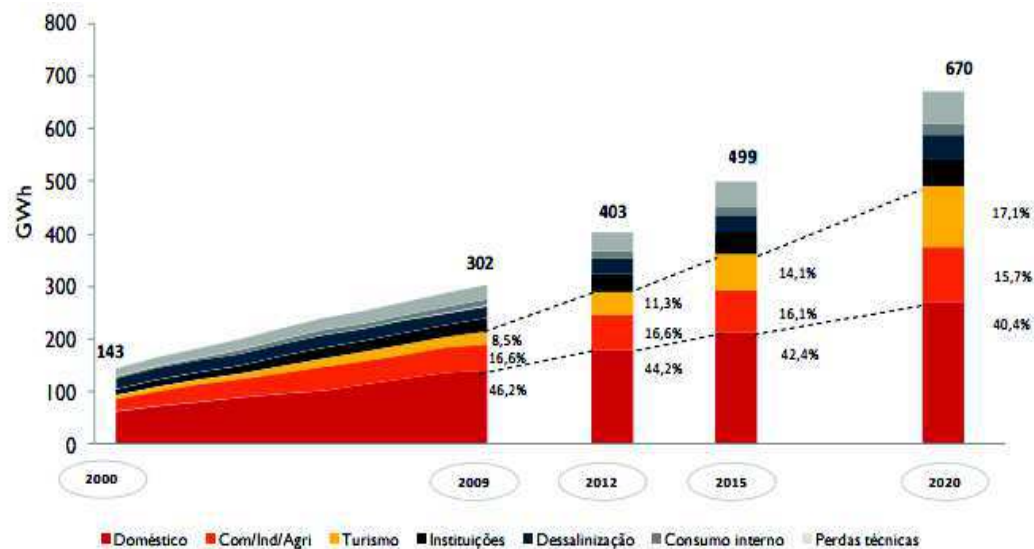
Fonte: adaptada de Monteiro (2012).

Da análise do Cenário Intermédio, para todas as ilhas, resultam três tendências de crescimento diferentes: uma mais moderada, uma intermédia e outra mais agressiva. As ilhas de São Nicolau e Brava veem o seu crescimento evoluir com uma Taxa de Crescimento Anual (TCMA) entre os 3 e os 4%, enquanto que as ilhas da Boavista e Maio crescem a um ritmo mais agressivo, com taxas na ordem dos 19% e 16%, respectivamente, fruto do desenvolvimento económico que o sector do turismo irá sofrer. Por último, nas restantes ilhas observa-se um crescimento moderado, com taxas entre os 6% e os 7% (MONTEIRO, 2012).

5.1.4 Evolução da Procura em Cabo Verde por Setor

Na figura 16 apresenta a consolidação da procura de energia eléctrica por setor, de acordo com o Cenário Intermédio.

Figura 16. Consolidação da procura de energia elétrica



Fonte: MONTEIRO (2012).

De acordo com David (2012), a procura total das nove ilhas em 2015 atingiu quase 500 GWh e pode atingir os 670 GWh em 2020. O crescimento previsto entre 2009 e 2020 corresponde a uma Taxa de Crescimento Médio Anual (TCMA) de, aproximadamente, 7,5% face aos 8,7% registados em 2009. Isto aponta uma duplicação de consumo de energia elétrica no arquipélago de Cabo Verde nos próximos anos.

5.2 Potencial Eólico em Cabo Verde

Cabo Verde dispõe de recursos eólicos extremamente favoráveis, devido à sua localização geográfica, a meio do Oceano Atlântico, sofre influência de ventos alísios, podendo estes ser aproveitados para a produção de energia elétrica.

A avaliação da questão energética em Cabo Verde é complexa, atendendo aos condicionalismos inerentes a um país em desenvolvimento.

A energia elétrica vem sendo produzida em Cabo Verde quase exclusivamente a partir de centrais a diesel. Entretanto, a partir 1994, houve a instalação de três parques eólicos com capacidade de 2x300 kW na ilha do Sal e 3x300 kW nas ilhas de S. Vicente e Santiago, procedida pela ELECTRA. A partir de 2010, houve grandes investimentos na energia eólica e teve um forte dinamismo.

Nos finais de 2011, a Vestas (multinacional ligada à energia eólica) assinou um contrato para o fornecimento de geradores eólicos que totalizassem a capacidade de 25,5 MW para Cabo Verde, especificamente para o projeto Cabeólico, que incluiu a construção de 4 parques nas ilhas de Santiago, Sal, São Vicente e Boavista. A Vestas instalou um total de trinta máquinas de 850 kW de potência, resultado de uma parceria Pública / Privada entre o Governo de Cabo Verde, ELECTRA & InfraCo. As obras de construção foram iniciadas em Dezembro de 2010 e foram concluídas em Julho de 2012 e, subsequentemente em Agosto de 2012, o Commercial Operation Date foi conseguido e as linhas de transmissão foram transferidas para a Electra, SARL em Agosto de 2013, (CABEÓLICA, 2012). O primeiro grupo iniciou as operações de geração de energia em Setembro de 2011 e o projeto produz anualmente 76 GWh (REN21, 2014).

Ainda no ano de 2011, uma pequena empresa privada, ELECTRIC WIND, finalizou a construção de uma central eólica com capacidade de produção de 0,5 MW de potência na ilha de Santo Antão.

Em 2012, Cabo Verde aparece destacado como o país com grande aproveitamento do vento para a geração de eletricidade, com uma produção de 8 MW de potência instalada. Com a sua conclusão, a Cabeólica tornou-se a primeira PPP (Parceria Privada e Pública) de energia eólica de escala comercial na África subsaariana e o principal ator na iniciação de uma importante mudança no setor energético nacional (COSTA, 2013). A Tabela 6 apresenta as características dos projetos eólicos em Cabo verde.

Tabela 6- Características dos projetos eólicos em Cabo Verde

Ilha	Número de turbinas	Marca de Turbina	Modelo da Turbina	Potência das turbinas	Potência (MW)	Produção anual de energia (GWh/ano)
Santiago	11	Vestas	V52	850 KW	9,35	30,1-40,3
Sal	9	Vestas	V52	850 KW	7,65	28,2-36,3
São Vicente	7	Vestas	V52	850 KW	5,95	25,1-31,5
Boa Vista	3	Vestas	V52	850 KW	2,55	12,0-14,8
Santo Antão	2	Micon	M530	250 KW	0,5	0,861

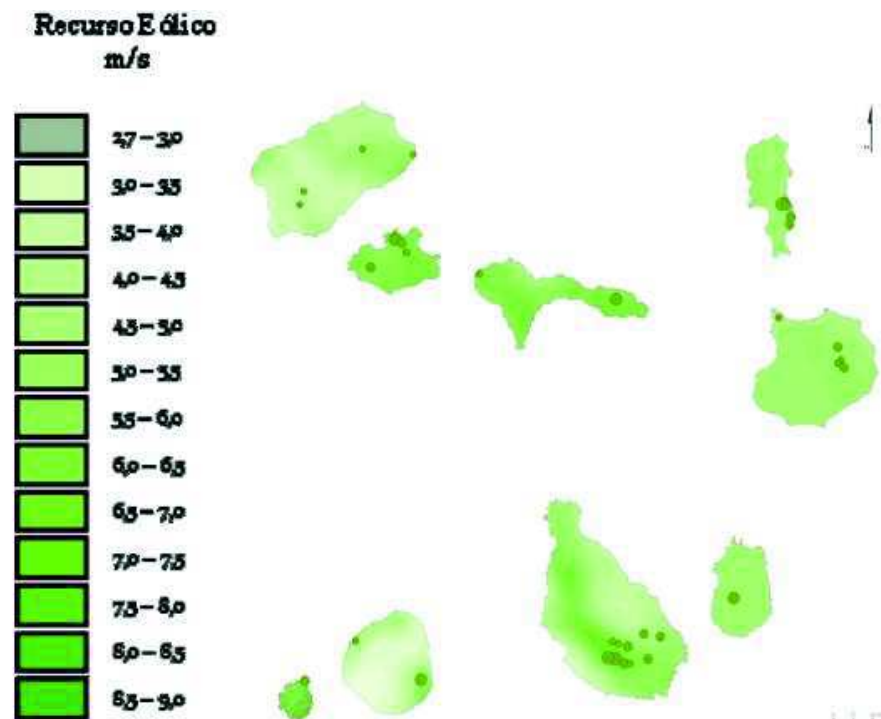
Fonte: adaptada de Monteiro (2012).

Analisando a Tabela 5 acima, percebe-se que, com a instalação desses cinco parques eólicos nas ilhas de Santiago, São Vicente, Sal, Boavista e Santo Antão, Cabo Verde atualmente possui uma potência instalada total em torno de 26 MW.

