

A PRODUÇÃO DA ENERGIA EÓLICA NO BRASIL - UMA VISÃO DE UM GRUPO DE ALUNOS DE ENGENHARIA

Resumo: O crescimento das demandas socioeconômicas para a pesquisa de fontes renováveis pautam a importância do debate em busca de cada vez mais se pesquisar o tema. No Brasil, há trabalhos importantes sendo desenvolvidos por pesquisadores brasileiros com o auxílio de renomados centros de pesquisa como o CPTEC. Nele, a existência de projetos como o SWERA, aponta para a viabilidade da aplicação de conceitos teóricos. Os resultados obtidos até o momento expressam o potencial do Brasil, tanto sobre a disponibilidade de recursos renováveis, quanto acerca da qualificação dos recursos humanos voltados ao incremento e continuidade das atividades de pesquisa nesta área.

Palavras-Chave: Energia Eólica; Energia não Convencional; Fontes de Energia Elétrica; Vento; Clima.

1 INTRODUÇÃO

Tendo se iniciado no setor agrícola, a produção de energia elétrica através da energia eólica começa na Dinamarca, onde algumas empresas agrícolas fabricaram pequenas turbinas com baixa potência (30-55 kW), comparadas as atuais.

Hoje, com o avanço das pesquisas sobre o tema e o incremento em pesquisa, percebe-se que a energia eólica apresentou um crescimento acelerado mundialmente há mais de 20 anos, sendo que no Brasil em 2006, segundo o GWEC fechou-se o ano com uma capacidade produtiva de 237 MW, tendo como foco de produção os parques eólicos de Osório (RS) com uma produção de 150 MW.

Para se compreender a viabilidade da aplicação deste tipo de fonte energética nos dias atuais, faz-se necessária a apreensão de como se dá a transformação da energia eólica em energia elétrica.

Desta forma, percebe-se que é através de turbinas eólicas que se capta uma parte da energia cinética do vento. Esta passa através da área varrida pelo rotor sendo transformada em energia mecânica de rotação. O eixo do rotor liga o gerador elétrico que por sua vez transforma uma parte desta energia mecânica de rotação em energia elétrica.

Este artigo, na visão de um grupo de alunos de engenharia, sugere que o debate sobre os projetos brasileiros atuais que abordam esta temática sejam mais divulgados e incrementados. Neste sentido, constata-se a relevância dos estudos realizados pelo CPTEC/INPE, que administra uma rede de coleta de dados de vento e dados ambientais.

Estas informações são direcionadas para atender as necessidades de dados do setor energético – Rede SONDA. O principal propósito desta rede é tornar acessível dados que viabilizem o aprimoramento e aprovação de modelos numéricos para estimativa de potencial energético de fontes renováveis.

O projeto intitulado SWERA (Solar and Wind Energy Resources Assessment), desenvolvido com auxílio do CPTEC, tem como um de seus objetivos centrais o levantamento dos recursos de energia eólica no Brasil. Este projeto foi desenvolvido sob a coordenação da Divisão de Clima e Meio Ambiente do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos

(DMA/CPTEC), sendo ele financiado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Sendo assim, os resultados obtidos até o momento expressam o potencial do Brasil, tanto sobre a disponibilidade de recursos renováveis, quanto acerca da qualificação dos recursos humanos voltados ao incremento e continuidade das atividades de pesquisa nesta área. Porém é importante deixar claro que há ainda a necessidade de efetivar coleta sistemática de dados de vento na região Sul e em áreas da região Nordeste, (como por exemplo, ao sul da Bahia), com o objetivo de permitir um aprimoramento maior dos modelos numéricos utilizados no mapeamento dos recursos eólicos e uma ponderação mais adequada da credibilidade das informações por eles fornecidas.

A energia eólica já é conhecida e utilizada por nossa civilização há muito tempo, data-se de mais de 3000 mil anos os registros de sua utilização em atividades agrícolas e navegação. Atualmente a energia eólica desempenha um papel fundamental na produção de eletricidade através de modernos aerogeradores, aparelhos que realizam a conversão de energia eólica (mecânica) em elétrica, visto seu impacto socioambiental, viabilidade econômica e segurança na produção de energia.

