



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO, ATUÁRIA
E CONTABILIDADE.**

**DEPARTAMENTO DE TEORIA ECONÔMICA
CURSO DE CIÊNCIAS ECONÔMICAS**

REGIS AYALA DE OLIVEIRA LEITÃO

**UMA ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO MUNDO, NO
BRASIL E SEU CENÁRIO ATUAL NO ESTADO DO CEARÁ**

FORTALEZA

2019

REGIS AYALA DE OLIVEIRA LEITÃO

**UMA ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DA ENERGIA EÓLICA NO MUNDO, NO
BRASIL E SEU CENÁRIO ATUAL NO ESTADO DO CEARÁ.**

**Monografia apresentada ao Curso de
Ciências Econômicas do Departamento
de Teoria Econômica da Universidade
Federal do Ceará.**

**Orientador: Prof. Me. Alfredo José
Pessoa de Oliveira.**

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L549a Leitão, Regis Ayala de Oliveira.

Uma análise do desenvolvimento da energia eólica no mundo, no Brasil e seu cenário atual no estado do Ceará / Regis Ayala de Oliveira Leitão. – 2019.
54 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, 2019.
Orientação: Prof. Me. Alfredo José Pessoa de Oliveira.

1. Meio Ambiente - Ceará . 2. Desenvolvimento Sustentável . 3. Energia Eólica. I. Título.

CDD 330

RESUMO

De forma sucinta e atualizada, esse trabalho busca apresentar o cenário da energia eólica, considerando sua história no panorama mundial, bem como o espaço nacional; todavia, será dado foco ao estado do Ceará. Atualmente a energia eólica se torna, além de sustentável do ponto vista ambiental, também de pouco custo em relação a outras fontes, figurando como protagonista entre elas. Nesse cenário de projeção, no estado do Ceará aponta-se que nos próximos anos tenha-se um total de 50% de energia proveniente dos parques eólicos. Considera-se essa previsão em razão da escassez em relação a outras fontes naturais no estado, bem como pelo seu grande potencial eólico favorecido por sua localização geográfica. Tal combinação tem transformado a matriz elétrica do Ceará, o que tem coadunado para fomentar o potencial econômico e colaborado para o desenvolvimento do estado. Ademais, consideraremos a situação global, e, para além de todos os outros quesitos, olharemos pelo viés da sustentabilidade econômica e critério do meio ambiente sustentável como os maiores benefícios da energia eólica, que se apresenta como uma “energia limpa”.

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

ABSTRACT

In a succinct and fun way, this search presents the wind energy scenario, considering the world panorama, as well as the national space; however, focus will be given to the state of Ceará. Nowadays, wind energy becomes, besides being environmentally sustainable, also little used in relation to other sources, being a protagonist among them. In this projection scenario, no state in Ceará points to the coming years, with a total of 50% of proven energy in wind farms. This prediction is considered due to the scarcity in relation to other natural sources in the state, as well as its great potential and favored by its geographical location. This combination transformed the electric matrix of Ceará, or was charged to foster the economic potential and collaborated for the development of the state. In addition, consider a global situation, and, in addition to everything else, look for a sustainable environment environment as one of the biggest benefits of wind energy, which presents itself as a "clean energy".

Keywords: Ceará; Environment; Sustainable Development and Wind Energy

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Moinho de vento tipicamente holandês.....	11
Figura 2 – Moinhos de Dordrecht, Vincent van Gogh, 1881.....	12
Figura 3 – Modelo de moinho de vento americano.....	13
Figura 4 – Moinho de vento de Halladay.....	14
Figura 5 – Parque Eólico de Osório – RS, Brasil	15
Figura 6 – Usina Eólica do Mucuripe, Ceará	16
Figura 7 – Moinhos Energia Eólica	17
Figura 8 – Matriz Energética do Brasil	28
Figura 9 – Capacidade Eólica do Brasil	31
Figura 10 – Situação da Energia Eólica do País até 2012	33
Figura 11 – Pirâmide Etária do Ceará	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Estados brasileiros que mais produzem energia eólica.....	24
Tabela 02 - Ranking dos maiores estados em potência eólica instalada.....	41

LISTA DE SIGLAS

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica

ADECE – Associação de Desenvolvimento do Estado do Ceará

ANEEL – Agência Nacional de Energia Eólica

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CHESF – Companhia Hidroelétrica do São Francisco

CNI – Confederação Nacional da Indústria

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas

EWEA – European Wind Energy Association

FIESP – Federação das Indústrias do Estado de São Paulo

FUNCAP – Fundação Cearense de Apoio à Pesquisa

GHG – Greenhouse Gases

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IEA – International Energy Agency

PCH – Pequenas Centrais Hidroelétricas

PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia

SEINFRA – Secretaria de Infra-Estrutura do Ceará

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE TABELAS	vi
LISTA DE SIGLAS	vii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2. A ENERGIA	3
2.1 Definições e tipos de energia.....	3
2.2 Energia e Desenvolvimento Sustentável	4
2.3 Conservação e eficiência energética	7
2.4 Energia Eólica: aspectos históricos	10
2.5 Energia eólica e o meio ambiente: aspectos sociais e ambientais da energia eólica.....	18
3.1 Matriz energética no Brasil.....	27
3.2 Contexto político dos últimos anos da Energia Eólica no Brasil	29
3.3 Cadeia Produtiva Brasileira	31
3.4 Uma solução alternativa	34
4. ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO NO CEARÁ.....	36

4.2 Contexto da energia eólica no Ceará.....	39
4.3 Alternativa econômica e sustentável para o Ceará.....	41
4.4 Dados contemporâneos da energia eólica no Ceará	44
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento continuado das tecnologias de geração de energias renováveis, bem como o processo de acúmulo de aprendizagem técnica dos processos de produção, aliados aos programas dos governos, às políticas econômicas e às expectativas de redução dos problemas ambientais são o motor para a evolução da energia eólica e das demais fontes de energias alternativas renováveis.

No mundo, a energia eólica apresenta um dos melhores resultados de investimento e acúmulo de capacidade instalada. Os dados apresentados evidenciam tal fato. Os países desenvolvidos garantem cada vez mais a produção de energias alternativas e renováveis. Os emergentes não se afastam dessa tendência global, garantindo uma participação cada vez maior no acúmulo de capacidade e conhecimento tecnológico. Países como China, Índia, Brasil e México investem cada vez mais no setor eólico e se tornam destaque na produção e geração de energias renováveis.

O governo brasileiro está inserido no processo de geração da energia eólica como o agente central que impulsiona o desenvolvimento dessa fonte em todo o país através das políticas de financiamento e investimento em infraestrutura, atraindo empresas para o setor. Os governos estaduais são aqueles que trabalham em parceria com o governo federal em busca das boas práticas energéticas e do desenvolvimento econômico em cada região. Embora a capacidade instalada de energia eólica esteja crescendo com taxas otimistas em todo o país, em particular, no Estado do Ceará, é necessário que haja um maior empenho por meio de programas governamentais que estabeleçam a energia eólica não somente como uma política, mas como uma prática sustentável de longo prazo. O país precisa de um projeto de desenvolvimento capaz de abraçar as fontes renováveis alternativas, a fim de alcançar as metas de redução dos problemas ambientais e sociais, pois essas energias alternativas geram emprego, renda, desenvolvimento tecnológico, diversificação industrial e redução dos gases que aumentam o efeito estufa.

A cadeia produtiva já está instalada no país, inclusive no Ceará. Resultado que as políticas de financiamento e incentivo ao uso da fonte estão dando o retorno esperado. Gigantes montadoras de aerogeradores já fabricam turbinas no país e no estado, fabricantes de torres e pás se destacam no mercado internacional, além de toda uma indústria voltada para suprir as demandas do mercado de energia eólica, desde siderúrgicas, extrativa mineral e cimento, até as hoteleiras e de alimentos, gerando emprego e renda local.

Entre as barreiras tecnológicas e tarifárias, muitas já foram superadas, seja com o acúmulo de conhecimento, seja com a importação de máquinas e equipamentos mais modernos e mais potentes, seja com a frequência cada vez maior e mais regular com que ocorrem os leilões de energia especiais para as fontes renováveis, colocando a fonte eólica entre as mais competitivas do mercado de energia e ganhando cada vez mais espaço.

Os ventos são uma alternativa ao uso da água como matéria prima na geração de energia. Além de uma fonte substituta das fontes fósseis tradicionais como carvão, gás ou petróleo, altamente poluentes e voláteis. A região nordeste do Brasil é um excelente sítio de exploração da energia proveniente da força dos ventos. A complementaridade sazonal do sistema hídrico-eólico e todos os demais benefícios econômicos e sociais dessa relação são a base que sustenta o argumento em favor dos investimentos e incentivos em geração de energia eólica.

O potencial do Ceará para exploração da fonte eólica deve ser levado em consideração nas políticas de desenvolvimento econômico. A geração eólica traz benefícios sociais e ambientais para o estado, visto a escassez local de fontes primárias de energias tradicionais, como a hidrelétrica. Optar por fontes fósseis, embora supra a demanda por energia, possui um custo social e ambiental elevado, devido às consequências do aquecimento global.

Por fim, o potencial financeiro de investimento no setor eólico é da ordem de bilhões de reais, proporcionando mais recursos e desenvolvimento no setor que ainda é incipiente, embora todo o crescimento registrado nos últimos anos. As

estimativas de investimento para os próximos anos evidenciam o caráter otimista que a fonte representa, tendo ainda um enorme potencial para exploração onshore no Estado do Ceará e em todo o país. Isso sem contar com o grande potencial offshore que o país possui.

2. A ENERGIA

2.1 Definições e tipos de energia

Quando falamos sobre energia nos referimos muito mais sobre o que ela pode fazer do que do que ela é si propriamente dita. Para entendermos melhor a energia, precisamos entender sobre recursos energéticos, suas limitações, seus usos. Falar sobre fontes energéticas é também buscar uma provisão do quanto determinada irá durar ou poderá vir a durar. As questões, em geral, são difíceis de se responder por não haver em si uma resposta totalmente precisa.

Podemos definir a energia como uma capacidade de se realizar um trabalho mecanicamente falando, a exemplo do deslocamento de um objeto de um lugar para outro, o que necessita de um investimento e aplicação de força.

Consideramos que até mesmo nossa forma de transitar sobre a terra demanda e provém de uma força gravitacional que atrai e fixa os corpos no centro da terra. Logo, a própria ideia de movimento bem como de energia está intrinsecamente ligada aos seres vivos.

Podemos, entretanto, trazer certas definições de energia: uma capacidade de se produzir transformações: a exemplo da combustão, fissão nuclear, eólica, biomassa, energia das marés etc. Podemos dividir as fontes energéticas como sendo de dois tipos: renováveis ou permanentes e não renováveis e temporários. Todavia o conceito de renovabilidade não é estanque, ele irá depender do tipo de escala temporal que será aplicada nos padrões de utilização de recursos.

Podemos agrupar as fontes de energias não renováveis como aquelas que apresentam reservas que se esgotam com o uso e não mais tem como se regenerar ou tem sua capacidade de renovação bastante reduzida se verificada sua frequência de utilidade. Logo, classificamos essas fontes como energias esgotáveis, não reutilizáveis, uma vez que sendo utilizadas, chegam à sua exaustão para não mais terem uma renovação. Como principais fontes de energias não renováveis podemos citar a energia nuclear e os combustíveis fósseis, (gás natural, petróleo e carvão mineral), são essas as mais utilizadas atualmente.