5.2.1 Caracterização do Recurso Eólico

O potencial eólico do arquipélago de Cabo Verde foi recentemente caracterizado pelo Risø National Laboratory (RISØ), com recurso a uma metodologia KAMM/WAsP, tendo sido realizadas medições de recurso nos seguintes locais: Selada do Flamengo e Selada de São Pedro na ilha de São Vicente, Monte de São Filipe na ilha de Santiago, Palmeira, na ilha do Sal e Sal-Rei, na ilha da Boavista. A Figura 17 mostra o mapeamento da velocidade média dos ventos de Cabo Verde.

Figura 17. Mapa de potencial eólico de Cabo Verde



Fonte: COSTA (2014).

A mesoescala que é o estudo de fenômenos atmosféricos menores que a escala sinótica, a que se refere o relatório do RISØ, este contém informação relevante, nomeadamente no que concerne à sazonalidade e orientação predominante do recurso eólico. No que respeita à sazonalidade, verifica-se uma clara assimetria anual, com dois períodos distintos:

- a) Janeiro a Junho registam-se velocidades médias de vento elevadas;

b) Julho a Dezembro, regista-se um decréscimo significativo das velocidades de vento.

Quanto à orientação segundo o relatório RISØ, 90% dos ventos provém de nordeste (NE). Esta foi também uma evidência comprovada com os trabalhos de campo realizados, através dos quais se observou uma clara orientação NE da vegetação arbórea e arbustiva, fortemente deformada pelo constante regime de ventos em Cavo Verde (OLIVEIRA, 2011).

A ilha de São Vicente é a ilha que apresenta maior potencial eólico em termos de velocidade média do vento, possuindo várias localizações onde se registram velocidades médias superiores a 8,5 m/s.

As ilhas do Fogo, Sal, Brava e São Nicolau apresentam áreas com um potencial médio/elevado na ordem dos 7m/s.

Na ilha de Santo Antão, apesar da proximidade à ilha de São Vicente, o potencial eólico é significativamente menor, com uma velocidade média inferior a 5 m/s em quase toda a extensão da ilha.

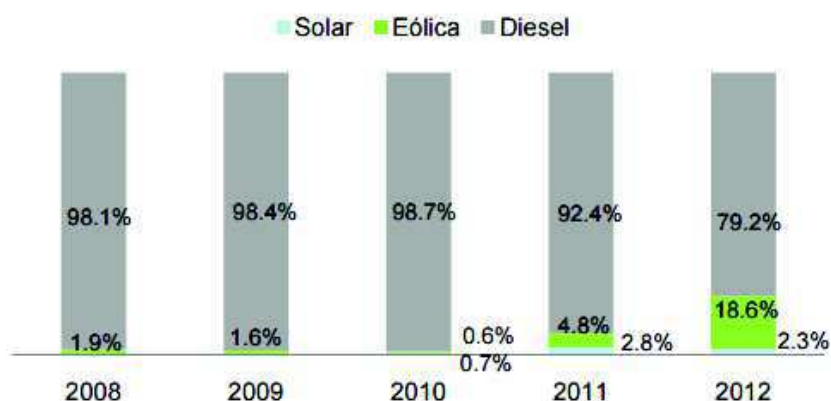
Na ilha de Santiago, que se destaca não só pela sua dimensão, mas também por ser aquela que apresenta um maior consumo energético, regista-se velocidades médias de vento entre os 6 e os 8 m/s, consoante a elevação dos terrenos. Na zona sul da ilha, nas cotas entre os 500 m e os 900 m de altitude, é possível identificar uma área de planalto bastante ampla, com facilidade de acesso e velocidades de vento assinaláveis (entre os 7 e os 8 m/s), com possibilidade de implementar vários projetos eólicos de grandes dimensões (MONTEIRO, 2012).

Apesar das velocidades médias de vento da generalidade das ilhas do Arquipélago apresentar um recurso eólico médio a elevado, alguns indicadores locais apontam para que, os valores apresentados, no estudo de mesoescala, poderão estar significativamente subvalorizados, sendo expectável, assim, a ocorrência de velocidades médias de vento muito superiores em algumas ilhas, como sendo, a ilha da Boavista (COSTA, 2014).

5.2.2 Potência Instalada no Setor Elétrico de Cabo Verde

Desde 2008, é muito assinalável a evolução da produção de energia por fontes renováveis, eólica e solar, as quais viram o seu posicionamento no *mix* energético de Cabo Verde muito reforçado, passando de menos de 2% do total para, aproximadamente, 21%, (Novo Banco, 2015). A Figura 18 apresenta o mix energético de Cabo Verde .

Figura 18. Mix energético de Cabo Verde



Fonte: Novo Banco (2015).

Da análise da Figura 18, pode constatar-se que ainda permanece uma forte dependência de Cabo Verde na utilização de combustíveis fósseis na produção de energia eléctrica, particularmente a geração com recurso diesel que representa, em potência instalada e em produção, cerca de 79 %, correspondendo a produção de energia eléctrica (Novo Banco, 2015). Entretanto, nota-se que a penetração da energia eólica tem apresentado um ritmo acelerado, passando de 4,8 % para 18,6 % em um curto período de tempo em 2012.

A evolução da produção de energia eléctrica ao longo dos últimos 5 anos registou uma taxa média de crescimento de 3,7% ao ano. Em relação ao ano 2012 registou-se um aumento de 2,4%, determinado pelo crescimento da procura. Esse aumento foi suportado basicamente pela produção a Fuel Óleo 180 (óleo combustível) e compra de energia eólica. A Tabela 7 mostra a evolução de produção de energia eólica no setor eléctrico de Cabo Verde nos últimos 5 anos.

Tabela 7- Evolução de produção de energia no setor eléctrico (MWh)

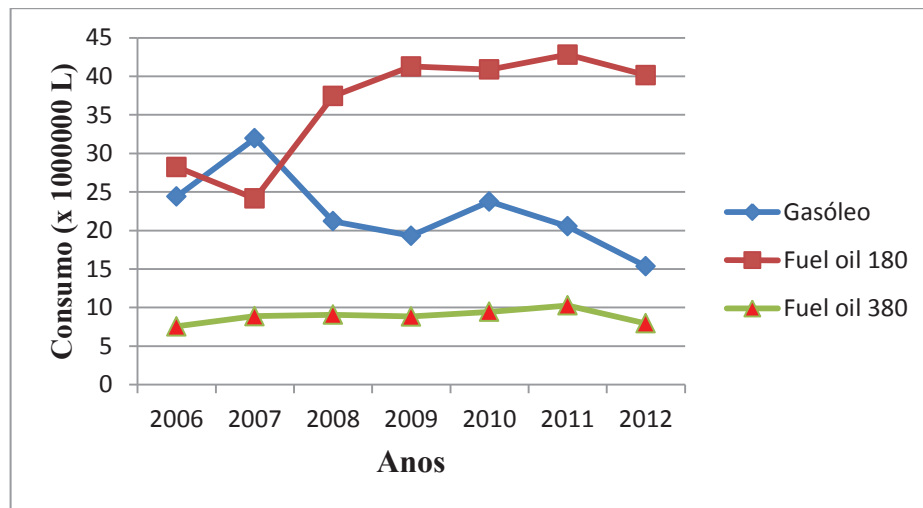
	2008	2009	2010	2011	2012
Diesel	279.645	290.273	314.315	297.833	261.334
Eólica	5.510	4.661	1.992	15.605	61.339
Vapor	640	0	0	0	0
Solar	0	0	2.105	8.956	7.464
Electra	285.795	294.934	318.412	322.394	330.137

Fonte: ELECTRA (2012).

De acordo com a Tabela 6 acima, percebe-se que a produção de energia eólica teve um aumento de 293 %, enquanto que a produção a base de diesel teve uma diminuição a cerca de 12% (ELECTRA, 2012).

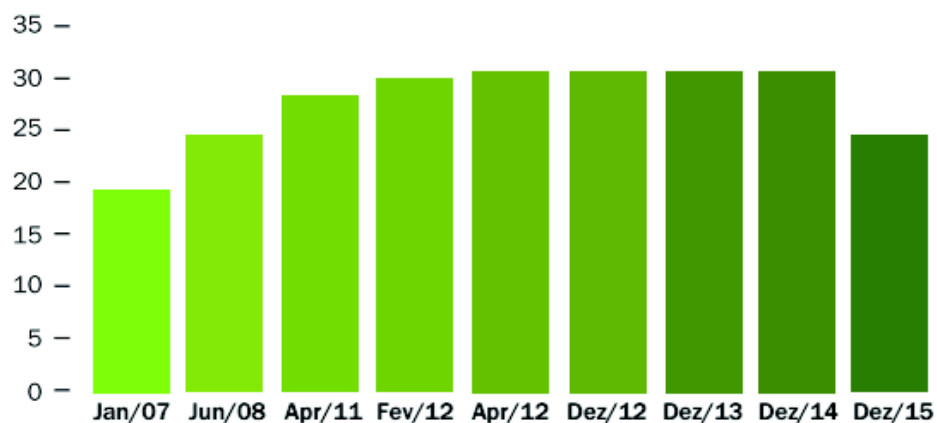
Com essa forte penetração da energia eólica, o setor energético em Cabo Verde foi igualmente influenciado pela significativa queda do consumo de combustíveis fósseis, dos preços dos combustíveis e pela diminuição dos preços de eletricidade (CABEÓLICA, 2015). As Figuras 19, 20 e 21 apresentam o consumo de combustíveis, o preço médio de eletricidade ao consumidor final (CVE/KWh) e o preço de combustível em Cabo Verde em 10 anos, respetivamente.