Este artigo pretende Retratar de uma maneira sucinta a situação do potencial eólico brasileiro e ainda:

- Efetuar uma síntese histórica para entender de que forma se aproveita a energia eólica;
- Compreender a atual conjuntura desta fonte energética;
- Apresentar as noções físicas que englobam a representação dos movimentos atmosféricos, tanto na previsão, quanto na modelagem dos ventos;
- Analisar a credibilidade acerca da determinação do potencial energético disponível para uso comercial e dos modelos numéricos empregados, através das fontes de dados disponíveis;
- Apresentar uma breve síntese de algumas aplicações das pesquisas que estão sendo desenvolvidas no Brasil, de maneira a exemplificar a utilização prática das debatidas neste trabalho.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Antes de compreender de que forma as turbinas transformam energia cinética em energia mecânica, vale lembrar que estes dispositivos encontram-se inseridos na camada superficial da atmosfera, utilizando a energia do vento em uma ampla faixa de alturas.

Logo, é através de turbinas eólicas que se apreende uma parte da energia cinética do vento. Esta passa através da área varrida pelo rotor sendo transformada em energia mecânica de rotação. O eixo do rotor liga o gerador elétrico que por sua vez transforma uma parte desta energia mecânica de rotação em energia elétrica. A potência elétrica gerada em watts é uma função da velocidade ao cubo do vento, dada por:

$$PCRvP = h \times g \times p$$

Ao se analisar a equação acima se entende que h descreve a eficiência do aero-gerador, ou seja, representa o rendimento considerando as perdas no conjunto das transmissões mecânicas e as perdas no gerador. Já o termo CP retrata o coeficiente aerodinâmico de potência do rotor, cujo valor máximo é $= 0,593 CPm$ e o valor usual assume $= 0,45 CP$. Desta maneira, g expressa a massa específica do ar, que a C o 15 e ao nível do mar vale $3 g = 1,225 kg / m^3$. O termo R representa o raio do rotor da turbina em metros e v a velocidade dos ventos em metros por segundo.

Em função da grande ampliação das estações eólicas ao redor do mundo, nos últimos anos percebe-se que os dispositivos empregados para produção de energia eólica estão em

franco desenvolvimento tecnológico, tendo como propósito o contínuo crescimento tanto no que se refere às dimensões, quanto sobre a capacidade de geração das turbinas.

Vale lembrar que as turbinas cuja potência supera 2MW encontram-se ainda em desenvolvimento, embora já possam ser encontradas no mercado. Por outro lado, as turbinas eólicas de potência até 2MW devem ser consideradas tecnologicamente desenvolvidas.

Os rotores destes dispositivos são produzidos em materiais compósitos, com critérios de peso, rigidez e aerodinâmica, e tecnologias característicos de estruturas aeronáuticas. A velocidade angular ωr do rotor da turbina em radianos por segundo é inversamente proporcional ao seu raio R , e pode ser calculada, aproximadamente, por:

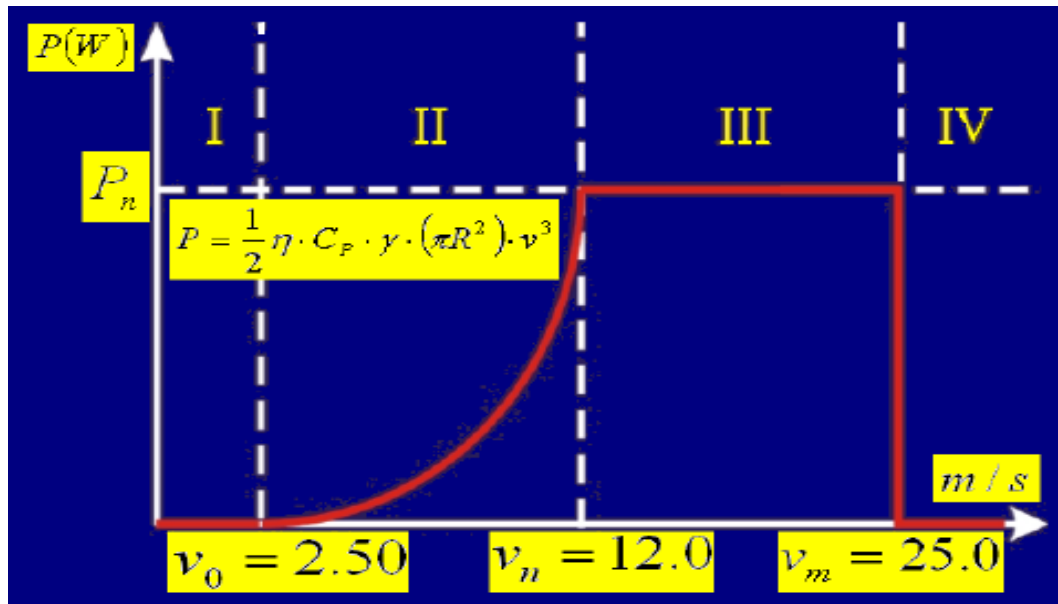
$$P = R \cdot r \cdot 445 \cdot 6.9030 \text{ pw}$$

