

ENERGIAS RENOVÁVEIS: UMA ANÁLISE DO PANORAMA DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL

RENEWABLE ENERGY: AN ANALYSIS OF THE WIND ENERGY OVERVIEW IN BRAZIL

Cézar Di Paula Da Silva Pinheiro¹

Débora Prissila Reis Sandim²

Leandro Mayron Da Silva Carneiro³

Resumo

A crescente conscientização a cerca das questões ambientais, levaram países a busca pelo desenvolvimento e inserção de tecnologias de energias renováveis como matriz energética. Dentre as soluções, destaca-se a energia produzida a partir dos ventos (eólica) a qual abre a competitividade com os outros sistemas ditos convencionais. Em termos metodológicos, a pesquisa desenvolveu-se através de uma revisão bibliográfica e documental, assim como da análise descritiva de dados coletados em instituições publicas e privadas relacionadas ao setor, averiguando deste modo o uso da energia eólica e sua introdução na matriz energética Brasileira. No qual constatou-se que essa fonte de energia limpa está em grande ascendência e que esse panorama beneficia aspectos do desenvolvimento regional, social e ambiental, além de, diversificar o fornecimento de energia, gerando o desenvolvimento sustentável e a criação e oportunidades de emprego.

Palavras-chaves: Energia limpa, matriz energética, desenvolvimento sustentável, implementação.

Abstract

The growing awareness about environmental issues has led countries to seek the development and insertion of renewable energy technologies as an energy matrix. Among the solutions, we can highlight the energy produced from the wind (wind) which opens the competitiveness with the other so-called conventional systems. In methodological terms, the research was developed through a bibliographical and documentary review, as well as the descriptive analysis of data collected in public and private institutions related to the sector, thus investigating the use of wind energy and its introduction into the Brazilian energy matrix. It was found this kind of clean energy is in great ascendancy and that this panorama benefits aspects of regional, social and environmental development, as well as diversifying energy supply, generating sustainable development and creation and employment opportunities.

Key-words: Clean energy, energy matrix, sustainable development, Implementation.

¹ Acadêmico de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis- Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. E-mail: cezarpinheiro@hotmail.com

² Acadêmica de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis- Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. E-mail: deborasandim@gmail.com

³ Acadêmico de Engenharia Ambiental e Energias Renováveis- Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA. E-mail: leandro.mayronambiental@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A história da humanidade está intimamente ligada ao desenvolvimento energético, este se transformou em um componente essencial para as mais diversas atividades e para o alcance do desenvolvimento socioeconômico. Dessa forma, o ser humano criou uma crescente demanda energética, que vem causando uma dependência cada vez maior para garantir a produção de bens de serviços e o bem estar doméstico e social (GOLDEMBERG, 2010).

Inúmeras fontes de energia foram utilizadas durante a evolução da humanidade, especialmente os combustíveis fósseis, como, petróleo, carvão, nuclear e gás (OLIVEIRA NETO, 2016). Essas fontes se tornaram indispensáveis para suprir a dependência energética a nível mundial. Entretanto, com o debate acerca das questões relacionadas à preservação ambiental, tais fontes vêm se mostrando cada vez mais insustentáveis, tanto do ponto de vista econômico, visto que a maioria da energia utilizada no planeta é de origem não renovável, quanto no âmbito ambiental, devido aos impactos negativos dessas ao meio ambiente.

Em decorrência disso, hoje, precisamos de energia barata e limpa para permitir o desenvolvimento econômico sem prejudicar o meio ambiente, conciliando um futuro sustentável com o aumento da produção de energia. A resposta está na busca da eficiência energética e no desenvolvimento de tecnologias limpas e ecologicamente sustentáveis (ALNASIR & KAZERANI, 2013; AQUILA, 2015).

A qualidade de vida de uma sociedade está fortemente ligada ao seu consumo de energia. A melhoria nos padrões de vida, principalmente em países em desenvolvimento, como no caso do Brasil, gera o aumento energético e, desse modo, necessitam de um melhor gerenciamento energético que aborde a segurança no suprimento de energia e os custos ambientais para atender a este aumento de consumo de energia (GOLDEMBERG, 2008).

Especialistas (Welch; Venkateswaran, 2009; Terciote, 2002) acreditam que a Energia Eólica (EE) é uma fonte energética capaz de suprir as demandas de uma sociedade, sem prejudicar gerações futuras, e por isso, o uso dessa origem renovável vem crescendo mundialmente. A energia eólica é uma abundante fonte de energia renovável, limpa e disponível em todos os lugares. Ela é obtida pela energia cinética contida nas massas de ar em movimento (vento). Essa forma de energia

vem sendo usada há séculos, sendo uma das primeiras formas energéticas de tração não animal utilizada pelo homem para mover os barcos, impulsionados por velas, ou fazer funcionar a engrenagem de moinhos, ao mover as suas pás. Nos moinhos de vento a energia eólica era transformada em energia mecânica, utilizada na moagem de grãos e bombeamento de água (AMARANTE, 2001).