Figura 19. Consumo de combustíveis



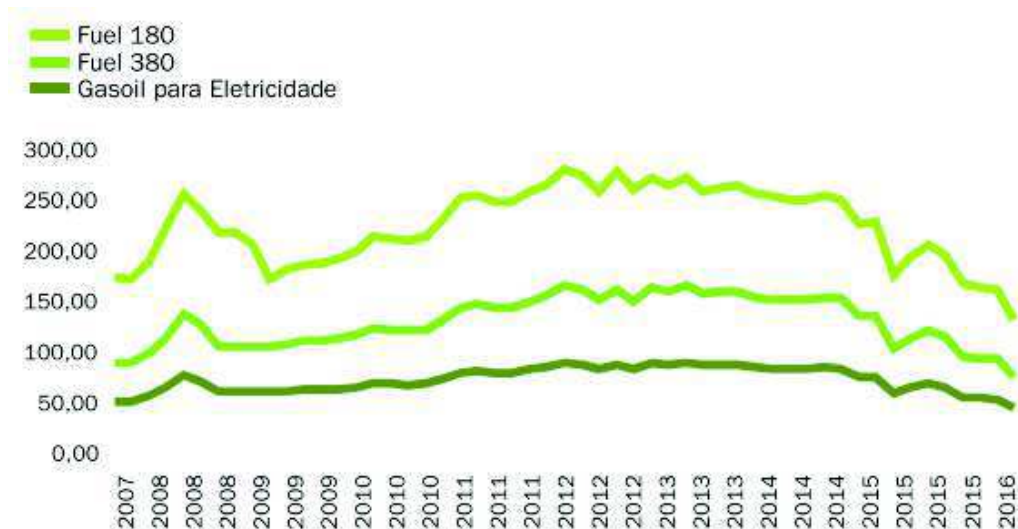
Fonte: Autora (2016)

Figura 20. Preço médio de eletricidade ao consumidor final (CVE/KWh)



Fonte: CABEÓLICA (2015).

Figura 21. Preço de combustível em Cabo Verde (10 anos)

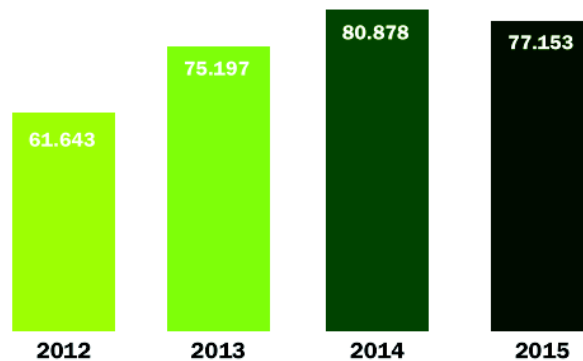


Fonte: CABEÓLICA (2015).

Em relação aos parques eólicos da Cabeólica a energia total produzida pelos parques no final de 2014 foi de 80,9 GWh, o que representa uma variação positiva de 8% em relação ao ano de 2013. Este aumento deve-se, essencialmente, às melhorias na exploração dos parques eólicos, principalmente na Boa Vista, onde se verificou um aumento de 59% em relação à energia produzida em 2013 e também devido às boas condições de velocidade de vento (CABEÓLICA, 2014).

Em 2015, os quatro parques eólicos produziram o total de 77,2 GWh, que representa uma redução de cerca de 5% em relação ao ano de 2014. Esta redução foi devido a uma ligeira queda na velocidade de vento em todos os parques eólicos, sobretudo, nos meses de Fevereiro, Julho e Outubro, que consequentemente levou à redução da energia eólica entregue às redes da concessionária em Santiago, São Vicente e Boa Vista. Desde a entrada em produção desses parques eólicos, a Cabeólica, atualmente está contribuindo com cerca de 20 % da produção total de eletricidade produzida no país (CABEÓLICA, 2015). A Figura 22 mostra a evolução da energia produzida anual.

Figura 22. Evolução da energia eólica produzida anualmente (MWh)



Fonte: CABEÓLICA (2015).

A Cabeólica foi responsável pela produção de cerca de 21,4% da eletricidade consumida no país, mantendo Cabo Verde como um dos líderes mundiais a nível de taxa de penetração de energia eólica, (CABEÓLICA, 2015).

Em relação ao parque eólico da ilha de Santo Antão, no ano de 2012, foram produzidos cerca de 1.390.002 kWh de energia (ELECTRA, 2012).

5.3 Projeção do Crescimento de Energia Eólica e Impacto na Redução de CO₂ no Setor Elétrico

5.3.1 A Variável Ambiental

Entre os planeadores do mercado de energia existe um consenso de que, na composição dos preços de um combustível estão inclusos, não somente seus custos econômicos, mas também os seus custos sociais e ambientais, que infelizmente até então não têm sido levados em consideração na contabilidade dos custos de energia elétrica e, pior, nem se falam dos seus custos de externalidades no cômputo geral. Nenhuma forma de energia ou tecnologia de geração de eletricidade se encontra isenta de algum tipo de impacto ambiental ou custo social.

Silva (2006), afirma que os impactos ambientais resultantes do aproveitamento das fontes convencionais de energia, estão relacionados não somente por serem derivados dos recursos fósseis, mas também pelo caráter esgotável destas. Assim surgem motivações prioritárias para a pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias de aproveitamento dos recursos renováveis de energia.

Através da tecnologia eólico-elétrica, o aproveitamento energético do potencial eólico do país mostra-se acentuadamente positivo sob o ponto de vista das demandas ambientais e sociais em curso no mundo. Com certeza, as maiores atratividades estão creditadas ao caráter limpo, renovável e sustentável dessa tecnologia. Atributos esses, que na atualidade, recaem, sobretudo, e principalmente em regiões econômicas, onde os parques geradores são predominantemente dependentes de combustíveis fósseis. Nestes mercados, a expansão do uso das fontes renováveis de energia permite a parcial substituição da capacidade instalada da geração térmica a base dos combustíveis fósseis.

Em mercados onde as fontes não renováveis são prevaletentes na composição da matriz de geração de eletricidade, como é o caso de Cabo Verde, a vertente ambiental aliada às emissões evitadas não é, por si só, o argumento determinante do estabelecimento de incentivos legislativos e de mercado à expansão da tecnologia eólica elétrica, mas sim no que concerne aos seus efeitos na tríade social, econômica e ambiental, inclusive política.

Com este objetivo vem-se estabelecendo uma estrutura legislativa no qual se prioriza os benefícios ambientais, sociais e de segurança energética advindos da adoção de uma política de promoção das fontes renováveis de energia, legislação esta, que aposta fortemente no estabelecimento de metas de redução dos gases intensificadores do efeito estufa.

5.3.1.1 Redução dos Gases de Efeito Estufa

Os gases do efeito estufa são aqueles que dificultam ou impedem a dispersão para o espaço a radiação solar que é refletida pela Terra. Grande parte destes gases é produzido pelos seres humanos em diversas atividades, principalmente pela queima de combustíveis fósseis, atividades industriais e queimadas de florestas. Ao segurar este calor em nosso planeta, estes gases estão também provocando o aquecimento global.

Durante o último século, as concentrações de CO₂ na atmosfera têm aumentado substancialmente. Isto ocorre, em grande parte, devido ao incremento do uso dos combustíveis fósseis ao longo do processo do desenvolvimento humano, bem como por outros fatores que estão relacionados com o aumento da população e ampliação do consumo de bens e serviços, além das mudanças registradas quanto ao uso do solo.

