

ESTUDO DE GERAÇÃO DE ENERGIA EÓLICA REFERENTE ÀS CENTRAIS EÓLICAS DE BOM JARDIM DA SERRA – SC*

Jeferson Lucidório Gonçalves ¹
Rafael Borges ²

Resumo: A energia eólica começou a ganhar atenção do mundo em momentos de escassez de energia, como nas guerras e na crise do petróleo. Alguns governos buscaram o desenvolvimento e a introdução dessa forma de matriz energética como complemento secundário em sua matriz. No Brasil, as Centrais Eólicas de Bom Jardim da Serra, localizada em Santa Catarina, no topo da serra do Rio do Rastro foi um projeto elaborado pela empresa IMPSA Wind e que objetiva aproveitar o potencial elétrico dos ventos da região serrana de Santa Catarina.

Palavras-chave: Energia Eólica. Centrais Eólicas de Bom Jardim da Serra. Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido mundialmente pelo grande potencial hidrelétrico que possui. Atualmente, entretanto, vem se destacando também pela capacidade de produção de outra fonte de energia, limpa e renovável, a energia extraída da força dos ventos, também conhecida como energia eólica.

O presente artigo objetiva o estudo dessa fonte inovadora que vem sendo implantada em diversos pontos do país, em parques eólicos grandiosos.

A história dos ventos será estudada, trazendo nomes de importantes personalidades que, cada uma a seu tempo, criaram e aprimoraram maquinários para a extração da

¹ Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL - egresso do curso de Engenharia Elétrica. Endereço eletrônico: jeferson.goncalves@live.com.br

² Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL - egresso do curso de Engenharia Elétrica. Endereço eletrônico: rafael.borges@unisul.br



energia dos ventos. Ainda será abordada a evolução da energia eólica no Brasil e no mundo, apontando, entre outros dados, índices de crescimento e previsões futuras.

O tema aerogeradores será discutido, este dispositivo é eletromecânico e tem a função de converter a energia eólica em energia elétrica. Cada parte de sua estrutura será analisada: nacelle, caixa de câmbio, torre, fundação, pá, gerador e sua conexão com a rede.

Os parques eólicos também serão estudados, por serem a área destinada à implantação e concentração dos aerogeradores que produzirão a energia extraída dos ventos. Ainda serão analisados a sua infraestrutura e os seus aspectos legais.

Por fim, o tema central do estudo será detalhado, à partir da análise das Centrais Eólicas de Bom Jardim da Serra, empreendimento localizado em Santa Catarina, a 135 km de Florianópolis, implantado na serra catarinense (ver anexo B para sua localização) pelo grupo IMPSA (Indústrias Metalúrgicas Pescarmona S.A.), maior fabricante de aerogeradores da América do Sul. Neste ponto, será estudada mais profundamente a história desse grupo de sucesso. Serão abordados estudos realizados para a implantação do parque, bem como sua infraestrutura.

2 HISTÓRIA DOS AEROGERADORES, ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E MUNDO

2.1 A HISTÓRIA DOS AEROGERADORES

Os primeiros registros concretos da utilização desta forma de energia datam do século X na Pérsia, época na qual se utilizavam os ventos para moer grãos. Embora os primeiros registros, de fato, apontem para o século X na Pérsia, há outros vestígios de que a energia dos ventos pode ter sido utilizada muitos anos antes.

Na Europa, há divergência sobre a origem dos moinhos. Shepherd (2009, p. 14) explana que os moinhos de ventos da Europa poderiam ter sido uma evolução dos moinhos de água utilizados no local, pois no noroeste da Europa apenas possuíam eixo horizontal e nada pareciam com o eixo vertical dos Persas descritos pelos manuscritos árabes.

.....

Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013



No entanto, Shepherd (2009) cogita a possibilidade de que os moinhos de ventos podem ter sido criações inspiradas nas estruturas Árabes e esta tecnologia chegou a Europa por meio das cruzadas ou das rotas mercantis (provavelmente as trocas ocorridas pela rota da seda).

Durante o declínio dos moinhos de vento na Europa, foi na Escócia que um entusiasta, o professor James Blyth, criou o primeiro moinho de vento voltado à geração de energia. O moinho de vento de Blyth era de eixo vertical e possuía um rotor de 17 metros capaz de produzir 12kW, a estrutura tinha uma altura de 18 metros.