Quando falamos de combustíveis fósseis falamos diretamente também do modo que afetam o meio ambiente, visto que são fortemente poluidores liberando forte poluente quando queimando, o dióxido de carbono (CO₂). O teor dessas substâncias na atmosfera em seu constante e progressivo aumento, tem levado muitos especialistas e acreditar que o aumento da temperatura média da terra, há tempos vem sendo observado, o denominado “efeito estufa”, vem sendo provocado por esse acréscimo de CO₂ de outros gases na atmosfera, que são genericamente denominados como “gases do efeito estufa”, que são mundialmente conhecidos pela sigla GHG (Greenhouses gases) (SILVA 2005)

2.2 Energia e Desenvolvimento Sustentável

As fontes de energias alternativas, isto é, biomassa, eólica, solar, hidrelétrica, “são a saída para o problema energético do mundo e se elas não são economicamente viáveis, isto se deve ao fato de que no custo do petróleo não estarem embutidos os custos devastadores que o seu consumo impõe a sociedade.” (BERMANN, 2002, p.15). Também devemos considerar que há a cultura de grandes incentivos fiscais e subsídios para grandes empresas de petróleo.

Conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2009, p. 66),

“Neste contexto da energia para um desenvolvimento sustentável, é importante citar e avaliar ainda alguns dados e resultados de estudos

efetuados em nível global. A oferta mundial de energia em 2001 foi de 10.029 milhões de tep (toneladas equivalentes de petróleo). O consumo cresceu numa taxa média de 1,41% ao ano no período entre 1990 e 2001.”

Em 1983 a assembleia geral da O.N.U. criou a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, cujo relatório “Nosso Futuro Comum” estabelecia, conforme Bermann (2002, p.15):

“[...] propor estratégias ambientais de longo prazo para se obter um desenvolvimento sustentável por volta do ano 2000 e daí em diante; recomendar maneiras para que a preocupação com o meio ambiente se traduza em maior cooperação entre países em desenvolvimento e entre países em estágios diferentes de desenvolvimento econômico e social e leve a consecução de objetivos comuns e interligados que considerem as inter-relações de pessoas, recursos, meio ambiente e desenvolvimento...”.

Algumas soluções atualmente voltadas para ao desenvolvimento sustentável são:

- Aumentar a eficiência do setor energético da produção ao consumo.
- Mudanças em todo o setor produtivo para o aumento da eficiência no uso de materiais, transporte e combustíveis.
- Desenvolvimento tecnológico do setor energético para incrementar alternativas ambientalmente benéficas.
- Criar políticas energéticas para favorecer a formação de mercados para o uso de tecnologias capazes de preservarem a poluição ambiental.
- Uso de combustíveis menos poluentes, por exemplo, o gás natural tem vantagens sobre o petróleo ou carvão mineral, por produzir menos emissões.

Hoje os países desenvolvidos são os que mais poluem. “Em negociações acordadas no Protocolo de Quioto, em 1997, foram estabelecidas metas de controle de emissões dos gases estufa até o ano 2020.” (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2009, p.70).

A influência do processo de descarbonização no setor elétrico é bastante significativo, desenvolve-se tecnologias para minimizar o impacto ambiental negativo de usinas que usa o carvão mineral; maior uso do gás natural, que é mais limpo do que outros combustíveis fósseis; incentivo ao uso das fontes primárias renováveis, como hidrelétricas, eólicas, solares e biomassa. Segundo Reis, Fadigas e Carvalho (2009, p.72), “uma ação importante a ser tomada com vistas à implementação de um modelo sustentável de desenvolvimento é o aumento do uso das fontes renováveis de energia.”

As fontes renováveis de energia possuem um importante valor na realização de uma meta de substituição de uma parte considerável das fontes de energia não renováveis, em especial os combustíveis fósseis. Conforme Pollard (2000 apud CARVALHO, 2003, p.120):

Como exemplo, a Comissão Europeia, em seu White Paper sobre Fontes Renováveis de Energia, estabeleceu a meta de 40 GW de capacidade instalada para a energia eólica em 2010, que poderiam produzir 80 TWh de eletricidade e economizar 72 milhões de toneladas de CO₂ por ano.

De acordo com Reis, Fadigas e Carvalho (2009, p.72):

As fontes primárias usadas para a produção da energia podem ser classificadas em não – renováveis e renováveis. São consideradas fontes não – renováveis aquelas passíveis de se esgotar por serem utilizadas com velocidade bem maior que os milhares de anos necessários para sua formação.

São fontes não–renováveis os combustíveis fósseis e radioativos, por exemplo, o urânio; a energia geotérmica. A utilização dessas fontes para produzir energia dá-se pela transformação da fonte primária em energia.

Continua Reis, Fadigas e Carvalho (2009, p. 73):

“Fontes renováveis são aquelas cuja reposição pela natureza é bem mais rápida do que sua utilização energética – como as águas dos rios, marés, sol, ventos – ou cujo manejo pelo homem pode ser efetuado de forma compatível com as necessidades de sua utilização energética – como a

biomassa: cana-de-açúcar, florestas energéticas, resíduos animais, humanos e industriais.”

Segundo Carvalho (2003, p.120), nos países em desenvolvimento, conversores eólicos, que produzem um baixo impacto no meio ambiente, exercem um grande papel na construção de um sistema energético com baixas emissões de carbono.

No Brasil a principal fonte renovável é a energia hidrelétrica. “Devido a suas grandes dimensões e potencial hídrico, o Brasil tem a maior parte de sua energia elétrica gerada por esse tipo de aproveitamento. Em 2004, a energia hidrelétrica compreendia mais de 90% da energia elétrica produzida no país.” (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2009, p. 74)

Conforme Reis, Fadigas e Carvalho (2009, p.77), “As mais importantes no momento, devido à maior possibilidade de aplicação em curto prazo, são a energia eólica e a solar, que têm sido aplicadas tanto para suprimento de sistemas isolados como para operação em paralelo com um sistema elétrico de potência.” Nos sistemas isolados, o uso é difundido para alimentação de lugares de difícil acesso à rede elétrica.

2.3 Conservação e eficiência energética

O desenvolvimento humano está entrelaçado com o desenvolvimento tecnológico, que permitiu aproveitamento de várias fontes de energia. Nos dias atuais as fontes mais utilizadas pelo homem são: o petróleo e seus inúmeros derivados, lenha, álcool, cursos de água, carvão mineral, carvão vegetal, átomos de elementos como urânio e tório, o sol, os ventos, o gás natural (LOPES, 2012). Esses recursos energéticos estão disponíveis na natureza em reservas ou na forma de alguns fluxos de transformação de energia na natureza. Como já explanado anteriormente, é possível classificar os recursos para a geração de energia em recursos não renováveis e recursos renováveis. Os recursos não renováveis estão na natureza em estoques e são necessariamente finitos, ou seja, diminuem de

maneira proporcional a sua utilização. Por outro lado, os recursos renováveis estão imersos em fluxos naturais de energia, como é observado na energia solar, na energia hidráulica, na energia eólica, na energia da biomassa, entre outras (LOPES, 2012). As fontes de energia não renováveis têm seus recursos limitados, visto que para se ter disponibilidade novamente é necessário um período muito grande de tempo, além das condições específicas para a sua criação. Os exemplos mais conhecidos são o petróleo e o gás natural. Outro ponto negativo das fontes não renováveis é que a distribuição dos recursos não é de forma igual no mundo, já que alguns países dispõem de imensas reservas de petróleo enquanto outros, para ter o mesmo quantitativo de recurso, só através de importações (AGENEAL, 2019). Em contrapartida, as fontes de energia renováveis, nas condições normais, não têm um tempo calculável para seu fim. Essa característica de serem virtualmente inesgotáveis pode ser quebrada quando a energia retirada do recurso é superior ao seu tempo de regeneração, desse modo é importante que o limite de cada fonte seja respeitado. As fontes renováveis também se sobressaem devido a disponibilidade de recurso, visto que em quase todos os lugares do planeta haverá algum recurso renovável para ser explorado. A exploração local desses recursos pode quebrar ou amenizar a necessidade de se importar energia ou recursos advindos de fontes não renováveis (AGENEAL, 2019).

Para a conservação de energia e dos recursos naturais, deve-se considerar o incentivo para economizá-los devido à sua escassez. Os recursos energéticos causam impactos de maior ou menor intensidade no meio ambiente. Os avanços nas técnicas de utilização da energia neste último século aumentaram a poluição do solo, do ar e da água.

Portanto há uma necessidade global de uma mudança de hábito não só na exploração dos recursos energéticos renováveis e não renováveis, mas, na sua utilização, que devem ser feitas de uma maneira racional, ou seja, a redução do consumo, sem perda de qualidade de vida. Uma forma de racionalizar energia é aumentar a eficiência dos equipamentos utilizados, isto é, consumir o mínimo de energia para fazer suas funções, tendo o mínimo de perdas possível.

No Brasil, o setor de energia desenvolve programas para o combate ao desperdício, ao uso racional e sua conservação. Como exemplo, o Procel (Programa Nacional de Conservação e Energia Elétrica), coordenado pela Eletrobrás.

De acordo com Reis, Fadigas e Carvalho (2009, p.81-82),

“Criado em 1985, o Procel vem desenvolvendo a conservação e o uso racional da eletricidade, com base no combate ao desperdício de energia, considerando duas linhas básicas, uma associada à mudança de hábitos e outra ao aumento de eficiência na cadeia da eletricidade, em geral. Para isso, realiza trabalhos educativos, promove o desenvolvimento de tecnologia, participa na elaboração de leis e financia outros projetos de combate ao desperdício.”

Em relação ao desenvolvimento sustentável, ressalta-se suas ações na área educacional, “por meio de capacitação e do ‘Procel nas Escolas’, são trabalhados o Ensino Básico (educação infantil, ensino fundamental e médio), com foco nas mudanças de hábitos e as Escolas Técnicas e Universidades, com foco na eficiência energética.” (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2009, p. 82)

A modernização da economia nos países em desenvolvimento vem provocando um uso crescente de combustíveis fósseis e eletricidade. “Nesses países, existe uma vantagem potencial de que a modernização é feita com equipamentos mais eficientes energeticamente.” (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2009, p.83-84). Nos países com desenvolvimento acelerado, isso faz com que eles passem logo para um processo de desenvolvimento sustentável.

O sistema energético brasileiro configura-se como um dos maiores, mais diversificados e mais integrados em todo o mundo. Reúne milhares de unidades produtoras, que convertem diferentes energias primárias disponíveis na natureza, em vetores energéticos aptos para o uso final, colocados à disposição de milhões de consumidores mediante amplos sistemas de transporte, armazenamento e distribuição, cobrindo praticamente todo o território nacional (NOGUEIRA, 2011, p.6).

Neste contexto pode-se citar vários modelos estudados, aprovados e já utilizados em níveis comerciais, com mercado em crescimento.

2.4 Energía Eólica: aspectos históricos

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.



Fonte: CRESESB (2001)

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, levando 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 havia 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 foi desenvolvida e patenteada. 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 patenteado 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 abastecimento 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 turbina 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 mês 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 aerogeradores 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. Insta observar 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. O que ensejaria mais uma forma de geração de pólos de empregos.



Figura 6 – Usina Eólica do Mucuripe, Ceará

Fonte: Wobben Wind Power (2014).

