



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC**  
**FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA, CONTABILIDADE E**  
**SECRETARIADO EXECUTIVO - GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS ECONÔMICAS – FEAACS**  
**CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

**FRANCISCO ROBSON ANDRADE SILVA**

**A ENERGIA EÓLICA COMO UMA FONTE ALTERNATIVA DE**  
**DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO ESTADO DO CEARÁ**

**FORTALEZA - 2016**

**FRANCISCO ROBSON ANDRADE SILVA**

**A ENERGIA EÓLICA COMO UMA FONTE ALTERNATIVA DE  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL NO ESTADO DO CEARÁ**

Projeto de pesquisa apresentado à Universidade Federal do Ceará, como requisito para atividade de Elaboração do Projeto de Monografia do curso de graduação em Ciências Economicas.

Orientador: Prof. Ms. Alfredo José Pessoa de Oliveira

**FORTALEZA – 2016**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

---

S58e Silva, Francisco Robson Andrade.  
A energia eólica como uma fonte alternativa de desenvolvimento sustentável  
no estado do Ceará. / Francisco Robson Andrade Silva. – 2016.  
69 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará,  
Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Curso de  
Ciências Econômicas, Fortaleza, 2016.

Orientação: Prof. Me. ALFREDO JOSÉ PESSOA DE OLIVEIRA.

1. Ceará, Meio ambiente, Desenvolvimento econômico, Energia  
eólica. I. Título.

CDD 330

---

**FRANCISCO ROBSON ANDRADE SILVA**

Esta monografia foi submetida à Coordenação do Curso de Ciências Econômicas, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Bacharel em Ciências Econômicas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará – UFC à disposição dos interessados na Biblioteca da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta monografia é permitida, desde que feita de acordo com as normas de ética científica.

Data da aprovação: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Ms. Alfredo José Pessoa de Oliveira  
Prof. Orientador

NOTA: \_\_\_\_

---

Eng. Antônio Fernando da Silva Viana  
Membro da Banca Examinadora

NOTA: \_\_\_\_

---

Prof. Dr. André Vasconcelos Ferreira  
Membro da Banca Examinadora

NOTA: \_\_\_\_

Aos meus pais, minhas irmãs e minha esposa.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por sempre estar ao meu lado, dando-me força, nos momentos mais difíceis, onde tudo parece errado. Então tudo que conquistei dedico a ele.

À minha mãe e ao meu pai que são verdadeiros guerreiros, os quais tenho como exemplo de vida. Ensinaram-me como devo lutar pelos meus objetivos e sonhos com muita dignidade, perseverança e responsabilidade. Agradeço por terem tudo e sou orgulhoso de tê-los como pais.

À minha irmã, Patrícia, que na verdade, é minha segunda mãe. Ajudou-me em tudo que podia, insentivando e mostrando que tudo era possível. Falava que nunca era tarde e para que jamais desistisse. É uma pessoa que admiro e tomo como exemplo em tudo que faço.

À minha irmã, Alexandra, pessoa que muito amo, sempre esteve ao meu lado e faz parte dessa conquista.

Minha esposa, Raisa, que tanto amo e sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis. Somente ela sabe o quanto sonhei e lutei por esse momento e por mais essa conquista.

Aos meus avós, que já não estão mais conosco, em especial ao meu avô, Joaquim Rodrigues Andrade, que uma vez disse que iria me abraçar muito forte nesse momento, pois seria um dia muito especial e de rara felicidade para ele.

Aos meus, queridos, cunhados Erivaldo e Leonardo, que na verdade são irmãos.

Aos professores que fizeram parte de toda minha vida, por me passarem todos os seus conhecimentos, pois conhecimento é o bem mais preciso de nossas vidas.

Ao meu orientador, Professor Alfredo José Pessoa de Oliveira que abraçou meu projeto, e com sua paciência e dedicação me orientou, ajudou, aconselhou. Tudo isso foi de suma importância para que esse trabalho tenha tido sucesso. A você professor, meu muito obrigado.

Finalmente, aos meus amigos de toda a vida e aqueles que fiz durante esse período de faculdade. Podem ter certeza que os levarei na memória para o resto da minha vida.

“ Ser feliz não é ter uma vida perfeita,  
mas deixar de ser vítima dos problemas  
e se tornar o autor da própria história ”.

( Abraham Licoln )





## RESUMO

Com a crescente preocupação com os danos sofridos pelo meio ambiente devido o aumento dos impactos ambientais, causados pelo efeito estufa e pelo crescente uso das formas tradicionais de geração de energia, muitos países estão procurando novas formas de obter energia de forma a reduzir o atual cenário. Dessa forma, podemos observar o crescente número de investimentos em fontes alternativas, as chamadas energias “ limpas ”. Observamos a necessidade de vários parques de introduzir novas formas de geração de energias renováveis. São elas: Energia solar, hidráulica, geotérmica, biomassa, maremotriz e eólica. O Ceará apresenta localização privilegiada e ventos acima da média, o que torna-o um grande privilegiado em relação a outras localidades do Brasil e do mundo, quando falamos em geração de energia eólica, uma fonte muito importante para o desenvolvimento econômico e sustentável. Isso faz com que o Estado seja um local de grande investimentos por suas garantias geográficas, o que viabilizam tais empreendimentos. Essa pesquisa tem como objetivo analisar o desenvolvimento econômico sustentável e verificar possíveis impactos ambientais gerados por essa matriz energética, buscando encontrar um equilíbrio entre o homem e a natureza.

Palavras-chave: Ceará, Meio Ambiente, Desenvolvimento Sustentável e Energia Eólica.

## **ABSTRACT**

The growing concern over the damage to the environment due to the increase of environmental impacts caused by global warming and the increasing use of traditional forms of energy generation, many countries are looking for new ways to get energy in order to reduce the current scenario. Thus, we can see the growing number of investments in alternative sources, called "clean" energy. We note the necessity of multiple parks to introduce new ways of generate renewable energy such as: solar energy, hydraulic, geothermal, biomass, tidal and wind energy. The state of Ceará has a privileged location and much wind, which becomes a good place if compared with other locations in Brazil and the world, when it talks about generation of wind energy, a very important source for economic and sustainable development. This makes the state, a place of big investments by their geographical guarantees, which enable such parks. This research aims to analyze the sustainable economic development and identify the possible environmental impacts generated by this energy matrix, seeking to strike a balance between man and nature.

Key words: Ceará, Environment, Development and Wind Energy.

## LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E QUADROS

Figura 1 – Moinho de vento tipicamente holandês.....	25
Figura 2 – Moinho de Dordrecht.....	26
Figura 3 – Modelo de moinho de vento americano.....	27
Figura 4 – Moinho de vento de Halladay.....	27
Figura 5 – Parque Eólico de Osório – RS.....	29
Figura 6 – Usina Eólica do Mucuripe – CE.....	30
Figura 7 – Evolução da dimensão e potência dos aerogeradores.....	31
Figura 8 – Manutenção e reparo de uma turbina eólica.....	31
Figura 9 – Nível de ruído sonoro de algumas fontes.....	36
Figura 10 – Pássaros nas proximidades de um parque eólico.....	37
Figura 11 – Vista do desmatamento de duna fixa.....	37
Figura 12 – Lagoa interdunar seccionada .....	38
Figura 13 – Ranking mundial da geração de energia eólica.....	39
Figura 14 – Parque eólico de Middelgrunden.....	41
Figura 15 – Turbina Vestas V27 – Fernando de Noronha.....	43
Figura 16 - Regime de velocidade média dos ventos no Brasil.....	45
Figura 17 – Potencial eólico brasileiro por região.....	48
Figura 18 – Posição geográfica, dimensões e limites do Ceará.....	51
Figura 19 – Zona de Convergência Intertropical.....	52
Figura 20 – Potencial real de geração de energia eólica do Estado .....	55
Figura 21 – Localização da região da foz do Rio Acaraú.....	57
Figura 22 – Qualidade dos ventos na Serra da Ibiapaba.....	58
Figura 23 – Construção do parque eólico de Tianguá.....	58
Gráfico 1 – Histórico do custo da energia eólica.....	32
Gráfico 2 – Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas.....	34
Gráfico 3 – Matriz elétrica brasileira.....	46
Gráfico 4 – Complementaridade entre a geração hidrelétrica e eólica.....	47
Gráfico 5 – Geração eólica média por estado no Brasil.....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação de custos de geração por tipo de geração de energia.....	32
Tabela 2 – Potencial eólico elétrico estimado do Brasil por região.....	50
Tabela 3 – Capacidade, quantidade, geração e fator de capacidade média por Estado.....	59

## LISTA DE SIGLAS

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica

ADECE – Associação de Desenvolvimento do Estado do Ceará

ANEEL – Agência Nacional de Energia Eólica

CBEE – Centro Brasileiro de Energia Eólica

CELPE – Companhia Energética de Pernambuco

CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco

CMMD – Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento

CNI – Confederação Nacional da Indústria

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas

EWEA – European Wind Energy Association

FUNCAP – Fundação Cearense de Apoio à Pesquisa

GHG – Greenhouse Gases

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – International Energy Agency

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

MME – Ministério de Minas e Energia

ONU – Organização das Nações Unidas

PCH – Pequenas Centrais Hidroelétricas

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia

SEINFRA – Secretaria de Infra-Estrutura do Ceará

UICN – União Internacional para a Conservação da Natureza

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

WWEA – World Wind Energy Association

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTAVEL E FONTES DE ENERGIA.....	15
2.1 Fontes de Energia.....	20
3. ENERGIA EÓLICA.....	22
3.1. Definição e Panorama.....	22
3.2. Histórico.....	24
3.3.Os Custos da Energia Eólica.....	30
3.4. Os Impactos ambientais.....	33
3.5. Energia Eólica no Mundo.....	36
3.5.1. Energia Eólica Offshore.....	38
3.6. Energia Eólica no Brasil.....	39
4. ENERGIA EÓLICA NO ESTADO DO CEARÁ.....	47
4.1. Análise Do Potencial De Geração De Energia Elétrica Por Fontes Eólicas.....	51
4.1.1. Capacidade De Produção Eólica Offshore.....	52
4.1.2. Capacidade De Produção De Energia Eólica No Interior Do Estado.....	54
4.2. Capacidade Instalada E Fator De Capacidade Dos Parques Eólicos Cearenses.....	55
4.3. Impactos Sociais e Econômicos.....	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

## 1. INTRODUÇÃO

Vivemos em uma região muito propícia para o desenvolvimento de parques energéticos que busquem o desenvolvimento sustentável a partir de fontes renováveis de energia. Em todo o Nordeste brasileiro é visível o potencial para a geração de energia “limpa” em especial a energia eólica, gerada em decorrência da força dos ventos.

No caso do Ceará, podemos ressaltar sua localização, geográfica, privilegiada o que o faz possuir ventos acima da média, possibilitando receber um grande número de investimentos nessa área.

No atual cenário mundial a busca por novas fontes de captar energia foi causada devido grande apelo mundial, referente aos enormes impactos ambientais gerados pelo uso das energias não-renováveis, ou seja, as que possuem em sua matriz energética o petróleo, o carvão mineral e o gás natural. Outro fato que podemos observar é que os países desenvolvidos, buscam cada vez mais o crescimento econômico e com isso precisam aumentar sua produção, necessitando de mais e mais energia, dessa forma perceberam que tais fontes são finitas e com isso novas formas de geração de energia teriam de ser encontradas.

A crise do petróleo, em 1970, serviu como alerta e o mundo passou a levar em conta outras fontes de energia, como foi o caso do Brasil com o programa Pró-Álcool em 1975. Outra fonte energética buscada, principalmente pelas economias que necessitavam de grande quantidade de energia e que muitas vezes não possuíam abundância de outras matrizes energéticas, foi a nuclear que por ser muito cara é utilizada por países como: Estados Unidos, Japão, França, Alemanha e Reino Unido.

Segundo Capra (2005), os problemas ambientais existentes devem-se ao crescimento tecnológico excessivo, gerador de problemas físicos e psicológicos que são características integrantes de um sistema econômico obcecado em expandir tecnologia a fim de aumentar a produção. A mesma tecnologia que traz benefícios, também gera um sério desequilíbrio ambiental.

Logo, podemos observar que devido a escassez de combustíveis fósseis e dos elevados casos de desastres ecológicos, principalmente o aquecimento global, ocasionando o



derretimento das geleiras e conseqüentemente a elevação dos níveis dos mares, a elevação da temperatura na Terra, as diversas mudanças climáticas e o aumento do buraco na camada de ozônio eleva, cada vez mais, à procura por novas maneiras de gerar energia a partir de fontes renováveis e que apresentem baixos impactos ao meio ambiente e preços competitivos.

Energia eólica, solar, hidráulica, geotérmica, biomassa e maremotriz são tipos de energia renováveis. Porém iremos abordar o caso da energia eólica, pois nossa região e em especial o estado do Ceará apresenta um forte potencial para esse tipo de prática devido seu grande potencial, antes já mencionado.

Hoje, não só o nosso estado mas todo o país possui uma grande dependência da energia gerada pelas hidroelétricas, porém estamos passando por uma grave crise energética em decorrência dos baixos índices pluviométricos e dos baixos níveis de nossos reservatórios.

Nesse sentido, vale salientar a importância da energia gerada a partir da força dos ventos como mais uma forma de geração de energia, pois com ela poderemos tirar a sobrecarga das hidroelétricas sem a necessidade de ativar as usinas termoelétricas que hoje entram em funcionamento em caráter emergencial, produzindo uma energia bem mais cara, do ponto de vista econômico e com elevados índices de emissão de gases que poluem o meio ambiente, diferentemente da eólica que apresenta menor custo e baixos níveis de impactos ambientais.

Assim, buscamos uma forma de nos desenvolvermos de maneira sustentável. O Relatório de Brundtland procurou introduzir essa idéia de “ Desenvolvimento Sustentável ” onde se diz que devemos procurar o desenvolvimento sem que prejudiquemos as futuras gerações.

O trabalho possui como objetivo verificar o potencial do Estado do Ceará com relação a geração de energias renováveis, em especial o caso da energia gerada a partir da força dos vento, buscando uma forma de desenvolvimento econômico sustentável com os menores impactos ambientais possíveis

O estudo apresenta seis seções, incluindo essa introdução que visa uma breve explicação sobre o assunto abordado. Na segunda iremos abordar o desenvolvimento econômico sustentável e em que fatores a energia eólica pode contribuir para esse

desenvolvimento. A terceira seção irá apresentar a definição e um histórico dessa fonte de energia, assim como os custos e os impactos ambientais causados. A quarta e quinta seções faremos uma abordagem nos locais onde a energia eólica possui grande importância e é gerada no Mundo, no Brasil e no Ceará, buscando demonstrar o grande potencial dessa forma de geração de energia e os benefícios causados ao meio ambiente. Na última seção faremos as considerações finais e as características do assunto estudado, mostrando que a energia eólica apresenta um grande potencial e que se bem aproveitado poderá ajudar no desenvolvimento do nosso estado, diminuindo o consumo de combustíveis fósseis e garantindo o desenvolvimento para as futuras gerações.

## **2. DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SUSTENTÁVEL E FONTES DE ENERGIA**

Devido ao atual cenário em nosso País, referente à crise hídrica, precisamos buscar outras formas de geração de energia, para que o crescimento econômico não seja afetado, pois

sabemos que para que um País continue produzindo é necessário que mais energia seja gerada.

Não é de hoje a preocupação da população mundial, com os limites dos recursos produzidos pela natureza, tal observação teve início na década de 60, quando surgiram as primeiras discussões sobre a degradação do meio ambiente.

Em 1972, aconteceu na Suécia uma Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento e Meio Ambiente, a Conferência de Estocolmo. Essa foi o primeiro grande encontro de chefes de estado organizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), conforme dita anteriormente, para tratar de questões relacionadas à degradação ambiental e foi realizada entre os dias 5 e 16 de junho de 1972 na cidade sueca de Estocolmo. Temos nesse encontro um marco inicial nas tentativas de melhorar as relações entre o homem e o Meio Ambiente, buscando juntamente a isso um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico e a diminuição na degradação do meio ambiente, galgando dessa forma à busca por um desenvolvimento sustentável.