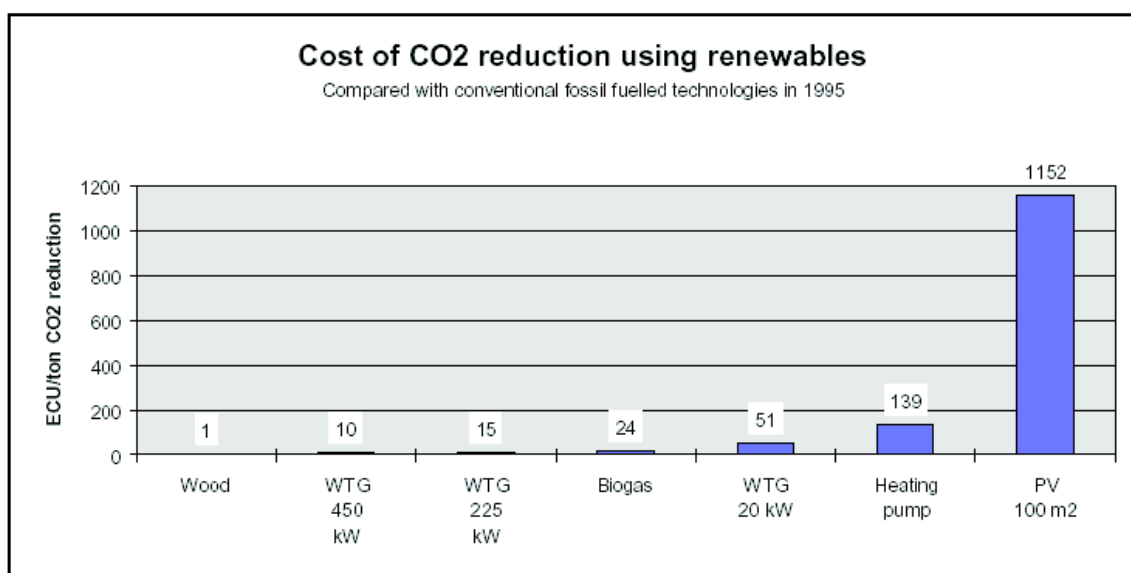
Segundo o relatório do IPCC (1996), a concentração de CO₂ atmosférico aumentou em 25 % desde o período que antecedeu a revolução industrial e é esperado que dobrasse esse valor por volta de 2050 (SILVA, 2006). Em 1996, o IPCC estimou que a temperatura média global aumentasse em torno de 0,3-0,6 °C e projetou uma elevação adicional relativa a 1990

de 1,0-3,5 °C até o ano de 2100, acarretando como consequência a elevação do nível do mar em 15-95 cm. Diante desse cenário, os efeitos da denominada intensificação dos gases de efeito estufa, devido às emissões antropogênicas é um conceito aceito como fato, e os cientistas do IPCC orientam para a urgente necessidade de adoção de mudanças na estrutura econômica mundial e, principalmente, no que se refere ao mercado de energia, bem como de câmbios no plano ambiental que devem ser postos em prática (SILVA, 2006).

O terceiro relatório do Painel Intergovernamental sobre a Mudança do Clima em 2007, afirma que para aumentar a oferta de energia sem elevar as emissões de gases do aquecimento global, numerosas tecnologias estão sendo desenvolvidas. Ainda no terceiro relatório, o IPCC afirma que os efeitos do aquecimento global devem ser reduzidos se os países investirem em eficiência energética e aprimorarem a tecnologia das energias renováveis, como por exemplo, tem-se a energia solar, eólica, dentre outras.

De acordo com Silva (2006) apud EWEA (1997), a tecnologia eólico-elétrica tem se mostrado uma das alternativas mais baratas de redução das emissões de CO₂ emitido em centrais termelétricas convencionais. A Figura 23 apresenta uma comparação dos custos de redução de emissões de CO₂ feita para diferentes fontes renováveis de energia em relação à tecnologia convencional.

Figura 23. Custos de redução de emissões de CO₂ para diferentes fontes renováveis



Fonte: SILVA (2006).

Em termos de emissões de CO₂, o principal GEE, tal como em muitos países, Cabo Verde consome grande quantidade de combustíveis fósseis (Anexo I do Protocolo de Quioto),

que são a fonte principal de emissões de CO₂, principalmente no setor de energia. No ano de 1995 o setor de energia representava cerca de 90 % das emissões de CO₂, enquanto que o restante era atribuído ao uso das florestas. O setor de energia (elétrico) inclui as emissões procedentes da queima de combustíveis fósseis, cujas emissões em 2000 aumentaram em 31 % em comparação com as emissões de 1995.

Embora o Governo de Cabo Verde esteja analisando mecanismos de intervenção setoriais para a mitigação de GEE, utilizando cada vez mais o potencial das energias renováveis (eólica, solar, geotérmica, hidráulica, marinha, hidrogénio, cogeração, etc.) e as tecnologias limpas, o aumento do crescimento demográfico e o desenvolvimento económico trouxeram como consequência o aumento das emissões de GEE, especialmente as associadas ao aumento da procura de energia (SAINCTAVIT, 2012).

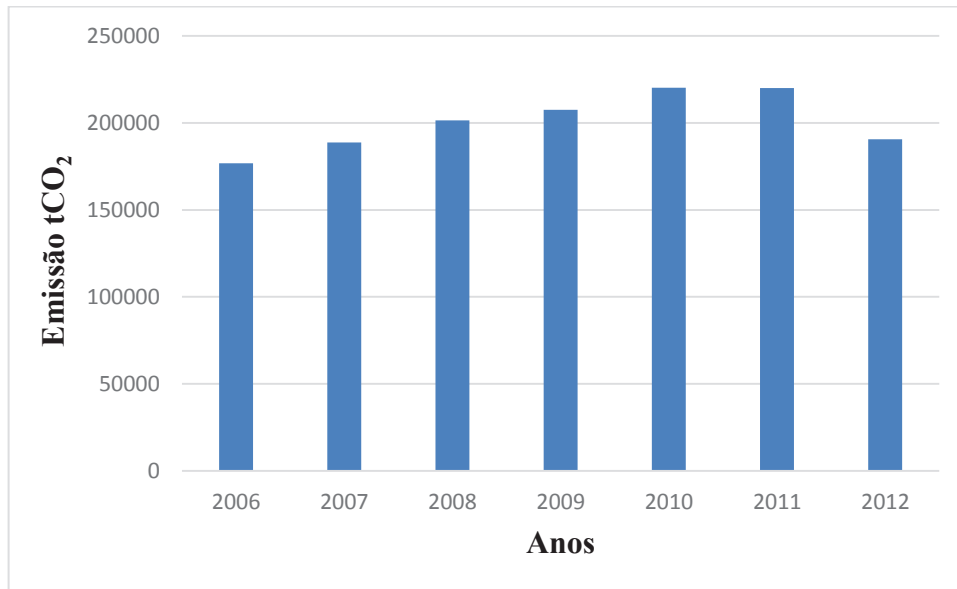
Segundo o inventário de GEE, no ano 2000, o setor de energia emitiu cerca de 284,95 Gg de CO₂ e com uma previsão de que em 2012 a emissão seria cerca de 213,71 Gg de CO₂. Isso mostra que aposta em fontes renováveis pelo governo de Cabo Verde prevê um decréscimo das emissões de GEE do setor de energia em 25% (SAINCTAVIT, 2012). No que tange a produção de eletricidade, a principal fonte de geração de eletricidade no arquipélago é o diesel, através da utilização de geradores eletrogêneos. A Electra, a empresa nacional de produção e distribuição de eletricidade, é o mais importante consumidor de combustíveis fósseis das ilhas, com 30% do consumo interno em diesel e quase 100% em fuel óleo combustíveis, essas que apresentam uma taxa de emissão de CO₂ muito elevada.

O uso destas energias renováveis é um uso mais eficiente da energia, que permitiria reduzir as emissões e o consumo de combustíveis fósseis. Isso tem sido notado devido a maior taxa de penetração da energia eólica no setor elétrico do país para a geração de eletricidade atualmente, que tem vindo a contribuir com uma redução de consumo de combustíveis fósseis de forma considerável, refletindo assim, em uma diminuição de gases emitidos devido à queima destes combustíveis. A taxa de penetração de energia eólica em Cabo Verde é cerca de 21% para geração de energia (CABEÓLICA, 2015).

5.3.1.2 Impacto da Energia Eólica na Emissão de CO₂ no Setor Elétrico de Cabo Verde

O consumo de combustíveis fósseis para a geração de energia elétrica, desde ano de 2006 até 2012, reduziu de forma significativa, o que contribui realmente para a redução da emissão do CO₂ atmosférico, proveniente da queima de combustíveis fósseis, conforme é ilustrado na Figura 24.

Figura 24. Emissão de CO₂ proveniente do consumo de combustíveis fósseis na geração de energia



Fonte: Autora (2016).

A redução observada no ano de 2012 deve principalmente ao aumento de uma maior taxa de penetração de energia eólica. A emissão nesse ano foi estimada aproximadamente em 190,57 Gg de CO₂.