Nos Estados Unidos, em 1888, ocorreu outro marco histórico para a geração de eletricidade a partir da energia eólica: a criação do primeiro aerogerador em grande escala, construído por Charles F. Brush. Este era sustentado por um eixo metálico central de 36 cm que possibilitava o giro da estrutura. Este aerogerador de Bush era capaz de gerar 12 kW de energia elétrica contínua e servia para carregar o banco de baterias de sua casa.

Foi apenas com as crises de combustíveis fósseis que a tecnologia começou a ser aplicada efetivamente. Na primeira e na segunda guerra mundial, os países envolvidos precisavam poupar combustíveis fósseis. Em razão disso, as gerações alternativas de energia elétrica começaram a ser exploradas de fato.

Em 1939, o engenheiro Palmer Cosslett Putnam entrou em contato com a empresa de turbinas hidráulicas S. Morgan Smith e apresentou seu projeto de aerogerador. A este tempo, a Smith queria diversificar seus negócios e começaram a trabalhar no projeto de Putnam em parceria com a Companhia de Eletricidade de Vermont (Central Vermont Public Service Corporation) (RENEWABLE, 2012). Cinco anos de laboratório precederam a criação do primeiro aerogerador a atingir uma produção em MegaWatt. O aerogerador Smith-Putnam foi instalado em outubro de 1941 nas montanhas de Grandpa's Knob no estado de Vermont, EUA. Esse aerogerador possuía uma potência instalada de 1.25 MW gerada por geradores elétricos síncronos (HAU, 2006, p. 33).

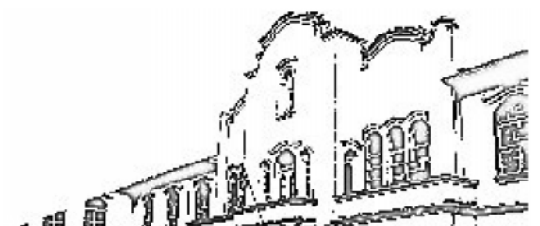


Figura 1- Aerogerador de Smith-Putnam



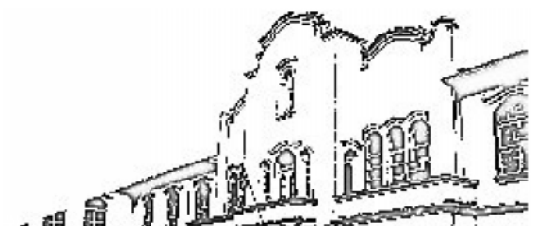
Fonte: Hau, 2006.

A próxima época de ouro da energia eólica seria em 1970, quando a crise de petróleo forçou os países a buscar gerações alternativas de energia, assim como na segunda guerra mundial. Logo, o tema energia renovável se tornou objetivo político em alguns países com grande demanda energética, alavancando o desenvolvimento dos aerogeradores, até a forma que conhecemos hoje (SHEPHERD, 2009, HAU, 2006).

2.2 ENERGIA EÓLICA NO BRASIL E NO MUNDO

O Brasil, em 2003, implantou o PROINFA, maior programa nacional de estímulo à produção de energia elétrica por meio de fontes renováveis, com base na Lei nº 10.438, de abril de 2002. A energia produzida pelo PROINFA tem garantia de contratação por 20 anos pela Eletrobrás.

.....
Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013



Segundo o Banco de Informações de Geração (BIG), da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), em agosto de 2013 encontram-se em operação no país 96 usinas eólicas.

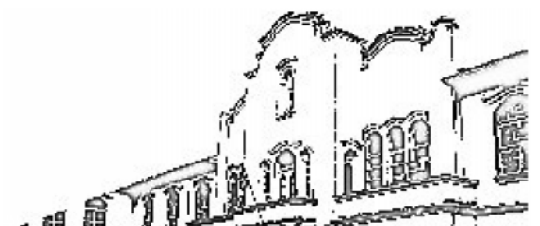
A capacidade instalada no Sistema Interligado Nacional entre 2012 e 2021 deverá crescer 56%, saltando de 116,5 GW para 182,4 GW. Um dos destaques do novo ciclo de planejamento é o forte crescimento da fonte eólica, cuja capacidade instalada chegará, pelas projeções, a 16 GW em 2021, ultrapassando, por exemplo, a capacidade da geração biomassa, que terá 13 GW.