Em 1973, Maurice Strong, que foi o secretário-geral da Conferência de Estocolmo em 1972, foi o pioneiro a usar o conceito de ecodesenvolvimento, que é usado como sinônimo de desenvolvimento sustentável. Tempo depois Ignacy Sachs criou os primeiros princípios para este conceito. De acordo com Lemos (2008, p,32) esses princípios são:

- Ser solidário com as gerações futuras;
- Satisfazer as necessidades básicas de todos;
- Buscar a participação da população nos projetos que forem de seu interesse;
- Buscar a preservação dos recursos naturais , renováveis e/ou não renováveis bem como do meio ambiente em geral;
- Diminuir o consumo de energia não renovável;
- Gerar um sistema social que garanta trabalho estável com remuneração digna para todos, segurança social e pessoal, e preservação cultural;
- Promover projetos e planos educacionais em todos os níveis para toda a população.

Desenvolvimento sustentável é um conceito que aborda inúmeros segmentos de nossa sociedade que busca um ponto de equilíbrio consubstanciado no crescimento econômico, equidade social e proteção ambiental.

O termo “desenvolvimento sustentável” surgiu a partir de estudos da Organização da Nações Unidas (ONU) sobre as mudanças climáticas como uma resposta para a humanidade perante a crise social e ambiental pela qual o mundo passava a partir da segunda metade do século vinte (BARBOSA, 2008).

Dessa forma a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CMMD), estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU) e presidida pela então primeira-ministra da Noruega, Grö Harlem Brundtland, apresentou em 1987 um documento de nome Nosso Futuro Comum que define o conceito de Desenvolvimento Sustentável. Passou a realizar divulgação, buscando uma mobilização mundial a respeito do assunto. Esse documento ficou conhecido como Relatório de Brundtland que visa as necessidades das economias em desenvolvimento e as desenvolvidas não apenas em crescerem, mas em buscarem o crescimento de forma que as gerações atuais e futuras possam ter suas necessidades atendidas, buscando viabilizar a preservação e a regeneração dos recursos naturais. Esse Relatório cita o conceito de Desenvolvimento Sustentável:

O desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais. (CMMD, 1987)

Podemos observar que o desenvolvimento tem como ponto de partida central o ser humano, buscando suprir suas necessidades, equilibrando o desenvolvimento com a preservação ambiental. Para início, a fim de entender o conceito, é preciso admitir que os recursos naturais sejam finitos, a humanidade depende desses recursos e o modo de produção que não respeita os limites da natureza, inevitavelmente, tende a ser insustentável (PAIVA, 2010).

Conforme Lemos (2008), esse relatório apresenta algumas sugestões de medidas que deveriam ser tomadas no nível das políticas públicas que visassem promover o desenvolvimento e que apresentassem as características buscadas na definição apresentada no relatório. Essas medidas seriam:

- Limitação do crescimento da população;
- Garantia de segurança alimentar a longo prazo;
- Preservação da biodiversidade e dos ecossistemas;
- Diminuição do consumo de energia e desenvolvimento de tecnologias que incorporassem o uso de fontes renováveis de energia;
- Satisfação de todas as necessidades básicas das pessoas;
- Aumento da produção industrial nos países não industrializados à base de tecnologias que fossem ecologicamente limpas;
- Controle da urbanização desenfreada das cidades;
- Promoção de uma maior e melhor integração entre o campo e a cidade. Neste aspecto, a produção de programas de reforma agrária seria de maior relevância como estratégia para atingir todos os objetivos propostos.

Dessa maneira, segundo ainda as sugestões do Relatório de Brundtland, as entidades internacionais adotariam esta nova concepção de desenvolvimento, que tentava compatibilizar eficiência econômica, com justiça social e com prudência ecológica (LEMOS, 2008).

A prudência ecológica significa poupar os recursos naturais de forma que seja garantida a continuidade e a regularidade da atividade econômica e que a qualidade do meio ambiente seja resguardada, já que configura-se uma importante condição para se ter uma qualidade de vida. Eficiência econômica caracteriza a capacidade de se produzir mais e cada vez melhor, economizando recursos, capital e trabalho. Finalizando, justiça social é poder proporcionar à sociedade oportunidades semelhantes.

Segundo Baroni (1992) o termo desenvolvimento sustentável sugere que as lições da ecologia podem e devem ser aplicadas aos processos econômicos. Ele abrange as idéias da

Estratégia da Conversão Mundial proposta pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), fornecendo uma racionalidade ambiental através da qual a pretensão do desenvolvimento para melhorar a qualidade de vida pode ser desafiada e testada. A noção estreita de sustentabilidade física implica uma preocupação com a equidade social entre gerações, uma preocupação que deve ser, logicamente, estendida para dentro de cada geração.

Dessa forma a sustentabilidade do desenvolvimento deverá possuir, para sua caracterização, no mínimo, quatro dimensões bem estabelecidas, são elas:

- Dimensão geoambiental;
- Dimensão socioeconômica;
- Dimensão técnico-científica;
- Dimensão política-institucional

Assim as quatro dimensões são consideradas segundo um aspecto dinâmico e guardando entre si uma interface com perspectiva intertemporal.

A dimensão geoambiental do conceito refere-se à abrangência e aos impactos de um ponto de vista geográfico e físico, e as repercussões sobre a base de recursos naturais espacial e temporalmente. A dimensão socioeconômica busca prover as condições necessárias para o progresso econômico que seja socialmente e equitativamente justo. A dimensão técnico-científica objetiva a perseguição de metas e objetivos que assegurem o avanço do conhecimento científico e tecnológico em benefício de toda a sociedade, estimulando um processo contínuo de inovações. A dimensão político-institucional, por sua vez, preconiza a consolidação do sistema de representação política que confere continuidade aos mecanismos de tomada de decisão e das ações políticas que irão garantir o desenvolvimento sustentável nas três outras perspectivas: geoambiental, socioeconômica e técnico-científica (PROJETO ÁRIDAS, 1995 apud LEMOS, 2008).

Conforme Barbosa (2008), para a Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD) os objetivos que derivam do conceito de desenvolvimento sustentável estão relacionados com o processo de crescimento das cidades e objetiva a

conservação do uso racional dos recursos naturais incorporados às atividades produtivas. Entre os objetivos estão:

- Crescimento renovável;
- Mudanças na qualidade do crescimento;
- Satisfação das necessidades essenciais por emprego, água, energia, alimento e saneamento básico;
- Conservação e proteção da base de recursos;
  - Reorientação da tecnologia e do gerenciamento de riscos;
  - Reorientação das relações econômicas internacionais (CMMAD,1988,1991 apud BARBOSA, 2008).

Mas não é fácil conciliar todos os objetivos do desenvolvimento sustentável, gerando um paralelo entre desenvolvimento de regime capitalista, justiça social e prudência ambiental, pois todos seguem diferentes direções devido a acumulação de capital, maximização dos lucros e o desenfreado consumismo, são difíceis de serem interligados aos recursos ecológicos viáveis.

Para Leff (1998) a sustentabilidade tem discurso que busca a reconciliação dos contrários da dialética do desenvolvimento: meio ambiente e o desenvolvimento econômico. Trata-se de um mecanismo ideológico que não quer dizer um aumento da racionalidade econômica: a idéia é não internalizar os fatores ecológicos da produção, mas celebrar o crescimento econômico dentro de uma condição sustentável, firmando efetivamente nos processos de livre mercado como forma eficaz de garantir o equilíbrio ecológico com igualdade social.

Dessa forma, o desenvolvimento sustentável é um processo de aprendizagem social de longo prazo, que por sua vez, é direcionado por políticas públicas orientadas por um plano de desenvolvimento nacional. Assim, a pluralidade de atores sociais e interesses presentes na sociedade colocam-se como um entrave para as políticas públicas para o desenvolvimento sustentável (BEZERRA; BURSZTYN, 2000 apud BARBOSA, 2008).

Quando o conceito de desenvolvimento econômico surgiu buscávamos uma meta que seria atingida em longo prazo e que seria difícil de implantar devido a rigidez do modelo

socioeconômico, porém existia a necessidade de um novo estilo de desenvolvimento que modificasse a economia, juntamente com a sociedade e, conseqüentemente, sua interação com o meio ambiente. Na atualidade vivemos em um estágio no qual o conceito de sustentabilidade possui caráter emergencial de curto e médio prazo que isso é uma exigência da própria natureza. Dessa forma buscaremos exemplificar estratégias que possam ajudar na em mudanças que promovam uma sustentabilidade no desenvolvimento.

Uma das mudanças que podemos apresentar é o uso de fontes renováveis de energia. Onde iremos citar algumas a seguir.

## **2.1. Fontes de energia**

Energia (do grego *enérgeia*, atividade) é usualmente definida como a capacidade de realizar trabalho mecânico, deslocando, por exemplo um objeto de uma posição para outra por meio da aplicação de uma força. Para os seres humanos, que vivem em um planeta que atrai todos os corpos para o centro da Terra em virtude da força gravitacional, a energia é fundamental para nos movimentarmos. A própria ideia de movimento e, portanto, de energia é ligada intimamente ao que se entende como seres vivos.

Uma definição mais geral de energia é: capacidade de produzir transformações (combustão, fissão nuclear, eólica, biomassa, energia das marés, etc.). As fontes de energia podem ser divididas em dois grupos: permanentes (renováveis) e temporários (não renováveis). Porém o conceito de renovabilidade irá depender da escala temporal que será utilizada nos padrões de utilização dos recursos.

As fontes de energia não renováveis são aquelas que apresentam reservas limitadas e estão sendo esgotadas com sua utilização, pois apresenta sua capacidade de renovação bastante reduzida se verificada sua utilidade. Por esse motivo, as reservas destas fontes de energia são esgotáveis, diferentemente das energias renováveis. Temos como principais fontes de energia não renovável a energia nuclear e os combustíveis fósseis (petróleo, gás natural e carvão) sendo essas as mais usadas atualmente.

No entanto, os combustíveis fósseis são fortemente poluidores, liberando dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) quando queimados. Como consequência, o teor dessas substâncias na atmosfera tem aumentado progressivamente, levando muitos especialistas a acreditar que o



aumento da temperatura média da biosfera terrestre, que vem sendo observado a algumas décadas, seja devido a um “ Efeito Estufa” provocado por este acréscimo de CO<sub>2</sub> e de outros gases na atmosfera, já denominados, genericamente, de “gases de efeito estufa”, conhecidos mundialmente pela sigla GHG (Greenhouses Gases) (SILVA, 2005).

Outros efeitos produzidos pelo uso desses combustíveis fósseis em áreas com intensa atividade industrial são chuvas ácidas, poluição ambiental e o favorecimento das mudanças climáticas em várias partes do mundo.

Mediante ao atual cenário, onde são usados fontes de energias que possuem sua oferta limitada, observamos uma lenta mudança, porém de ordem progressiva que utiliza outras fontes de energia, as fontes de energia renováveis, que são apontadas como uma solução para as necessidades de suprimento da demanda por energia, visando, assim um desenvolvimento econômico e ambiental sustentável.

Dessa forma várias nações em todas as partes do mundo estão investindo, fortemente, em projetos que se utilizem de fontes alternativas de energia como energia solar, o biodiesel, a energia obtida através do hidrogênio, a energia das marés, a biomassa e a energia eólica. Essa são fontes abordadas em projetos que buscam contribuir para a diminuição do aquecimento global, garantindo, dessa forma, uma variação da matriz energética e produção de energia limpa, como também buscando uma independência das tradicionais fontes de energia.

Vivemos em um momento em que as fontes renováveis de energias terão cada vez mais participação na atual matriz energética mundial, uma vez que há uma preocupação com as questões ambientais e a conscientização da população que devemos realizar cada vez mais incentivos que busquem o desenvolvimento em bases sustentáveis, despertando, assim, maiores realizações de pesquisas de desenvolvimento tecnológico, agregando cada vez mais conhecimento, reduzindo os custos na geração dessas tecnologias.

Assim, na tentativa de incentivar a produção de energia sem a necessidade de emissão de gases gerada por combustíveis fósseis, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, a sociedade deve optar pelo uso da energia gerada através de fontes renováveis, que é uma energia vinda dos recursos naturais (sol, vento, chuva, marés e calor), pois são

reabatecidos naturalmente.

Em nosso trabalho iremos realizar uma abordagem na energia gerada através da força dos ventos, mostrando o forte potencial de geração no mundo, no Brasil e no estado do Ceará.

### **3. ENERGIA EÓLICA**

#### **3.1. Definição e Panorama**

A preocupação com a redução da emissão de gases poluentes na atmosfera tem levado o mundo a buscar, cada vez mais, o desenvolvimento de fontes de geração de energia limpa, dentre elas, a eólica.

A política energética brasileira, movida por interesses ambientais e pela busca da diversificação da matriz energética do País, vem incentivando a geração de energia elétrica baseada nessas fontes, tanto para a conexão nos sistemas de transmissão de energia e distribuição de grandes parques de geração, com o destaque para nosso estudo, a energia eólica, como para as microgerações e minigerções distribuídas interligadas ao sistema de distribuição

Segundo levantamentos realizados por especialistas, o Brasil estará entre os cinco maiores produtores de energia eólica, do mundo, até o ano de 2020, isso devido ao resultado de um conjunto de incentivos governamentais e da abundância de regiões com ventos propícios para essa finalidade. Nesse sentido o governo lançou em 2004 o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica – Proinfa, e em 2009 realizou o primeiro leilão exclusivo para a venda de energia produzida por fonte eólica. Recentemente, com os ganhos de escala e já sendo competitiva frente as demais fontes de geração, a energia eólica desponta nos leilões promovidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), para a venda de energia ao mercado regulado de energia elétrica.

A energia eólica tem um importante papel importante no Brasil, país que apresenta toda sua estrutura formada a partir de uma base hidrelétrica. De fato, o regime de ventos e o regime de chuvas do País apresentam complementaridade interessante do ponto de vista

elétrico. No segundo semestre, quando os ventos das regiões Sul e Nordeste se acentuam, os principais rios das regiões Sudeste, Nordeste e Norte apresentam as menores vazões e os grandes reservatórios das usinas hidrelétricas atingem os menores níveis de acumulação. Assim o efeito da operação conjunta hidroeólica é semelhante ao aumento do volume acumulável nos reservatórios existentes, o que, no fim das contas, contribui para o aumento da confiabilidade do atendimento.

Dessa forma a base hidrelétrica do parque gerador brasileiro e a geração eólica constituem um binômio especialmente interessante para a sustentabilidade ambiental da expansão da oferta de energia elétrica. Além disso o aproveitamento do significativo potencial eólico brasileiro demandará correspondentes investimentos na infraestrutura rodoviária e de telecomunicações, além da necessidade da oferta de serviços sociais de suporte a núcleos técnicos para operação e manutenção dos parques que darão impulso a economia regional.

Recentemente, o IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) divulgou o Relatório Especial de Fontes Renováveis de Energia e Mitigação das Alterações Climáticas. Este relatório apresenta um amplo estudo sobre energias renováveis e conclui que, em 2050, aproximadamente 80% do abastecimento mundial de energia poderá ser fornecido por fontes de energia renováveis (BLACK, 2011)

Conforme definição elaborada pela ANEEL (2008), energia eólica é a energia cinética (do movimento) gerada pela migração das massas de ar provocadas pelas diferenças de temperatura existentes na superfície do planeta, ou de uma forma mais simplificada, é a energia gerada através dos ventos.