Em 2001, devido a políticas de incentivo e a entrada da potência eólica no mercado regulado de energia, o Brasil entrou na lista dos países com maior aumento na implantação de novos parques eólicos (SIMAS, 2013). Nesse contexto, os investimentos nesse tipo de atividade vêm consolidando-a como uma das mais promissoras fontes de geração de energia em grande escala. Em termos percentuais, a energia eólica é responsável pelo crescimento na geração de energia por fontes renováveis no mundo. Correspondendo por 34% da geração renovável, seguida por hidroelétricas com 30% e por usinas heliotérmicas com 18% (IEA, 2015). Assim, o presente artigo tem por objetivo analisar o uso da energia eólica como fonte renovável e limpa, e apresentar o seu respectivo potencial gerador de energia elétrica no cenário brasileiro. Neste trabalho seguiram-se os preceitos do estudo exploratório, por meio de pesquisa bibliográfica em fontes especializadas. Após esta fase, foi feita a seleção dos dados e a redação final do artigo que confirmem o questionamento referente ao assunto dessa pesquisa.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

De acordo com Azevedo et al. (2016), há dois tipos de energia: fontes energéticas renováveis (permanentes) e não renováveis (temporários). As chamadas não renováveis são fontes energéticas que possuem reservas limitadas, visto que o tempo para renovação desta reserva é de cerca de milhares de anos, comparando com o seu consumo (carvão mineral, petróleo, gás natural entre outros). Já as fontes ditas renováveis, possuem capacidade de renovação em curto prazo, ou até mesmo inesgotável, como a energia proveniente dos ventos, dos mares, do sol, entre outras.

A utilização de energias limpas tem sido amplamente almejada a partir da década de 70 quando as crises do petróleo levaram muitos países a investirem em tecnologias limpas e a reduzirem suas dependências da importação energética. Essas fontes de energia se tornaram a principal estratégia para a mitigação global

dos gases do efeito estufa (GEE), devido á importante participação do setor energético nas emissões globais (SIMS et al., 2007).

Nos últimos anos a energia do vento tornou-se uma peça fundamental na geração de energia, em especial a elétrica, devido aos investimentos na área de pesquisa e técnicas de desenvolvimento para transformar o movimento do vento em energia. Hoje, esta fonte energética é descrita como uma das mais importantes e promissoras tecnologias na geração complementar de energia, por ser facilmente acessível e abundante na natureza (TERCIOTE, 2002; WELCH; VENKATESWARAN, 2009). Com o aperfeiçoamento e aumento da potência das máquinas eólicas, os custos de geração de eletricidade a partir dos ventos vêm diminuindo consideravelmente, o que reflete no aumento dos números de parques eólicos ao redor do mundo.

Os mecanismos de aproveitamento para a produção de energia eólica se dão por meio das grandes turbinas, também denominadas de aerogeradores eólicos, que tem como função principal maximizar o aproveitamento do vento para a produção de energia. Valentine (2010), alerta para o fato de que o local de implementação de um parque eólico deve ser favorável para a formação de ventos. Contudo, nem sempre os locais apropriados para a instalação dos geradores estão próximos do local de consumo, causando custos que podem inviabilizar a implantação. Além disso, os investimentos para implantação de um projeto de formação de energia renovável são considerados altos, a maior parte da aplicação do capital concentra-se na fase inicial do projeto, uma vez que os custos dos equipamentos correspondem a até 75% do investimento total de um parque eólico (TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011).

2.1 Aspectos Ambientais Positivos e Negativos da Energia Eólica

Em todo o seu processo de produção de energia não existe nenhum tipo de liberação de poluentes ao meio ambiente. Assim, a geração de EE acontece de forma limpa e isenta de contaminações, emissões de poluentes ou resíduos radioativos, dessa forma, pode ser considerada uma forma de obtenção de energia totalmente sustentável, já que os ventos são inesgotáveis.

Com relação às inúmeras vantagens da instalação da matriz eólica, Barcella e Brambilla (2012) aponta como favorável além dos benefícios ambientais os custos

da atividade em longo prazo, já que a energia eólica não contamina o meio ambiente (água, solo, ar), e os ventos não se esgotam. Além disso, a energia eólica pode ser utilizada como complementar a energia hidrelétrica, a qual atualmente é predominante no Brasil e gera grandes impactos ambientais, sociais, etc. Apesar de não serem possíveis outras edificações no entorno dos parques, em função da estrutura que exige o sistema, sabe-se que os sistemas eólicos de geração proporcionam que atividades agrícolas sejam desenvolvidas nas áreas dos parques (se o terreno permitir). Desse modo, tanto as atividades agrícolas, eventualmente já desenvolvidas na região, quanto o ambiente, são pouco afetados (BARCELLA; BRAMBILLA, 2012).

Outro fator que colabora positivamente para a EE, diz respeito à substituição de fontes de energia não limpa, o que beneficia a diminuição de emissão de CO₂ e outros gases do efeito estufa. Uma turbina eólica de 600kW, por exemplo, se implantada em uma região favorável poderá, dependendo do regime de vento e do fator de capacidade, evitar a emissão de 20.000 a 36.000 toneladas de CO₂, o que equivale à geração de energia convencional, durante seus 20 anos de vida útil estimado (EWEA, 2000).

Além do fator socioeconômico, onde há a criação de empregos, promovidos pelas etapas de instalação, manutenção e pelo potencial turístico e visibilidade proporcionada pelo aspecto da sustentabilidade, sendo inclusive utilizadas suas imagens como forma de divulgar atividades turísticas, características regionais e etc.

Contudo, apesar de considerada uma energia renovável, a EE apresenta significativos impactos negativos ao meio ambiente e as comunidades locais, onde acontecem às instalações dos Parques Eólicos, tais impactos costumam variar conforme as características locais da comunidade. Mesmo tendo um impacto no ambiente significativamente reduzido quando comparado à maioria das outras fontes energéticas, a geração de energia elétrica a partir de turbinas eólicas constitui alguns impactos ambientais como, por exemplo: impacto visual, ruído, interferência eletromagnética e danos à fauna (TERCIOTE, 2002). Além disso, um empreendimento eólico está sujeito à vontade da natureza. De forma que, mesmo com uma grande potência instalada, pode ser que o sistema não produza energia alguma quando os ventos forem fracos. Dalmaz (2008) ressalta ainda que uma matriz energética dependente da geração eólica tornaria o sistema elétrico bastante vulnerável. Nesse sentido, é de grande importância que se leve em conta a

preocupação com relação à inconstância da produção de energia pelos aerogeradores, devido às variações na velocidade do vento, à medida que aumenta a participação da geração eólica na matriz energética dos países.