De acordo com a Aneel (2013), o Brasil possui, em relação a usinas eólicas em operação, uma potência total instalada de 2.109.341,10 kW. O estado de Santa Catarina possui 13 usinas em operação e tem uma potência instalada de 236.400 kW.

O potencial eólico brasileiro, segundo o Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito, está na ordem de 143,5 GW. A maior capacidade de energia no país encontra-se no litoral, com a soma das regiões Nordeste, Sudeste e Sul, totalizando 127,5 GW.

Um fato importante em relação aos ventos no Território Nacional, é que o período de maiores velocidades destes é o mesmo período em que ocorre uma maior estiagem nos rios. Esse fato ou fenômeno faz com que as usinas eólicas operem como complementares das usinas hidroelétricas, possibilitando uma maior estocagem de água em períodos de pouca chuva.

Os principais responsáveis pelo crescimento global da geração de energia eólica são as potências asiáticas China e Índia. A China, com o crescimento de 2011, representa uma média de 43% do mercado mundial, juntamente com a Índia elas tiveram um ano recorde de instalações, chegando juntas a responderem por pouco mais de 50% do mercado global em 2011(GWEC, 2012).



Em 2016, o mercado mundial de energia eólica prevê o crescimento aproximado de 20% em relação ao ano de 2011, chegando a uma capacidade acumulada instalada de 493.33 GW.

3 AEROGERADORES

Um aerogerador é um dispositivo eletromecânico capaz de converter a energia dos ventos (cinética) em energia elétrica por meio da rotação de pás sobre um eixo. Este eixo pode ser horizontal (HAWT's) ou vertical (VAWT's). Dos componentes mecânicos destacam-se o rotor, nacelle, torre e a fundação. Dos componentes elétricos destacam-se o gerador, transformador e inversores.

3.1 FUNDAMENTOS DE UM AEROGERADOR

O aerogerador é de uma forma simplificada, um conversor de energia (converte de cinética para elétrica), que extrai a energia cinética dos ventos e a converte em energia elétrica. A equação que denota a capacidade de produção de energia elétrica (Potência) de um aerogerador é determinada pela equação:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot C_p \cdot \eta_{mec} \cdot \eta_g$$

Onde: η_{mec} é rendimento das peças mecânicas.

η_g é o rendimento do gerador.

Além da energia extraída dos ventos, uma outra variável importante para um aerogerador é seu Fator de Capacidade. Este denota a potência que de fato a turbina gerará, já que o vento é sazonal e a turbina não trabalhará em plena capacidade a todo instante.



3.2 ESTRUTURA DE UM AEROGERADOR

Um aerogerador possui uma nacelle, utilizada para abrigar os demais componentes, como: uma caixa de câmbio (quando necessário) responsável por aumentar as rotações por minuto do eixo primário (conectado as pás) para o eixo secundário (conectado ao gerador). Um gerador elétrico, responsável pela conversão da energia cinética para energia elétrica. E o aerogerador ainda possui uma Torre, que pode ser de treliça ou tubular de concreto ou aço.

4 PARQUE EÓLICO

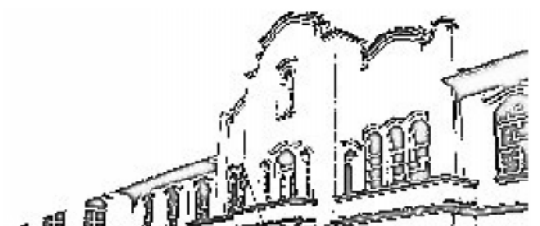
Um parque eólico é um empreendimento que visa à produção de energia elétrica utilizando a energia dos ventos. Ele é composto por aerogeradores distribuídos em uma área onde o potencial eólico é elevado, interconectados através de cabos de média tensão a uma subestação, e cabos de comunicação a uma estação de controle (PINHO, 2008).

Para determinar o local onde será construído, e se irá ser construído, há alguns estudos que devem ser efetuados, tais como: averiguar sua viabilidade técnica verificando a qualidade dos ventos, os acessos às redes de alta tensão de transmissão e os estudos ambientais.

Após verificar a viabilidade do projeto, faz-se necessário requisitar aos órgãos necessários a autorização para a exploração do recurso natural (vento) para a produção de energia elétrica.

4.1 CALCULANDO A POTÊNCIA EÓLICA

Segundo Oliveira (2011) a topologia do terreno, a pressão atmosférica e a temperatura são fatores fundamentais que determinam a velocidade e qualidade dos ventos e por consequência a viabilidade de um parque eólico. Sendo assim, são necessários estudos minuciosos para determinar o potencial eólico da região em questão.