Segundo Carvalho (2003), a energia eólica pode ser compreendida como uma forma indireta da energia solar, por causa do deslocamento de ar causado pela diferença de aquecimento de partes da Terra pela radiação solar. Podemos destacar, ainda, que as melhores regiões para os deslocamentos de massas de ar necessários para a geração de energia eólica estão localizadas próximas a Linha do Equador, sendo essa região chamada de Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Atualmente os ventos são considerados uma importante fonte de energia limpa, tendo sua utilização na movimentação de aerogeradores com grandes turbinas, apresentando forma

de cataventos ou moinhos. São instalados em áreas com ventos abundantes que associados a um gerador geram energia elétrica devido o movimento de suas turbinas.

Podemos considerar a energia eólica como uma das mais promissoras fontes de energia naturais, principalmente por ser considerada renovável, limpa, bastante distribuída e, sendo utilizada para substituir fontes de combustíveis fósseis, trabalhando na diminuição do efeito estufa. Além da questão ambiental, as turbinas eólicas apresentam a vantagem de serem utilizadas em conexão com redes elétricas, como também, em lugares isolados, não se fazendo necessária a instalação de linhas de transmissão para alimentar certas regiões, já que possuem os aerogeradores.

Um aerogerador apresenta suas bases em um gerador elétrico movido por uma hélice, que, por sua vez, é movida pela força dos ventos. Para a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) a quantidade de eletricidade que pode ser gerada pela energia dos ventos depende de quatro características: a quantidade dos ventos que passam pelas hélices, o diâmetro das hélices, a dimensão do gerador e o rendimento de todo o sistema.

### **3.2. Histórico**

Desde a mais remota antiguidade, os ventos são usados para a navegação. Não é clara a data da origem de um dispositivo identificado como eólico, existindo especulações contraditórias sobre a origem histórica dos moinhos de vento. Há registros de que foram usados na agricultura na Índia, Tibete, Afeganistão e na Pérsia antiga, atual Irã. Alguns autores alegam ter descoberto os destroços de um moinho de vento no Egito, próximo a cidade de Alexandria, com uma suposta idade de 3000 anos e no século VII da era cristã para irrigação em moagem de grãos. No século XVII, tornaram-se muito populares na Holanda, na Dinamarca e na Europa em geral. Somente na Holanda, em 1750, existiam de seis a oito mil moinhos de vento em operação, esses gigantescos moinhos passaram a caracterizar a paisagem europeia.

Figura 1 – Moinho de vento tipicamente holandês.



Fonte: CRESESB (2001)

A Revolução Industrial, no século XIX, trouxe melhorias ao desenho dos moinhos de vento, mas o número de moinhos começou a diminuir com a advento da máquina a vapor. Mesmo assim houve, ainda, uma alta concentração de moinhos tradicionais na Holanda, onde na localidade de Zaan, existiam mais 900 moinhos no século XIX. Nos séculos XVII e XVIII, os holandeses migraram em grande número para as colônias americanas, trazendo consigo a tecnologia dos moinhos de vento, e várias foram construídos em Nova York e na Nova Inglaterra. Quando se fala em moinhos de vento é comum associá-los à Holanda, cujo filho mundialmente conhecido, Vincent van Gogh, retratou o tema em várias obras, como se vê na figura 2.

Figura 2 – Moinhos de Dordrecht, Vincent van Gogh, 1881.



Fonte: Rijksmuseum Kröller-Müller, Otterlo, Holanda.

No fim do século XIX haviam pelo menos 30 mil moinhos de vento operando na Europa. Esses moinhos não eram usados somente para bombear água ou moer grãos, mas também tinham outros usos industriais, como no cultivo da pimenta, do cacau, de corantes e do tabaco.

O século XIX nos Estados Unidos presenciou uma vasta proliferação dos moinhos. Uma série deles foram desenvolvidas e patenteadas. A figura 3 ilustra um modelo concebido na segunda metade do século XIX.

Figura 3 – Modelo de moinho de vento americano.



Fonte: Scientific American – 7/10/1854 Vol. XI.

O primeiro moinho de vento comercial americano foi desenvolvido e patentado pelo mecânico estadunidense Daniel Halladay, em 1854, no estado de Connecticut. O modelo foi comprado pela Union Pacific Railroad e instalado em Laramie, no território de Wyoming. O

protótipo inicial de Halladay tinha quatro pás de madeira. Um modelo multipás foi fabricado até 1929. O moinho de Halladay possibilitou o abatecimento de água para as locomotivas a vapor da época, favorecendo de certo modo permanência de colonos em regiões desérticas. Os modelos para bombear água foram perfeitos durante o século XIX e são usados até os dias de hoje. De fato, a máquina de Halladay é a pioneira dos conhecidos cata-ventos, ou moinhos de vento americanos, popularmente de uso rural e difundida globalmente. A figura a seguir traz uma ilustração do moinho Halladay, considerado o primeiro para uso comercial.

Figura 4 – Moinho de vento de Halladay.

Fonte: Wolff, (1900).



As primeiras tentativas para a geração de eletricidade foram observadas no fim do século XIX. De acordo com a ANEEL (2002), a primeira turbina eólica comercial ligada à rede

elétrica pública foi instalada em 1976, na Dinamarca.

A intensificação em pesquisas e desenvolvimento ocorreu após a crise do petróleo, em 1970. Naquele ano, o mundo demandava energia e vivia um período de alta dos preços do petróleo. Países como Estados Unidos, Dinamarca, Suécia, Holanda e Reino Unido passaram a investir no desenvolvimento da energia eólica. Segundo Fontenelle e Souza (2001), a partir daquele momento, esta fonte energética foi utilizada em escala comercial para a geração de eletricidade e através de conhecimentos da indústria aeronáutica, os equipamentos evoluíram tecnologicamente.

A complexidade tecnológica encontrada na geração de energia eólica varia muito,

podendo ser encontrada desde sistemas eólicos simples, até os mais sofisticados. Ainda é possível utilizar-se um aerogerador isoladamente para alimentar localidades remotas e distantes da rede de transmissão.

[...] em várias regiões do mundo, órgãos governamentais e a iniciativa privada têm investido fortemente nessa fonte de energia, desde a produção em larga escala até a produção de energia para atender a pequenas comunidades situadas nos países em desenvolvimento. (SILVA, 1999, p.13 apud FREITAS, 2010, p. 36).

Com o uso de tubina eólica, também conhecida como aerogerador, o aproveitamento dos ventos ocorre a partir do contato desses ventos com as hélices, que geram a energia mecânica, acionando o rotor do aerogerador. A quantidade de energia mecânica transferida ao rotor é o que gera potencial de energia elétrica, ou seja, tudo está relacionado à densidade do ar, à área coberta pela rotação da hélice e a velocidade do vento. O diâmetro da hélice e o tamanho do aerogerador também são fatores importantes na geração de eletricidade.

Segundo Costa (2008, p. 2 apud FREITAS, p.37)

A quantidade de energia disponível no vento varia de acordo com as estações do ano e as horas do dia. Além disso, a quantidade de energia eólica extraível numa região depende da altura de operação, das características de desempenho e do espaçamento horizontal dos sistemas de conversão de energia eólica instalados. A avaliação precisa do potencial do vento em uma região é o primeiro passo para o aproveitamento de recurso eólico como fonte de energia.

Para a Confederação Nacional da Indústria, CNI (2008) essa fonte se tornaria competitiva à medida que a potência instalada fosse relativamente grande para permitir que a energia gerada pudesse ser lançada na rede de utilidade pública. Assim como alternativa aos sistemas eólicos baseados em um rotor surgiu a configuração das fazendas eólicas que utilizam um grande número de rotores interligados de pequena e média potência. As fazendas eólicas possuem de dez a cem aerogeradores, cada um com 300 a 750 KW e deve haver uma distância de 200 metros entre eles para que não haja interferência.

Figura 5 – Parque Eólico de Osório – RS, Brasil.





Fonte: Agência Brasil (2014).

O projeto de uma fazenda eólica deve ser otimizado, exigindo-se uma análise integrada dos ventos, do terreno, das turbinas e da inserção na rede elétrica (CUSTÓDIO, p. 249). Ainda segundo o autor, depois de realizados esses estudos, a implantação da fazenda eólica deve ser desenvolvida com os seguintes aspectos:

- Escolha do local para a implantação da fazenda;
- Realização de medições do vento no terreno escolhido;
- Definição do comportamento e características do vento no local;
- Escolha dos aerogerados a usar;
- Definição da disposição dos aerogeradores no terreno;
- Previsão da energia gerada na fazenda eólica;
- Escolha da conexão à rede e definição do projeto de conexão;
- Determinação dos projetos necessários à implantação da fazenda;
- Estudo de viabilidade econômica e financeira da fazenda eólica.

Como a vida útil de uma fazenda eólica é de aproximadamente 30 anos é necessário que essa metodologia seja posta em prática para que se produza energia suficiente para cobrir o financiamento da implantação, os custos operacionais e para que o investidor tenha o seu retorno. Vale lembrar que outras atividades, como a agricultura e a pecuária, podem ser

desenvolvidas nos locais onde são construídos esses parques, pois a instalação não compromete o solo. Dessa forma temos mais uma forma de geração de pólos de empregos.

Figura 6 – Usina Eólica do Mucuripe, Ceará.

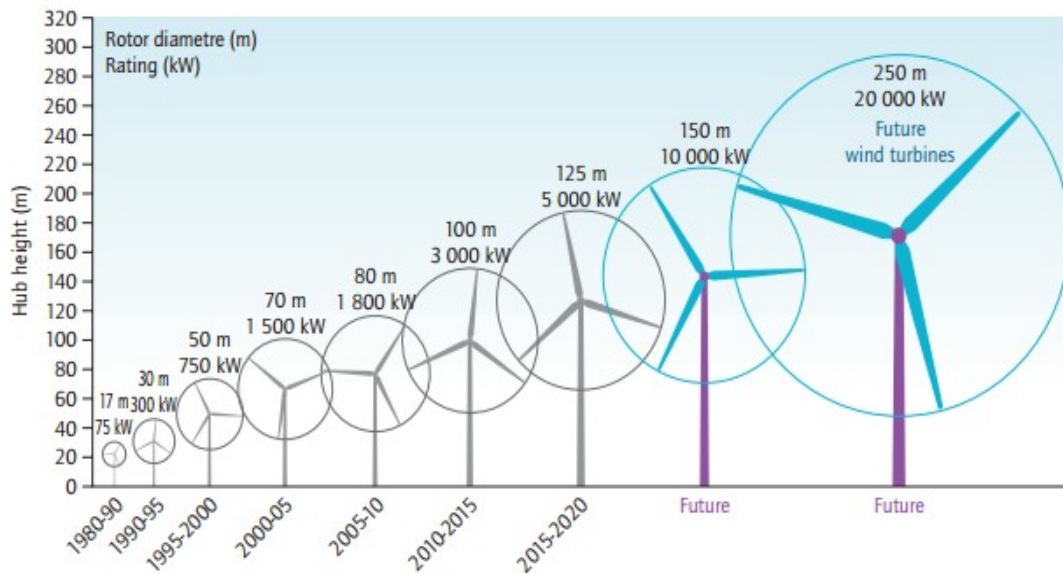


Fonte: Wobben Wind Power (2014).

### 3.3. Os Custos da Energia Eólica

Os custos associados à instalação do sistema de energia a partir de rotores eólicos por muito tempo foi uma fator que limitou o desenvolvimento dessa fonte de energia. De acordo com a CNI (2008), em alguns países a energia dos ventos pode tornar-se pouco atraente e competitiva se comparada com as fontes tradicionais devido o alto custo da tecnologia empregada. Porém os custos relacionados com as turbinas e a produção têm diminuído de forma constante desde o início dos anos 1980. A tecnologia empregada tornou os equipamentos maiores e mais potentes (DUTRA, p. 16). A figura a seguir mostra a evolução dos aerogeradores:

Figura 7 – Evolução da dimensão e potência dos aerogeradores.



Fonte:

(International Energy Agency - IEA, 2013).

Para os primeiros dos anos de vida útil, uma turbina é geralmente coberta pela garantia do fabricante. Os custos com operação e manutenção (O&M) constituem uma parte considerável do custo total anual da turbina, podendo chegar, no caso de uma turbina nova, facilmente no percentual de 25% do custo por kW produzido ao longo da vida útil da turbina.

Os custos com operação e manutenção estão relacionados ao custo de alguns componentes, como seguro, manutenção regular, administração, peças de substituição e reparo, conforme ilustra a figura 8. O custo desses componentes são, relativamente, fáceis de se estimar. No caso do seguro e da manutenção é possível que se tenham determinados em contratos que cubram boa parte da vida útil da turbina. Já custos associados aos reparos e substituição de peças são mais complicados de serem calculados.

Figura 8 – manutenção e reparo de uma turbina eólica.



Fonte: EWEA – European Wind Energy Association.

Devido aos investimentos em pesquisa e desenvolvimento os aerogeradores estão mais modernos e eficientes, implicando no aumento da produtividade e na redução dos custos.

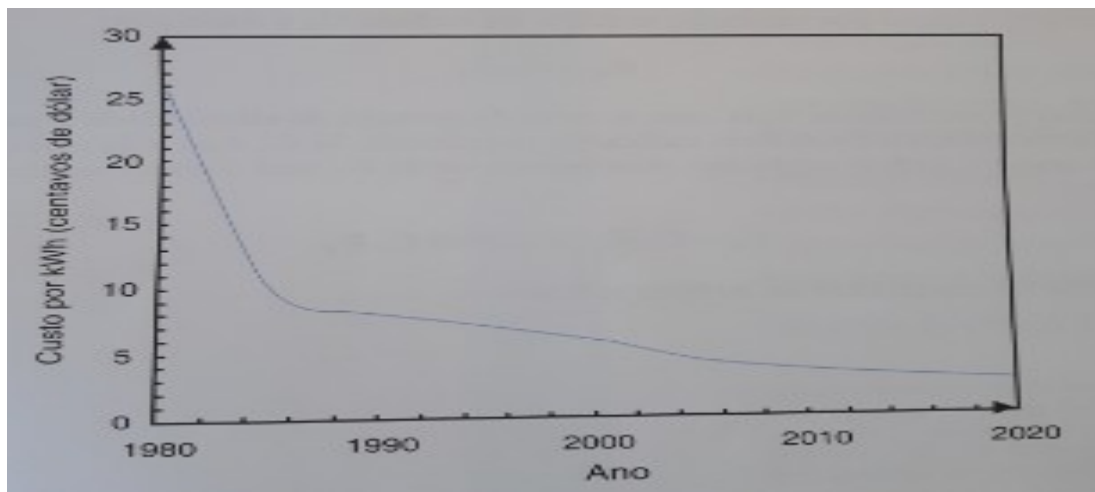
Tabela 1 – Comparação de custos de geração por tipo de geração de energia.

Tipo de Energia	Valor em R\$/MWh
Eólica	103
Hidráulica	97
Biomassa	130

Fonte: ANEEL (2014).

O custo da eletricidade gerada pelo vento ao longo dos anos 1980 a 2020 é visto no gráfico 1. Podemos perceber que o custo por kWh caiu de 26 centavos em 1980 para algo em torno de 5 centavos em 2005, esses valores expressos em dólares. O declínio no custo é mais forte de 1980 a 1985, atribuído, principalmente, ao aumento do tamanho da turbina. Projeções indicam que o custo cairá ainda mais, indo para 2,6 centavos por kWh por volta de 2020.

Gráfico 1 – Histórico do custo da energia eólica.



Fonte:

Mathew, 2006.

De acordo com Freitas (2010), os principais fatores que promoveram a queda do preço da energia retirada dos ventos são:

- Redução dos preços das turbinas eólicas;
- As turbinas modernas são cada vez maiores, com torres cada vez mais altas

(aumentando, assim, a velocidade do vento interceptada pelo rotor). Muitas das máquinas eólicas instaladas nos anos 80 tinham potência de 50 KW na média; hoje, as turbinas eólicas modernas apresentam uma média mundial instalada na faixa de 600 a 750 KW;

- Melhor conhecimento da tecnologia e melhoria nos métodos de produção;
- Melhoria na eficiência e na disponibilidade de novos campos;
- Queda nos custos de operação e manutenção.