Em conformidade com os dados obtidos nos relatórios anuais da Electra referente ao consumo real de combustível (diesel e óleo combustível) no setor elétrico no ano de 2012, de forma a definir diferentes comportamentos de crescimento do consumo, foi considerado duas premissas conforme descritas na metodologia.

a) Premissa 1

Para a primeira premissa, a taxa de crescimento médio do diesel determinado foi de 11 % e a do óleo combustível (fuel óleo) de 3 %. A Tabela 8 apresenta a projeção desse comportamento do consumo (litros) ao longo de 10 anos, referente à taxa de crescimento médio.

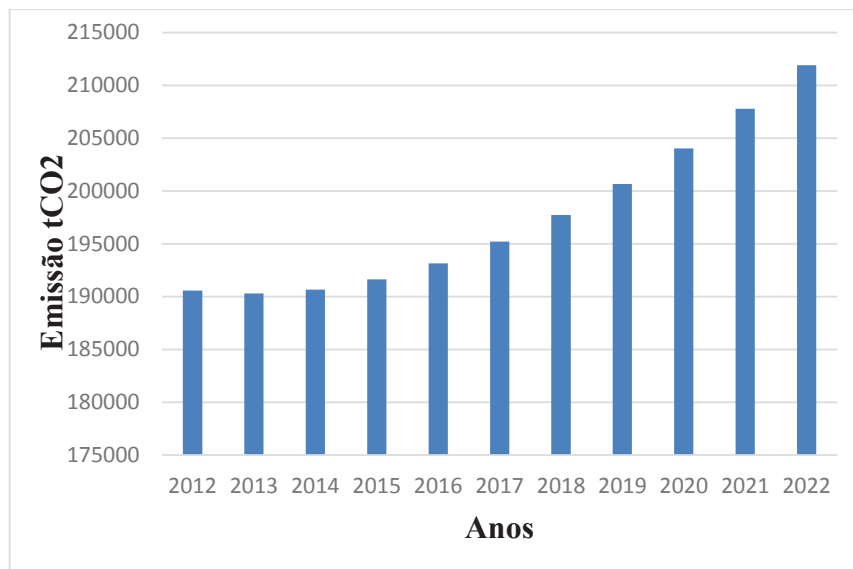
Tabela 8- Projeção do consumo de combustível (litros) com base na taxa de crescimento

Anos	Diesel	Óleo Combustível	Total
2012	15.365.073	48.117.332	63.482.405
2013	13.635.615	49.538.520	63.174.136
2014	12.100.821	51.001.685	63.102.506
2015	10.738.780	52.508.065	63.246.846
2016	9.530.048	54.058.938	63.588.986
2017	8.457.367	55.655.617	64.112.985
2018	7.505.425	57.299.456	64.804.881
2019	6.660.632	58.991.847	65.652.478
2020	5.910.926	60.734.224	66.645.150
2021	5.245.606	62.528.063	67.773.669
2022	4.655.172	64.374.886	69.030.058

Fonte: Autora (2016).

Analisando a Tabela acima, percebe-se, que levando em considerando essas taxas de crescimento, o consumo de combustível ao longo dos anos tende a aumentar, o que conseqüentemente pode acarretar no aumento de emissão de CO₂ no setor elétrico, como mostra a Figura 25.

Figura 25. Emissão de CO₂ referente à projeção do consumo ao longo de 10 anos



Fonte: Autora (2016).

b) Premissa 2

A Tabela 9 mostra o comportamento do consumo com base na segunda premissa descrita na metodologia.

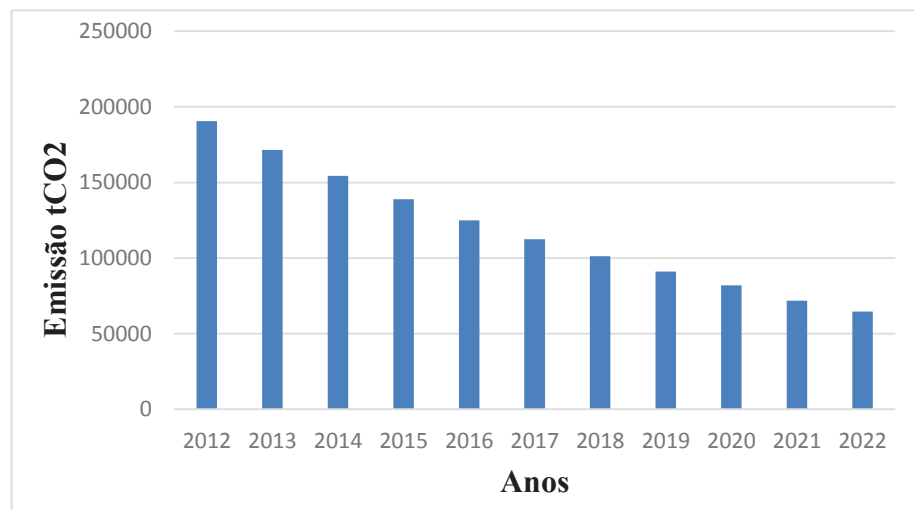
Tabela 9 – Projeção do consumo de combustível com redução de 10 % de consumo de combustíveis

Anos	Diesel	Óleo Combustível	Total
2012	15.365.073	48.117.332	63.482.405
2013	13.828.566	43.305.599	57.134.165
2014	12.445.709	38.975.039	51.420.748
2015	11.201.138	35.077.535	46.278.673
2016	10.081.024	31.569.782	41.650.806
2017	9.072.922	28.412.803	37.485.725
2018	8.165.630	25.571.523	33.737.153
2019	7.349.067	23.014.371	30.363.438
2020	6.614.160	20.712.934	27.327.094
2021	5.952.744	18.641.640	24.594.384
2022	5.357.470	16.777.476	22.134.946

Fonte: Autora (2016).

Com base na Tabela 9, nota-se que, se houver uma forte participação de energia eólica, ao longo dos anos, poderá proporcionar uma redução muito significativa na utilização do combustível fóssil para a geração de eletricidade. Diante desse cenário, pode-se concluir que, essa redução ocasionará também uma redução em torno de 34 % de emissão de CO₂ para atmosfera derivado pela queima, conforme é mostrado na Figura 26.

Figura 26. Emissão de CO₂ com inserção de eólica no setor elétrico



Fonte: Autora (2016).

5.3.1.3 Oportunidades do MDL em Cabo Verde

O MDL (Mecanismos de Desenvolvimento Limpo) é um dos mecanismos de flexibilização criados pelo Protocolo de Kyoto para auxiliar no processo de redução de GEE ou de captura de carbono (ou sequestro de carbono) por parte dos países do Anexo I, como por exemplo, Alemanha, Japão, países baixos, etc. As reduções certificadas de emissões que se gerem, conhecidas como RCE ou CER (nas suas siglas em inglês), podem ser usadas pelo país do Anexo I do Protocolo de Quioto para ajudar a alcançar as suas metas de redução de emissões.

No caso de Cabo Verde as autoridades cabo-verdianas consideram "irrisória" a emissão que o país faz de CO₂ e outros gases poluentes, resultantes, sobretudo, da utilização de fontes de energia fósseis e em setores como a agricultura e os transportes, quando comparada às das nações industrializadas. O mercado do CO₂ é capaz de fornecer grandes recursos aos países menos desenvolvidos como Cabo Verde para melhorar a sua gestão global do ambiente. Cabo Verde está negociando com alguns países, entre os quais Portugal e Áustria, para vender parte da sua cota de emissão de dióxido de carbono (CO₂) e obter financiamentos destinados a projetos de energia limpa, sobretudo, a eólica (Portal de Câmaras Portuguesas de Comércio no Brasil, 2016).

Portanto, o MDL pode ser uma fonte de financiamento para que Cabo Verde consiga um desenvolvimento com baixa emissão de carbono (GEE) mediante projetos que melhorem as condições de vida dos habitantes do país (acesso à energia, eletricidade e luz, melhoria de transporte, gestão de resíduos, etc.) ao mesmo tempo em que lutam contra a mudança climática, já que estes projetos supõem uma redução das emissões de gases de efeito de estufa.

Segundo Sainctavit (2012), apesar da oportunidade que este mecanismo pode proporcionar na luta contra a mudança climática em África, somente 2,14 % dos projetos registados no MDL estão situados neste continente. Particularmente, na atualidade em Cabo Verde só há um projeto que foi apresentado ao MDL para sua validação, referente ao agrupamento dos 4 parques eólicos. Isto se deve em grande medida à falta de conhecimento sobre o MDL tanto das autoridades como dos potenciais promotores de projetos e os elevados custos de transação, ou seja, os custos associados ao desenho, validação e certificação em MDL.