Normalmente, a fim de se reduzir o ruído aerodinâmico produzido pelas "pás", a rotação é otimizada no projeto. Além disto, na medida em que o incremento tecnológico viabiliza dimensões maiores para as turbinas a rotação reduz-se. As baixas rotações atuais tornam as "pás" visíveis e evitáveis por pássaros em vôo. Sendo elaboradas aerodinamicamente, as turbinas eólicas atendem aos requisitos de ruído, mesmo quando estas são colocadas a distância de cerca de 300m de áreas residenciais.

O atendimento de todos estes quesitos e aspectos faz com que a tecnologia eólico-elétrica seja ecologicamente correta, o que garante que ela ocupe o lugar de fonte alternativa e limpa de energia, com capacidade de geração da ordem de megawatts.

Importante salientar também que a produção de energia elétrica inicia-se com velocidades de ventos da ordem de $v = 2,5\text{m/s}$, sendo que abaixo deste número o conteúdo energético do vento não fundamenta o seu aproveitamento.

Figura 1 - Curva de geração de energia elétrica extraída da turbina eólica.



Na área II da figura 1 a velocidade do vento varia de $v = 2,5\text{m/s}$ até $v = 12,0\text{ m/s}$. Nesta área, a potência encontrada no eixo do gerador varia com o cubo da velocidade do vento e equivale a região onde se começa o processo de conversão eletromecânica da energia do vento. Para velocidades de vento superiores a $v = 12,0\text{ m/s}$ e menores que $v = 25,0\text{ m/s}$, região III na figura 1, é acionado o sistema de limitação automática de potência da turbina, que pode ser por controle do ângulo de passo das "pás" ou por estol aerodinâmico, dependendo do modelo da turbina. Nesta área a potência encontrada no eixo do gerador é constante.

Por outro lado, para ventos muito intensos com velocidade superior a $v = 25,0\text{ m/s}$, área IV na figura 1, opera o sistema automático de proteção, diminuindo a rotação das "pás", desconectando o gerador da rede elétrica. Desta forma, em função da peculiaridade da velocidade variável do vento, a turbina eólica, não é capaz de transformar a energia do vento em energia mecânica, mantendo a rotação do eixo constante. Devido a este comportamento, precisa-se construir um grupo gerador eólico-elétrico, que seja apto a produzir energia elétrica fornecendo-a à rede com frequência constante.

A baixa rotação que é desenvolvida pela turbina eólica é outro aspecto relevante do grupo gerador eólico-elétrico. Todos estes aspectos e características permitem que tanto a tecnologia empregada no desenvolvimento do Projeto, quanto àquela utilizada para fabricação do grupo eólico-elétrico, apresente atributos que se diferem dos grupos convencionais de geração de energia elétrica. Por fim, é importante frisar ainda que dentro deste contexto de grupos eólico-elétricos há, basicamente, duas filosofias tecnológicas utilizadas atualmente: Grupos Eólico-Elétricos Assíncronos e Grupos Eólico-Elétricos Síncronos.