Para que a energia eólica seja considerada tecnicamente aproveitável, é necessário que sua densidade seja maior que  $500 \text{ W/m}^2$ , a uma altura de 50 metros, o que requer uma velocidade do vento, no mínimo, entre 7 e 8 metros por segundo (GRUBB, MEYER, 1993 apud ANEEL, 2002).

Conforme estudos realizados pela Organização Mundial de Meteorologia, somente 13% de toda a superfície terrestre apresentam ventos com velocidade média igual ou superior a 7 metros por segundo a uma altura de 50 metros. Porém, atualmente, já estamos trabalhando com torres com alturas entre 150 a 190 metros, produzindo, aproximadamente 10MW/mês, contribuindo para o aumento da produção e a diminuição dos custos.

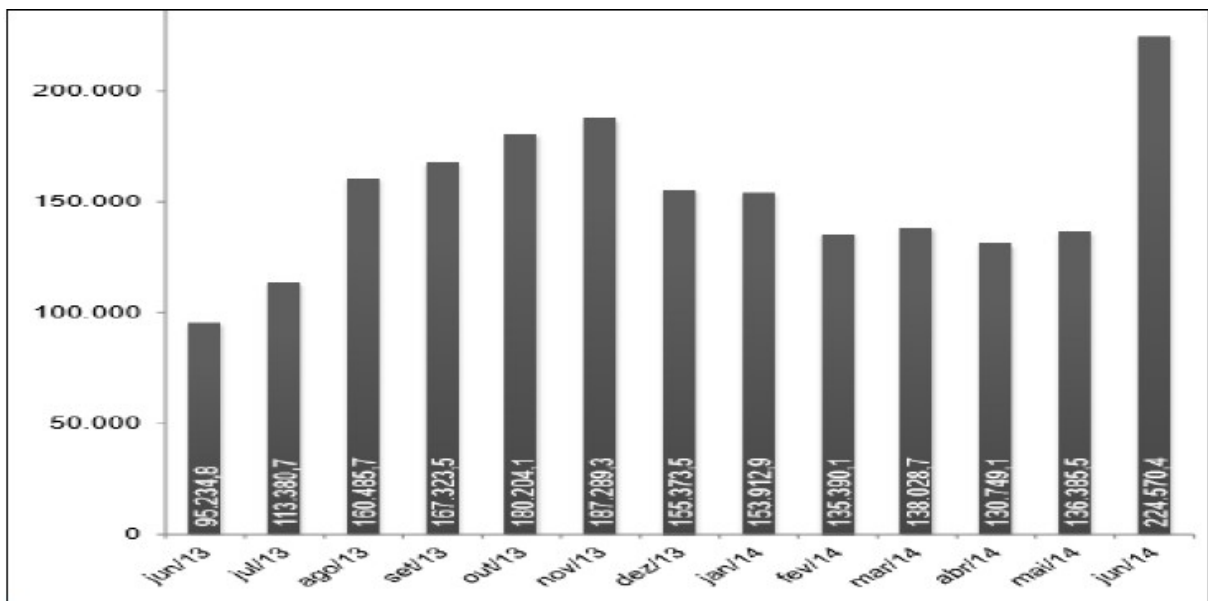
### **3.4. Os impactos ambientais**

O termo impacto ambiental é definido conforme a Resolução CONAMA nº 01/86 como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança, o bem-estar da população, como as atividades sociais, econômicas e as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente. Essa alteração pode ser significativa de parte ou da totalidade do ambiente.

Impacto Ambiental é a alteração significativa dos sistemas provocada pela ação humana. (ESPINOZA et al., 2001). A análise dos impactos ambientais para instalação de qualquer obra, empreendimento, ou atividade, inclusive um empreendimento eólico abrange aspectos positivos e negativos ao meio ambiente. (MOURA-FÉ et al., 2013).

Dentre os principais aspectos positivos devido ao uso dessa fonte de energia destaca-se a redução considerável de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), gás esse que contribui para o agravamento do efeito estufa e para as mudanças climáticas. Segundo a ANEEL (2014), apenas em 2014 já deixaram de ser emitidas mais de 900 toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera, apenas, pelo uso dessa fonte de energia pelo Brasil conforme gráfico abaixo.

Gráfico 2 – Emissões de CO<sub>2</sub> evitadas (toneladas)



Fonte: ABEEólica/ANEEL (31/082014)

A energia eólica também pode produzir impactos ambientais. Apesar de não estarem relacionados à emissão de gases ou resíduos. Em geral os benefícios ambientais da energia eólica são calculados pelas emissões evitadas de outras fontes.

Mesmo sendo uma fonte de energia que não emite CO<sub>2</sub> ao meio ambiente e que não cause desastres ecológicos ela pode gerar algumas características ambientais desfavoráveis, sendo elas: impacto visual, emissão de ruídos, interferência eletromagnética e danos a fauna.

O impacto visual é influenciado por fatores como o tipo de paisagem, as cores e o números de pás, a quantidade e o design das turbinas. As turbinas de grande porte constituem uma alteração na paisagem. Na tentativa de diminuir esse efeito visual relativo, costuma-se pintar as turbinas com a mesma cor da paisagem local. O efeito cíclico da sombra da pá em



movimento pode causar algum desconforto para as pessoas que residem próximas aos aerogeradores. Dessa forma deve-se atentar para a distância dessas casas e a orientação da incidência solar.

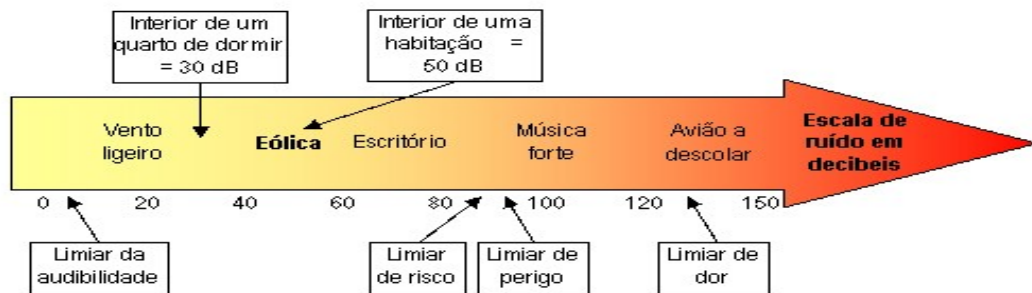
Apesar da mudança na paisagem vale ressaltar que estes impactos tendem a atrair visitantes, gerando emprego, renda e promovendo o desenvolvimento regional. Lembrando que as turbinas não impedem outras atividades econômicas no local, como a agricultura e a pecuária, podendo ser uma fonte extra de renda para os proprietários rurais (FREITAS, 2010).

A emissão de ruídos é desfavorável, pois é o que mais incomoda as pessoas que vivem próximas aos parques eólicos. Podemos afirmar que os ruídos dos aerogeradores variam de um equipamento para outro. As turbinas mais recentes atendem as especificações estabelecidas pela legislação vigente. Conforme Albuquerque (1999, p. 38 apud FREITAS, 2010, p. 2)

O impacto ambiental do ruído gerado pelo sistema eólico foi um dos temas de discussão e bloqueio da disseminação da energia eólica durante a década de 80 e início da década de 90. Este problema está relacionado com fatores como a aleatoriedade do seu funcionamento e a variação da frequência do ruído uma vez que este se ajusta diretamente com a velocidade do vento incidente.

Mesmo sendo mínimo a turbina eólica produz esse ruído que pode gerar incômodo para algumas pessoas. Sons de baixa frequência, ou seja, inferiores a 20Hz (infrassom), são conhecidos por causar alguns efeitos fisiológicos como náuseas e dores de cabeça. O limite inferior da audição humana gira em torno de 0 decibel. Valores acima de 60 decibéis já causam irritações e a partir de 100 decibéis já são prejudiciais à saúde. A figura a seguir mostra a magnitude do ruído sonoro de algumas fontes.

Figura 09 – Nível de ruído sonoro de algumas fontes.



Fonte: Revista Focusolar, (2014).

Outro ponto importante é referente a interferência eletromagnética. Ela varia muito segundo o local de instalação, podendo, dessa forma, afetar nos sinais de rádio e televisão. Para que isso seja evitado, conforme dito anteriormente, devem ser escolhidos locais apropriados para a instalação das torres e respeitando uma distância mínima de 200 metros para que esse tipo de problema seja evitado.

Outra preocupação relativa à fauna é com os pássaros, pois eles podem colidir com os aerogeradores por dificuldade de visualização, porém, o comportamento das aves e as taxas de mortalidade tendem a variar para cada espécie e localidade.(FERREIRA, 2008; MILLER et al., 2013; SHAUB et al., 2012; DREWIT et al., 2008). Quanto aos danos totais da energia eólica em pássaros, morcegos e outros animais é extremamente baixo comparado ao de outras atividades. Na verdade organizações não governamentais reconhecem a mudança climática como a principal ameaça às espécies de pássaros e ainda entendem que a energia eólica é a chave solução para tal mudança.

Figura 10 – Pássaros nas proximidades de um parque eólico





Fonte: EWEA, foto Christian Wilmes

Com relação às usinas eólicas que estão sendo instaladas ao longo do litoral nordestino, segundo Meireles (2011), pode afirmar que estão promovendo profundos impactos ambientais negativos conforme figuras a seguir.

Figura 11 – Vista do desmatamento de duna fixa: a base foi retirada para instalação de vias de acesso de canteiros de obras na Taíba, Ceará.



Fonte: Meireles, 2011.

Conforme o autor, as usinas em fase de instalação nos campos de dunas revelaram que a área ocupada pelos aerogeradores é gravemente degradada. Foi apresentada a justificativa da necessidade de manutenção de uma rede de vias de acesso para cada um dos

aerogeradores e de se resguardar as bases das estruturas da erosão eólica, ou seja, está sendo observada uma série de impactos ambientais.

Figura 12 – Lagoa interdunar seccionada por via de acesso, Taíba, Ceará.



Fonte: Meireles, 2011.

### 3.5. Energia Eólica no Mundo

Durante os últimos 30 anos, a indústria de turbinas eólicas se transformou em uma indústria de alta tecnologia. Os principais fabricantes das turbinas estão localizados na Dinamarca, Alemanha, Estados Unidos, Índia, Holanda e Espanha. Vários fabricantes de turbinas da dinamarca estabeleceram sua produção na Alemanha e Espanha. Indústrias locais atuam de várias formas e normalmente os primeiros projetos de um país são caracterizados pela importação de energia eólica, incluindo a torre.

Com a crescente expansão do uso de energia eólica em todo mundo, é importante conhecer a disponibilidade do recurso vento, principalmente para se atingir a meta de fornecimento de 10% da demanda de energia elétrica mundial a partir de energia eólica. Pesquisas atualizadas mostram que o potencial eólico no mundo, além de ser distribuído em quase todas as regiões em todos os países, também é suficiente para se atingir a meta dos 10%

(FREITAS, 2010). Figura 13 refere-se a produção anual de energia eólica em GW.

Figura 13 – Ranking mundial da geração de energia eólica em 2014 em GW/Ano.

1		China	114,76	11		Suécia	5,42
2		EUA	65,88	12		Portugal	4,91
3		Alemanha	39,16	13		Dinamarca	4,84
4		Espanha	22,99	14		Polónia	3,83
5		Índia	22,46	15		Austrália	3,81
6		Reino Unido	12,44	16		Turquia	3,76
7		Canadá	9,69	17		Romênia	2,95
8		França	9,28	18		Holanda	2,80
9		Itália	8,66	19		Japão	2,79
10		<b>Brasil</b>	<b>5,96</b>	20		México	2,38

Fonte: ABEEólica (2014).

O alto custo da produção de energia, juntamente com as vantagens da eólica ser uma fonte limpa e bastante disponível é motivo para que vários países procurem regulamentar e incentivar financeiramente, estimulando a produção da energia eólica.

Os últimos levantamentos da Associação Mundial de Energia Eólica (WWEA, na sigla em inglês) apontam um crescimento do uso de energia eólica em todo mundo. Os trabalhos que avaliaram o ano de 2010 e 2011, revelaram que ao todo 86 países já utilizavam essa fonte renovável para produção de energia elétrica. Entre eles, destaque para a China, que se tornou o país com a maior capacidade instalada, acrescentando 18.928 MW, por ano, em sua matriz

Até o ano de 2005 a Alemanha liderava a disputa de produção, mas em 2008 foi ultrapassada pelos Estados Unidos da América. Desde 2010 a China lidera esse cenário e em 2011 o total instalado desse país era de mais de 62 GW que se for feito um comparativo com o ano anterior equivale a um aumento de 41%.

De acordo com a (WWEA) a soma de todas as turbinas eólicas que foram instaladas até 2010, apresentam uma capacidade de geração de 430 Terawatt por hora (TWh) anuais. Isso é mais que toda a demanda de eletricidade do Reino Unido, 5º economia mais rica do mundo. Para se ter idéia do crescimento desse segmento em 2007 a geração mundial foi de

59GW/Ano, em 2008 cerca de 120GW/Ano e em 2009 cerca de 158 GW/Ano. Vários fatores podem explicar esse crescimento, podemos citar: o fato de poderem contar com uma energia mais segura, o custo de instalação vem caindo a cada ano, é livre de emissão de  $CO_2$ , além de apresentar menores impactos ambientais.

Em outros países a participação da energia eólica na grade energética é bem significativa. Na Dinamarca, por exemplo, ela representa 23% de produção, 6% na Alemanha e cerca de 8% em Portugal (dados de 2011)

Em um novo relatório anual da indústria de energia eólica global, o GWEC disse que a potência instalada em energia eólica alcançou 433 gigawatts no fim de 2015, um aumento de 17% com relação ao ano anterior. O número deve quase dobrar para cerca de 792 gigawatts até o fim de 2020, com os países produzindo mais energia renovável para cumprir metas de redução nas emissões de carbono na atmosfera e os preços em queda contínua. Somente em 2015 a capacidade das usinas de energia eólica concluídas ao longo do ano atingiu 63 gigawatts no referido período, um aumento de 22% comparando-se com o ano anterior. Somente a China instalou quase metade desta nova capacidade, com um total de 30,8 gigawatts, conforme informação do Conselho Global de Energia Eólica (GWEC, na sigla em inglês).

### **3.5.1. Energia Eólica Offshore**

O termo eólico offshore refere-se à produção de energia elétrica a partir de turbinas instaladas em superfícies aquáticas (mar, lagos ou oceanos). As primeiras ideias de turbinas offshore foram desenvolvidas na Alemanha por Hermann Honnef nos anos de 1930. Grandes parques eólicos desse modelo foram propostos no início dos anos de 1970 ao longo da costa de Massachusetts, nos Estados Unidos, porém eles não chegaram a ser construídos. A opção offshore começou a ser explorada, relativamente, há pouco tempo, cerca de uma década após o início onshore (instaladas em terra). Trata-se de uma opção tecnológica recente, concentrada, praticamente, no continente europeu. A figura 13 mostra o parque eólico de Middelgrunden, na Dinamarca que no momento de sua inauguração, em 2000, havia sido considerado o maior parque offshore do planeta, com 20 turbinas e 40 MW de capacidade instalada.



Figura 14 – Parque eólico de Middelgrunden, Dinamarca.



Fonte: Kim Hansen, 2009, Creative Commons.

A primeira turbina eólica offshore foi instalada na Suécia em 1990. De origem dinamarquesa foi instalada em águas rasas com o intuito de analisar a influência das aves. Já o primeiro parque eólico, da mesma modalidade, foi construído um ano depois em uma área de águas rasas, com profundidade de 2 a 5 metros na costa da Dinamarca, próximo da cidade de Vindeby, que atualmente opera a 3 km da costa com 11 geradores.

Vários países europeus e dois asiáticos, Japão e China, possuem parques eólicos offshore. A Europa é o continente líder no setor, com a maioria dos empreendimentos localizados no mar do Norte.