2. 5 Conversão de energia eólica em energia elétrica

Segundo Carvalho (2003), “O aproveitamento da força dos ventos é feito pela conversão da energia cinética, através do giro das pás de uma turbina eólica, em um sistema constituído por vários componentes”. Esta energia é um insumo de vital importância para o sistema produtivo e por consequência a sua disponibilidade em quantidades suficientes é ponto crucial para a manutenção do crescimento e desenvolvimento econômico e social de uma nação.

Primeiramente para analisar a potência do vento, é preciso avaliar a região, a mensuração das condições climáticas, localização e destinação, propiciam um melhor rendimento final.

Conforme Pereira (2006), a energia eólica é aproveitada pela movimentação do ar, na forma de vento, abundante fonte de energia, renovável, limpa e disponível em todo o planeta. No início, essa engenhoca consistia na utilização do vento que, ao atingir uma hélice, impulsiona uma bomba de sucção da água, para um reservatório, e depois utilizada na irrigação de plantações,

aproveitando-se a força da gravidade, ou seja, é o moinho de vento, cujo mecanismo básico não sofreu grandes modificações, no transcorrer dos tempos.



Figura 7: Moinhos Energia Eólica

Fonte: (PEREIRA, 2006).

Este equipamento é basicamente composto por uma torre de sustentação, um gerador elétrico e um conjunto de pás que são responsáveis pela captação do vento e acionamento do gerador elétrico. Além desses equipamentos principais há uma série de outros componentes elétricos e mecânicos que compõem o conjunto, mas esta composição é variável dependendo do tipo de aerogerador utilizado (CARVALHO, 2003).

2.5 Energia eólica e o meio ambiente: aspectos sociais e ambientais da energia eólica.

As fontes de energia renováveis, como a eólica, são atrativas, tanto por não serem poluentes quanto por se apresentarem como uma fonte inesgotável de energia. Os combustíveis fósseis se constituem na principal fonte de energia usada no mundo. “O consumo de combustível fóssil é a causa primária do aumento de 30%

nas concentrações do dióxido de carbono na atmosfera da terra, responsável pelo efeito estufa que provoca o aquecimento da atmosfera e poderá causar alterações climáticas importantes.” (CUSTÓDIO, 2009, p.234)

O efeito estufa é um fenômeno essencial para a existência de vida na Terra. O problema é o aumento do efeito estufa devido ao lançamento dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera. “Este aquecimento natural permitiu a existência da água na superfície da Terra e isto se tornou a base da evolução biológica. O problema é o aumento do efeito estufa devido à formação na atmosfera de GEE que são liberados pelas atividades humanas.” (CARVALHO, 2003, p.119)

As fontes de energia renováveis são necessárias para a substituição dos combustíveis fósseis. As perspectivas para o uso de fontes renováveis na matriz energética mundial ainda são pequenas. “As projeções feitas pela Associação Internacional de Energia – IEA, [...] de 2004, [...] estima que a geração de eletricidade a partir de energia eólica passará de 0,3% da matriz, 2002, para 3% em 2030.” (CUSTÓDIO, 2009, p.237)

Para Carvalho (2003, p.120). Nos países em desenvolvimento, geradores de energia eólica, projetados com baixo impacto no meio ambiente, podem exercer um grande papel na construção de sistemas energéticos com baixas emissões de carbono.

A energia eólica é uma fonte renovável que pode ser usada para a geração de eletricidade causando baixos impactos socioambientais. É uma alternativa tecnológica que não usa combustíveis, portanto sem emissões de gases, particulados ou qualquer resíduo, como ocorre nas usinas termelétricas, tanto as que utilizam combustíveis fósseis como as que usam biomassa.

Atualmente a conservação do meio ambiente é uma forma de valorizar o ser humano desenvolvendo condições para uma melhor qualidade de vida. “O pensamento ambiental tem muito a ver com aquela responsabilidade social: o objetivo mais propagado é a sobrevivência da humanidade, depende da natureza à qual pertence.” (ALDABÓ, 2002, p.105). Segundo Aldabó (2002, p.106), uma central

de geração eólica tem a obrigação de contribuir com o desenvolvimento da região onde se localiza, fornecendo energia local, estrutura de telecomunicações, estradas e acessos, etc.

Ao contrário das usinas hidrelétricas, as eólicas não provocam desapropriações de áreas e remanejamento de pessoas, podendo haver compatibilidade entre a produção de eletricidade pelos aerogeradores e usar a terra para a pecuária e a agricultura.

A descentralização da geração de energia elétrica no Brasil aproveitando recursos locais ou em áreas de difícil acesso pelos sistemas convencionais possibilita soluções mais adequadas e de menor custo. “A instalação de usinas eólicas próximas a pequenos centros de carga, no interior, diminui as perdas elétricas na transmissão e subtransmissão, aumenta a confiabilidade da região e estimula o aproveitamento dos recursos locais.” (CUSTÓDIO, 2009, p. 240)

As vantagens da energia eólica com relação aos impactos socioambientais é que o seu uso não produz gases poluentes, “não há resíduos, não existe deslocamento de populações, animais ou plantas, não há alagamento de áreas, cidades, sítios arqueológicos, florestas, etc. e não inviabiliza a área utilizada.” (CUSTÓDIO, 2009, p.241) Para Carvalho (2003, p.117). Uma das causas do crescimento do uso da energia eólica a nível mundial para a produção de energia elétrica é o fato de o impacto ambiental provocado pelos geradores eólicos ser mínimo se comparado com outras fontes.

Analisaremos alguns impactos socioambientais causados pela geração de eletricidade por fonte eólica:

- Utilização do terreno;
- Impacto Visual;
- Emissão de ruídos;
- Colisão de Aves;
- Interferências eletromagnéticas;
- Segurança humana.

Na utilização do terreno em uma usina eólica as turbinas devem estar a uma distância “para evitar que a perturbação causada no escoamento do vento por uma unidade prejudique outras unidades. Este espaçamento deve ser no mínimo de 5 a 10 vezes a altura da torre; turbinas na faixa de MW devem estar distanciadas entre 0,5 e 1 Km” (TWIDEEL, 2003 apud CARVALHO, 2003, p.117). De acordo com Custódio (2009, p.242),

No entanto, deve-se considerar que a implantação de obstáculos ou o aumento da rugosidade do terreno implica em uma diminuição da produção do parque. Dessa forma, há incompatibilidade com alguns florestamentos intensivos para uso industrial, como plantações de pinus e eucaliptos. De uma forma geral a instalação de parques eólicos não afeta significativamente o habitat.

O impacto visual é algo subjetivo de difícil análise, “pois enquanto uns enxergam os parques eólicos como símbolos de energia limpa e sustentável, outros os consideram como destruidores de paisagens.” (WALKER, 1997 apud CARVALHO, 2003, p.118)

O impacto visual pode ser causado pelos aerogeradores modernos como consequência da altura de pelo menos, 40 m (metros) e comprimento das pás de 20 m provocando uma alteração visual da paisagem. É difícil avaliar o impacto por ser de certa forma, subjetivo. Existe também o efeito de sombras em movimento e reflexões intermitentes. O desconforto causado pelo efeito de sombra pode ser ampliado pelo movimento das pás. “O efeito das reflexões intermitentes, devidas à incidência do sol sobre as pás em movimento, pode ser evitado utilizando pinturas opacas.” (CUSTÓDIO, 2009, p.244).

O impacto negativo quanto à emissão de ruídos é algo subjetivo de se medir. Por exemplo, enquanto um proprietário de uma turbina eólica poderia interpretar o ruído como sinal de prosperidade e o vizinho como um sinal de perturbação. De acordo com Walker (1997 apud CARVALHO, 2003, p.117),

O ruído mecânico origina-se, principalmente, da caixa de engrenagens que funciona como elemento de ligação entre a baixa rotação das pás e a

elevada rotação do eixo do gerador. O ruído aerodinâmico está relacionado à velocidade do vento incidente sobre a turbina eólica. O nível de ruído aumenta com a sexta potência da velocidade da ponta da pá, razão pela qual as unidades comerciais não excedem a velocidade de 70 m/s.

Isto explica o fato de os rotores de 3 pás serem os mais comuns em todo o mundo e não os de 2 e 1 pás, este com velocidade da ponta da pá de cerca de 120 m/s. Ruídos a partir dos 65 dB (decibéis) são prejudiciais à saúde provocando danos ao sistema auditivo. Mas valores acima de 35 dB podem provocar efeitos psíquicos no homem. De acordo com Custódio (2009, p.244-245),

“A emissão de ruído nos aerogeradores é devida ao funcionamento mecânico e ao efeito aerodinâmico do vento sobre as pás da turbina. Para aerogeradores com diâmetro do rotor superior a 20 m os efeitos aerodinâmicos são os que mais contribuem para a emissão de ruídos. Os ruídos emitidos pelos aerogeradores decrescem, normalmente, de 50 dB, junto ao aerogerador, a 35 dB, a uma distância de 450 m. Como referência, a norma alemã VDI 2714 limita o ruído a 45 dB durante o dia e a 35 dB à noite, à distância de 500 metros do aerogerador.”

Normalmente, esses valores são obtidos entre 200 e 300 metros de distância do aerogerador. Os danos causados a fauna pelos aerogeradores é pequeno. Para Walker (1997, apud CARVALHO, 2003, p.118),

“O número de pássaros atingidos por pás em rotação pode ser consideravelmente reduzido através de um planejamento adequado da localização dos parques eólicos em áreas não sujeitas à migração de pássaros e identificação de locais usados pelas aves para ninhos.”

As colisões de aves em aerogeradores representam uma porcentagem muito pequena com relação aos outros fatores causadores de morte de pássaros, apesar de a interferência dos parques eólicos sobre as aves ser o principal impacto da energia eólica sobre a fauna. Segundo Custódio (2009, p.245-246),

“Importantes causas de morte de pássaros são o tráfego de veículos em estradas e as caçadas. O comportamento dos pássaros e as taxas de mortalidade tendem a ser específicos para cada espécie e para cada lugar.[...] Na Alemanha, pássaros foram mortos por turbinas eólicas entre os anos de 1989 e 1990. Em comparação, somente em 1989 morreram 287 aves devido a impactos com torres de antenas (DEWI, 1996). [...] Em geral,

as aves visualizam as pás e desviam.[...]. Na Dinamarca, é comum a presença de um grande número de ninhos de falcões nas torres das turbinas eólicas (EWEA,1998). Estudos com radares em Tjaereborg, região oeste da Dinamarca, mostraram que no local onde foi instalada uma turbina eólica de 2 MW, com 60 m de diâmetro, os pássaros mudam sua rota de voo entre 100 a 200 m, passando acima ou ao redor da turbina, em distâncias seguras. Esse comportamento tem sido observado tanto durante o dia quanto durante a noite.”

Como podemos depreender, o impacto de pássaros com turbinas eólicas não é uma causa de morte de aves que mereça destaque se comparada com outras causas, mas tal fenômeno deve ser devidamente considerado nos estudos de impacto ambiental. O Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) são documentos técnicos multidisciplinares com objetivo de realizar avaliação ampla e completa dos impactos ambientais significativos e indicar as medidas mitigadoras correspondentes.

Conforme Custódio (2009, p.247), os aerogeradores, podem refletir as ondas eletromagnéticas, ou seja, podem interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Estas interferências não são significativas. Mas, são necessários estudos mais detalhados quando o parque eólico está próximo de aeroportos ou de sistemas de retransmissão. Com relação à segurança das pessoas, verifica-se que os sistemas eólicos estão entre aqueles de geração de eletricidade mais seguros.

2. PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

No caso do Brasil, o aproveitamento dos recursos eólicos para geração elétrica também é um fenômeno recente, caracterizado por um “boom” no final da última década que ampliou a geração eólica anual de 663 GWh em 2007 para aproximadamente 33,5 TWh em 2016 (EPE, 2017). Durante o ano de 2015, essa modalidade energética foi a principal responsável (39,5%) pelo aumento da capacidade instalada no país (EPE, 2016).

O Brasil tem 600 parques eólicos e 7.500 aerogeradores (turbinas eólicas), segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). O Nordeste, sozinho, é responsável por cerca de 80% da energia eólica gerada em todo país. O estado líder na produção é o Rio Grande do Norte.

Entre os cinco estados que lideram na energia eólica, quatro são do Nordeste:

- Rio Grande do Norte: com capacidade de 4.066 MW e 151 usinas
- Bahia: com 3.951 MW e 153 usinas Ceará: com 2.045 MW e 79 parques
- Rio Grande do Sul: com 1.832 MW e 80 parques
- Piauí: com 1.638 MW e 60 usinas de geração de energia

A região Nordeste e algumas localidades do Sul têm ventos fortes, constantes e estáveis, características essenciais para se produzir energia por mais tempo.

Figurando atualmente entre os grandes produtores de energia eólica do planeta, o Brasil foi o país com a décima maior capacidade instalada (7,6 GW) em 2015 (IEA, 2017). O Atlas do Potencial Eólico Brasileiro (Amarante et al., 2001) destaca o grande potencial eólico do Nordeste, que contém cerca de metade da potência disponível e contribui com a maior parte da produção nacional. Como indicado na Tabela a seguir, o estado do Rio Grande do Norte liderou a produção de 2019, seguido por Bahia e Ceará.

Estados brasileiros que mais produzem energia eólica:

Posição	Estados	Capacidade instalada (em MW)
1º	Rio Grande do Norte	4066,1
2º	Bahia	3935
3º	Ceará	2045,4
4º	Rio Grande do Sul	1831,8
5º	Piauí	1638,1
6º	Pernambuco	782
7º	Maranhão	328,8
8º	Santa Catarina	238,5
9º	Paraíba	157,2
10º	Sergipe	34,5
11º	Rio de Janeiro	28,1
12º	Paraná	2,5

Tabela 01 - Estados brasileiros que mais produzem energia eólica.

Fonte: ABEEólica

Em um cenário otimista para o ano de 2050, Greenpeace Internacional e Conselho Europeu de Energia Renovável – EREC (2010) estimam que a participação da energia hidrelétrica na matriz brasileira diminuirá para 45,65%, sendo então a eólica responsável por 20,38% da oferta, seguida pela biomassa (16,6%) e a energia solar (9,26%). Essa transformação condiz com a busca pelo desenvolvimento sustentável, além de estimular o desenvolvimento de novas tecnologias e levar a eletricidade até localidades outrora sem acesso por meio de sistemas descentralizados (Basso, 2017).

No Brasil, não distante dos fatos colocados anteriormente, verifica-se uma preocupação cada vez maior com relação ao descompasso entre as previsões de ritmo de crescimento e os investimentos na área de fornecimento de energia elétrica (geração, transmissão e distribuição), é esta a condição básica para dar suporte ao crescimento econômico. Nas últimas duas décadas o consumo de energia elétrica apresentou índices de crescimento superiores ao do PIB brasileiro, resultado do crescimento da concentração da população em áreas urbanas e o desenvolvimento de uma indústria intensiva em eletricidade (RODRIGUES, 2003).

No Brasil, assim como em várias partes do mundo, quase não existem dados de vento com qualidade para uma avaliação do potencial eólico. Os primeiros sensores especiais para energia eólica foram instalados no Ceará e em Fernando de Noronha, no estado de Pernambuco, apenas no início dos anos 90. Os bons resultados obtidos com aquelas medições favoreceram a determinação precisa do potencial de energia eólica daqueles locais e a instalação de aerogeradores. Vários estados brasileiros seguiram os passos de Ceará e Pernambuco e iniciaram programas de levantamento de dados de vento (RODRIGUES, 2003).

Para os sistemas eólicos, a velocidade de rotação ótima do rotor varia com a velocidade do vento. Um sistema eólico tem o seu rendimento máximo a uma

dada velocidade do vento (chamada de velocidade de projeto ou velocidade nominal) e diminui para velocidades diferentes desta (RODRIGUES, 2003).

Projetar um sistema eólico, para um determinado tamanho de rotor e para uma carga pré-fixada, supõe trabalhar no intervalo ótimo de rendimento do sistema com relação a curva de potência disponível do vento local. Isto requer encontrar uma relação de multiplicação, de maneira que se tenha um bom acoplamento rotor/carga. É necessário também, ter mecanismos de controle apropriados para melhorar o rendimento em outras velocidades de vento e aumentar o intervalo de funcionamento do sistema eólico (RODRIGUES, 2003).

Há, entretanto, possibilidade de mudanças significativas na matriz energética mundial, com a utilização cada vez maior da energia eólica e de outras fontes alternativas renováveis. Por enquanto é só uma possibilidade.

Segundo Tercio (2002), o vento, uma forma de energia amplamente disponível na natureza, é considerado uma forma indireta de energia solar, resultante da movimentação do ar quente que sobe no equador e se desloca para as regiões polares, num movimento regular, em outras palavras, os ventos são efeitos permanentes da dinâmica do planeta. Embora o aproveitamento dos ventos para geração de energia elétrica seja recente, a chamada energia eólica já era aproveitada a pelo menos 3000 A.C.

A energia eólica aplica-se a mercados de energia diversificados. Pequenas centrais são capazes de atender sistemas isolados em localidades distantes dos centros urbanos, onde ainda não há o acesso universal à energia elétrica, enquanto as grandes centrais podem conectar-se ao Sistema Interligado Nacional (ANEEL, 2008).

Assim, apresentaram-se as principais características e tecnologias disponíveis comercialmente para a geração de energia eólica, uma das formas mais aceitas mundialmente para o aproveitamento de energias renováveis livremente obtidas na natureza.

Embora de grande aceitação, observou-se também os impactos ambientais que estas fontes produzem, e embora sejam consideradas fontes limpas durante sua geração, seu processo de fabricação ainda envolve impactos que devem ser considerados.

3.1 Matriz energética no Brasil

O Brasil possui uma das matrizes energéticas mais renováveis do mundo industrializado, graças aos seus recursos hídricos, biomassa e etanol, e também graças à energia eólica e solar.

De acordo com Pereira (2006), a média anual de irradiação global apresenta uma boa uniformidade no Brasil, com médias relativamente altas em todo o território. Os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro (1500-2.500) são superiores aos da maioria dos países europeus.

O Brasil é rico em recursos naturais e possui posição privilegiada em relação a disponibilidade de energia solar, possui ainda recursos humanos disponíveis para atuar no setor de geração de energia. No entanto, apesar de notáveis esforços ainda persistem alguns entraves que impedem inserção em larga escala da energia eólica na matriz elétrica nacional.

Em 2019, a energia eólica alcançou a marca de 15 GW em capacidade instalada, passando a ocupar o segundo lugar em relevância na matriz elétricas brasileira, informou a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica). Em números, são 613 parques eólicos, com 7.536 aerogeradores, espalhados em 12 estados. As hidrelétricas seguem na liderança com principal forma de produção de energia do país, com 104,5 GW de capacidade instalada. Em terceiro lugar estão as térmicas a biomassa (14,8 GW), seguida pelas térmicas a gás natural (13,4 GW).

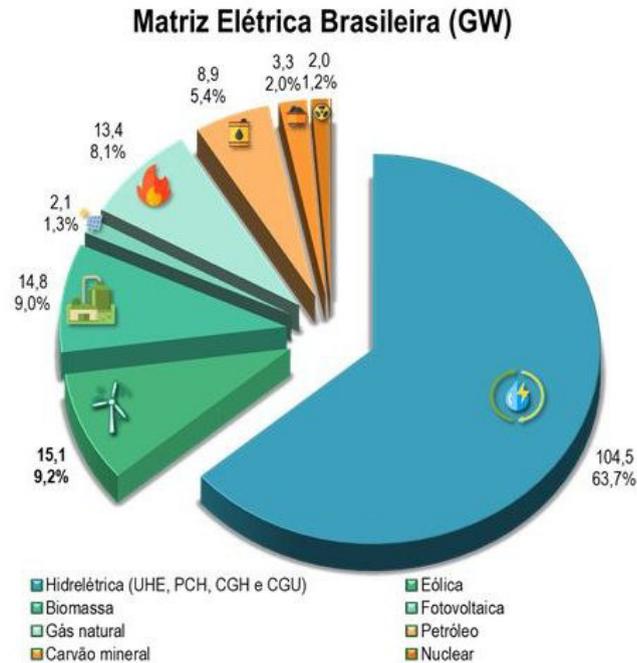


Figura 8 - Matriz Energética do Brasil

Fonte: ABEEólica

O Brasil possui um cenário de instabilidade política, no qual tem ocorrido diversas ações para controle das despesas públicas e contenção do endividamento, dessa maneira as atenções se voltam principalmente para estabilizar as contas da União, o que de certa forma acaba postergando algumas medidas ou decisões que podem favorecer o crescimento do setor de energia eólica. Trata-se de uma ação que remete a uma queda de arrecadação em curto prazo, mas com ótimas expectativas de retorno a médias e longo prazo. Isso vem de encontro ao mencionado no parágrafo anterior uma vez que reduzir a arrecadação nesse contexto não é atrativo para o Governo mesmo com boas perspectivas de expansão do setor com o incentivo fiscal (PEREIRA, 2006).

O Brasil já investiu muito em hidrelétricas, que é uma excelente fonte de energia alternativa. Porém, a chave para o sucesso está na diversificação da matriz energética. A busca por novas fontes de energia vem sendo estudada e aplicada em uma escala cada vez maior. Substituir aos poucos as fontes tradicionais, como o carvão e o petróleo, que tendem a se tornarem cada vez mais escassos e caros, por

fontes naturais que são abundantes e inesgotáveis para a geração de energia, é uma das metas.

Durante muito tempo o homem agiu como se os combustíveis fósseis fossem inesgotáveis. O trabalho realizado, os bens e serviços que dispõe passaram a depender cada vez mais do petróleo, gás e carvão. O desenvolvimento do mundo industrializado durante décadas foi sustentado por esses combustíveis (PEREIRA, 2006).

Com o passar do tempo, guerras e crises políticas atribuíram vários pontos negativos a esses combustíveis utilizados em alta escala pela humanidade. O Homem tomou consciência do impacto ambiental causado por essa dependência de energia. Os governos atuais de países desenvolvidos buscam racionalizar a forma de consumo de energia além da busca de outras fontes de energia (PEREIRA, 2006).

Por essa razão o desenvolvimento das energias alternativas ou renováveis é indispensável. Estas são obtidas de fontes naturais virtualmente inesgotáveis, sendo algumas destas pela grande quantidade intrínseca de energia que contêm e outras porque possuem a capacidade de regenerar-se por meios naturais.

3.2 Contexto político dos últimos anos da Energia Eólica no Brasil

A política econômica brasileira tem vivido momentos de grande expansão com a criação de programas como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), que chegou à sua segunda versão, o PAC 2, iniciado em 2011, com investimentos superiores à ordem de um trilhão de reais ao final de 2014. No Eixo energia, o programa alcançou um investimento de mais de 250 bilhões de reais, injetando 15,9 mil MW no parque gerador brasileiro e entraram em operação 108 usinas eólicas, com capacidade instalada de 2.849 MW (BRASIL, 2014).