O método utilizado para a realização do presente trabalho consiste em pesquisa biográfica de artigos sobre energia eólica no mundo e, principalmente, no Brasil. Sendo que através da leitura de diferentes trabalhos e artigos científicos buscou-se alcançar aporte teórico eficaz para se pensar de que forma esta temática vem desenvolvendo-se atualmente, sobretudo no nosso país.

No Brasil, verifica-se nos últimos anos 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), hoje 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).

Dentro do cenário nacional, o CPTEC/INPE administra uma rede de coleta de dados de vento e dados ambientais que é direcionada para atender as necessidades de dados do setor energético – Rede SONDA. O principal propósito desta rede é tornar acessível as informações que viabilizem o aprimoramento e aprovação de modelos numéricos para estimativa de potencial energético de fontes renováveis.

Neste sentido, a Figura 2 mostra onde estão situadas as estações de coleta de dados eólicos com anemômetros e termômetros colocados a 25 m e 50 m do solo. Lembrando que informações sobre a Rede SONDA, ou a toda base de dados coletados, podem ser encontradas no sítio eletrônico do CPTEC. Além disso, O CPTEC/INPE também permite que sejam acessadas informações da base de dados coletados em estações automáticas (que não são voltados especificamente para o setor de energia).

Figura 2 - Mapa de localização das estações da Rede SONDA.



Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1304 (2008)

É necessário enfatizar que outro resultado também relevante do trabalho que vem sendo desenvolvido por pesquisadores brasileiros é o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro. Nele, para se produzir as informações do vento geostrofico simulou-se a circulação atmosférica de grande escala através de um modelo de mesoescala chamado MASS (Mesoscale Atmospheric Simulation System). Logo, por meio destas informações sobre o vento geostrofico, aplicou-se o código *WindMap* para calcular os dados de vento na altura típica dos aerogeradores (50 m).

Por meio da Figura 3 tem-se o mapeamento da média anual do fluxo de potência eólica e da velocidade do vento. Desta forma, os números expostos neste mapeamento foram

validados a partir de dados de vento coletados na superfície e o desvio-padrão observado para a diferença entre a velocidade estimada e a velocidade medida foi da ordem de 7,5%.

Figura 3 - Mapeamento dos recursos eólicos no território brasileiro.



Fonte: Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1304 (2008).

De acordo com o Atlas do Potencial Eólico Brasileiro, mais de 71.000 km² do território brasileiro possui velocidades de vento superior a 7 m/s ao nível de 50 m, o que faz com que se alcance um potencial eólico da ordem de 272 TWh/ano de energia elétrica. Este é um valor bastante expressivo, considerando que o consumo nacional de energia elétrica é de 424 TWh/ano. Vale lembrar ainda que parte deste potencial está na costa dos estados nordestinos, como consequências dos ventos alísios.

O projeto intitulado SWERA (*Solar and Wind Energy Resources Assessment*) tem como um de seus objetivos centrais o levantamento dos recursos de energia eólica no Brasil. Este projeto foi desenvolvido sob a coordenação da Divisão de Clima e Meio Ambiente do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (DMA/CPTEC), sendo ele financiado pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA).

Para se efetuar o mapeamento dos recursos eólicos, utilizou-se como método a adoção do modelo numérico Eta, empregado frequentemente para a previsão de tempo e estudos climáticos pelo CPTEC/INPE.

O Eta foi abastecido com informações referentes a topografia e cobertura do solo com resolução de 1 km, sendo que a base de dados de reanálises do NCEP/NCAR foi empregada para fornecer as dados nas fronteiras das regiões estabelecidas para o mapeamento.

Considerando os resultados apresentados no Atlas Eólico Brasileiro, entende-se que as informações produzidas por meio do mapeamento elaborado a partir do modelo Eta são bem coerentes, sendo que as divergências mais expressivas são observadas ao sul do estado da Bahia e na divisa entre Bahia e Piauí, porém, em função da insuficiência de informações de campo nestas regiões, ainda não se pode afirmar qual delas apresenta a maior credibilidade.