A idéia de parques eólicos marítimos decorre da necessidade de diversificar a utilização de energias renováveis. A implantação desses parques surge como uma futura complementação à fonte geradora no continente, seja pela saturação do sistema ou pelas crescentes dificuldades ambientais.

As centrais marítimas também apresentam desvantagens quando comparados a custos de sua implementação. Segundo estudo, enquanto as turbinas de usinas onshore representam cerca de 75% do custo total do projeto, o percentual cai para 33% em relação as usinas offshore, por causa dos custos de instalação, operação e manutenção. (ESTEBAN, p. 05).

No entanto os parques offshore apresentam diversas vantagens que podem fazer superar o fato do custo mais elevado. Podemos citar: perenidade e uniformidade dos ventos, que resulta em menores efeitos decorrentes de turbulência, maior velocidade dos ventos devido à distância da costa, redução de externalidades negativas, como emissão de ruídos e

impactos à vizinhança, a não ocupação de áreas habitáveis e a possibilidade de implantação de turbinas maiores, pois não existe limite de peso para o transporte dos componentes (problemas enfrentados por usinas no continente). (ESTEBAN, p. 06).

Deste modo as usinas eólicas offshore apresentam diversos benefícios, em especial quanto à eficiência, o que, somado aos problemas enfrentados pelas centrais geradoras onshore, pode resultar em ótima relação custo-benefício.

### **3.6. Energia Eólica no Brasil**

Um ano importante para as energias renováveis e para o Brasil foi 1992. A Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento, também conhecida como Eco-92, foi uma reunião de chefes de estado organizada pelas Nações Unidas e realizada de 3 a 14 de junho de 1992 na cidade do Rio de Janeiro, com objetivo de debater os problemas ambientais, ocorrida, exatamente, 20 anos após a realização da primeira grande conferência, a de Estocolmo, que apresentava as mesmas bases.

Esse ano, também, foi marcado pela instalação da primeira turbina eólica no país e na América do Sul, em julho daquele ano, no arquipélago de Fernando de Noronha realizada por uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE), através de financiamento do instituto de pesquisas dinarmarquês Folkecenter. Na época de sua instalação o equipamento correspondia a 10% de toda a energia gerada no arquipélago, que antes contava, apenas, com um gerador movido a diesel, promovendo uma economia de 70 mil litros por ano. Somente após oito anos foi instalado um segundo aerogerador na região do porto de Santo Antônio.

Figura 15 – Turbina Vestas V27 – Fernando de Noronha.



Fonte: ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica 2001.

Em 2001, com a experiência do racionamento de energia elétrica que foi até 2002, o país pôde perceber que a energia gerada era insuficiente para atender à demanda e sustentar o crescimento econômico que se esperava. Em um país onde a principal fonte de geração de energia é proveniente da fonte hidráulica pode ter sido a primeira vez que a população percebeu a água como um bem finito. Foi nesse momento que tornou-se notório a necessidade da busca pela diversificação da matriz energética brasileira.

Então, foi criado o Programa de incentivo às fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que tinha como objetivo agregar ao Sistema Elétrico Interligado Nacional, o montante de 3.300 MW de energia instalada distribuídas pelas fontes de energia eólica, pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e de biomassa Ministério de Minas e Energia (MME,2002).

O Ministério de Minas e Energia (MME) ficou com a responsabilidade de definir as diretrizes, desenvolver o planejamento do PROIFA e definir o valor econômica de cada fonte. A Eletrobrás era a agente executora, com a celebração de controles de compra e venda de energia.

Desde a criação do PROINFA, a produção de energia eólica no Brasil aumentou de 22 MW em 2003 para 602 MW em 2009 e cerca de 1000 MW em 2011. Em 2013 o país

passou a gerar 4400 MW e no início de 2015, o Brasil atingiu 6,4 GW de energia eólica em operação, representando 4,7% da energia elétrica gerada no país, o que faz com que, hoje, seja o 10º maior produtor no mundo.

De acordo com a ANEEL (2002) no Brasil, anemógrafos computadorizados e sensores especiais para energia eólica (para fins de medição da velocidade dos ventos) foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha (PE), no início dos anos 1990. Os resultados dessas aferições possibilitaram a determinação do potencial eólico local e a instalação das primeiras turbinas eólicas no país.

Costa (2008 apud FREITAS, 2010, pag. 43) afirma que “quase todo o território nacional possui boas condições de vento para a instalação de aerogeradores”. O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (CRESEB, 2013) apresenta a média anual do regime de ventos a uma altura de 50 metros.

Figura 16 – Regime de velocidade média dos ventos no Brasil.



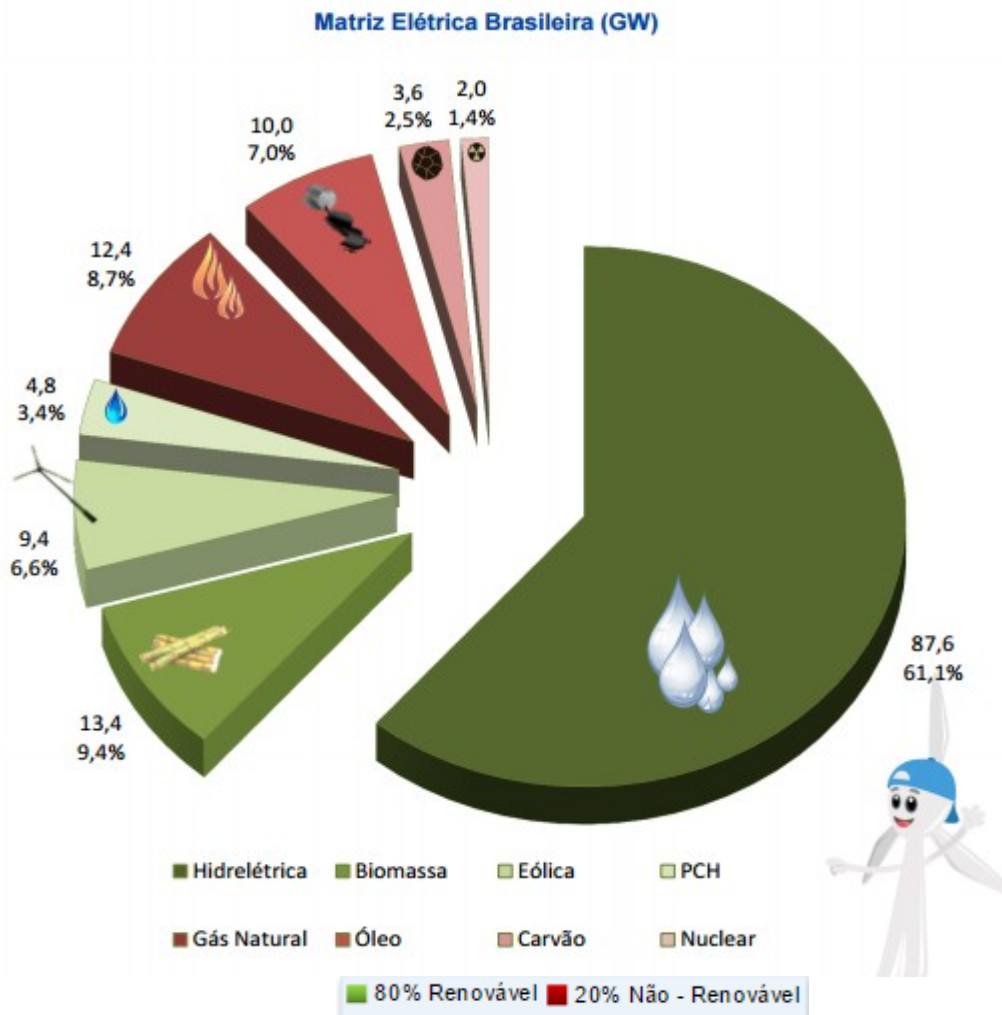


Fonte: CRESESB/CEPEL, 2015

O Brasil, segundo a Confederação Nacional da Indústria CNI (2008) possui vantagens competitivas: 70% da população está concentrada na faixa litorânea, onde está localizada a maior parte do potencial eólico; os ventos no Brasil, em média, possuem altas velocidades e em geral são estáveis e bem comportados, devido a sazonalidade de seus ventos.

Possuímos uma das matrizes energéticas mais limpas do mundo. As fontes renováveis correspondem a 80% de toda a produção que é predominantemente oriunda da fonte hidrelétrica. Podemos observar 6,6% de toda a produção já está relacionada com a energia eólica.

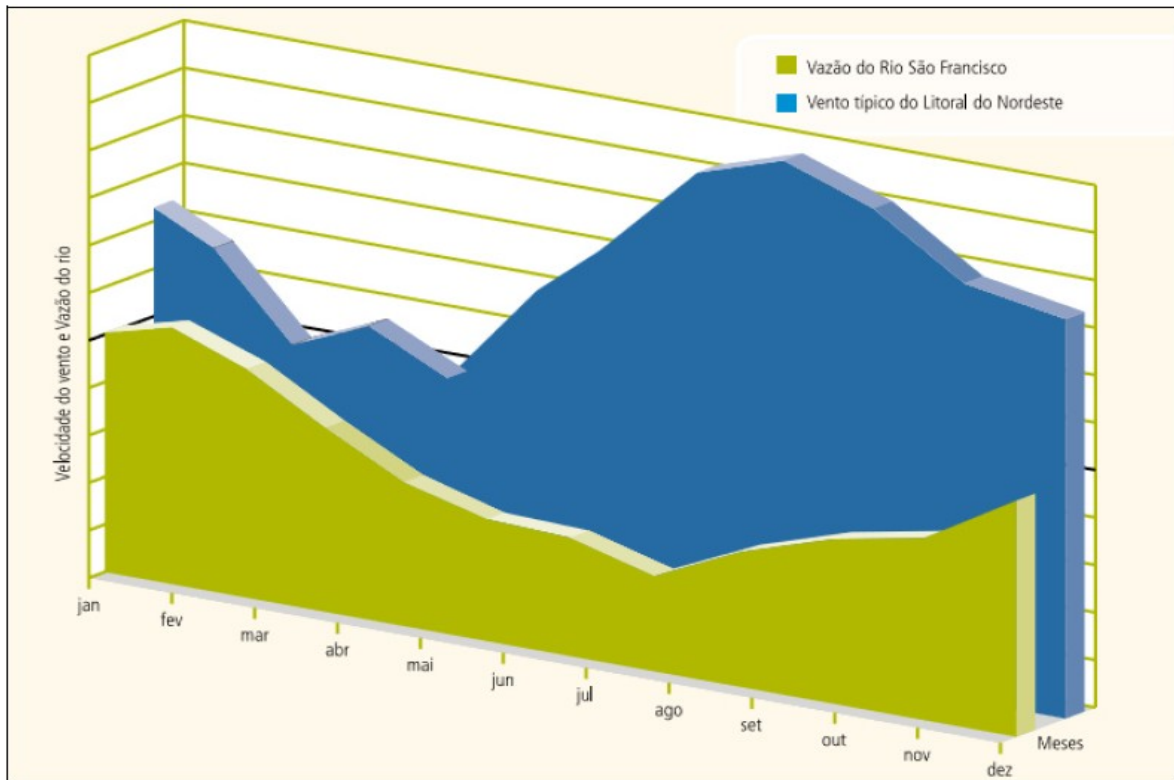
Gráfico 3 – Matriz elétrica brasileira.



Fonte: ABEEólica/ANEEL - 2015

Com os parques atualmente em construção, estima-se que até 2019 o país terá uma produção de aproximadamente 50,3 GW/Ano . Esse parques terão capacidade instalada de 18,5 GW e representarão em torno de 10% de toda a energia produzida no Brasil. O crescimento da fonte eólica tem sido expressivo, mas se analisarmos seu potencial ainda temos muito a explorar. Segundo estudos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), o Brasil possui um potencial de 300 GW de energia eólica, o que representa 2,2 vezes a matriz elétrica brasileira. Outro fator que podemos observar é que o potencial de geração de energia eólica em nosso território é mais intenso de junho a dezembro, coincidindo com os meses de menor intensidade de chuvas, ou seja, nos meses em que falta chuva é exatamente quando mais temos ventos. Isso coloca o vento como uma grande fonte suplementar à energia gerada por hidrelétricas, maior fonte de produção do país. Poderíamos, nesse período, preservar as bacias hidrográficas, fechando ou minimizando o uso das hidrelétricas. Por essa razão, esse tipo de energia é excelente contra a baixa pluviosidade e a distribuição geográfica existente no país.

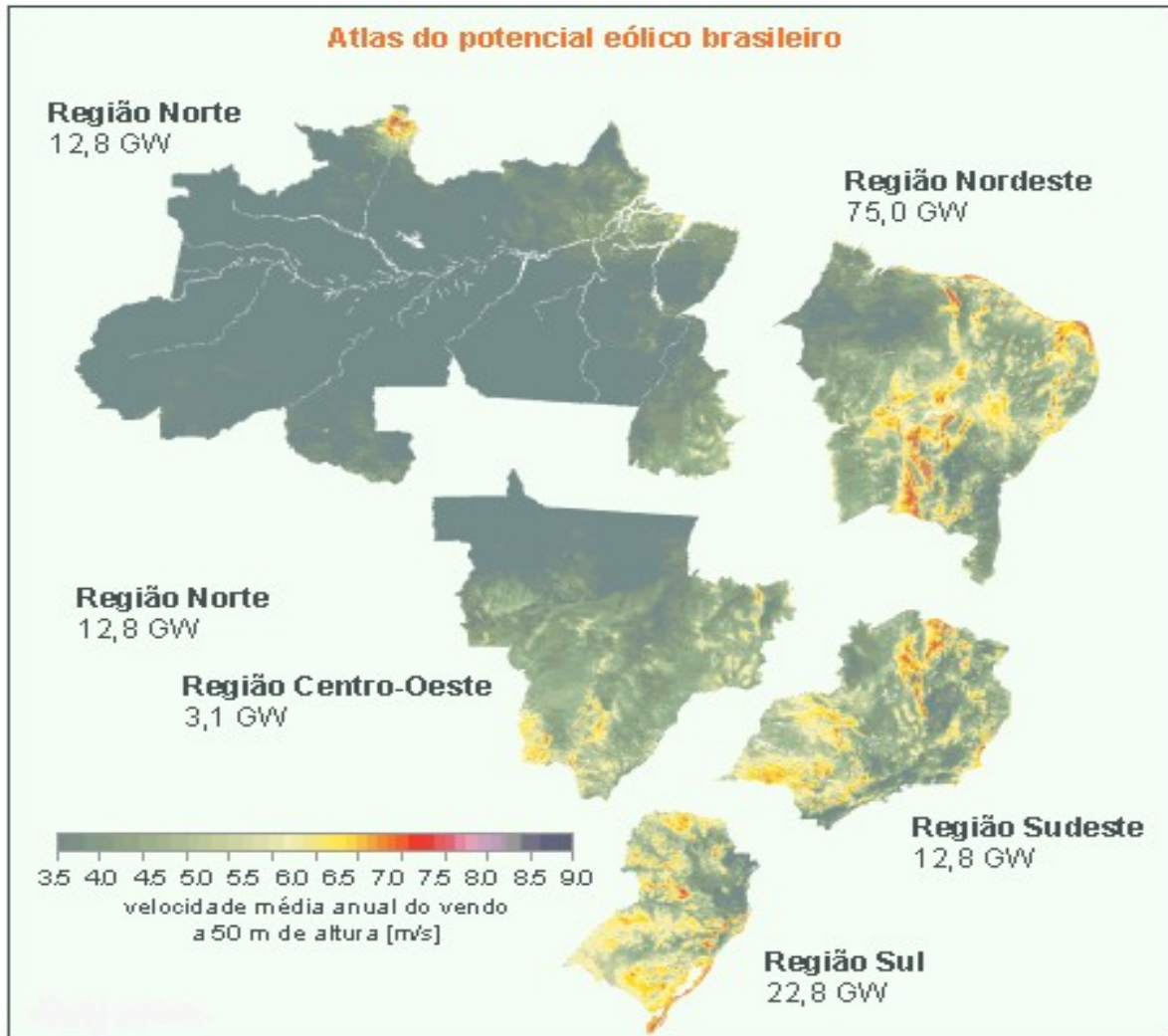
Gráfico 4 – Complementaridade entre a geração hidrelétrica e eólica.