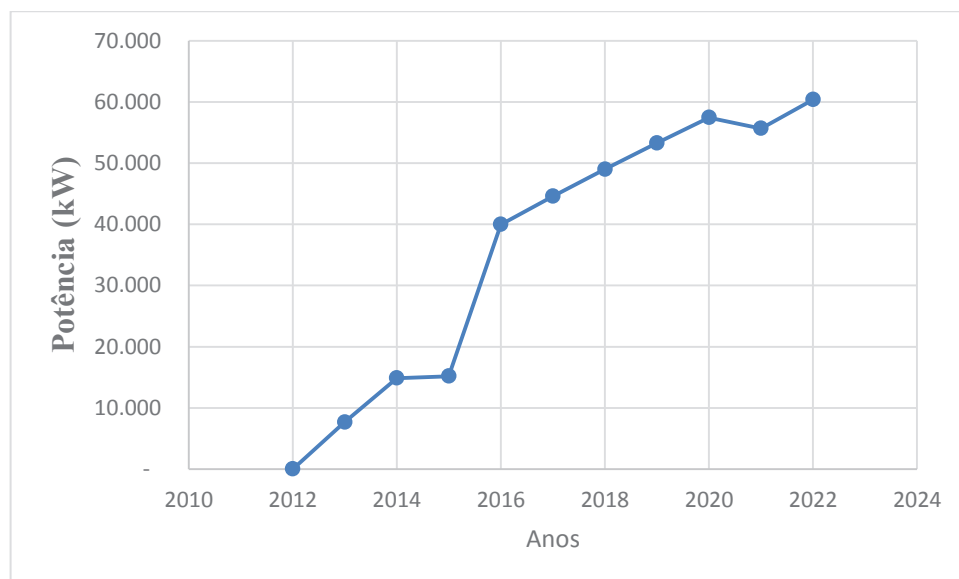
A eletricidade proveniente das turbinas eólicas é livre de emissões de CO₂, mesmo se forem contabilizadas as emissões liberadas pelos materiais que compõem o sistema e pela

construção das unidades de geração. Para essa tecnologia a emissão é na ordem de 10g CO₂/KWh gerado. A energia eólica quando substitui as outras tecnologias de geração, as emissões de CO₂ são reduzidas em sua totalidade. A quantidade de CO₂ que será evitada pela unidade de geração eólica depende substancialmente da tecnologia e do seu combustível que está sendo substituído pela unidade eólio-elétrica (SILVA, 2006).

5.3.2 Perspectiva de crescimento da potência instalada da energia eólica no setor elétrico

Considerando a projeção feita nas premissas em que se adotou a redução de 10 % de consumo de combustível fóssil para geração de energia e a atual taxa de crescimento médio, com base nos cálculos feitos, pode perceber que, se essas premissas fossem mantidas ocorreria um aumento em torno de 280 % de potência instalada de energia eólica no setor elétrico em relação ao atual instalado (26 MW) pelas usinas eólicas, conforme é ilustrado na Figura 27.

Figura 27. Perspectiva de crescimento da potência instalada de energia eólica



Fonte: Autora (2016).

6 CONCLUSÃO

Ao longo da pesquisa observou-se que a estrutura do setor elétrico de Cabo Verde é fortemente marcada por uma grande dependência externa em termo de importação de combustíveis destinados essencialmente a produção de energia eléctrica.

Também na caracterização do setor elétrico do país e do potencial eólico do país, perspectivou-se premissas para implementação da energia eólica em Cabo Verde, estabelecendo uma comparação com o atual consumo de combustíveis para um período de 10 anos, de forma a analisar as melhores oportunidades e os desafios que se coloquem para um melhor incentivo de se apostar na energia eólica para a geração de energia eléctrica, como fonte complementar.

Para poder analisar a contribuição da penetração de energia eólica no setor, apostou-se praticamente em dois parâmetros: o ambiental e a perspectiva de crescimento de potência instalada de eólica.

Pela análise feita é notável perceber que o parque eletroprodutor Caboverdiano assenta, predominantemente, em centrais termoeléctricas alimentadas por combustíveis fósseis. A economia energética Cabo-Verdiana encontra-se, desta forma, dependente da volatilidade dos mercados petrolíferos, ficando, assim, sujeita às constantes variações do preço dos combustíveis. Além disso, conforme foi constatado, Cabo verde regista-se uma crescente demanda de energia eléctrica, principalmente no setor turístico apresentando uma taxa de crescimento para 2020 em torno de 17 %. Nos últimos 10 anos, o consumo de energia eléctrica total do arquipélago de Cabo Verde registou um crescimento médio superior a 8%. Ainda prevê-se que o crescimento da demanda até 2020 corresponderá a uma Taxa de Crescimento Médio Anual de, aproximadamente, 7,5%, tornando-se Cabo Verde cada vez mais dependente do exterior, em face de importação desses combustíveis, para poder atender a essa demanda.

Reflexos desta dependência dos combustíveis fósseis, a absorção de uma boa parcela de recursos financeiros que poderiam ser direcionados para investimentos produtivos, principalmente os subsidiados pelo Governo e, conseqüentemente, o aumento das tarifas de electricidade praticadas em Cabo Verde, fatores esses que geraram e continuam a gerar o desequilíbrio das contas públicas e redução do bem-estar.

Partindo das premissas adotadas neste trabalho, tornam-se mais preocupante as conseqüências geradas por essa forte dependência dos combustíveis fósseis, caso esse consumo continua a crescer. Pois, pela primeira premissa adotada, nota-se que, se Cabo Verde

continuar apostando no consumo acelerado de combustíveis fósseis, tendo em conta a taxa de crescimento desses, utilizados no setor energia, com certeza a praticidade de aumento das tarifas eletricidade também irão apresentar um ritmo acelerado, para poder compensar o custo destas importações, além de provocar um aumento da taxa de emissão de CO₂ para a atmosfera.

Analisando a premissa 2, que considera uma diminuição de 10% do consumo dos combustíveis fósseis atrelado a inserção da energia eólica no sistema elétrico, torna-se notável uma redução bruta de consumo desses combustíveis fósseis para a geração de energia e consequentemente uma redução de emissão de CO₂.

Ainda referente às premissas adotadas, pode perceber que, se Cabo Verde apostar na fonte eólica por apresentar esse grande potencial, além de contribuir como um ganho de emancipação do setor elétrico, também pode contribuir para a redução de gases de efeito estufa, nomeadamente CO₂ para a atmosfera, ocasionando uma redução de forma significativa do consumo de combustíveis fósseis.

Em relação aos impactos da utilização de energia ao meio ambiente, sua produção e consumo merecem uma relevante análise, seja pelos enormes impactos ambientais causados, seja pela questão política energética e uso de recursos energéticos finitos. O desenvolvimento sustentável tem sido pauta nas principais discussões nacionais e internacionais, dado seu caráter de urgência.

A implicação do aquecimento global aliada a eminente escassez dos combustíveis fósseis, principais fontes de energia utilizadas atualmente, tem feito com que as nações tenham que desenvolver formas alternativas de geração energética. As mais benéficas são as fontes renováveis, capazes de fornecer os mesmos potenciais, embora possuam custos mais elevados, acarretam menos impactos ambientais. A necessidade cada vez maior de uso de fontes de energias limpas e renováveis como medida de redução na emissão de gases de efeito estufa e possibilitando o seu incremento na matriz energética local, tem se mostrado capazes de promover mudanças significativas no campo socioeconômico em diversas localidades do planeta. Muitos países, através de seus agentes políticos e reguladores, têm definido suas novas políticas de eficiência energética, incentivando o uso de fontes renováveis.

Como é o caso de Cabo Verde, que para atenuar a forte dependência do exterior em termos de política energética, o Governo de Cabo Verde tem apostado fortemente na introdução das energias renováveis, perspectivando que até 2020, 50% das necessidades energéticas do país venham a ser supridas com as fontes renováveis.

Constatou-se nesta pesquisa, que Cabo Verde é um país amplamente favorecido para a utilização dessas alternativas, dentre elas, a energia eólica, por possuir grande potencial eólico, conforme foi mostrado ao longo do trabalho.

Por outro lado, conclui-se que, embora a quantidade de CO₂ emitido no setor elétrico de Cabo Verde seja “irrisória” quando comparado com outros países industrializados, apostando nessa redução pode trazer vários benefícios socioeconômicos para o país, através da sua participação no MDL. Isso porque o mercado do CO₂ é capaz de fornecer grandes recursos financeiros aos países menos desenvolvidos como Cabo Verde para melhorar a sua gestão global do ambiente. Na pesquisa foi identificada a intenção de Cabo Verde de estar a negociar com alguns países, entre os quais Portugal e Áustria, para vender parte da sua cota de emissão de dióxido de carbono (CO₂) e obter financiamentos destinados a projetos de energia limpa, sobretudo, a eólica, com isso buscando a oportunidade de se inserir no Programa do MDL.

Essa oportunidade pode acarretar em grandes benefícios econômicos do país, sendo portanto, uma fonte de financiamento para que Cabo Verde consiga alcançar um desenvolvimento com baixa emissão de carbono (GEE) mediante projetos que melhorem as condições de vida dos habitantes do país, ao mesmo tempo em que lutam contra a mudança climática, já que estes projetos supõem uma redução das emissões de gases com efeito de estufa.