Ainda com relação aos impactos Peres e Bered (2003) afirmam que a criação de ruído, sombra e impacto visual podem vir a ser um problema para as pessoas residentes nas proximidades do parque. Além disso, o ruído causado por uma turbina eólica apresenta-se tanto na fase de construção como de operação do empreendimento. No primeiro caso, o ruído é gerado pelo maquinário pesado nos procedimentos de escavação, terraplanagem e circulação de veículos pesados para o transporte dos equipamentos. O ruído aerodinâmico é uma condição influenciada diretamente pela velocidade do vento que incide sobre as turbinas eólicas. Hoje, com o melhoramento do perfil das pás dos aerogeradores, o ruído aerodinâmico vem diminuindo consideravelmente (MEYER et al., 2014). Além disso, em parque eólico, as turbinas devem estar suficientemente distantes uma da outra, de forma a evitar que a perturbação causada pelo escoamento do vento por uma unidade prejudique outras unidades. Nesse sentido deve haver um espaçamento de no mínimo 5 a 10 vezes a altura da torre. Assim, para a instalação de parques eólicos, é necessária a ocupação de grandes áreas. Adalbó (2002) afirma que muitos destes problemas relacionados à instalação da matriz eólica foram resolvidos com o uso de equipamentos modernos.

Com relação aos impactos na fauna, de acordo com Barbosa e Azevedo (2013),

a implantação de uma usina eólica pode gerar de forma direta e indireta danos sobre as aves como risco de colisão com os aerogeradores (rotores, pás e torres de suporte); colisão com as linhas de transporte de energia; alteração do sucesso reprodutor; perturbação na migração (mudanças nos padrões de migração); perda de habitat de reprodução e alimentação; alteração dos padrões de movimentação e utilização do habitat devido à perturbação associada à presença das turbinas (BARBOSA; AZEVEDO, 2013).

Nesse sentido, o número de aves atingidas por pás em rotação pode ser reduzido através de um correto planejamento acerca da localização dos locais de implementação do parque eólico em áreas não sujeitas a migração de pássaros. Tolmasquim (2004) assegura que projetos eólicos fora de rotas de migração não

incomodam as aves, já que esses propendem a mudar sua rota de voo entre 100 a 200 metros, passando acima ou ao redor da turbina.

De acordo com Gorayeb e Brannstrom (2016), é de extrema importância que a comunidade que habita a localidade a serem instalados os parques eólicos seja levada em consideração, principalmente no que tange às informações sobre os projetos e negociações do mesmo, além do porte do empreendimento, no intuito de se avaliar como o referido projeto irá afetar direta e indiretamente a comunidade local.

2.2 Estrutura Das Turbinas Eólicas

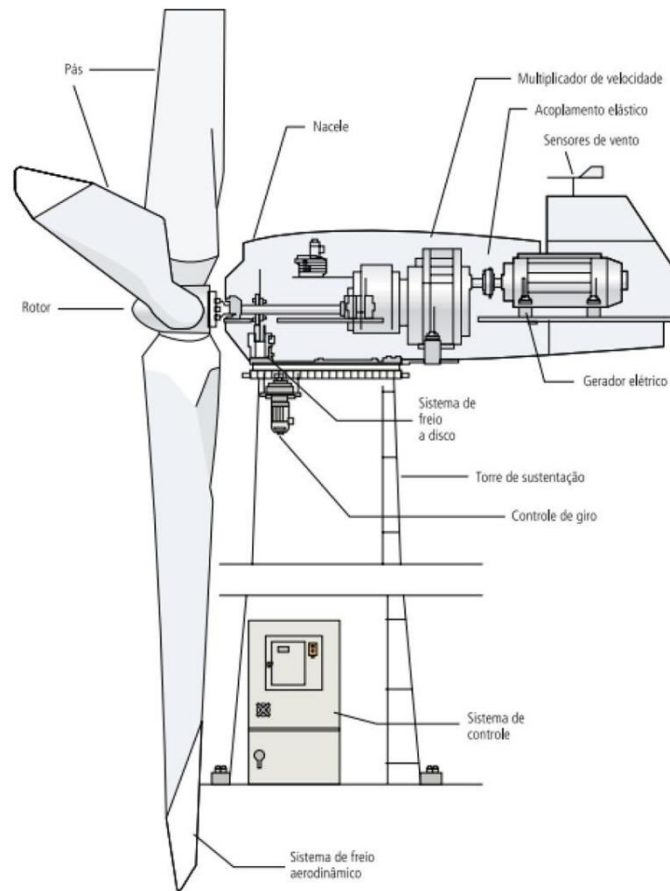
Com relação às estruturas das Turbinas Eólicas (TE), hoje em dia, existem diversos tipos, porém com o passar dos anos e o rápido desenvolvimento tecnológico constituiu-se a estruturação com os seguintes parâmetros: eixo de rotação horizontal, três pás, alinhamento ativo, gerador de indução e estrutura não flexível (CBEE, 2000), figura 1.

De acordo com Ackermann (2002), as TE podem ser classificadas quanto à forma de interação com o vento e quanto à disposição do eixo para o qual é transmitido o movimento mecânico. Ainda segundo o autor interação das pás pode ser de dois tipos: por arraste ou sustentação.

no primeiro, as pás da turbina são empurradas pelo vento incidente, a exemplo do que acontece com os anemômetros. Nas turbinas de arraste a velocidade das pás nunca é maior que a do vento sendo este um fator limitante para sua eficiência. No segundo tipo de interação, as pás das turbinas têm o formato de um aerofólio onde o vento trabalha empurrando as pás, como nas turbinas de arraste, mas o fluxo de ar pelas pás também faz surgir uma força de sustentação que aumenta a eficiência da turbina (ACKERMANN, 2002).