O governo brasileiro, através de um aparato legal e institucional, bem como por uma série de planos, ações e programas, tem sido o grande fomentador das energias renováveis, que se iniciou no ano de 2004 com o PROINFA e continuou, até então, com os mais recentes leilões de energia nova, onde a fonte eólica teve sua primeira participação em 2009, segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), expostos no Plano Decenal de Expansão de Energia 2023 – PDE 2023 (EPE, 2014).

Os investimentos e incentivos do governo brasileiro no sistema elétrico nacional fazem parte de uma política energética que vigora desde o início dos anos 2000, quando, à época, houve no Brasil um período de racionamento de energia, que ficou conhecido como Crise do Apagão, provocado por uma série de mudanças drásticas na regulação do setor elétrico durante o governo vigente, acompanhado pela falta de planejamento energético de longo prazo e somados a um período de grande estiagem que diminuiu dramaticamente a capacidade dos reservatórios das grandes hidrelétricas brasileiras (GOLDENBERG; PRADO, 2013).

A partir de um cenário de baixíssima participação da energia eólica na matriz energética nacional, antes dos programas de governo de fomento às energias alternativas renováveis, menos de 0,05% do total, atualmente sua participação representa mais de 5,4% da capacidade total instalada de energia elétrica no país, segundo a ANEEL, com perspectivas de se chegar ao ano de 2023 com 11,4% de participação na capacidade total instalada, totalizando 22,4 GW (EPE, 2014). Além dos incentivos do governo, o atual momento de integração da energia eólica no Brasil se dá também por fatores como o progresso tecnológico, acúmulo de conhecimento dos processos de fabricação de equipamentos e uso das tecnologias, competitividade entre as inúmeras indústrias do setor, características do vento brasileiro, redução dos custos de produção e redução dos preços negociados nos leilões de energia (MELO, 2013).

Inicialmente, devido ao grande desenvolvimento dessa fonte no Brasil e a demanda por preços baixos, houve tendência de entrar no país equipamentos de tecnologia secundária. Entretanto, a partir dos leilões de 2010 e 2011, esse cenário

começou a mudar. Os novos equipamentos que chegavam refletiam a tecnologia de ponta dos fabricantes. O país começava a importar turbinas de 3 MW de potência, torres de 120 metros de altura com pás que chegavam a mais de 60 metros de comprimento, que começaram a fazer parte do portfólio de tecnologias instalados nos parques eólicos brasileiros (GANNOUN, 2014). A figura abaixo mostra dados da atualização da capacidade eólica do Brasil:

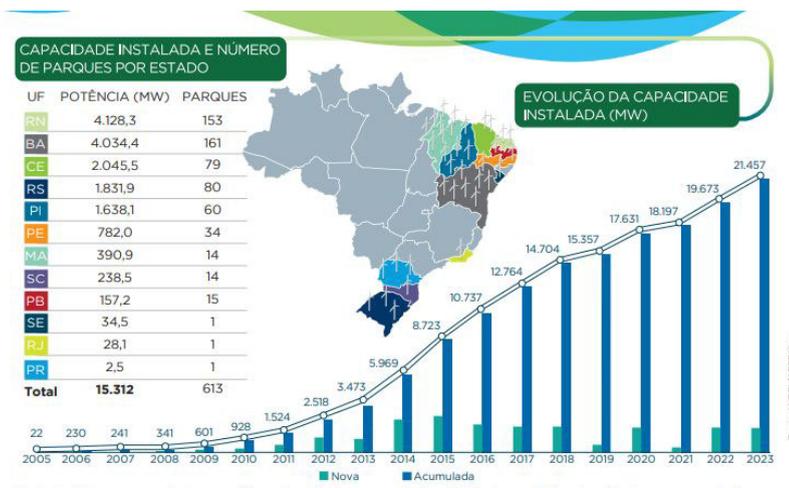


Figura 9 - Capacidade Eólica do Brasil
Fonte: ANEEL

3.3 Cadeia Produtiva Brasileira

No Brasil, as empresas que compõem a cadeia produtiva da energia gerada pela força dos ventos são, em sua maioria, multinacionais, principalmente aquelas que fornecem as turbinas eólicas. Entre as empresas brasileiras que compõem essa cadeia, se destacam aquelas que fornecem as pás e as torres. Entre as fabricantes de aerogeradores estão: Wobben Windpower, subsidiária da Enercon, que possui fábrica de pás no Ceará, Vestas, Fuhrlander e Suzlon, que também têm fábricas no Ceará, GE, Impsa Wind, Alstom Wind, as espanholas Gamesa e Acciona e a estreadora nacional na fabricação de turbinas de grande porte, WEG (LAGE, PROCESSI, 2013; IBDI, 2014).

Assim como as torres, as pás são componentes de grandes dimensões e de significativa representatividade no custo do aerogerador (cerca de 20%). Entre as

empresas que fabricam pás está uma das líderes mundiais no setor, Tecsis, empresa genuinamente brasileira, que produz pás no país para o mercado doméstico e principalmente para o mercado externo (aproximadamente 70% da produção), fornece principalmente para a GE. A iniciante no mercado, Aeris, que começou a operar em 2011 fornecendo para a Suzlon, fornece principalmente para a Acciona e com projetos de produzir também para a WEG. A Wobben que também produz para exportação, com fábrica em São Paulo e no Ceará. Há também a LM Wind Power, com fábrica inaugurada recentemente em Pernambuco e que é uma Joint Venture com a empresa brasileira Eólica (LAGE, PROCESSI, 2013; IBDI, 2014).

Na fabricação de torres, apesar de ser considerado um gargalo, é o setor que conta com o maior número de fornecedores, com destaque para os grupos nacionais como Engebasa, ICECSCS, Brasilsat, IntecniaI, Máquinas Piratininga e Tecnomaq. Há também fornecedores pertencentes a grupos estrangeiros como Gestamp, Torrebras e INNEO. Também há montadoras de aerogeradores que possuem suas próprias fábricas de torres, de modo a diminuir a dependência de terceiros como é o caso da Wobben e da Alstom. A Gamesa tem participação no grupo Windair, que é proprietário da Torrebras. Existem ainda os novos fabricantes, especialmente para torres de concreto, que estão iniciando ou preparando a entrada no mercado brasileiro, como é o caso da CTZ Eolic Tower, da Eolicabras e da Cassol. Cabe destacar também a entrada da Brametal, primeiro fabricante de torres treliçadas do País, com utilização de tecnologia alemã. (LAGE, PROCESSI, 2013; IBDI, 2014).

A figura abaixo retrata situação da indústria eólica no país até o período de 2012:



Fonte: Extraído de Yamamoto (2012) – (disponível em:

<http://www.fiesp.com.br/energia/apresentacoes/sala01/07.08/0830-Elbia-Mello-sub-Sandro-Yamamoto.pdf>)

Figura 10 – Situação da Energia Eólica do País até 2012

Fonte: FIESP

Além dessas empresas especializadas na produção e montagem desses componentes eólicos, existe também toda uma cadeia produtiva especializada em diversos outros segmentos que auxiliam o setor eólico no país que são: fabricantes de subcomponentes e insumos para as torres, para o rotor, para as pás e o cubo, para a nacelle. Existem ainda as empresas responsáveis pelo fornecimento de materiais diversos como cobre, ferro, aço, alumínio, resina, fibra de vidro, fibra de carbono, plástico, imãs, concreto, adesivos, madeira. Há também outros segmentos de empresas de serviços que auxiliam os projetos eólicos, como aquelas especializadas em elaboração e desenvolvimento de projetos, estudos ambientais, apoio à negociação, serviços de execução do projeto, serviços de operação e manutenção, logística, consultoria, auditoria, serviços financeiros, seguros, treinamento e capacitação profissional e, ainda, as empresas responsáveis pela distribuição da energia gerada, que são as distribuidoras, podendo ser de capital privado (cerca de 70% das distribuidoras de energia) ou de capital público, responsável pelos 30% restantes (IBDI, 2014).

Melo (2013) indica que, em 2013, o Brasil possuía oito fábricas de aerogeradores em operação, quando em 2008 havia apenas uma. Ainda naquele

ano, somavam-se também outras treze empresas que atuavam no mercado brasileiro, além das seis fábricas de torres e da segunda maior fabricante de pás eólicas do mundo que é totalmente brasileira. Segundo a autora, o país está tendo uma grande oportunidade de atração de investimentos em capital e tecnologia, podendo usufruir dos benefícios que só uma grande indústria pode proporcionar. Tal fato sinaliza ainda para um futuro promissor, podendo se tornar o país um grande hub de produção e exportação de equipamentos eólicos para toda a América Latina.

3.4 Uma solução alternativa

As hidrelétricas compõem o principal recurso energético do Brasil. Segundo dados atualizados da ANEEL, coletados no Banco de Informações de Geração (BIG), a energia proveniente de fontes hidráulicas representa cerca de 60% da matriz elétrica nacional, com uma potência instalada de 92 GW, utilizando 35% do potencial hidráulico brasileiro. Entretanto, estudos indicam que os principais centros de energia hidrelétrica do país, localizados nas bacias do São Francisco e do Paraná, ou seja, sul, sudeste e nordeste, já estão quase integralmente aproveitados, restando aproveitar o potencial da bacia do rio Amazonas, cujo potencial de 106 mil MW, é o maior do país, mas tem a exploração dificultada pela logística e os impasses ambientais (ANEEL, 2008).

Em comparação com as hidrelétricas, as usinas termelétricas, movidas principalmente por fontes fósseis como o carvão mineral, o gás natural e o petróleo, representam 17% da potência elétrica instalada do país. Elas funcionam em complementaridade com as fontes hidráulicas e são acionadas em períodos de grande estiagem, para suprir a oferta de energia e preservar o volume dos reservatórios (ANEEL, 2008). É justamente por essa função complementar ao sistema elétrico nacional que as termelétricas recebem subsídios por parte do governo (WWF, 2012).

Em suma, os entraves à expansão das hidrelétricas no país são de caráter ambiental e logístico e as termelétricas, que se apresentam como solução

complementar à fonte hidráulica, dependem de importação de combustíveis fósseis, o que encarece o preço da energia gerada, além de emitir gases que aceleram o processo de aquecimento global. Essa rápida avaliação coloca em evidência o caráter alternativo das energias renováveis, com destaque para a energia eólica que é limpa, renovável, não depende de importação de combustível e com reduzidos impactos ambientais.

Uma publicação elaborada pela organização não governamental WWF-Brasil, em 2012, destacou a importância de incentivos para a geração de energias renováveis alternativas, como 45 forma de mitigar os efeitos das fontes tradicionais sobre o clima e o meio ambiente, além de garantir um ambiente sustentável e eficaz para o abastecimento de eletricidade no Brasil. O documento visa avaliar os incentivos às fontes tradicionais e compará-los com aqueles utilizados para investir em fontes alternativas, bem como sugerir novos mecanismos de fomento a essas fontes (WWF, 2012).

Ainda, segundo a organização, “No Brasil é possível destinar recursos que hoje financiam a geração de energia por fontes não renováveis para a consolidação das fontes renováveis alternativas”. Algumas soluções apresentadas pela organização foram: estabelecimento de metas de participação das fontes alternativas na matriz energética e nos leilões; ampliar linhas de crédito e incentivos fiscais; leilões específicos para cada fonte; isenção parcial ou total de impostos; incentivos para instalação de pequenos sistemas de geração residencial, injetando a energia excedente na rede elétrica; destinar recursos da Conta de Desenvolvimento Energético (CDE) para projetos alternativos de forma cada vez mais intensa, reduzindo gradativamente os recursos destinados para investir em projetos tradicionais, principalmente termelétricas a carvão mineral.