Fonte: Atlas da energia elétrica do Brasil (ANEEL, 2009).

A maioria dos parques eólicos encontram-se nas regiões nordeste e sul do Brasil, no entanto, quase todo o território nacional apresenta potencial para geração desse tipo de energia. Abaixo segue um mapa com o potencial eólico estimado brasileiro por região.

Figura 17 – Potencial eólico brasileiro por região.



Fonte: Empresa de Pesquisas Energéticas (EPE), 2007.

Na Região Norte as velocidades anuais do vento são baixas e não superiores a 3,5 m/s. O principal fator limitante é o atrito do escoamento atmosférico com a superfície. Isso ocorre devido ao percurso do vento sobre florestas densas e aos fracos gradientes de pressão relacionados com a zona difusa de baixa pressão localizada no centro da bacia.

Na Região Nordeste os estados do Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte são beneficiados pela combinação dos ventos alísios, que são ventos que movimentam-se do norte para o sul na direção às zonas próximas à Linha do Equador, caracterizando, dessa forma, uma manifestação da circulação atmosférica do planeta, levando a média anual na faixa de 6 m/s a 9 m/s. O litoral que se estende da Paraíba à Bahia apresenta velocidades de 3,5 m/s a 6 m/s. As áreas de serras e chapadas que se estendem ao longo da costa do Rio Grande do Norte até o Rio de Janeiro têm média de ventos anuais de 6,5 m/s a 8 m/s nas áreas mais elevadas da Chapada diamantina. Isso acontece devido ao efeito de compressão

quando é ultrapassada a barreira das serras, além de aspectos topográficos e do terreno. Na parte nordeste do planalto central, os ventos ficam na faixa de 5 m/s.

A Região Centro-Oeste apresenta ventos na faixa de 3 m/s a 4 m/s. Próximo à fronteira com o Paraguai, os ventos sofrem uma compressão na direção vertical por causa do escoamento das áreas elevadas, o que termina aumentando as médias anuais para até 7 m/s.

Na Região Sudeste seu litoral apresenta ventos com média de velocidade de 3,5 m/s a 6 m/s, mesma característica da Paraíba e da Bahia. Exceção apenas o sul do Espito Santo e nordeste do Rio de Janeiro, com velocidades de 7,5 m/s de média anual. Isso acontece devido ao efeito de bloqueio ao escoamento pelas montanhas a oeste da costa. O ar move-se para o sul para compensar o acúmulo de massa causado pelo bloqueio.







E na Região Sul o escoamento tem ventos de nordeste por causa da pressão entre uma área de baixa a leste dos Andes e o anticiclone subtropical atlântico, caracterizado por alta pressão, igualmente com a Região Sudeste, esse escoamento resulta em ventos com velocidades de 5,5 m/s a 6,5 m/s sobre grandes áreas, significativamente influenciado pelas características de relevo e terreno. Ventos mais intensos ocorrem nas áreas mais elevadas e nos planaltos de baixas depressões, alcançando de 7 m/s a 8 m/s. No litoral sul há os ventos acentuados pelas brisas marinhas que conservam a média da região.

Vale destacar que era sabido que “as condições climáticas brasileiras apresentam velocidades médias do vento bem mais altas (aproximadamente 8,5 m/s) e mais uniformes que em muitos países onde esse tipo de energia é muito mais disseminado” (FRANCELINO, 2008, p. 34).

A tabela a seguir apresenta as condições médias anuais de vento para todo o território brasileiro. Por meio da integração de mapas digitais, utilizando recursos de geoprocessamento e de cálculos e de desempenho e produção de energia elétrica a partir da potência de turbinas eólicas existentes.

Tabela 2 – Potencial eólico elétrico estimado do Brasil por região.



REGIÃO	INTEGRAÇÃO POR FAIXAS DE VELOCIDADES					INTEGRAÇÃO CUMULATIVA			
	VENTO [m/s]	ÁREA [km <sup>2</sup> ]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	FATOR DE CAPACIDADE	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]	VENTO [m/s]	ÁREA (CUMULATIVA) [km <sup>2</sup> ]	POTÊNCIA INSTALÁVEL [GW]	ENERGIA ANUAL [TWh/ano]
 <b>NORTE</b>	6 - 6,5	11460	22,92	0,13	25,58	>6	24206	48,41	70,49
	6,5 - 7	6326	12,65	0,17	18,46	>6,5	12746	25,49	44,91
	7 - 7,5	3300	6,60	0,20	11,33	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>6420</b>	<b>12,84</b>	<b>26,45</b>
	7,5 - 8	1666	3,33	0,25	7,15	>7,5	3120	6,24	15,11
	8 - 8,5	903	1,81	0,30	4,65	>8	1454	2,91	7,96
	>8,5	551	1,10	0,35	3,31	>8,5	551	1,10	3,31
 <b>NORDESTE</b>	6 - 6,5	146589	293,18	0,13	327,19	>6	245105	490,21	649,50
	6,5 - 7	60990	121,98	0,17	178,02	>6,5	98516	197,03	322,31
	7 - 7,5	24383	48,77	0,20	83,73	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>37526</b>	<b>75,05</b>	<b>144,29</b>
	7,5 - 8	9185	18,37	0,25	39,43	>7,5	13143	26,29	60,56
	8 - 8,5	3088	6,18	0,30	15,91	>8	3958	7,92	21,13
	>8,5	870	1,74	0,35	5,23	>8,5	870	1,74	5,23
 <b>CENTRO-OESTE</b>	6 - 6,5	41110	82,22	0,13	91,76	>6	50752	101,50	120,83
	6,5 - 7	8101	16,20	0,17	23,65	>6,5	9642	19,28	29,07
	7 - 7,5	1395	2,79	0,20	4,79	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>1541</b>	<b>3,08</b>	<b>5,42</b>
	7,5 - 8	140	0,28	0,25	0,60	>7,5	146	0,29	0,63
	8 - 8,5	6	0,01	0,30	0,03	>8	6	0,01	0,03
	>8,5	0	0,00	0,35	0,00	>8,5	0	0,00	0,00
 <b>SUDESTE</b>	6 - 6,5	114688	229,38	0,13	255,99	>6	175859	351,72	446,07
	6,5 - 7	46302	92,60	0,17	135,15	>6,5	61171	122,34	190,08
	7 - 7,5	11545	23,09	0,20	39,64	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>14869</b>	<b>29,74</b>	<b>54,93</b>
	7,5 - 8	2433	4,87	0,25	10,44	>7,5	3324	6,65	15,29
	8 - 8,5	594	1,19	0,30	3,06	>8	891	1,78	4,84
	>8,5	297	0,59	0,35	1,78	>8,5	297	0,59	1,78
 <b>SUL</b>	6 - 6,5	121798	243,60	0,13	271,86	>6	171469	342,94	424,74
	6,5 - 7	38292	76,58	0,17	111,77	>6,5	49671	99,34	152,88
	7 - 7,5	9436	18,87	0,20	32,40	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>11379</b>	<b>22,76</b>	<b>41,11</b>
	7,5 - 8	1573	3,15	0,25	6,75	>7,5	1943	3,89	8,71
	8 - 8,5	313	0,63	0,30	1,61	>8	370	0,74	1,95
	>8,5	57	0,11	0,35	0,34	>8,5	57	0,11	0,34
 <b>TOTAL BRASIL ESTIMADO</b>	>6	667391	1334,78		1711,62	>6	667391	1334,78	1711,62
	>6,5	231746	463,49		739,24	>6,5	231746	463,49	739,24
	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>71735</b>	<b>143,47</b>		<b>272,20</b>	<b>&gt; 7 m/s</b>	<b>71735</b>	<b>143,47</b>	<b>272,20</b>
	>7,5	21676	43,35		100,30	>7,5	21676	43,35	100,30
	>8	6679	13,36		35,93	>8	6679	13,36	35,93
	>8,5	1775	3,55		10,67	>8,5	1775	3,55	10,67

Fonte: Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (CRESESB, 2001)

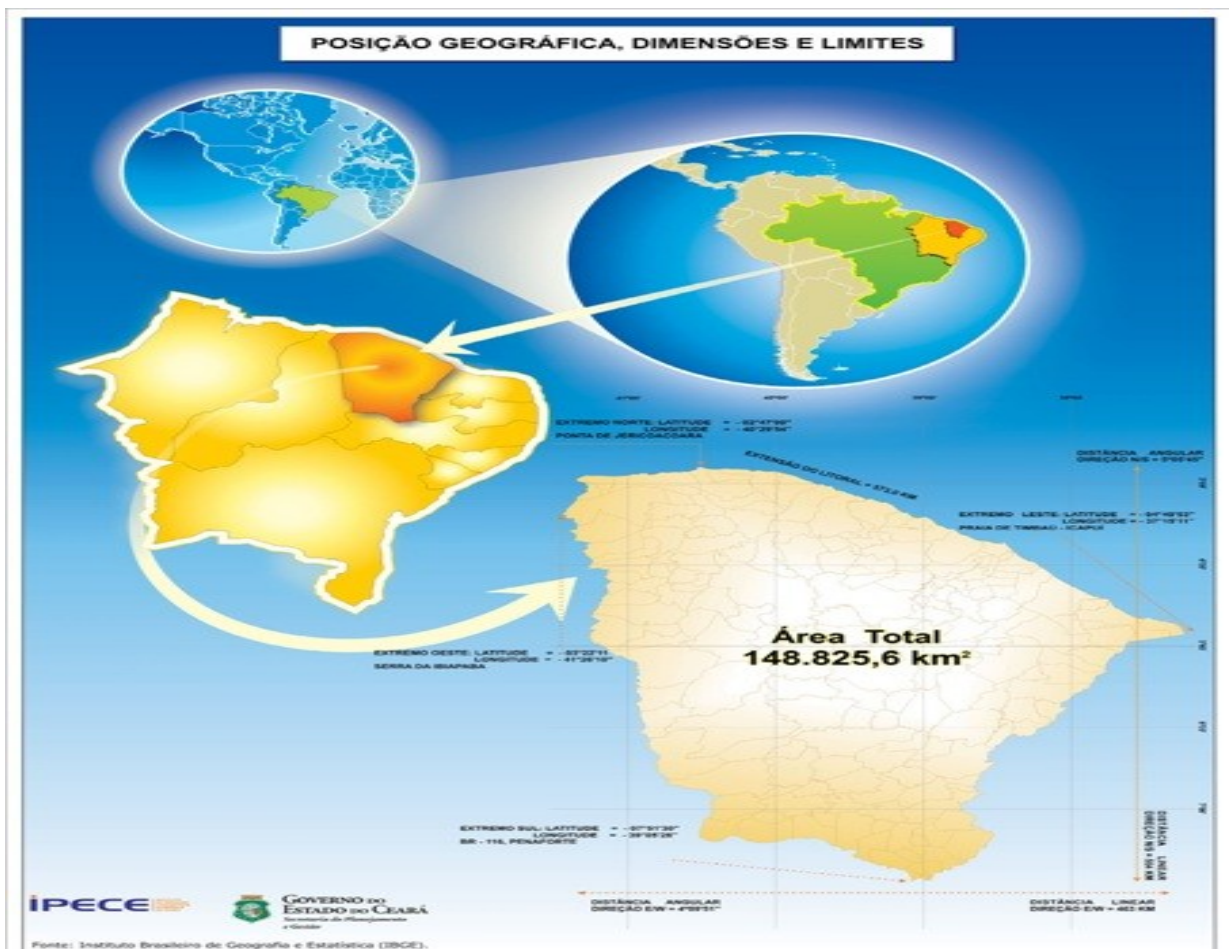
Segundo o GWEC (2010), em 2010 foram realizadas novas aferições em vários estados em alturas entre 80 e 100 metros e o resultado foi um potencial , consideravelmente, maior em mais de 350 GW.

#### 4. A ENERGIA EÓLICA NO ESTADO DO CEARÁ

Com localização no Nordeste do Brasil, limitando-se a Norte com o Oceano Atlântico; ao Sul com o estado de Pernambuco; a Leste com os estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba e a Oeste com o estado do Piauí, o Ceará abrange uma área total de 148.825,6 km<sup>2</sup> ou 9,37% da região e 1,74% da superfície do país, o estado tem à sua

disposição 573 km de litoral que são formados por mangues e restingas, vegetação litorânea típica, além de áreas sem vegetação recobertas por dunas, formadas por ventos intensos e constantes que proporcionam a geração de energia através do vento.

Figura 18 - Posição geográfica, dimensões e limites do Ceará.

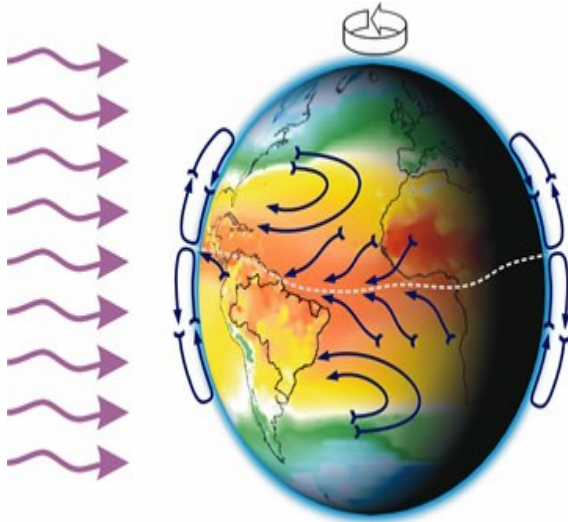


Fonte: IPECE, 2014

O estado do Ceará, em relação às reservas energéticas primárias, não possui nenhuma reserva significativa de petróleo, gás natural, carvão mineral ou de recursos hidráulicos, bem como de centros de transformação, como refinarias e plantas de gás natural, no entanto, de acordo com a SEINFRA (2009), o estado possui a maior parte da demanda de energia elétrica proveniente de fonte hidrelétrica. Em compensação, é muito rico em duas fontes de energias renováveis: a solar e a eólica. (GUIMARÃES NETO; VIEIRA, 2009), figurando entre as melhores regiões do mundo para o aproveitamento eólico, não só pelo potencial dos ventos, como também pela crescente demanda de energia resultante de seu desenvolvimento econômico. (MACÊCO JÚNIOR, *et al.*, 2010).

Abaixo, na figura 19, podemos observar que o Ceará encontra-se em uma posição privilegiada, localizando-se próximo a Linha do Equador e na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

Figura 19 – Zona de Convergência Intertropical



Fonte: Atlas do Potencial Eólico do Ceará – COELCE (2000)

O Estado, no início da década de 1990, deparou-se com um apagão energético, por conta de sua dependência das usinas de Paulo Afonso, na Bahia, e a de Tucuruí, no Pará. Foi então que o governo do Estado iniciou os investimentos em energia gerada a partir dos ventos, do sol e das ondas, recursos abundantes no estado, para garantir um crescimento sustentável e auto-suficiente (POLONI, 2010).

O estado do Ceará começou a explorar a energia eólica a partir de 1990 através de um convênio entre a Companhia de Eletricidade do Ceará (COELCE) e a empresa alemã Deuts Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ). O objetivo desse convênio foi fazer um mapeamento de dados sobre os ventos do Estado. O estudo durou 2 anos, com três estações anemométricas, que medem a velocidade dos ventos, respectivamente, em Abreulândia, Fortaleza, Jericoacoara, Gijoca, Palmeiras e Beberibe. Deste levantamento pode-se concluir que o estado do Ceará possui enorme potencial para obtenção de energia eólica (COELCE, 1996 apud FONTENELLE e SOUZA, 2001, p. 2). Em 1992, em busca de um estudo mais detalhado e a partir dos resultados obtidos pela GZT, a Coelce firmou convênio



com o grupo empresarial cearense J. Macedo, através da empresa Construções Eletromecânicas S.A, com o objetivo de realizar a instalação de 10 estações anemométricas para a medição de mais dados, visando a implantação do parque eólico do Mucuripe, localizado em Fortaleza e inaugurado em 1996.