Referente à sua propriedade externa como altura e capacidade de geração, as turbinas são classificadas como pequenas – potência nominal menor que 500 kW, médias – potência nominal entre 500 kW e grandes – potência nominal maior que 1 MW (GONTIJO, 2013; MACHADO, 2015).

Figura 1 - Esquema de uma turbina eólica moderna.



Fonte: CBEE, 2000.

As funções dos principais componentes de um aerogerador podem ser descritos conforme figura 2. De modo geral, os aerogeradores apresentam hélices que se movimentam de acordo com a força dos ventos. Parte da energia cinética provida do movimento dos ventos é transferida para as pás do rotor e torna-se energia rotacional das pás e por consequência, o eixo acoplado às pás gira junto a elas. A energia rotacional do eixo é convertida em energia elétrica pelo gerador e por fim o transformador distribui externamente a energia gerada (MORELLI, 2011).

Figura 2 – Componentes de um aerogerador.



Fonte: Adaptado de Morelli, 2011.

Estes são os principais componentes, todavia, pode haver outros constituintes e mecanismos mecânicos.

3. Panorama mundial de EE

A grave crise financeira ocorrida nos anos de 2008 e 2009 representou um enorme desafio para o setor de geração de energias renováveis, principalmente para a indústria eólica. No início do ano de 2009, por exemplo, os investimentos nessa área foram baixos se comparados com os cinco anos anteriores, no final do mesmo ano, no entanto, o setor conseguiu reagir, fechando com um investimento total de US\$ 145 bilhões em energias limpas, apenas 6.5% abaixo do ano anterior. Como resultado, o mercado mundial de EE cresceu em torno de 31,7% em 2009, chegando à capacidade de 159 GW (GWEC, 2009).

De acordo com Salino (2012),

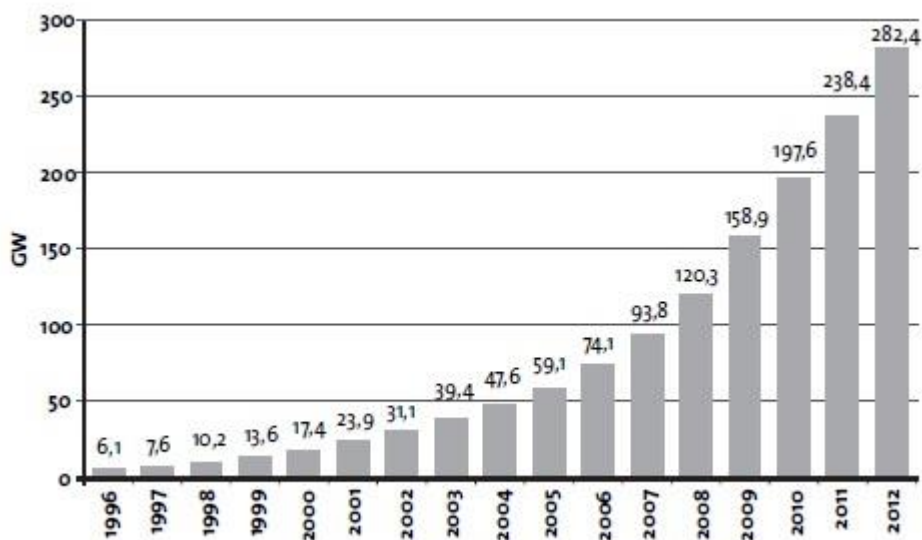
as instituições do setor público tiveram papel fundamental nessa recuperação. Com acesso ao capital em condições favoráveis e empréstimos com baixas taxas de juros, bancos como o KfW da Alemanha, Banco de Investimento Europeu, Banco de

Desenvolvimento Asiático e o BNDES no Brasil ajudaram a financiar investimentos e projetos em energia renováveis (SALINO, 2011).

Outros fatores que alavancaram o cenário mundial em energia limpa foram os estímulos por parte dos governos com aprovações de leis e políticas de incentivo a tecnologias ambientalmente sustentáveis.

De modo geral a EE ainda possui pouca participação no panorama energético global, essa correspondeu a menos de 4% em 2011. De acordo com o Conselho Mundial de Energia Eólica (GWEC, 2013), 80 países já possuem instalações eólicas, contemplando uma capacidade instalada superior a 282 GW no ano de 2012. Sua estimativa é de que a capacidade instalada mundial alcance 415 GW em 2020. Analisando-se a evolução da capacidade mundial instalada desde o ano de 1996, Gráfico 1, nota-se um grande crescimento dessa matriz nos últimos anos, resultante da crescente competitividade desse setor frente as fontes ditas tradicionais de energia.

Gráfico 1 – Capacidade eólica acumulada instalada global (1996-2012).

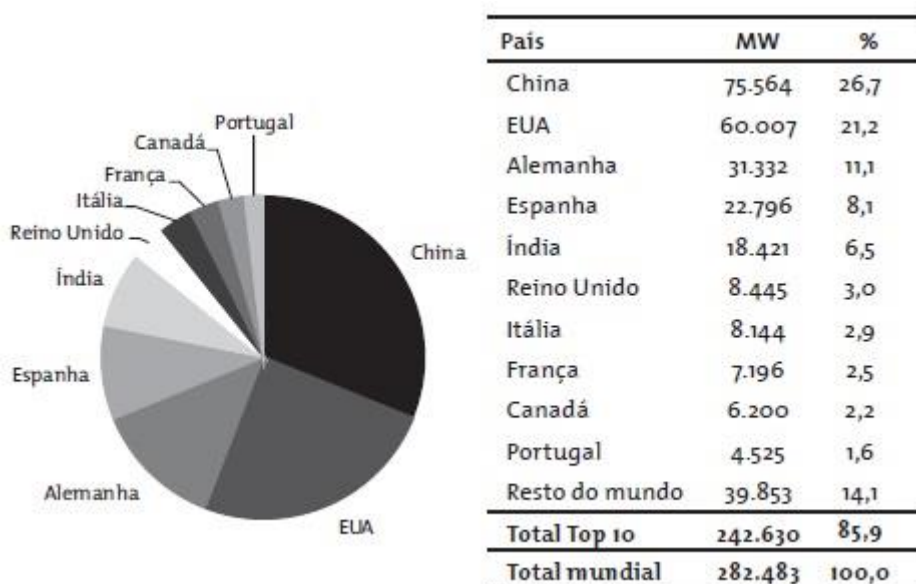


Fonte: GWEC, 2013.