Gannoum (2014) salienta que a dificuldade de se atender à demanda por energia nos últimos anos, aliada a uma gradativa perda de capacidade de água nos reservatórios, apontam para a necessidade de redirecionar a política energética e definir uma matriz de longo prazo que contemple a geração de energia que seja

complementar entre os diversos tipos de fontes disponíveis no país, priorizando aquelas não convencionais e renováveis.

“Apesar dos futuros certames não apresentarem claramente um redirecionamento da política energética que levem em consideração a abundante oferta de recursos renováveis de energia e, sobretudo a diferença de tecnologia e de custos de cada uma dessas fontes, há por parte do mercado uma expectativa favorável de que uma “nova ordem de contratação de energia” seja implementada no País, na qual não se levará em consideração apenas o preço da potência negociada nos leilões, mas, sobretudo a importância da fonte de geração de energia, o seu papel na matriz elétrica e sua complementaridade com as demais fontes para que se possa construir no futuro uma matriz de energia elétrica competitiva, mas que seja segura e sustentável do ponto de vista econômico e ambiental. (GANNOUN, 2014, p. 71).”

4. ENERGIA EÓLICA E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO NO CEARÁ.

4.1 Aspectos econômicos e demográficos do Estado do Ceará

O Estado do Ceará possui uma área total de 148.825,6 km² e uma população estimada em 9,1 milhões de habitantes. Localizado na Região Nordeste do Brasil, tem por limites o Oceano Atlântico a norte, os Estados do Rio Grande do Norte e Paraíba a leste, Pernambuco ao sul e Piauí a oeste. Possui uma localização estratégica dada sua proximidade com o continente europeu, América do Norte e África, ocasionando um considerável fluxo turístico internacional e boas condições para o desenvolvimento do comércio exterior. O Estado possui 184 municípios, dividindo-se em 20 microrregiões administrativas, com destaque para a Região Metropolitana de Fortaleza e a Região Metropolitana do Cariri. A capital do Estado e a sede administrativa do Governo é a cidade de Fortaleza, sendo também a cidade mais rica e populosa do Ceará (IPECE, 2015).

Em dados coletados no anuário estatístico do Ceará, disponibilizados pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), autarquia vinculada à Secretaria do Planejamento e Gestão, que publica informações sobre território, demografia, qualidade de vida, infraestrutura, aspectos econômicos e finanças públicas, com base nos dados coletados pelos censos anuais realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), indicam que, até 2010, a taxa de urbanização do Estado era de 75,1%, com uma densidade demográfica de aproximadamente 56,8 hab./km² e uma taxa média geométrica de crescimento anual da população de 1,3% entre os anos 2000-2010. A composição da pirâmide etária pode ser vista na próxima referente ao ano de 2018. Ainda segundo a autarquia, com dados de 2013, a taxa de cobertura dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para a zona urbana no Estado eram, respectivamente, de 91,56% e 36,19%, e para a zona rural os percentuais eram de 29,92% para cobertura de água e 0,07% para cobertura de esgoto. Para o mesmo ano, a esperança de vida ao nascer era de 73,2 anos de idade. 69,2 para homens e 77,2 para mulheres. A taxa de analfabetismo era de 16,7% (IPECE, 2015).

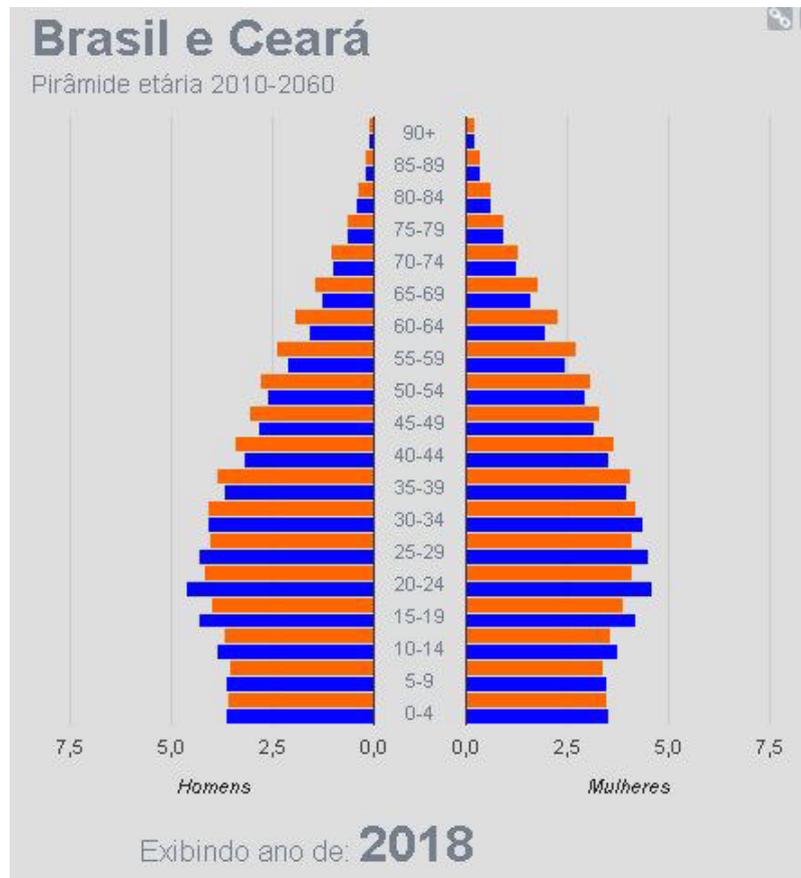


Figura 11 - Pirâmide Etária do Ceará
Fonte: Site IBGE

Ainda outros dados referentes ao Estado apontados pelo órgão, mostram que o consumo de energia elétrica foi de 10.687.502 MWh no ano de 2013; a extensão das rodovias, incluindo as planejadas, pavimentadas e não pavimentadas, somaram 54.938,0 km em 2013, sendo 6,6% dessa extensão federal, 22,6% estadual e 70,8% municipal; o Estado possui dois terminais portuários (Mucuripe e Pecém) e um terminal aeroportuário internacional entre os mais movimentados do país; entre os principais produtos exportados estão calçados e suas partes, frutas e peles; entre as principais importações estão combustíveis, minérios, máquinas e cereais; os municípios que mais exportam são Fortaleza, Cascavel, Maracanaú e Sobral e os que mais importam são São Gonçalo do Amarante, Fortaleza, Caucaia e Maracanaú (IPECE, 2015).

4.2 Contexto da energia eólica no Ceará

O Ceará é considerado um estado pobre no que diz respeito às reservas de energias primárias. Não há no Estado nenhuma reserva significativa de petróleo, gás natural, carvão ou recursos hídricos. Entretanto, é uma região muito rica em dois dos principais recursos energéticos renováveis, solar e eólico. O Ceará foi um dos primeiros a receber anemógrafos computadorizados e sensores especiais para estudar a viabilidade da energia eólica, a fim de tornar o Estado energeticamente independente (CEARÁ, 2009).

Segundo o Mapa Territorial de Parques Eólicos do Ceará, elaborado em 2010, pelo governo estadual, o primeiro parque eólico instalado no Estado foi o parque eólico do Mucuripe, que começou a operar em outubro de 1996, com uma capacidade instalada inicial de 1,2 MW divididos em quatro turbinas de 300 kW de potência cada, que mais tarde aumentou para 2,4 MW distribuídos em quatro turbinas de 600kW cada. No ano de 1999 mais dois parques entraram em operação, Taíba e Prainha, nos municípios de São Gonçalo do Amarante e Aquiraz, respectivamente (CEARÁ, 2010).

O parque eólico de Taíba foi o primeiro a atuar como produtor independente no país. Inaugurado em janeiro de 1999, conta com 10 turbinas de 500 kW, rotores de 40m de diâmetro e torres de 45m de altura, totalizando 5 MW de potência instalada. O parque eólico de Prainha, que entrou em operação em abril de 1999, conta com 10 MW de potência instalada, distribuída em 20 turbinas de 500 kW cada. O projeto foi uma iniciativa da empresa alemã Wobben WindPower e era considerado o maior do Brasil (ANEEL, 2005). É importante destacar que ambos os parques eram, até então, os únicos exemplares do mundo instalados sobre dunas (RIBEIRO, 2013). O Estado do Ceará possui uma faixa litorânea com 573 km de dunas formadas por ventos intensos e constantes. As usinas eólicas que operam no Estado apresentam um surpreendente desempenho, aproveitando-se da baixíssima rugosidade da areia de dunas.

O Estado está entre as melhores regiões do mundo para o aproveitamento da energia eólica, devido ao 49 potencial dos ventos e devido também à crescente demanda de energia resultante do seu desenvolvimento econômico (NETO, 2010).

O Ceará possui um potencial real de geração eólica de 26,2 GW, para ventos com 50 metros de altura, distribuídos entre o litoral (onshore), com 13,5 GW, interior, 3,5 GW e no mar (offshore), com 9,2 GW. No litoral, muitas áreas não são disponíveis para a instalação de parques eólicos por vários motivos, seja por serem Áreas de Preservação Ambiental (APA), como dunas e mangues, ou por características físicas específicas, como declives, tornando viável o uso de apenas 40% da faixa litorânea. Em relação ao potencial offshore, o Estado conta com um grande diferencial por possuir uma plataforma continental rasa, com média de 8 m de profundidade em cerca de 35% de sua faixa litorânea, o que faz com que os custos de instalação e manutenção sejam reduzidos e facilitados. O interior conta com áreas em três altiplanos principais: Serra da Ibiapaba, Chapada do Araripe e Vale do Jaguaribe (CEARÁ, 2010).

Os dados sobre o potencial eólico utilizados pelo governo do Ceará na elaboração do Mapa Territorial de Parques Eólicos foram criados com medições feitas a partir de ventos com altitude de 50 metros, utilizando aerogeradores de 2,1 MW de potência, uma velocidade média do vento de 8 m/s e um fator real de capacidade de 35%. Conforme já foi dito anteriormente, atualmente esse potencial é bem maior, por existirem turbinas de mais de 3 MW de potência e torres de mais de 100m de altura, onde a velocidade e constância dos ventos são maiores, por conseguinte, o fator de capacidade também é maior.

Dados atualizados da ANEEL, dispostos no site da agência, apontam para o fortalecimento da matriz eólica no Estado. Atualmente o Ceará conta com 45 empreendimentos eólicos em operação e uma potência instalada de 1,25 GW, representando quase 40% da matriz elétrica do Estado. Outros 29 projetos com potência instalada de cerca de 700 MW estão em fase de construção e 30 empreendimentos de 622 MW de potência ainda não deram início às obras. Esses

dados permitem inferir em uma potência instalada futura no Estado de mais de 2,5 GW, com uma participação de quase 50% na matriz estadual (ANEEL, 2016). Vale ressaltar que o potencial de energia eólica disponível no Ceará é capaz de suprir a demanda interna, bem como gerar excedentes para o fornecimento do Sistema Interligado Nacional – SIN, que é um sistema que coordena e controla a produção e transmissão de energia elétrica no país, composto por múltiplos proprietários, estatal e privados, de todas as regiões do país (NETO, 2010).