A descoberta do potencial eólico cearense é relativamente nova. Em 2001, foi divulgado o primeiro atlas do potencial eólico do Brasil, mas um ano antes, o Atlas do Potencial Eólico do Estado do Ceará foi realizado sob iniciativa da Secretaria de Infra-Estrutura do governo do Estado que, através do convênio 021 o SEINFRA, em 2000, utilizou o apoio das mais importantes empresas do setor eólico e elétrico presentes no Ceará como: COELCE, ENERCON e outras, as quais disponibilizaram dados anemométricos de qualidade (GOMES, 2009, p. 34).

Observando a renovabilidade dos ventos, os recursos são abundantes e constantes. O Mapeamento Eólico do Ceará (1996) demonstrou, conforme as medições, consideradas alturas de somente 10 metros, que os ventos atingem velocidade média de 8,0 m/s a 10 m/s no período entre os meses de julho a dezembro e, ainda, velocidade superior a 5,5 m/s no período de fevereiro a maio que são considerados a baixa estação dos ventos.

Em termos comparativos o país que possui a maior potência na geração de energia limpa é a China com 114,76 GW o que corresponde a mais de 26% da produção mundial e neste país a média da velocidade dos ventos, nas mesmas condições, é de 6,0 m/s. Logo depois vêm os Estados Unidos com 65,88 GW, seguido da Alemanha com 39,16 GW. Dessa forma, realizando um paralelo do Estado com os referidos países, o Ceará tem um dos maiores potenciais do mundo para se transformar em um grande produtor.

No ano de 2000 foi inaugurado o primeiro parque eólico do Estado: o Parque Eólico do Mucuripe. Posteriormente mais dois parques foram construídos: na Praia da Taíba, no município de São Gonçalo do Amarante e na Prainha, no município de Aquiraz, somando juntos uma capacidade de 17,4 MW de produção média de energia. Essa é, considerada, uma pequena parcela dado o volume de energia consumido pelo Estado, que gira de algo em torno de 1.200 MW. Dessa forma, o Governo do Estado, através da COELCE, desenvolveu estudos para a construção de mais duas novas usinas eólicas de 30 MW cada uma, nos municípios de Paracuru e Camocim. (GRANGEIRO, 2012).

No ano de 2009, através da proposição de leilões periódicos em que os participantes concorrem pelo menor preço, o governo federal regulou o mercado de energias alternativas. Assim, em dezembro do mesmo ano, o Ceará já contava com mais de 21 projetos eólicos e 541 MW de potência média contratados. (GRANGEIRO, 2012; ADECE, 2014).

Porém, há muitos fatores de atrapalham o desenvolvimento da atividade eólica no Estado, dentre essas estão a falta de uma política clara com relação aos licenciamentos ambientais, ausência de regulamentação para expedição desses licenciamentos e elevados custos de conexão com a rede. (GUIMARÃES NETO; VIEIRA, 2009). Portanto é necessário a adoção de um procedimento uniforme que regule o licenciamento ambiental da atividade eólica, fornecendo para o investidor e para a coletividade a segurança econômica, socioambiental e jurídica necessária ao fomento da atividade econômica. Aguardamos que com a resolução número 462, de 24 de julho de 2014, publicada no Diário Oficial da União em 25 de julho de 2014 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), os órgãos ambientais, especialmente no Estado do Ceará, padronizem seu procedimentos para emissão das licenças ambientais para os empreendimentos eólicos.

A energia eólica poderá resolver o grande dilema do uso da água do Rio São Francisco. Grandes projetos de irrigação às margens do rio podem causar um impacto negativo no volume de água dos reservatórios das usinas hidrelétricas e, conseqüentemente, prejudicar o fornecimento de água para a região. Vale lembrar que o maior fluxo dos ventos no Nordeste brasileiro ocorre, justamente, quando o fluxo de água do São Francisco é mínimo. Logo, as centrais eólicas instaladas poderão produzir quantidades expressivas de energia elétrica, evitando que se tenha que utilizar a água do Rio São Francisco. (REVISTA ECO 21, 2004 apud FREITAS, 2010).

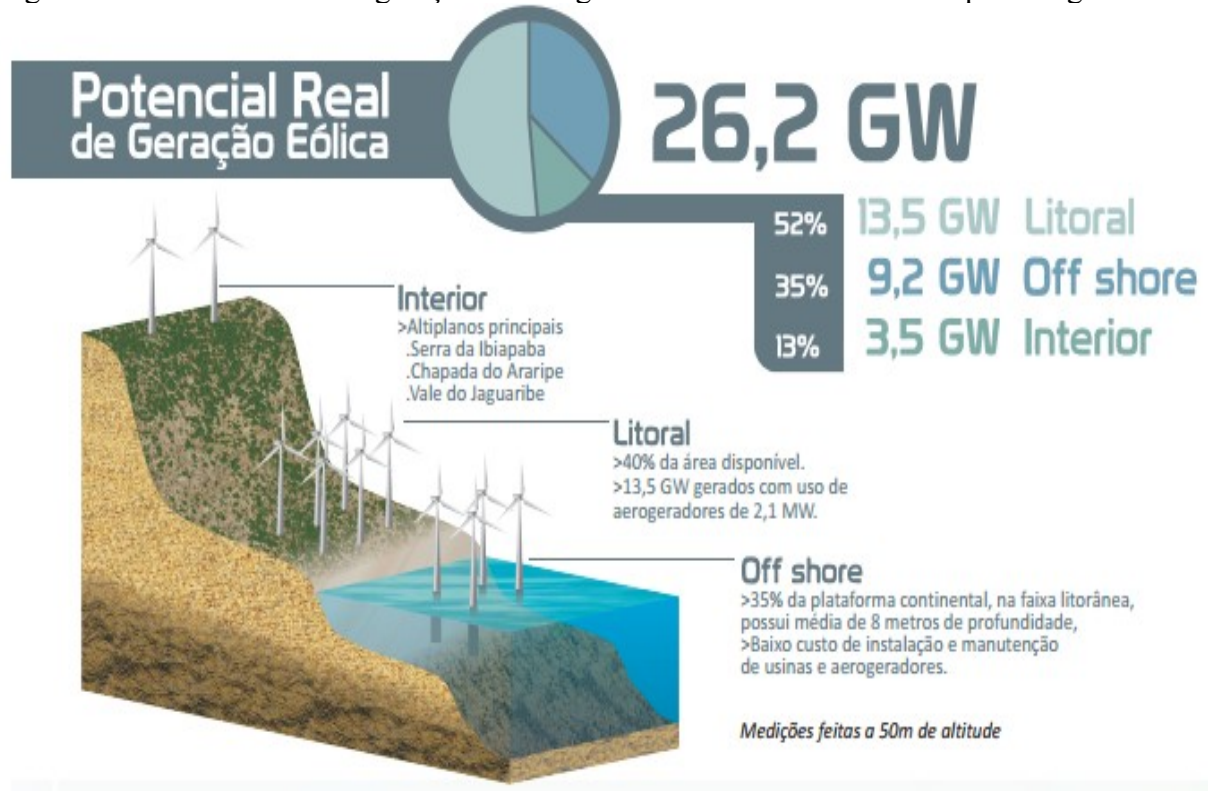
#### **4.1. Análise do Potencial de Geração de Energia Elétrica por Fontes Eólicas**

O Ceará conta, hoje, com um potencial real de geração de energia eólica de 13,5 GW/Ano para instalação de novos parques eólicos no litoral (on shore), com mais 9,2 GW/Ano em alto mar (off shore) e 3,5 GW/Ano nas áreas do interior do Estado, totalizando 26,2 GW/Ano. (GUIMARÃES NETO, VIEIRA, 2009).

De todo o litoral cearense, muitos locais não estão disponíveis para instalação de

parques eólicos por serem áreas de proteção ambiental. Diante disso, conta-se, ainda, com 40% da faixa litorânea, propícia para essa atividade em que se for utilizado geradores de 2,1 MW, pode produzir 13,5 GW de potencial instalado. Toda essa área apresenta ventos com velocidade média superior a 8 m/s.

Figura 20 – Potencial real de geração de energia eólica do Estado do Ceará por categoria.



Fonte: Casa dos ventos (2014)

#### 4.1.1. Capacidade de Produção de Energia Eólica *Off Shore*

No que se refere à produção *off shore*, no mar, o Ceará apresenta enormes vantagens com relação a todos os estados brasileiros, pois possui um litoral muito raso, com média de 8 metros de profundidade em aproximadamente 35% de sua faixa litorânea, características que reduzem os custos de instalação de uma usina, facilitam sua manutenção e conseqüentemente elevam sua durabilidade.

No Brasil, ainda não existe nenhum empreendimento dessa natureza e o único projeto que existe está em discussão (Projeto Asa Branca, na região nordeste do Ceará) segundo FERREIRA (2008), mas para países em que a disponibilidade de terras viáveis para

implantação de grandes projetos eólicos está cada vez mais escassa e há disponibilidade de águas rasas e boa qualidade de ventos é uma alternativa.

Estudos iniciais mostram que os impactos ambientais finais sejam até positivos, uma vez que nas partes submersas das fundações dos aerogeradores poderão ser criadas novas bases de vida marinha e criadouros de fauna e flora marinhas para o fomento da atividade pesqueira local.

Uma junção de características fez a foz do Rio Acaraú um local de alta viabilidade técnica e financeira para instalação de parques eólicos *off shore*: área de 225 km<sup>2</sup>, distância da costa de 6 a 20 km e a lâmina de água de 5 a 15 metros, apresentando uma potência eólica média estimada de 12.500 MW o que equivale a 12 vezes a potência eólica instalada no Estado até 2014.

O potencial de geração da energia eólica plataforma de Acaraú equivale à produção da maior usina hidroelétrica brasileira. No caso da exploração de metade dessa área geraria uma aplicação de recursos que representaria 35% do Produto Interno Bruto do Estado em 2012. (GRANGEIRO, 2012; ADECE, 2014).

Para o investidor, as vantagens com relação a outras partes do mundo, como a Dinamarca, por exemplo, é a relação de baixo custo de instalação pela proximidade do litoral, potencial de geração acima da média europeia devido a velocidade dos ventos acima da média e a baixa profundidade, fatores decisivos na escolha de áreas investimento na produção de energia off-shore.

Em comparação com outro estado brasileiro o litoral do Estado do Rio Grande do Sul, apresenta profundidade média três vezes maiores que a do Ceará.

Figura 21 – Localização da região da foz do Rio Acaraú, *Ceará*.



Fonte: IPECE (2014)

#### **4.1.2. Capacidade de Produção de Energia Eólica no Interior do Estado**

O interior do Estado apresenta três áreas para a geração de energia eólica: Serra da Ibiapaba, Chapada do Araripe e Vale do Jaguaribe. A figura 22, ilustra uma área na Serra da Ibiapaba medições da qualidade dos ventos.

Figura 22 – Qualidade dos ventos na Serra da Ibiapaba, Ceará.



Fonte: Boletim da eólicas (2014)

O parque eólico da Serra da Ibiapaba foi concluído em 2015, porém somente em 1º de maio de 2016 iniciou sua operação comercial, devido a finalização da subestação da Companhia Hidroelétrica do São Francisco (Chesf). O empreendimento de R\$ 700 milhões de investimentos terá cinco parques eólicos nas localidades de Tianguá e Ubajara, totalizando 130 MW através de 77 aerogeradores.

Figura 23 – Construção do parque eólico de Tianguá, Ceará.



Fonte: Ibiapacace.blogspot (2014)

#### 4.2. Capacidade Instalada e fator de Capacidade dos parques eólicos cearenses

Conforme o Boletim das Usinas Eólicas da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (2014), os estados do Ceará, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, Bahia e de Santa Catarina apresentam as maiores capacidades instaladas em operação comercial. Em fevereiro de 2014 o Ceará, com suas 40 usinas, apresentou a maior geração, atingindo a terceira posição do fator de capacidade média do mês, com 36%, conforme tabela abaixo.

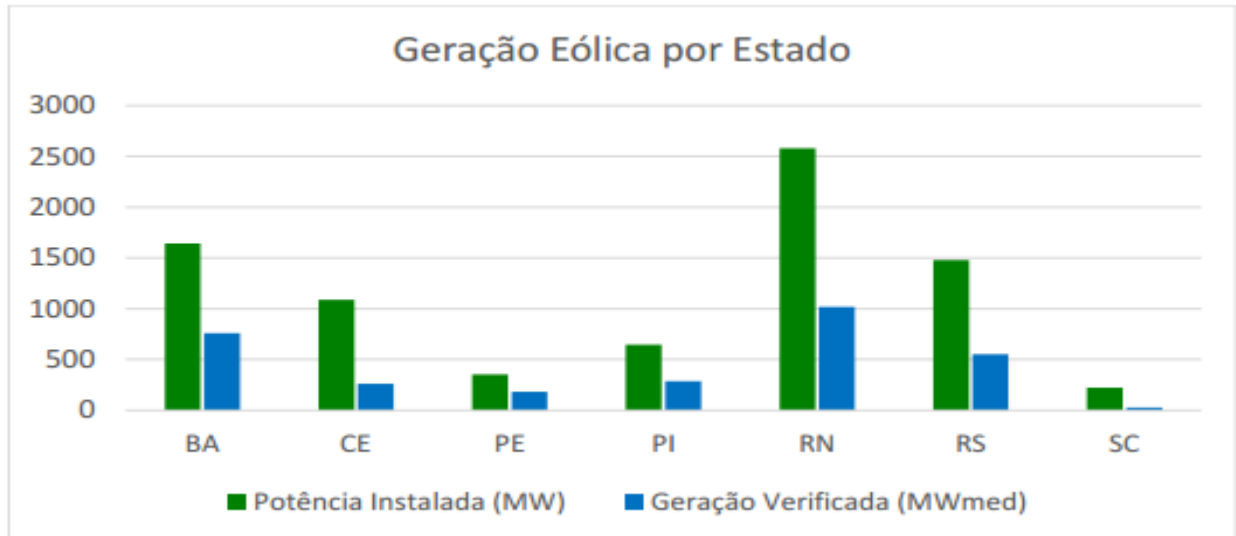
Tabela 3 – Capacidade, quantidade, geração e fator de capacidade média por Estado (Brasil). Estados do Ceará, Rio Grande do Sul, Rio Grande do Norte, Bahia, Santa Catarina, Paraíba e Sergipe (2014).

UF	Capacidade Instalada MW	Quantidade de Usinas	Geração MW Média	Fator de Capacidade Média
CE	673	40	243	0,36
RS	528	18	150	0,28
RN	421	13	143	0,34
BA	233	8	105	0,45
SC	222	10	50	0,23
PB	59	12	13	0,22
SE	35	1	6	0,17

Fonte: Boletim das Eólicas (2014).

Porém ao atingir a liderança em 2014, o Ceará foi ultrapassado pelo Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul e Bahia. Hoje o Estado aparece em quarto lugar do País em potência instalada e também em parques eólicos em operação que somam 48, menos da metade dos empreendimentos do estado potiguar.

Gráfico 5 – Geração eólica média por estado no Brasil. Estados da Bahia, Ceará, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (2016).



Fonte: Boletim das eólicas (2016).

O crescimento do setor de energia renovável no Ceará enfrenta dificuldades por conta da falta de linhas de transmissão para que o potencial instalado possa ser distribuído. Várias regiões do Estado poderiam ser mais desenvolvidas nesse mercado, devido ao seu potencial natural, mas encontram limitações para o escoamento da produção, conforme o Centro de Estratégias em Recursos Naturais e Energia (CERNE, 2016). O levantamento destaca que há, inclusive, um parque eólico da empresa, brasileira, Alupar no município de Aracati, no litoral leste, parado por faltar linhas de transmissão e em outros casos, impasses na liberação de licenças ambientais.