Os principais mercados responsáveis pelo crescimento foram o da Europa (Alemanha e Espanha), o da América do Norte (Estados Unidos) e os Asiáticos (China e Índia). No ano de 2012, Gráfico 2, o crescimento do setor foi se deu principalmente pela China, um país em desenvolvimento como o Brasil. Que instalou

no referido ano um total de 13,2 GW dos 44,7 GW inseridos no mundo, acompanhada pelos Estados Unidos, Alemanha, Espanha, Índia e Reino Unido.

Gráfico 2 - Dez maiores capacidades acumuladas no ano de 2012.



Fonte: GWEC, 2013.

Conforme Lage e Processi (2013),

o crescimento da energia eólica na matriz energética asiática tem sido conduzido principalmente pela China (primeira posição no ranking das maiores capacidades acumuladas) e pela Índia (quinta posição no mesmo ranking), que dispõem de forte estímulo de seus governos, por meio de investimentos diretos e de medidas regulatórias. Esses países têm, ainda, metas quinquenais de geração de energia renovável (LAGE; PROCESSI, 2013).

O desenvolvimento da EE na China possibilitou a formação de 20 fabricantes de turbinas, que empregam cerca de 25 mil pessoas. Enquanto que na Alemanha, a indústria de energia eólica gera mais empregos do que a do carvão (CNI, 2009).

4. Cenários da energia eólica no Brasil

A implantação de energias renováveis apresenta um impacto de suma importância sobre a economia, uma vez que favorece o desenvolvimento de indústrias de equipamentos para consumo interno e até mesmo para a exportação

(TOURKOLIAS; MIRASGEDIS, 2011). Segundo Neto e Lima (2016, p. 12), a expansão deste setor no cenário nacional é resultado de intensos investimentos, principalmente de países desenvolvidos, que procuram garantir o suprimento de energia de forma a diminuir a dependência sobre os combustíveis fósseis.

Cerca de 45% de toda a geração de energia no País advém de fontes renováveis, destacando-se a hidroeletricidade (15%), a biomassa – bagaço e palha da cana (13%), lenha e carvão vegetal (13%). Já as fontes não renováveis correspondem a 54%: petróleo e derivados (36%), gás natural (9%), carvão mineral e derivados (6%) e urânio e derivados (1%). Em comparação aos índices de outros países do mundo o Brasil é considerado como referência no que diz respeito ao uso de energia renovável, já que a mesma em escala global corresponde apenas a 12%. A fonte hidrelétrica no Brasil é uma das principais, contudo o País utiliza apenas um terço do seu potencial hidráulico. Metade dos dois terços remanescentes encontra-se na Amazônia brasileira, o que explica em parte a dificuldade que há hoje para se obter licenciamento ambiental para essas obras (ARAÚJO; GOES, 2009).

Dessa forma, ao implantar e desenvolver energias limpas, como no caso da energia eólica, cria-se a possibilidade de construção de uma indústria altamente tecnológica em regiões com potencial de produção. Esse é o caso da indústria eólica dinamarquesa, que tem como característica as constantes inovações tecnológicas, diferenciação e confiabilidade dos seus produtos, eficiência e vantagens absolutas de custos. O que resulta em garantias de mercado internas e externas, através de exportações de equipamentos e de consultoria (DWIA, 2010).

Sobre a impulsão da energia do vento no Brasil, Oliveira Neto (2012), afirma que

o País começou a promover a energia eólica a partir da crise de abastecimento de eletricidade ocorrida em 2001. O racionamento de energia, naquele ano, revelou um grave problema estrutural: a demanda por eletricidade crescia a uma taxa maior que a oferta. Logo, houve a necessidade de se repensar o planejamento elétrico nacional, de forma que o Estado precisava recuperar seu papel de indutor do Sistema Elétrico Brasileiro, agregando sua capacidade de financiamento e de investimento, além de trabalhar em conjunto com o setor privado em parcerias estratégicas (OLIVEIRA NETO, 2012).

Em decorrência desse cenário, em 2002, foi implantado o Programa de Incentivo as Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), que botava em

ação as políticas públicas destinadas à diversificação da matriz elétrica brasileira a partir da introdução de novas fontes renováveis de energia. Desse modo, abria-se caminho para a atração da indústria eólica com seus componentes e turbinas no país. As políticas de incentivo incrementadas como consequência do PROINFA foram de suma importância para o processo de aprendizado brasileiro sobre o setor, além do avanço no desenvolvimento tecnológico. As normas do PROINFA possibilitaram a compra da energia a partir da fonte eólica, além de outras. Assim, o referido programa de incentivo gerava um efeito positivo no preço do quilowatt hora (kW/h) de energia, já que a atração de fabricantes para o mercado estimulava a concorrência, o que acabou ocasionando uma queda nos preços do kW/h. Outra medida importante foi a inserção da competição, via leilões públicos, de energia nova, o qual era vencedor aquele que oferecesse a menor tarifa ao consumidor (NETO; LIMA, 2016).