Também percebeu-se, que atualmente Cabo Verde apresentou um projeto dentro do MDL, que são projetos dos parques eólicos. Portanto, a continuação da aposta cada vez maior por fonte eólica, pode sim ajudar Cabo Verde, tanto em termos econômicos como também na melhoria do setor elétrico, referente ao fornecimento de eletricidade à população, por outro lado, a redução da fatura em divisas com importação de combustíveis fósseis. Visto que, o país enfrenta um grande desafio elétrico, devido às previsões que foram apontadas para o aumento exponencial do consumo de eletricidade em 2015 e para um futuro próximo.

Portanto, os atrativos socioambientais da adoção de uma política de incentivo ao uso da tecnologia eólio-elétrica em Cabo Verde são incontestáveis. Através de sua ampliação será possível também contribuir para a manutenção do caráter limpo da matriz elétrica nacional, que representará uma apreciável contribuição no sentido de reduzir as emissões dos gases de efeito estufa no sistema nacional, considerando um grande planejamento do acréscimo do uso da energia eólica como fonte complementar das termelétricas.

REFERÊNCIAS

ABEEÓLICA (Brasil). Energia Eólica: Um potencial cada vez mais explorado. 2015. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/noticias/3991-energia-eolica-um-potencial-cada-vez-mais-explorado.html>>. Acesso em: 08 ago. 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL) (ANEEL). Banco de Informações de Geração: BIG. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/06-energia_eolica(3).pdf) >. Acesso em: 27 de jul. 2016.

AGENDA DE AÇÃO DE CABO VERDE (CABO VERDE). Sustainable Energy For All, 2015. 62 p. Disponível em: <http://www.se4all.org/sites/default/files/Cape_Verde__AA_PT_Released.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

ALVES, Gilson Jorge. **Aplicação dos Sistemas de Informação Geográfica nas energias renováveis: o potencial da energia solar na ilha de São Vicente – Cabo Verde**. 2013. 91 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Informação Geográfica e Ordenamento do Território) - Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <http://www.portaldoconhecimento.gov.cv/bitstream/10961/3309/1/Dissertação_Definitiva.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2016.

Boletim Oficial da República de Cabo Verde. Estabelece as disposições Legais para Exploração e Fornecimento de Energias Renováveis. Resolução n°61, I Série, de 15 de Outubro de 2015. Praia. Disponível em: <<http://faolex.fao.org/docs/pdf/cvi149034.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

BRITO, Sérgio de Salvo. Energia Eólica: Princípios e Tecnologias. 2008. Disponível em: <<http://www.portal-energia.com/downloads/energia-eolica-principios-tecnologias.pdf>>. Acesso em: 14 jul. 2016.

BRUNI, Carlos D' Alexandria; SOUZA, Luiz Guilherme Meira de. **Otimização de sistema de bombeamento com energia eólica**: Sistema de bombeamento de São Gabriel. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Departamento de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Rio Grande do Norte, Natal, 2007. Disponível em: <<http://www.sba.org.br/revista/vol10/V10A198.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2016.

CARMO, Diogo Manuel Molarinho. **Projeto de uma turbina eólica de eixo vertical para aplicação em meio urbano**. 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395144313882/Tese-aluno-57095.pdf>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

CENTRO DE ESTRATÉGIA EM RECURSOS NATURAIS E ENERGIAS (Brasil) (CERNE). Energia Eólica no Mundo. Disponível em: <<http://cerne.org.br/energia-eolica-mundial-atinge-recorde-de-435-gw-em-2015/>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

COSTA, Anildo. Relatório de Base para Cabo Verde. 2014. Disponível em: <http://www.cermi-cv.net/uploads/documentos/PT_Relatorio_de_Base_para_Cabo_Verde_1_draft.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

COSTA, Luís Monteiro. **Análise de dados e sistemas de apoio à decisão**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <https://sigarra.up.pt/feup/pt/pub_geral.show_file?pi_gdoc_id=148023>. Acesso em: 04 jun. 2016.

COSTA, Luís Monteiro. **Previsão da energia eólica - Santiago - cabo verde**. 2013. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Faculdade de Economia - Universidade do Porto, Porto, 2013. Disponível em: <<http://www.portaldoconhecimento.gov.cv/bitstream/10961/3538/1/TESE%20Vers%C3%A3o%20Finalpronto.pdf>>. Acesso em: 07 jul. 2016.

CUNHA, Danilo Regis da. Investimentos e Tecnologias de Produção no Setor Elétrico de Cabo Verde: evidências sobre economia de escala e de escopo. In: **ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**, 32, 2012, Paraíba. Desenvolvimento sustentável e responsabilidade social: as contribuições da engenharia de produção. Paraíba: Enegep, 2012. p. 1 - 10. Disponível em: <INVESTIMENTOS E TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO NO SETOR ELÉTRICO DE CABO VERDE: EVIDENCIAS SOBRE ECONOMIA DE ESCALA E DE ESCOPO>. Acesso em: 11 jun. 2016.

Empresa de Eletricidade e Água (CABO VERDE) (ELECTRA). Relatório Anual Electra.2012. Disponível em: <<http://www.electra.cv/index.php/2014-05-20-15-47-04/relatorios-sarl>>. Acesso em: 08 jul. 2016.

FERREIRA, Abel António de Azevedo. **Sistema de produção de energia eólica**. 2011. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores Major Automação) - Departamento de Engenharia Eletrotécnica, Universidade do Porto, Porto, 2011. Disponível em: <http://paginas.fe.up.pt/~ee06206/images/docs2/MSc_AbelFerreira.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2016.

FREIRE, Edmir de Jesus Évora da Veiga. **Contribuição para as decisões de investimento na energia eólica em Cabo Verde**. 2010. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletromecânica) - Departamento de Engenharia Eletromecânica, Universidade da Beira Interior, Beira Interior, 2010. Disponível em: <https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1915/1/MSc_Edmir_Freire_Final.pdf><https://ubibliorum.ubi.pt/bitstream/10400.6/1915/1/MSc_Edmir_Freire_Final.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2016.

GARBE, Ernesto Augusto; MELLO, Renato de; TOMASELLI, Ivan. Projeto Conceitual e Análise de Viabilidade Econômica de Unidade de Geração de Energia Elétrica Eólica na Lagoa dos Patos. 2011. Disponível em:

<http://ecen.com/eee83/eee83p/viabilidade_energia_eolica.htm>. Acesso em: 27 ago. 2016.

INATOMI, Thais Aya Hassan; UDAETA, Miguel Edgar Morales. Análise dos impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos. In: **WORKSHOP INTERNACIONAL BRASIL-JAPÃO**, 3, 2005, São Paulo. Implicações Regionais e Globais em Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. São Paulo, 2005. p. 1 - 14. Disponível em: <http://www.espacosustentavel.com/assets/pdf/INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIENTAIS.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2016.

JANNUZZI, Gilberto de Martino *et al.* [1995?]. Uso Eficiente de Energia e Desenvolvimento Regional. Disponível em: <<http://www.fem.unicamp.br/~jannuzzi/documents/PIR-regional.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2016

MENEZES, Ana Elisa da Silva. **Aproveitamento eólico para uma vila de pescadores**. 2012. 93 f. TCC (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005275.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2016.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (BRASIL). Energia Eólica. 2015. Disponível em: <<http://minasenergia.rs.gov.br/upload/arquivos/201603/17083020-12-sme-energia-eolica.pdf>>. Acesso em: 17 jul. 2016.

MONTEIRO, Ana David. **O Impacto das Energias Renováveis na Economia dos Países Emergentes: o caso de Cabo Verde**. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Empresas) - Instituto Universitário de Lisboa, Lisboa, 2012. Disponível em: <http://www.portaldoconhecimento.gov.cv/bitstream/10961/136/1/TRABALHO_DE_MESTRADO_Ana David.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2016.

MONTEIRO, Yannick Levy. **Projeto para Ilha de Santiago - Cabo Verde**. 2012. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica) - Instituto Superior do Porto, Porto, 2012. Disponível em: <http://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/7100/1/DM_YannickMonteiro_2012_MEESE.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2016.

NOVO BANCO (CABO VERDE). 2015. Disponível em: <https://www.novobanco.pt/site/images/documentos/research/research_sectorial/internaional/2014_novembro/caboverde.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2016.

PLANO ENERGÉTICO RENOVÁVEL CABO VERDE (CABO VERDE) (PEERCV). 2011. Disponível em: <http://www.cermi-cv.net/uploads/documentos/PT_Plano-Energetico-Renovavel-CV-ZDER.pdf>. Acesso em: 25 jun. 2016.
PORTAL DE ENERGIAS RENOVÁVEIS (Cabo Verde): Desafios e Oportunidades de Energia eólica em Cabo Verde. 2012. Disponível em: <

energia.com/desafios-e-oportunidades-no-aproveitamento-eolico-em-cabo-verde/>. Acesso em: 04 jul.2016.