Dados mais detalhados acerca dos estudos dos recursos eólicos no Brasil, efetuados no projeto SWERA, estão disponíveis no portal do projeto e no website da rede SONDA.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho tem o intuito de apresentar informações importantes acerca da produção e aplicação da energia eólica por meio de informações oriundas principalmente do CPTEC/INPE.

A necessidade de se pensar soluções ecologicamente corretas respalda a importância da reflexão proposta nesse trabalho. Por outro lado, a necessidade de otimização de custos e aumento da segurança energética de muitas áreas de atividade econômica são fatores que justificam o crescente interesse pela compreensão das questões técnicas e científicas associadas ao aproveitamento das fontes renováveis de energia.

Logo, é significativo o desenvolvimento dos mais variados projetos pelo CPTEC/INPE, que conta para isto, com apoio de entidades nacionais e internacionais, cujo objetivo principal reside na satisfação das necessidades de informações técnico-científicas robustas e relevantes. Estes dados são fornecidos por meio do desenvolvimento de metodologias para levantamento de recursos energéticos que contam com a aplicação de dados obtidos por meio de sensoriamento remoto (satélites e estações de superfície) e modelos numéricos.

Nesse sentido, segundo consta em publicação da Revista Brasileira de Ensino de Física, “os projetos SWERA e a rede SONDA são exemplos desta atuação”.

É importante ter-se estas bases e encontrar respaldo na utilização delas como norteadoras para a criação de políticas energéticas e para o desenvolvimento de projetos de aproveitamento destes recursos.

Dessa forma, os resultados obtidos até o momento expressam o potencial do Brasil, tanto sobre a disponibilidade de recursos renováveis, quanto acerca da qualificação dos recursos humanos voltados ao incremento e continuidade das atividades de pesquisa nesta área. Porém é importante deixar claro que há ainda a necessidade de efetivar coleta sistemática de dados de vento na região Sul e em áreas de região Nordeste, (como por exemplo, ao sul da Bahia) com o objetivo de permitir um aprimoramento maior dos modelos numéricos utilizados no mapeamento dos recursos eólicos e uma ponderação mais adequada da credibilidade das informações por eles fornecidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

F.R. Martins1, R.A. Guarnieri e E.B. Pereira. *O aproveitamento da energia eólica. Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 30, n. 1, 1304 (2008). Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v30n1/a05v30n1>. Acessado em 07/11/2017, às 23h57.

F. Rüncos, R. Carlson, P. Kuo-Peng, H. Voltolini, N.J. Batistela. **GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA – TECNOLOGIAS ATUAIS E FUTURAS.** Disponível em <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-geracao-de-energia-eolica-tecnologias-atuais-e-futuras-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>. Acessado em 10/11/2017, às 23h25.

DUTRA, Ricardo Marques, SZKLO. Alexandre Salem. *A Energia Eólica no Brasil: Proinfa e o Novo Modelo do Setor Elétrico.* Disponível em: http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/artigo/CBE_XI-Artigo2.pdf. Acessado em 10/11/2017, às 22h25.

NASCIMENTO, Thiago Cavalcante, MENDONÇA, Andréa Torres Barros Batinga de, CUNHA, Sieglinde Kindl da. *Inovação e sustentabilidade na produção de energia: o caso do sistema setorial de energia eólica no Brasil*. Disponível em: <http://www.redalyc.org/html/3232/323227835010/>. Acessado em 10/11/2017, às 21h2=35.

Lista de sites

<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IsisScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=27089&indexSearch=ID>
http://www.espacosustentavel.com/assets/pdf/INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIEN_TAIS.pdf

THE PRODUCTION OF WIND ENERGY IN BRAZIL - A VISION OF A GROUP OF ENGINEERING STUDENTS

***Abstract:** The growth of the socioeconomic demands for the research of renewable sources underline the importance of the debate on the subject. In Brazil, important works are being developed by Brazilian researchers with the help of renowned research centers such as CPTEC. In it, the existence of projects such as SWERA points to the feasibility of applying theoretical concepts. The results obtained so far express the potential of Brazil, both on the availability of renewable resources and on the qualification of human resources aimed at increasing and continuing research activities in this area.*

***Key-words:** ind Energy; Non-Conventional Energy; Sources of Electric Power; Wind; Climate.*