Gannoum (2015), da Associação Brasileira de Energia Eólica - ABEEólica, cita que em 2014, o setor criou 40 mil postos de trabalho, e que a previsão era de criação de outros 50 mil novos postos ainda no ano de 2015. Conforme a autora, a instalação dos geradores não prejudica o agricultor nem o seu cultivo, sendo que as duas atividades podem conviver juntas, uma vez que os aerogeradores ocupam apenas uma pequena fração da área, assim o restante espaço pode ser utilizado para outras atividades produtivas na propriedade.

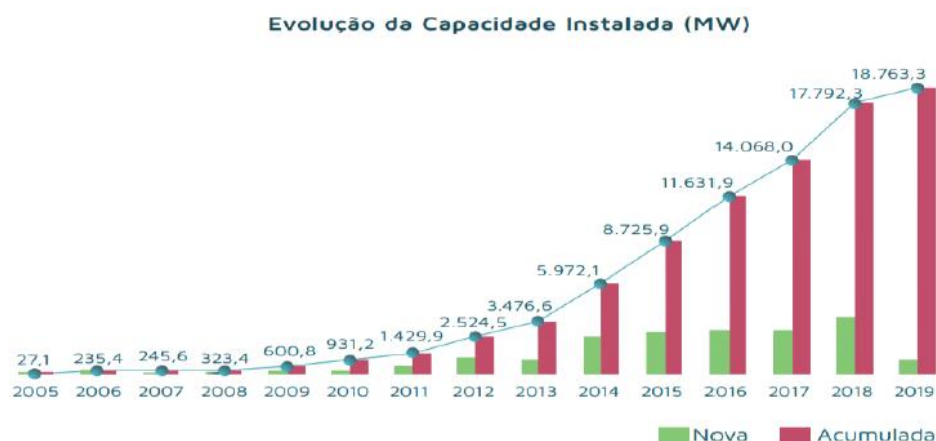
Os melhores potenciais para aplicações em energia eólica no Brasil são encontrados na Região Nordeste, aproximadamente 75 gigawatts (GW) e em menor escala, Região Norte, ambas as regiões apresentam varias vantagens já que, principalmente na costa norte do nordeste, possuem fortes e constantes ventos durante praticamente o ano todo (DIONISIO et al., 2009, p. 40). No caso do Nordeste, as políticas de incentivo associada com seu enorme potencial, proporcionaram que a região fosse pioneira na instalação de parques eólicos, cerca de 75% da capacidade de produção nacional.

A maior matriz eólica do Brasil é o complexo Eólico Alto Sertão I, localizado no estado da Bahia, com 0,294 gigawatts (GW) de potência instalada, correspondendo a 30% de toda energia eólica gerada no País. Além disso, destacam-se ainda outros parques eólicos como: de Osório, no Estado do Rio Grande do Sul (0,15 GW), de Praia Formosa no Ceará (0,104 GW), de Alegria (0,051 GW) e o de Rio de Fogo (0,041 GW), ambos no estado do Rio Grande do

Norte e o Parque Eólico Eco Energy instalado no município de Beberibe no Ceará (0,025 GW).

O potencial eólico brasileiro é estimado em cerca de 143GW de capacidade para instalação, dos quais 9,77GW já aproveitados no de 2015. No Brasil o futuro quanto ao uso dessa energia renovável é cada maior, o investimento no ano de 2015 nesse setor foi em cerca 20 bilhões, representando cerca de 7% na matriz elétrica brasileira, acarretando a geração de 41 mil empregos. Essa evolução da capacidade instalada tende a aumentar nos próximos anos, gráfico 1, fundamentado pelas contratações já realizadas em leilões regulados e no mercado livre (AQUILA, 2015; ABEEÓLICA, 2016).

Figura 3 – Evolução da capacidade de energia eólica instalada no Brasil, com previsões futuras.



Fonte: ABEEÓLICA, 2016.

A coluna vermelha corresponde à potência acumulada de fato instalada e operando, enquanto a coluna verde representa a potência nova contratada, mas não operando. Uma pesquisa realizada pelo Ministério de Minas e Energia (MME), “Energia Eólica no Brasil e Mundo”, aponta que o país foi o quarto colocado no ranking mundial de expansão de potência eólica em 2014, com 2.686 megawatts (MW), sendo superado apenas pela China (23.149 megawatts), Alemanha (6.184 megawatts) e Estados Unidos (4.854 megawatts). No Plano Decenal de Expansão de energia (PDE 2022), o governo estima que a capacidade instalada eólica do Brasil chegue a 24 mil MW. Desse total, 21 mil MW deverão ser gerados na região

Nordeste, o que vai representar 45% do total produzido na região (PORTAL BRASIL, 2016).

Na Região Norte, o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL, a ELETROBRÁS e as Centrais Elétricas do Pará – CELPA tem levantado dados eólicos em locais cujo potencial era favorável, melhorando dessa forma, a precisão dos dados para indicação de locais cujo potencial eólico favoreça a sua implementação. De acordo com DIONISIO et al. (2009, pp. 41-42),

a construção de fazendas eólicas tanto na Região Norte quanto na Região Nordeste tem sido facilitada pelas seguintes razões: (i) custos decrescentes de geração uma vez que a tecnologia tem se amadurecido cada vez mais nos últimos anos; (ii) a nova legislação do Produto Independente de Energia e (iii) a importância da energia eólica na redução da dependência de combustíveis fósseis principalmente na Região Norte onde o combustível fóssil é imprescindível à cobertura na legislação para o acesso aberto na rede de distribuição e transmissão. (DIONISIO et al., 2009, p. 41-42).

Estudos apontam que na região norte do Brasil a maior viabilidade de aproveitamento do potencial eólico está na costa do estado do Pará, já que no estado de Roraima e do Amapá os ventos encontram-se muito distantes das centrais de carga e também dos grandes centros urbanos.