QUEIROZ, Fábio Ribeiro; LUZ, Rodrigo Losso. **Estudo da capacidade do setor de energia eólica à luz da abordagem soft da dinâmica de sistemas**. 2014. 91 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10011183.pdf>>. Acesso em: 13 jul. 2016.

Relatório e Contas (PRAIA) (CABEÓLICA). 2015. Disponível em: <<http://cabeolica.com/site1/docs/Relatorio e Contas 2015 website.pdf>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

REN21 (Cabo Verde): Relatório Sobre a Situação das Energias Renováveis e Eficiência Energética na CEDEAO. Praia, 2014. Disponível em: <http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/Regional Reports/ECOWAS_PT.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2016.

SAINCTAVIT, Laurent. Inventário dos Projetos de MDL Suscetíveis de Executar no Arquipélago de Cabo Verde. 2012. Disponível em: <http://climaimpacto.eu/wp-content/uploads/2013/03/CI8D_20121001_DEFINITIVO.pdf>. Acesso em: 10 out. 2016.

SANTOS, Alison Alves dos; RAMOS, Daniel Silva; SANTOS, Nilson Tadeu Fernandes dos. **Projeto de Geração de Energia Eólica**. 2006. 75 f. TCC (Graduação em Engenharia Industrial Mecânica) - Universidade de Santa Cecília, Santos, 2006.

SILVA, Neilton Fidelis da. **Fontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O caso da energia eólica**. 2006. 267 f. Tese (Doutorado em Ciências de Planejamento Energético) - Universidade Federal de Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <<http://www.ppe.ufrj.br/pppe/production/tesis/nfsilva.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2016.

TRADING ECONOMICS. 2016. Disponível em: <<http://pt.tradingeconomics.com/cape-verde/gdp-growth-annual>>. Acesso em: 20 ago. 2016.

UNEMET. 2007. Evolução das Fontes Energéticas: Das convencionais ao Advento das Energias Renováveis. Disponível em: <http://www.unemet.org.br/cirrus/edicoes/por/ed11/materia_capa_cirrus11.pdf>. Acesso em: 21 jul. 2016.

APÊNCIDE A- Cálculo de Emissão de CO₂ no Setor Elétrico Atual

Ano 2012					
Tipo de combustível	Consumo de combustível (L)	Kg de óleo diesel	DA (TJ)	Fator de Emissão (KgCO₂/Tj)	Emissão (TCO₂)
Diesel (gasóleo)	15.365.073	13.060.312	562	74100	41614,072
Óleo combustível	48.117.332	47.636.159	1.925	77400	148956,36
Total					190.570
Ano 2011					
Diesel (gasóleo)	20.524.005	17.445.404	750	74100	55586,292
Óleo combustível	53.089.837	52.558.939	2.123	77400	164349,7
Total					219.936
Ano 2010					
Diesel (gasóleo)	23.746.974	20.184.928	868	74100	64315,236
Óleo combustível	50.313.623	49.810.487	2.012	77400	155755,4
Total					220.071
Ano 2009					
Diesel (gasóleo)	19.306.960	16.410.916	706	74100	52290,102
Óleo combustível	50.118.481	49.617.296	2.005	77400	155151,3
Total					207.441
Ano 2008					
Diesel (gasóleo)	21.202.325	18.021.976	775	74100	57423,423
Óleo combustível	46.513.725	46.048.588	1.860	77400	143992,09
Total					201.416
Ano 2007					
Diesel (gasóleo)	31.946.392	27.154.433	1.168	74100	86522,171
Óleo combustível	33.034.271	32.703.928	1.321	77400	102263,88
Total					188.786
Ano 2006					
Diesel (gasóleo)	24.386.204	20.728.273	891	74100	66046,498
Óleo combustível	35.772.850	35.415.122	1.431	77400	110741,67
Total					176.788

APÊNDICE B – Cálculo de Emissão de Co₂ da Premissa 1

Ano 2012					
Tipo de combustível	Consumo de combustível (L)	Kg de óleo diesel	DA (TJ)	Fator de Emissão (KgCO₂/Tj)	Emissão (TCO₂)
Diesel (gasóleo)	15.365.073	13.060.312	562	74100	41.614
Óleo combustível	48.117.332	47.636.159	1.925	77400	148.956
Total					190.570
Ano 2013					
Diesel (gasóleo)	13.635.615	11.590.273	498	74100	36.930
Óleo combustível	49.538.520	49.043.135	1.981	77400	153.356
Total					190.286
Ano 2014					
Diesel (gasóleo)	12.100.821	10.285.698	442	74100	32.773
Óleo combustível	51.001.685	50.491.668	2.040	77400	157.885
Total					190.659
Ano 2015					
Diesel (gasóleo)	10.738.780	9.127.963	393	74100	29.084
Óleo combustível	52.508.065	51.982.985	2.100	77400	162.549
Total					191.633
Ano 2016					
Diesel (gasóleo)	9.530.048	8.100.541	348	74100	25.811
Óleo combustível	54.058.938	53.518.349	2.162	77400	167.350
Total					193.160
Ano 2017					
Diesel (gasóleo)	8.457.367	7.188.762	309	74100	22.906
Óleo combustível	55.655.617	55.099.061	2.226	77400	172.293
Total					195.198
Ano 2018					
Diesel (gasóleo)	7.505.425	6.379.611	274	74100	20.327
Óleo combustível	57.299.456	56.726.461	2.292	77400	177.381
Total					197.709
Ano 2019					
Diesel (gasóleo)	6.660.632	5.661.537	243	74100	18.039
Óleo combustível	58.991.847	58.401.928	2.359	77400	182.620
Total					200.660
Ano 2020					
Diesel (gasóleo)	5.910.926	5.024.287	216	74100	16.009
Óleo combustível	60.734.224	60.126.881	2.429	77400	188.014
Total					204.023
Ano 2021					

Diesel (gasóleo)	5.245.606	4.458.765	192	74100	14.207
Óleo combustível	62.528.063	61.902.783	2.501	77400	193.568
Total					207.774
Ano 2022					
Diesel (gasóleo)	4.655.172	3.956.896	170	74100	12.608
Óleo combustível	64.374.886	63.731.137	2.575	77400	199.285
Total					211.893

APÊNDICE C - Cálculo de Emissão de CO₂ da Premissa 2

Ano 2012					
Tipo de combustível	Consumo de combustível (L)	Kg de óleo diesel	DA (TJ)	Fator de Emissão (KgCO₂/Tj)	Emissão (TCO₂)
Diesel (gasóleo)	15.365.073	13.060.312	562	74100	41.614
Óleo combustível	48.117.332	47.636.159	1.925	77400	148.956
Total					190.570
Ano 2013					
Diesel (gasóleo)	13.828.566	11.754.281	505	74100	37.453
Óleo combustível	43.305.599	42.872.543	1.732	77400	134.061
Total					171.513
Ano 2014					
Diesel (gasóleo)	12.445.709	10.578.853	455	74100	33.707
Óleo combustível	38.975.039	38.585.289	1.559	77400	120.655
Total					154.362
Ano 2015					
Diesel (gasóleo)	11.201.138	9.520.967	409	74100	30.337
Óleo combustível	35.077.535	34.726.760	1.403	77400	108.589
Total					138.926
Ano 2016					
Diesel (gasóleo)	10.081.024	8.568.871	368	74100	27.303
Óleo combustível	31.569.782	31.254.084	1.263	77400	97.730
Total					125.033
Ano 2017					
Diesel (gasóleo)	9.072.922	7.711.984	332	74100	24.573
Óleo combustível	28.412.803	28.128.675	1.136	77400	87.957
Total					112.530
Ano 2018					
Diesel (gasóleo)	8.165.630	6.940.785	298	74100	22.115
Óleo combustível	25.571.523	25.315.808	1.023	77400	79.162

Total					101.277
Ano 2019					
Diesel (gasóleo)	7.349.067	6.246.707	269	74100	19.904
Óleo combustível	23.014.371	22.784.227	920	77400	71.245
Total					91.149
Ano 2020					
Diesel (gasóleo)	6.614.160	5.622.036	242	74100	17.913
Óleo combustível	20.712.934	20.505.804	828	77400	64.121
Total					82.034
Ano 2021					
Diesel (gasóleo)	5.245.606	4.458.765	192	74100	14.207
Óleo combustível	18.641.640	18.455.224	746	77400	57.709
Total					71.916
Ano 2022					
Diesel (gasóleo)	4.655.172	3.956.896	170	74100	12.608
Óleo combustível	16.777.476	16.609.702	671	77400	51.938
Total					64.546