### 4.3 Impactos Sociais e Econômicos.

A utilização da matriz eólica apresenta dimensões bem maiores que somente a geração de energia. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia – PROINFA, previu, ainda em 2002, a geração de mais de 150 mil empregos diretos e indiretos com a implantação de energia eólica no Brasil. Somente na região no Nordeste essa expectativa era de 40 mil empregos diretos e indiretos, segundo a Eletrobrás (2009).

Esse programa visava uma distribuição da produção de energia pelo País, o que resultaria em uma maior e melhor distribuição de renda entre os estados brasileiros, juntamente com o desenvolvimento regional e local, especialmente, nas zonas rurais, uma vez que as regiões com maior potencial eólico correspondem às localidades com menor desenvolvimento econômico. (KNIES et al., SIMAS et al., 2013).



Outros pontos que podemos observar são a aquisição de serviços especializados, crescimento do comércio e do setor terciário, que engloba as atividades de serviços, através da compra de materiais e equipamentos, arrecadação de impostos, taxas, aumento da moeda circulante (MOURA-FÉ et al., 2013), a inovação tecnológica e o desenvolvimento industrial além da geração distribuída e a universalização do acesso à energia. (SIMAS et al., 2013).

Podemos citar como impactos sociais negativos a destruição de sítios arqueológicos, o desrespeito com as culturas e costumes locais bem como a limitação de acesso dos moradores e exploração de mão-de-obra, pois com a construção de parques eólicos foi verificado o aumento de conflitos com as comunidades tradicionais e indígenas, quando seus territórios ancestrais foram privatizados. (MEIRELES et al., 2011). A mobilização de equipamentos, devido à intensificação do fluxo, pode gerar danos nas estradas de acesso, bem como poderá aumentar o número de acidentes de trânsito devido aos danos sofridos. Outro aspecto é o crescimento da população, pois com a abertura de novas vagas de emprego habitantes de outras regiões serão atraídos para esse local. Dessa forma, com esse aumento populacional, a demanda por diversos setores do serviço público, tais como, educação, saúde, lazer entre outros irá aumentar e com isso a qualidade desses serviços certamente irá cair.

Logo, é importante destacar que o estudo ambiental apresentado para que as licenças ambientais sejam emitidas contemplem esses pontos negativos, promovendo uma compensação para cada item destacado.

Quanto aos aspectos econômicos a energia eólica foi a fonte geradora que mais cresceu em 2015, o setor deverá criar mais de 15 mil vagas de emprego no Estado até 2019, considerando os contratos já assumidos. Segundo relatório da World Wind Energy Association (2008), já foram criados mais de 440 mil empregos na indústria de energia eólica. Com a possibilidade de diminuição dos componentes dos equipamentos tornando-os mais baratos são fatores que podem influenciar a decisão econômica. Adicionalmente pode haver ações dos governos para consolidação da indústria por meio de incentivos à implantação de parques eólicos, tanto por aspectos tributários, quanto financeiro com linhas de crédito incentivadas. (KNIES et al., 2013).

Vale destacar que o incremento da oferta de energia, bem como a segurança de seu fornecimento, representam um forte atrativo para a instalação de indústrias. Pois com a maior

oferta de energia, insumo básico para a base produtiva da indústria, representa fator fundamental na opção pela localização das fábricas. A instalação dessas indústrias, agrega vários impactos positivos como geração de emprego e renda, bem como ao acréscimo da arrecadação de tributos. Por esses motivos, dado o potencial de geração de energia por fonte eólica no Estado do Ceará, a implantação de parques eólicos é fundamental, também, para o desenvolvimento industrial no Estado. O dinheiro recolhido com os impostos pode proporcionar um investimento em vários nos serviços públicos como, saúde, educação, saneamento básico, malha viária, que é de vital importância para a logística da indústria de energia eólica, gerando uma maior visibilidade do local, servindo como atrativo para futuros investimentos de outras empresas.

## **5. CONCLUSÃO**

O desenvolvimento da atividade de produção da energia eólica no Estado do Ceará é crescente. Vários fatores contribuem para esse cenário: Política de incentivos, condições naturais de relevo e elevada média de velocidade dos ventos em seu litoral estão impulsionando empreendimentos nesse segmento.

Outro ponto para ser observado é o aspecto de desenvolvimento regional possibilitado por essa fonte de geração de energia. Localidades como o interior do Nordeste e o extremo sul do País detêm a maior parcela do potencial eólico nacional, o aproveitamento desse potencial energético pode vir a ser um elemento indutor poderoso para a expansão associada das cadeias produtivas locais. Ou seja, a energia do vento estaria movimentando adicionalmente a economia para localidades que teriam poucas oportunidades para se desenvolver.

O Ceará começou a observar e estudar os seus ventos após a forte crise energética dos anos de 1990. Depois de realizar uma detalhada análise do seu potencial eólico surgiram os primeiros empreendimentos no Estado na Taíba, Prainha e Mucuripe. Hoje contamos com 57 parques em operação, além de fábricas de aerogeradores que, além de gerarem energia, contribuem para a criação de novas vagas de emprego e renda.

O desenvolvimento de forma sustentável deve passar pelo estabelecimento de uma política energética que busque medidas capazes de promover o crescimento sem agressões à natureza.

As condições ambientais já estão prejudicadas pelo padrão de desenvolvimento e consumo total, dessa forma, o desenvolvimento sustentável pode ser uma resposta aos anseios da sociedade, pois a sustentabilidade busca meios de produção, distribuição e consumo dos recursos existentes de forma mais eficaz e ecologicamente mais viável.

Um dos impedimentos ao desenvolvimento dessa atividade é a infraestrutura necessária para que os parques sejam construídos e entrem em operação. Um dos fatores que fizeram o Estado cair no cenário nacional foi a falta de linhas de transmissão que interligam a energia produzida nos parques ao Sistema Interligado Nacional (SIN) e as linhas que existem não são suficientes para atender a demanda. Isso gera problemas financeiros ao Ceará, pois ele deve cumprir com o pagamento da energia produzida, mesmo que ela não esteja

interligada e mesmo realizando tal pagamento causa desconfiança aos investidores. A nova política de leilões, recentemente, adotada pela ANEEL busca solucionar e eliminar o tempo de espera entre a conclusão da instalação do parque e sua efetiva operacionalização integrada ao sistema.

Porém, vale ressaltar que outro obstáculo identificado no desenvolvimento da atividade diz respeito à ausência, durante determinado período, de instrumento jurídico que regulamentasse o licenciamento ambiental da atividade, o que causou profunda insegurança jurídica, tanto para os investidores, quanto para o corpo técnico da Superintendência Estadual do Meio Ambiente, (SEMACE).

Assim, com uma análise integrada dos impactos sociais, econômicos e ambientais por parte do órgão licenciador SEMACE, a partir de premissas fundamentadas na legislação competente, sobretudo com o advento da Resolução CONAMA nº 462/2014, tem-se que o desempenho da atividade de produção da energia eólica contribui com grande destaque para a consecução do desenvolvimento sustentável no Estado do Ceará, na medida que contribui para a ponderação entre as viabilidades econômicas, sociais e ambientais, o que não significa a sobreposição de um aspecto ao outro, mas sim a sua compatibilização, possibilitando-se proteger o meio ambiente para as presentes e futuras gerações.

Dessa forma, podemos observar que o potencial na geração de energia eólica pode ajudar o desenvolvimento sustentável no Estado do Ceará, pois contribui com viabilidade econômica, social e ambiental, lembrado que o objetivo não é substituir a matriz energética atual e sim complementar, colaborando com a preservação do meio ambiente para as futuras gerações.

## BIBLIOGRAFIA

ABEEólica, Associação Brasileira de Energia Eólica – Notícias 15/09/2011. **Novas plantas para o mercado de eólica**, 2011. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br>. Acesso em 25 de abril de 2016.

ADI 3.540/DF, Rel. Min. Celso de Mello, DJ 03/02/06. Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/portal/jurisprudencia/visualizarEmenta.asp?s1=000094348&base=baseAcordaos/>>. Acesso em: 13 maio 2016.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ (ADECE). **Banco de Informação**. Disponível em: <<http://www.adece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 25 maio 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Banco de Informações de Geração (BIG). **Evolução da Capacidade Instalada** (2001 à 2010). Disponível em <[https://www.aneel.gov.br/aplicações/capacidadebrasil/EVOLUCAO\\_DA\\_CAPACIDADE\\_INSTALADA\\_ANEEL\\_MME.PDE](https://www.aneel.gov.br/aplicações/capacidadebrasil/EVOLUCAO_DA_CAPACIDADE_INSTALADA_ANEEL_MME.PDE)>. Acesso em 14 maio 2016.

ALMEIDA, J. R. *et al.* **Política e Planejamento Ambiental**. Rio de Janeiro: Thex, 2005.

ALMEIDA, Josimar Ribeiro de 1950. **Gestão ambiental para o desenvolvimento sustentável**/ Josimar Ribeiro de Almeida. 1ª Ed. 1ª reimpressão. Rio de Janeiro THEX 2008.

BARBOSA, Gisele Silva. **O desafio do desenvolvimento sustentável**, 2008. Disponível em: [http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed\\_O\\_Desafio\\_Do\\_Deenvolvimento\\_Sustentavel\\_Gis\\_ele.pdf](http://www.fsma.edu.br/visoes/ed04/4ed_O_Desafio_Do_Deenvolvimento_Sustentavel_Gis_ele.pdf)>. Acesso em 16 de maio de 2016.

BARONI, Margaret. **Ambiguidades e deficiências do conceito de desenvolvimento sustentável**, 1992. Disponível em: <http://www16.fgv.br/rae/artigos/835.pdf>. Acesso em: 16 de maio de 2016.

BOURILLON, C. **Wind Energy - Clean Power for Generations Renewable Energy** 16, 1-4, Jan, 1999: 948-953.

BLACK, Richard. **Fontes renováveis podem suprir 80% da demanda de energia até 2050**. BBC Brasil. Brasília, maio 2011. Disponível em: [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2011/05/110509\\_clima\\_energia\\_rp.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2011/05/110509_clima_energia_rp.shtml)> Acesso em: 12 de maio de 2016.

CAPRA, Fritjof. **O Ponto de Mutação**. São Paulo: Cultrix, 2005.

DEWI - Deutsches Windenergie Institut. **Environmental Aspects and Acceptance of Wind Energy**. Wilhelmshavenm, Eldorado Summer School. 1996.

DIÁRIO DO NORDESTE. Notícia: **Maior Usina Eólica do CE irá Operar em Junho**. Publicado em: 26 de maio de 2009. Disponível em: <<http://diariodonordeste.globo.com/materia.asp?codigo=641498>>. Acesso em 14 novembro 2013

DUTRA, Ricardo Maques. **Viabilidade técnico-econômica da energia eólica face ao novo marco regulatório do setor elétrico brasileiro**, 2001, 272p. Dissertação (Mestre em Ciências em Planejamento Energético). Coordenação dos Programas de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Disponível em: <[http://www.cresesb.cepelbr/publicacoes/teses\\_mestrado/200102-dutra-r-](http://www.cresesb.cepelbr/publicacoes/teses_mestrado/200102-dutra-r-)

ESPINOZA, G. **Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental**. Banco Interamericano de Desarrollo – BID. Santiago, Chile, 2001.

EWEA - European Wind Energy Association. **Wind Energy - The Facts Environment**, v.4., 2000d. Disponível na internet via <http://www.ewea.org>.

Felipe, Tiago José Soares. **Energia eólica no estado do Ceará: impactos gerados e contribuição para o desenvolvimento sustentável**. / Tiago José Soares Felipe. – 2014

FERREIRA, Henrique Tavares. **Energia eólica: barreiras a sua participação no setor elétrico brasileiro**. 2008. Dissertação (Mestrado em Energia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

FERREIRA, Rogério T.S. **Energia eólica – Desempenho de Rotores de Eixo Vertical Tipo Savonius**, Engenharia Mecânica, UFSC – Florianópolis

FREITAS, Karine Moreira de. **Energia eólica e o mecanismo de desenvolvimento limpo: estudo de caso na área costeira cearense**, 2010, 93 p. Monografia (Especialização em Desenvolvimento Econômico). Faculdade de Economia, Administração, Atuárias e

Contabilidade, Universidade Federal do Ceará.

GRANGEIRO, Patrício Allyson Henrique. **O potencial de geração elétrica de fonte eólica on shore e off shore no estado do Ceará: uma análise financeira, social e ambiental.** 2012. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e meio ambiente) - PRODEMA, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

**GREENPEACE International, European Wind Energy Association (EWEA) and Forum For Energy And Development - Fed. Wind Force 10 - A Blueprint To Achieve 10% Of The World's Electricity From Wind Power By 2020. London, 1999.**

KNISS, C. T.; MACCARI, E. A.; SOMOZA, C. L.; MORAES, J. R. The use of wind in Brazil: economic, social, environmental and legal aspects. **Organizações e Sustentabilidade.** v. 1, n. 1, p. 2-18, jul./dez. 2013.

LEFF, E. **Ecologia, Capital e Cultura.** Petrópolis: Ed. Vozes. 2009.

LEMOS, José de Jesus Sousa. **Mapa da Exclusão Social no Brasil: Radiografia de Um País Assimetricamente Pobre.** Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2008.

MACÊDO JÚNIOR, R. O.; FERREIRA, L. F. R.; RUZEDE, D. S.; SILVA, D.P. **Energias alternativas no Brasil: Uma breve apresentação do seu potencial. Cadernos de graduação – Ciências exatas e tecnológicas.** São Paulo, v. 11, n. 11, 2010.

MEIRELES, A. J. A. Danos socioambientais originados pelas usinas eólicas nos campos de dunas do Nordeste brasileiro e critérios para definição de alternativas locacionais. **Confins.** v. 2, n. 2, p. 1-49. 2008a. MEIRELES, A. J. A. Impactos ambientais decorrentes da ocupação de áreas reguladoras do aporte de areia: a planície Costeira da Caponga, município de Cascavel, litoral leste cearense. **Confins.** v. 1, n. 1, p. 1-32. 2011.

MEIRELES, A. J. A. **Impactos ambientais promovidos pela implantação e operação de usinas eólicas em áreas de preservação permanente (APP'S) – os campos de dunas fixas e móveis da planície costeira do Cumbe, município de Aracati.** 2008b.



MEIRELES, A. J. A.; SILVA, E. V.; THIERS, P. R. L. Os campos de dunas móveis: fundamentos dinâmicos para um modelo integrado de planejamento e gestão da zona costeira. **GEOUSP - Espaço e Tempo**. v. 1, n. 20, p. 101 – 119. 2006. MOURA-FÉ, M. M.;

PAIVA, Elizama Cavalcante de. **Indicadores sociais e econômicos do bairro Bom Jardim, periferia de Fortaleza – CE**, 2010, 49 p. Monografia (Bacharelado em Economia). Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade, Universidade Federal do Ceará.

PINHEIRO, M. V. A. Os parques eólicos na zona costeira do Ceará e os impactos ambientais associados. **Rev. Geonorte**. v. 9, n. 1, p. 22-41. 2013.

POLONI, Gustavo. **Além do turismo, sol, vento e mar dão energia ao CE**. IG. São Paulo. 10 de maio de 2010.

SILVA, Ennio Peres da. **Fontes renováveis de energia para o desenvolvimento sustentável**, 2005.

SIMAS, M.; PACCA, S. Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável. **Estudos Avançados**. v. 27, n. 77, p. 99-116. 2013.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

VIRGILLITO, Salvatore Benito (Org.). **Pesquisa de mercado: uma abordagem quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Saraiva, 2010.

XIMENES, Victor – **Repórter**. **Diário do Nordeste**. **Energia Limpa – Usina de ondas do pecém tem licença para operar até 2020**. Caderno Negócios. Fortaleza Março de 2013.