De modo geral, a indústria eólica e sua cadeia de suprimentos estão se estabelecendo cada vez mais no Brasil. Dessa forma, percebe-se que são de muita importância às discussões referentes à utilização da energia eólica como potencial fonte de energia renovável, assim como as preocupações que surgem com sua aplicação. Esses debates levam o país a procurar por um desenvolvimento econômico e social que leve em consideração o meio ambiente e sua sustentabilidade.

5. CONCLUSÃO

A energia renovável é uma das soluções para o problema energético em escala global. Além disso, possui impactos socioeconômicos benéficos, como a diversificação do fornecimento de energia, vantagens ambientais, diminuição de CO₂ e etc. gerando o desenvolvimento sustentável, através do potencial inesgotável da força dos ventos, e criando oportunidades de emprego.

Nesse sentido, a obtenção da energia elétrica através de sistema eólico é alternativa eficaz e econômica para suprir uma demanda crescente, frente às necessidades da sociedade como um todo. O desenvolvimento econômico está intimamente relacionado à dependência energética, que combinado com outras fontes, como a energia hidrelétrica, por exemplo, poderá auxiliar na mudança da matriz energética global. Com base na pesquisa, a principal consideração acerca da implementação de um parque eólico, é que seus benefícios são inúmeros, tornando eventuais pontos negativos meros detalhes se comparados ao todo.

Assim, Os benefícios da implantação da energia eólica para a demanda energética global são indiscutíveis. A energia eólica passa a ser uma fonte nova no planejamento de ampliação do sistema elétrico brasileiro sendo, um potencial de exploração o qual oferece energia ambientalmente sustentável e suficiente para suprir a previsão de demanda nas próximas décadas. Seu impacto ambiental é bem pequeno se comparado às fontes de energias não renováveis e sua utilização é promissora já que o país possui vantagens locais para a produção da energia. Apesar de a potência eólica ser relativamente nova, existem cada vez mais estudos e investimentos tecnológicos que brevemente contribuirão para com a redução nos custos de produção. Dessa forma, é importante que haja incentivos à concorrência, mas, sobretudo, o Estado tem que intervir naquilo que é de interesse nacional, de forma a consolidar a energia eólica como viável e dessa forma contribuir para com um país sustentável.

6. REFERENCIAS

_____. *Global Wind Statistics 2012*. Bruxelas, 2013. Disponível em: <http://www.gwec.net/wp-content/uploads/2013/02/GWECPRstats-2012_english.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2017

ABEEólica – Associação Brasileira de Energia Eólica. *Energia eólica tem média diária recorde no Sul e Nordeste do País*. Disponível em: <http://www.portalabeeolica.org.br/>. Acesso em jul.2017.

ACKERMANN, T. An overview of wind energy-status 2002. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 6, n. 1-2, p. 67-127. doi: 10.1016/S1364-0321(02)00008- 4, 2002.

ALNASIR, Z.; KAZERANI, M. An analytical literature review of stand-alone wind energy conversion systems from generator viewpoint. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, v. 28, p.597-615, 2013.

AMARANTE, O. A. C.; BROWER, M.; ZACK, J.; de SÁ, A. L. Atlas do potencial eólico brasileiro. Brasília: Ministério de Minas e Energia / Eletrobrás / CEPEL / Cresesb, 2001.

AQUILA, G. Análise do impacto dos programas de incentivos para viabilizar economicamente o uso de fontes de energia renovável. [Dissertação]. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2015.

ARAÚJO, M. de; GOES, T. Energias alternativas fortalecem a matriz energética. Revista Política Agrícola, n.4, p.68-75, 2009.

AZEVEDO, J. P. M. ; NASCIMENTO, R. S. ; SCHRAM, I. B. . **ENERGIA EÓLICA E IMPACTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO DE REVISÃO**. In: XX Encontro de Iniciação Científica, XVI Encontro de Pós-Graduação, X INIC Jr e VI INID da Universidade do Vale do Paraíba, 2016, São José dos Campos. **ENERGIA EÓLICA E IMPACTOS AMBIENTAIS: UM ESTUDO DE REVISÃO**. São José dos Campos: Revista Univap, 2016. v. 22. p. 275-275.

BARBOSA FILHO, W. P.; AZEVEDO, A. C. S. . Impactos ambientais de usinas eólicas. In: AGRENER GD 2013 ? 9º Congresso sobre Geração Distribuída e Energia no Meio no Rural, 2013, Itajubá. Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente, 2013.

BARCELLA, M. S. ; BRAMBILLA, Flávio Régio . Energia Eólica e os Impactos Socioambientais: Estudo de Caso em Parque Eólico do Rio Grande do Sul, Brasil. RCA. Revista de Ciências Ambientais (UniLASALLE), v. 6, p. 5-18, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Plano decenal de expansão de energia – *PDE* .Brasília, 2013. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2012/Relatxrio_PDE2021_ConsutaPxblica.pdf/. Acesso em 19 jul. 2017

BRASIL.Ministério de Minas e Energia. *Plano decenal de expansão de energia – PDE 2022: informe à imprensa*. Brasília, 2013d. Disponível em:< http://www.epe.gov.br/imprensa/PressReleases/20131029_1.pdf/>. Acesso em 19 jul. 2017.

CBEE, Centro Brasileiro de Energia Eólica. Disponível em:<<http://www.eolica.com.br>>. Acesso em: 02 de Ago. 2017.

Confederação Nacional da Indústria Energia eólica: panorama mundial e perspectivas no Brasil. – Brasília, 2009.

DALMAZ, A.; PASSOS, J. C.; COLLE, S. Energia eólica para geração de eletricidade e a importância da previsão. Revista ABCM – Engenharia, Vol. XIII - No 1, 2008.