Estado	Empreendimentos em operação (kW)	Empreendimentos em construção (kW)	Construção não iniciada (kW)
Rio Grande do Norte	2 534 556	645 400	1 664 500
Rio Grande do Sul	1 544 817	257 600	253 100
Bahia	1 421 640	1 086 000	2 350 850
Ceará	1 254 234	702 500	622 500

Fonte: Banco de Informações de Geração, BIG (ANEEL, 2016) – Elaboração própria.

Tabela 02 – Ranking dos maiores estados em potência eólica instalada

4.3 Alternativa econômica e sustentável para o Ceará

Assim como no nordeste brasileiro, o Estado do Ceará possui uma matriz energética baseada principalmente em termelétricas movidas por fontes fósseis, incluindo a maior térmica do Brasil movida a carvão mineral, com potência instalada de 720 MW, localizada no Pecém. Segundo a ANEEL (2016), cerca de 60% da potência instalada no Estado corresponde à energia proveniente das térmicas. O que representa um risco não só para o meio ambiente, mas para a geração de energia e o bolso do consumidor, visto que a utilização dessas usinas depende da importação de combustíveis fósseis com preços de commodities altamente voláteis, o que encarece o custo da energia, e quem paga esse custo é o consumidor final.

Soma-se a isso, a dependência do Estado na importação de energia elétrica de outros estados. A maior parte da demanda de energia elétrica do Ceará é suprida pela Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) por meio da

geração nas usinas hidrelétricas de Sobradinho, Itaparica, Paulo Afonso e Xingó, além da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, no Pará, mais de 1000 km de extensão de linhas de transmissão até a ponta de consumo (CEARÁ, 2010; NETO, 2010).

Conforme o que foi dito no tópico anterior, foi a carência e a dependência do Estado por energia, bem como seu clima privilegiado, que levou o governo cearense a buscar por fontes alternativas que pudessem atender à necessidade da demanda, bem como aos interesses em desenvolvimento industrial e sustentável. Com isso, em outubro de 2005, o Governo Estadual 51 publicou o decreto que dispunha sobre o Programa de Desenvolvimento da Cadeia Produtiva Geradora de Energia Eólica – PROEÓLICA, bem como sobre o Fundo de Desenvolvimento Industrial do Ceará – FDI, que juntos buscavam a autossuficiência de energia no Estado através de incentivos fiscais destinados à atração de novas modalidades de investimentos industriais integradas à cadeia produtiva do setor eólico (CEARÁ, 2005; FERREIRA, 2008).

O desenvolvimento da energia eólica no Estado tem proporcionado um grande desenvolvimento no setor energético. Com os investimentos e incentivos na área, o governo tem conseguido atrair indústrias de base do setor ao longo dos últimos anos. Essas indústrias, além de fornecerem equipamentos para parques eólicos, desenvolvem trabalhadores, geram empregos, trazem impostos e benefícios sociais para a região. Isso tudo faz com que o ciclo de desenvolvimento permaneça constante.

Cerca de R\$ 38.000,00 por MW são pagos anualmente no Ceará para empresas locais por mercadorias (materiais, ferramentas e equipamentos de construção e manutenção, alimentação, vestuário, equipamento de segurança, entre outros artigos) e serviços (suporte contábil, bancário, jurídico e outros), como resultado de projetos de energia eólica (CEARÁ, 2010).

Segundo o Mapa Territorial de Parques Eólicos do Ceará, um projeto de 50 MW no estado cria de 800 a 1200 empregos em tempo integral durante a fase de construção:

“As vagas tipicamente incluem gerenciamento de construção, eletricitas, operadores de equipamento pesado, seguranças e serviços gerais para montagem e construção civil. O número de vagas que podem ser preenchidas por pessoal/local depende das qualificações da população local e das políticas e localização da construção ou da empreiteira contratada. A Suzlon, por exemplo, um grande fabricante de turbinas eólicas e desenvolvedor na Índia, que possui parques eólicos no Ceará, utiliza mão de obra indiana para virtualmente quase todas as atividades de construção e mão de obra local para 25% da força de trabalho na construção (CEARÁ, 2010, p. 60).”

Ainda segundo o mapa, nas etapas de O&M, o número de empregos também depende do tamanho do projeto, tipos de turbinas e práticas trabalhistas locais. As turbinas eólicas normalmente têm manutenção regular programada a cada seis meses. No Ceará, cada serviço programado geralmente requer duas pessoas por um período de 8 horas para turbinas entre 500 kW e 1000 kW. O treinamento especializado em turbinas frequentemente é fornecido pelo fabricante de turbinas e pode consistir em trabalho em sala de aula, experiência prática em linhas de montagem de turbinas e experiência de campo em montagem de turbinas, o que traz benefícios de aprendizagem permanente para os trabalhadores locais. Na indústria, o emprego resultante da fabricação de componentes pode ser significativo. Estima-se que um fabricante de torres de turbinas eólicas localizado em Fortaleza, produzindo 200 torres de 75 a 85 metros, gere anualmente emprego para 250 trabalhadores de fábrica, aproximadamente 1 emprego por torre por ano (CEARÁ, 2010).

Conforme destaca Neto (2010), para alavancar os investimentos destinados ao setor, o governo local tem procurado oferecer um ambiente propício para implantação de novos projetos no Estado, imprimindo uma política de estreito relacionamento institucional com entes envolvidos com o setor elétrico, tais como: Ministério de Minas e Energia, ELETROBRÁS, Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Ciência e Tecnologia, Ministério do Meio Ambiente, universidades, institutos de pesquisa, associações e prefeituras municipais.

A Agência de Desenvolvimento do Ceará (ADECE) é quem cumpre o papel de atrair os investimentos no Estado, mais especificamente, é ela quem

executa a política de desenvolvimento econômico, industrial, comercial, de serviços, agropecuário e de base tecnológica em consonância com a política de desenvolvimento econômico do Ceará, estabelecida pelo Conselho Estadual de Desenvolvimento Econômico (CEDE). Todavia, a política de energia do Governo do Ceará é uma atribuição da Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA), a quem compete viabilizar e coordenar a gestão de programas e sua execução, com vistas ao desenvolvimento sustentável do Estado do Ceará (NETO, 2010).

4.4 Dados contemporâneos da energia eólica no Ceará

A produção de energia eólica no Ceará apresentou crescimento de 29,6% em maio de 2019 ante igual mês de 2018. Segundo o boletim mensal da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE), o Estado produziu 537,5 megawatts (MW) no mês de referência contra 414,6 MW no ano passado. A evolução fez o Ceará subir uma colocação no ranking de estados geradores de energia eólica, passando da quinta posição para a quarta e superando o Rio Grande do Sul.

Apesar da alta expressiva no volume produzido, a capacidade instalada em território cearense avançou apenas 4,4% na mesma base de comparação, atingindo potencial de 2.347,7 MW. A leve evolução só foi suficiente para assegurar o Estado com a terceira maior capacidade instalada do Brasil.

O Ceará possui maior potencial que o Piauí, mas ainda perde em produção por conta desses parques antigos que estão com baixa atividade. Em maio de 2019, o Piauí apresentou capacidade instalada de 1.638,1 MW e produção de 628,6 MW. O diferencial apresentado pelo Estado em relação a outros para a produção de energia eólica refere-se principalmente pela posição geográfica e condições de geração, que são melhores que as de estados de outras regiões.

No estado há novos parques sendo instalados constantemente. No Ceará, houve um investimento de cerca de 1,5 bilhão de reais na construção de 250 torres para a produção de energia eólica, que estão distribuídas em 14 Parques. A

produção elétrica é de 500 MW, suficiente para suprir as necessidades de uma cidade habitada por 2,5 milhões de pessoas.

Em agosto de 2008, a Petrobras inaugurou o Parque Eólico de Parajuru, compreendendo uma área de 325 hectares e operando com 19 aerogeradores. Posteriormente, o estado, devido ao seu grande potencial para produção desse tipo de energia, continuou investindo na construção de novos parques.

O Parque Eólico Bons Ventos, localizado no litoral, é o principal responsável pela produção de energia eólica no Ceará. Para a sua estruturação – instalação de 75 aerogeradores – foi realizado um investimento de 800 milhões de reais, e, nos próximos anos, outras torres devem ser instaladas no local, que possui grande potencial energético.

Além da energia eólica, o Ceará também desenvolve projetos para a produção elétrica através do aproveitamento das ondas do mar (energia das ondas) e do sol (energia solar).

Pioneiro no estímulo à geração eólica no Brasil, o Ceará está entre os três principais geradores de energia a partir do vento do país, tendo a eólica como a segunda principal fonte de energia do estado, com 81 usinas em operação. O Ceará também é pioneiro no mapeamento do potencial eólico disponível, tendo lançado o primeiro Atlas Eólico do país, há vinte anos.

O estado conta ainda com uma extensa cadeia produtiva ligada ao setor, despontando na produção e exportação de equipamentos para os parques eólicos e concentrando um alto patamar de tecnologia trazida por empresas multinacionais. Ao lado de representantes de outros estados brasileiros, o Ceará reafirmou a projeção de dobrar sua capacidade de geração de energia eólica, entre 2019 e 2022, contribuindo significativamente para que o Nordeste se fortaleça como exportador de energia para o Sudeste do Brasil.

No Nordeste do Brasil, as condições favoráveis do vento levaram a produção de energia eólica a bater um recorde. Quase 90% da energia consumida na região agora são gerados por essa fonte renovável. O bom resultado é consequência do aumento na quantidade de parques eólicos, que têm aerogeradores mais modernos e potentes e acabam gerando também mais empregos.

O bom resultado também é consequência do aumento na quantidade de parques eólicos. Em um ano, 81 foram inaugurados no país, como em Ubajara, no Ceará.

O Estado está entre as regiões brasileiras com maior potencial para a instalação de usinas eólicas offshore, segundo estudo do BTG Pactual

Ao lado do Rio Grande do Norte e Maranhão, o Ceará concentra as melhores condições climáticas, ambientais e estruturais para receber esse modelo de geração de energia no País. É o que mostra o "Brazil Wind Generation Guidebook" (Guia da geração de vento no Brasil), estudo da BTG Pactual. O texto esmiúça as vantagens do Nordeste brasileiro para a geração eólica no mar. Entre elas, a profundidade máxima de 50 metros e a velocidade do vento.

Atualmente, além dos 81 parques eólicos em operação, o Ceará tem um em construção (com capacidade de 19,2 MW) e 12 empreendimentos com construção iniciada, com capacidade total de 315 MW. O Rio Grande do Norte, além de 152 parques em operação, tem dois em construção e 60 com construção não iniciada que, juntos, somam 1.903,3 MW. E a Bahia irá adicionar 1.523,6 MW à sua matriz eólica nos próximos anos, com 38 parques em construção e 47 com construção não iniciada.

Após perder espaço, o Estado vem, desde 2015, buscando oferecer um ambiente mais atrativo para novos investimentos.

Em 2011, o Ceará era responsável por 35% da geração eólica do País. Em 2015, caiu para 15%, e então iniciou-se um trabalho conjunto com todos os

setores, sob a coordenação da Fiec. Houve revisão do licenciamento ambiental, os incentivos fiscais foram atualizados em 2017 e o novo mapa eólico e solar deve ficar pronto em breve. Com isso, o Ceará deve retomar os investimentos da cadeia produtiva como um todo.

Diferentemente do que ocorria há 20 anos, não basta apenas apresentar as melhores condições climáticas, de vento ou incidência solar, para captar investimentos.

As linhas de conexão são um dos fatores de grande influência e, quanto mais leilões de transmissão acontecem, mais os estados ampliam suas possibilidades. Os fatores que levam à contratação ou não destes projetos, no entanto, estão além dos poderes dos estados, pois se devem à necessidade ou não de contratar energia.

Uma das antigas demandas do setor é a atualização do atlas eólico e solar do Ceará, estudo que indica áreas com maior potencial de geração no Estado. O documento, considerado essencial para a atração de novos empreendimentos, é esperado há pelo menos dez anos. Conforme estudo do Governo do Estado de 2016, o Ceará apresenta uma capacidade de geração eólica superior à média nacional e mundial. Naquele ano, o "fator de capacidade média" do Estado era de 43,4%, enquanto no Brasil era de 35,2% e, no mundo, de 28%. Com a atualização, espera-se que os investimentos não fiquem limitados ao litoral, podendo chegar às serras do Araripe e da Ibiapaba.

Atualmente, o Ceará tem 79 projetos eólicos em operação (2GW), cinco projetos em construção não iniciada (115MW) e 83 projetos cadastrados na Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), totalizando ~ 2,2 GW. A energia solar no estado está com quatro projetos em operação (137 MW), 14 em construção (390 MW), 110 projetos solares totalizando 3,7 GW e 1722 unidades com geração distribuída totalizando 36,6 MW.

O Ceará possui aproximadamente 93 por cento do seu território inseridos no clima semiárido, fato que proporciona condições climáticas específicas como

escassez e irregularidade pluviométrica, índices de evaporação superiores aos de precipitação, gerando balanços hídricos anuais negativos, elevada incidência solar anual, recursos hídricos intermitentes, entre outras características geoambientais. Tais condicionantes ambientais propiciam cenários tanto favoráveis quanto desfavoráveis à produção de diferentes fontes elétricas. Em relação às fontes eólica e solar, o Estado apresenta vantagens naturais competitivas, com índices superiores a diversos Estados do país. Já em relação à geração hidrelétrica, o Ceará apresenta baixa produtividade pela deficiência de recursos hídricos de superfície necessários a esse tipo de produção.

A produção energética atual do Ceará apresenta uma maior participação do tipo termelétrica (52,32 por cento) acompanhada da eólica (47,53 por cento), sendo estas as principais matrizes a compor a capacidade instalada do Estado. Em seguida, tem-se a energia solar fotovoltaica (0,12 por cento) e a hídrica gerada por meio das Centrais Geradoras Hidrelétricas – CGH (0,03 por cento). No Ceará, a produção hidrelétrica é realizada por meio das Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH) que possuem capacidade de geração de até 1 MW de potência. O Estado conta com duas CGHs, a usina Taquara e a usina Figueiredo. A usina Taquara localiza-se no município de Cariré, na região de planejamento do Sertão de Sobral, e barra o Rio Jaibaras. A CGH de Taquara é capaz de gerar 860 KW de potência. A Usina Figueiredo está localizada entre os municípios de Alto Santo e Iracema, na região do Vale do Jaguaribe e barra o Rio Figueiredo, sendo capaz de gerar 403 KW de potência. Essas duas usinas correspondem ao total de produção de energia hidrelétrica do Estado onde, somadas, possuem 1.263 KW de potência, e representam 0,03 por cento da produção estadual.

A localização geográfica do Nordeste brasileiro proporciona, em média, 2.500 horas de insolação por ano, viabilizando uma extensa área disponível para exploração da energia solar. Segundo análise do Atlas Solarimétrico do Ceará (2010), existe certa variação na radiação solar anual incidente no Estado e os menores índices de radiação concentram-se entre os meses de dezembro a maio, período de maior influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) que

proporciona maiores índices de precipitação e nebulosidade. Os meses de junho e julho ainda apresentam radiação média e, de agosto a novembro, período mais seco do Estado, ocorre os maiores valores de radiação solar incidente, assim como menor disponibilidade dos recursos hídricos. Ainda de acordo com o Atlas Solarimétrico (2010), os picos de insolação no Estado ocorrem durante o mês de outubro. A análise da insolação no Ceará ilustra a variação mensal na incidência de radiação. As médias foram calculadas para o ano de 2008 e estão dispostos em watt por metro quadrado (W/m^2).

Os índices de radiação são inconstantes durante o ano, possuem uma relação inversamente proporcional às condições pluviométricas e diretamente proporcionais as condições anemométricas. Por isso, mesmo com certa inconstância na disponibilidade deste recurso, ele pode ser usado como complementaridade às fontes hídricas e eólicas. Entretanto, existe uma subutilização desse potencial em todo o país, explicada por diversos fatores, principalmente, o elevado custo de sua produção, ainda muito oneroso no país devido ao alto preço dos equipamentos e insumos da produção. A tarifa de energia solar fotovoltaica é aproximadamente 40 por cento maior que a tarifa de uma Pequena Central Hidrelétrica (PCH). O único empreendimento de energia solar fotovoltaica em operação no Estado é a usina Tauá, localizada no município de mesmo nome, no Sertão dos Inhamuns, que é de propriedade da MPX Tauá Energia Solar Ltda. A Usina Tauá é capaz de gerar atualmente 5.000 KW de potência e corresponde a 0,12 por cento da produção do Estado.

Já a produção de energia proveniente de combustíveis fósseis no Ceará tem um peso significativo na matriz energética do Estado, uma vez que mais da metade (52,32 por cento) da energia produzida no Estado é pertence a essa matriz. Atualmente, o Ceará conta com 36 usinas em operação, sendo o óleo diesel (72,2 por cento) e o gás natural (16,6 por cento) as principais fontes, totalizando uma potência instalada de 2.153.158 KW. A Região Metropolitana de Fortaleza concentra 26 das 36 usinas desta fonte no Estado, com destaque para os municípios de

Fortaleza, São Gonçalo do Amarante e Caucaia. É importante ressaltar que o Ceará não conta com nenhuma usina de produção térmica proveniente de biomassa.

O Ceará consolidou-se como um dos principais Estados geradores de energia eólica do país, sendo esta a segunda matriz na produção do Estado, correspondendo a 47,53 por cento da potência instalada do Ceará. Entre os Estados brasileiros, o Ceará é o terceiro na produção desta fonte, atrás somente do Rio Grande do Norte e da Bahia. Atualmente há 76 usinas eólicas em operação no Estado, que somam uma potência de 1.956.264 KW. A Região da Grande Fortaleza concentra a maior parte da potência total do Estado, com destaque para o município de Trairi, seguida da região do Litoral Norte, Litoral Leste, Litoral Oeste/Vale do Curu e Serra da Ibiapaba. a seguir, apresenta o resumo da capacidade instalada eólica no Ceará atinente ao mês de novembro de 2018.

As condições anemométricas proporcionam ao Ceará um ambiente propício ao aproveitamento eólico. O Estado está imerso na contínua circulação atmosférica subequatorial dos ventos alísios, intensificados pelas brisas marinhas ao longo da costa. No caso específico do Ceará, os ventos alísios são provenientes de uma extensa área oceânica livre de obstáculos, que proporciona notável intensidade, constância e baixa turbulência. Os ventos sobre o Ceará são mais intensos durante o dia e concentram-se entre os meses mais secos, de julho a dezembro, apresentando intensidade e constância notáveis. Essas condições naturais refletem na produtividade da matriz, haja vista a variação diária e mensal na geração elétrica desta fonte. mostra a distribuição média mensal da geração eólica no Estado do Ceará.

O panorama da produção energética no Ceará O Estado do Ceará possui aproximadamente 93% do seu território inserido no clima semiárido, fato que proporciona condições climáticas específicas como escassez e irregularidade pluviométrica, índices de evaporação superiores aos de precipitação, gerando balanços hídricos anuais negativos, elevada incidência solar anual, recursos hídricos intermitentes, entre outras características geoambientais. Esses condicionantes ambientais propiciam cenários tanto favoráveis quanto desfavoráveis à produção de

diferentes fontes elétricas. Em relação às fontes eólica e solar o Estado apresenta vantagens naturais competitivas, com índices superiores a diversos Estados do país. Já em relação à geração hidrelétrica, o Ceará apresenta baixa produtividade pela deficiência de recursos hídricos de superfície necessários a esse tipo de produção. Observa-se uma concentração da produção energética no litoral do Estado, sobretudo, devido às melhores condições anemométricas. No que diz respeito à energia termelétrica, há uma maior concentração da produção na Região Metropolitana de Fortaleza, principalmente nos municípios de Caucaia, Fortaleza, Maracanaú e São Gonçalo do Amarante, e em menor escala na região do Cariri, nos municípios de Juazeiro do Norte, Crato e Barbalha. Pode-se observar, também, uma deficiência de infraestrutura energética nas regiões dos Sertões Central e de Canindé, área de grande potencialidade de geração solar fotovoltaica que pode vir a ser explorada. É possível observar também uma descentralização da produção eólica em direção a Serra da Ibiapaba, que apresenta boas condições anemométricas em função do relevo. De uma maneira geral, evidencia-se que a produção energética do Estado se concentra no litoral tanto pela disponibilidade da infraestrutura, tanto pelas condições dos recursos naturais necessários, como o vento, por exemplo, quanto pela proximidade do mercado consumidor de maior demanda, sobretudo a Região Metropolitana de Fortaleza.

O que percebemos é que, embora com imensa capacidade eólica, há um subaproveitamento do potencial da capacidade do Estado, em relação ao que se poderia produzir.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

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 81 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.

REFERÊNCIAS

ADALBÓ, Ricardo. **Energia eólica**. São Paulo: Editora Artliber, 2002.

ADALBÓ, Ricardo. **Energia solar: sistema fotovoltaico**. São Paulo: Editora Artliber, 2004.

AGÊNCIA MUNICIPAL DE ENERGIA DE ALMADA (AGENEAL). **Energias renováveis**. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Atlas da Energia Elétrica do Brasil**. Brasília: ANEEL, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA, ABEEÓLICA. **Boletim de Dados – Janeiro de 2016**. Disponível em: <<http://www.portalabeeolica.org.br/index.php/dados.html>>. Acesso em: 29 de outubro de 2019.

_____. Banco de Informações da Geração – BIG. **Matriz de Energia Elétrica**. Brasília: ANEEL, 2019a.

BERMANN, Célio. **Energia no Brasil: Para quê? Para quem? Crise e Alternativas para um país sustentável**. São Paulo: Editora Livraria da Física: FASE, 2002.

CARVALHO, Paulo. **Geração Eólica**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2003.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. (CRESESB). **Atlas Eólico Brasileiro**. Rio de Janeiro: CRESESB, 2001.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, CNI. **Matriz energética: cenários, oportunidades e desafios**. 82 p. Brasília, 2007.

CUSTÓDIO, Ronaldo dos Santos. **Energia eólica para produção de energia elétrica**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2009.

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas – PDE 2020. Acesso em 20 ago. 2019.

LOPES, Ricardo Aldabó. **Energia eólica**. São Paulo: Artliber, 2012. 366 p.

NOGUEIRA, L.P.P., 2011. **Estado Atual e Perspectivas Futuras para a Indústria Eólica no Brasil**. Dissertação de Mestrado. Programa de Planejamento Energético. COPPE/UFRJ

PROCEL, Programa Nacional de conservação de energia elétrica. Relatório da pesquisa de posse de eletrodomésticos e hábitos de uso (residencial). PROCEL 2007.

REIS, Lineu Belico dos; FADIGAS, Eliane A. Amaral; CARVALHO, Cláudio Elias. **Energia, Recursos Naturais e a Prática do Desenvolvimento sustentável**. 1ª reimpressão, 2009. Barueri, SP: Manole, 2005.

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