Danish Wind Industry Association – DWIA. **Annual Statistics**. 2010. Disponível em: <<http://www.windpower.org/en/knowledge/statistics.html>>. Acesso em: 01 ago. 2017.

Danish Wind Industry Association – DWIA. **Annual Statistics**. 2010. Disponível em: <<http://www.windpower.org/en/knowledge/statistics.html>>. Acesso em: 31 ago. 2017.

DIONISIO et al. **Geração De Energia Elétrica A Partir Da Energia Eólica**. Clube de Autores, Dec 29, 2009 - Mathematics – p. 41.

EWEA - European Wind Energy Association. Wind Energy - The Facts Environment, Vol. 4., 2000.

GANNOUM, Elbia Silva, O Desenvolvimento da Indústria de Energia Eólica no Brasil: aspectos de inserção, consolidação e sustentabilidade. Cadernos Adenauer XV, 2015. Disponível em: . Acesso em 13 abr. 2015.

GOLDEMBERG, J. *Energia e desenvolvimento sustentável*. São Paulo: Blucher, 2010. 94 p. (Série Sustentabilidade, 4).

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. *Energia e meio ambiente no Brasil. Estudos Avançados*, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2008.

GONTIJO, T.S. Potencial de geração de energia eólica no Brasil: análise de municípios na região Sul e Nordeste do Brasil. [Dissertação]. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

GORAYEB, A.; BRANNSTROM, C. Caminhos para uma Gestão Participativa dos Recursos Energéticos de Matriz Renovável (Parques Eólicos) no Nordeste do Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v.15, n.1, p. 101-115, 2016. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/index.php/mercator/article/viewArticle/1812>> Acesso em: 02 ago. 2017.

GWEC. **Global Wind Energy Outlook 2009**. Global Wind Energy Council (GWEC), setembro de 2009.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA. **World Energy Outlook**. Paris: [s.n.], 2015.

LAGE, E.; PROCESSI, L. **Panorama do setor de energia eólica**. Revista do BNDES 39, junho 2013.

MACHADO, C. P et al. Energia Eólica no Brasil: aspectos de desenvolvimento. ANAIS DA XI MOSTRA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CESUCA. n. 9, p. 244-254, 2015.

MEYER, M.F., SEIXAS, A.S., MELO, I.M.L., CASSIANO, L.J.S., RAPOSO, L.Q. Energia Eólica e seus impactos ambientais. In: **4º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente**, Bento Gonçalves – RS, Brasil, 23 a 25 de Abril de 2014.

MORELLI, F. S. Panorama da energia eólica no Brasil. São Carlos, p. 44-45, 2012. Disponível em: <www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180500/tce.../Morelli_Francis_de_Souza.pdf>. Acesso em: 05 set. 2017.

NETO, C. R. O. ;LIMA, E. C. . **NOVAS PERSPECTIVAS DE DESENVOLVIMENTO:UMA ANÁLISE DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL.** REVISTA GRIFOS - N. 41 – 2016.

OLIVEIRA NETO, C. R. **Energia eólica e desenvolvimento no terceiro milênio:** reflexões a partir do Brasil, Nordeste e Rio Grande do Norte. 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

OLIVEIRA NETO. C. R. **Energia eólica no Brasil:** mais do que uma alternativa energética. 2012. 116 f. Monografia (Graduação em Economia)–Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2012.

OLIVEIRA, T. F. F. ; SANTOS, H. I. . **USO DA ENERGIA EÓLICA COMO ALTERNATIVA PARA MITIGAR O AGRAVAMENTO DO EFEITO ESTUFA.** Disponível em: < <https://pt.scribd.com/document/58424462/USO-DA-ENERGIA-EOLICA-COMO-ALTERNATIVA-PARA-MITIGAR-O-AGRAVAMENTO-DE-EFEITO-ESTUFA>> Acesso em 18 de jul. 2017.

PERES, M. B.; BERED, A. R. Critérios e procedimentos para o licenciamento de parques eólicos: considerações sobre os potenciais impactos ecológicos na planície costeira no Rio Grande do Sul, Brasil. In: **II CONGRESSO SOBRE PLANEJAMENTO E GESTÃO DAS ZONAS COSTEIRAS DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA**, 2003, Recife, 2003. Disponível em: <http://www.abequa.org.br/trabalhos/dinamica_costeira_307.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2017.

PORTAL BRASIL. Disponível em :<<http://www.brasil.gov.br/infraestrutura/2016/01/brasil-e-um-dos-principais-geradores-de-energia-eolica-do-mundo>>. Acesso em 18 jul. 2017.

SALINO, P. J. Energia Eólica no Brasil: Uma comparação do PROINFA e Dos Novos Leilões.. São Carlos, P. 27-28, 2011.

SIMAS, MOANA, and Pacca, Sergio. *Energia eólica, geração de empregos e desenvolvimento sustentável* [doi:10.1590/s0103-40142013000100008]. *Estudos Avançados (USP. Impresso)* [online], 2013, vol. 27,p. 99.

SIMS, R. E. H.; SCHOCK, R. N.; ADEGBULULGBE, A. et al. Introduction. Climate change 2007: Mitigation. Contribution of working group III to the fourth Assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. United Kingdom and New York: Cambridge University Press, 2007.

TERCIOTE, Ricardo. Eficiência energética de um sistema eólico isolado. UNICAMP, Campinas: 2002.

TOLMASQUIM, M. T. (Org.). Alternativas Energéticas Sustentáveis no Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.

TOURKOLIAS, C.; MIRASGEDIS, S. *Quantification and monetization of employment benefits associated with renewable energy technologies in Greece. Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.15, n.6, p.2876-86, ago.2011.

WELCH, J. B e VENKATESWARAN, A. the dual sustainability of wind energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13, p. 1121-1126,2009.