4.1.1 Obstáculos

Obstáculo é qualquer elemento de dimensões conhecidas que alteram as características do vento e que não se classificam como rugosidade e produzem o efeito de sombreamento (DUTRA, 2011).

4.1.2 Rugosidade

Para qualquer fluido em movimento sua velocidade se alterará na medida em que se afasta da superfície que o delimita e também dependerá da rugosidade (conjunto de irregularidades, pequenas saliências e reentrâncias). A superfície que delimita as massas de ar é a Terra, logo a rugosidade da crosta da terra é que determinará o perfil de rugosidade de um terreno. Para um terreno menos rugoso (mais plano), o vento se deslocará com mais velocidade. Já um terreno com alta rugosidade, a velocidade do vento será menor. (CALDAS, 2010).

4.1.3 Coletando Dados do Vento

Para determinar o potencial eólico de uma região, é necessário construir uma estação de monitoramento eólica ou uma torre eólica. Esta estrutura será responsável por suportar os sensores de medição do vento, pressão e temperatura.

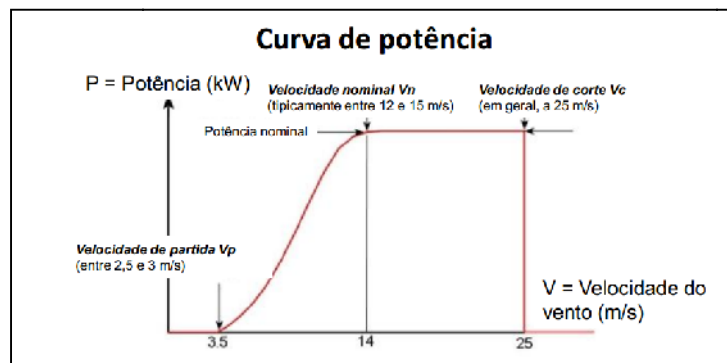
Para a correta instalação da torre eólica, é indispensável que o anemômetro esteja a uma altura de pelo menos 2/3 da altura varrida pelo rotor do equipamento que se deseja instalar. Para mensurar o perfil de vento do local, aconselha-se a instalação de outro anemômetro a 20 metros abaixo. Esta torre poderá mensurar o perfil de ventos de uma área de 2 a 10 km em volta dela.



4.1.4 Determinando o Perfil de Vento do Local

Com os dados dos ventos em mãos, faz-se necessário realizar operações estatísticas para melhor visualizar seu comportamento durante um período de tempo. Sabe-se que a distribuição de Weibull é a melhor forma de representá-lo. Para se calcular a distribuição de Weibull dos regimes de ventos pode-se calcular manualmente utilizando sua equação (13): (OLIVEIRA, 2011).

Figura 2 - Curva de potência típica de um aerogerador.



Fonte: Pessanha, 2012.

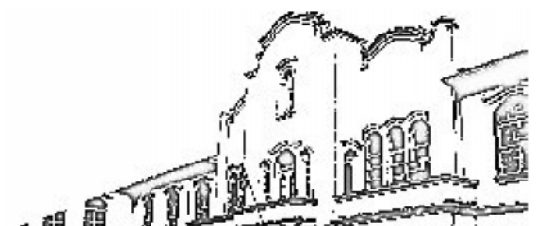
5 CENTRAIS EÓLICAS DE BOM JARDIM DA SERRA

5.1 IMPSA

As Centrais Eólicas Bom Jardim da Serra em Santa Catarina foram implantadas pelo grupo IMPSA (Indústrias Metalúrgicas Pescarmona S.A.). A empresa teve sua origem no ano de 1907 quando o avô do atual Presidente, Enrique M. Pescarmona, fundou a então “Talleres Metalúrgicos Enrique Epaminondas Pescarmona” (Oficina Metalúrgica Enrique Epaminondas Pescarmona), localizada na Província de Mendoza na Argentina. Nos primeiros anos de existência a empresa trabalhava com a fabricação de sobressalentes de ferro fundido, equipamentos para produção de vinho e comportas para canais de irrigação (IMPSA, 2012).

.....

Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013



Em 1965 fundou-se a atual empresa IMPSA, mediante a transferência dos ativos e passivos da anterior administração. Desde então, tem-se expandido e diversificado amplamente sua produção e atividades vinculadas. Durante a década de 70 é que foi criado o mix de produtos que até hoje está vigente e que transformou a empresa na maior fabricante de aerogeradores da América do Sul e uma das maiores de hidro na região (IMPSA, 2012).

5.2 DESCRIÇÃO DO PROJETO

5.2.1 O Empreendimento

Localizada totalmente na região do Planalto Serrano no município de Bom Jardim da Serra – S.C., com investimento de R\$ 500 milhões e distribuído em um terreno de 5 mil hectares, as Centrais Eólicas de Bom Jardim da Serra são de propriedade da empresa IMPSA Wind do grupo IMPSA. O complexo eólico é subdividido em quatro parques com os nomes de Bom Jardim, Rio do Ouro, Púlpito e Santo Antônio, sendo que os três primeiros possuem 20 aerogeradores cada um e o último 2 aerogeradores (IMPSA, 2012).

Figura 7 -Centrais Eólicas de Bom Jardim da Serra



Fonte: Autores, 2012.



O empreendimento foi financiado em longo prazo com a Caixa Econômica Federal mais o BNDES. O tipo de contrato foi PROINFA e possui garantia de venda de 20 anos com a Eletrobrás (ENERGIMP, 2012).

O parque possui, ao lado de sua subestação coletora, chamada de Subestação Rio do Ouro, sua base de operação e manutenção, contando com cerca de 20 profissionais que se revezam no Centro de operação e manutenção do parque.

5.2.2 Potência Instalada

Cada uma das unidades geradoras de energia eólica do parque possui uma potência de 1,5 MW, totalizando 93 MW de potência instalada, porém o parque conta com um aproveitamento de 31% desta potência, isto significa poder iluminar um município com cerca de 200 mil habitantes.

5.3 TERRENO

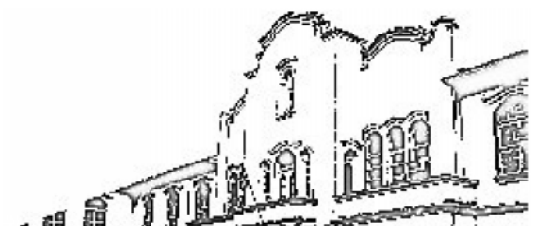
5.3.1 A escolha do terreno

As Centrais Eólicas de Bom Jardim da Serra estão situadas próximas à estrada Serra do Rio do Rastro. Com uma altitude média em relação ao nível do mar de 1450m, a escolha para a instalação das turbinas eólicas foi uma tarefa bastante complexa, uma vez que envolveu a consideração de diversos fatores, tais como a morfologia do terreno, o regime dos ventos, sua conexão com o SIN, apoio governamental, entre outros.

Mesmo com a instalação dos parques, toda estrutura utilizada pelas residências que já existiam, para agricultura e pecuária, continuam no local sem sofrer qualquer tipo de prejuízo.

5.4 ACESSOS

.....
Cadernos Acadêmicos, Palhoça, SC, v.5, n. 2, ago-dez 2013



O acesso aos parques eólicos não foi uma tarefa fácil na evolução do projeto, alguns acessos já existiam, porém eram precários e usados apenas por fazendeiros da região. Com a instalação dos parques, a proprietária do empreendimento assumiu a responsabilidade de melhorias em todos os acessos.

O empreendimento, dentro de seus 5 mil hectares, possui 39 Km de estradas. O acesso a terceiros, após acordo com os fazendeiros, é totalmente controlado por uma empresa de segurança terceirizada contratada pela proprietária dos parques.

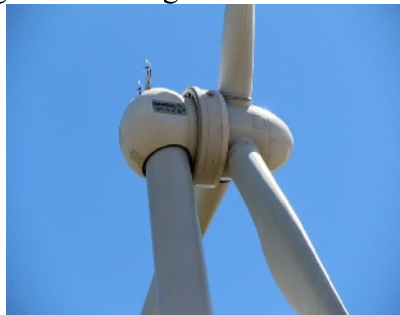
5.5 ESTUDO DO VENTO

O estudo de vento de Bom Jardim da Serra se deu através da coleta de dados provenientes de torres eólicas em torno do parque, como foi realizado pela proprietária do empreendimento, não tivemos acesso a estes dados.

5.6 DESCRIÇÕES TÉCNICAS DOS AEROGERADORES UTILIZADOS NO PARQUE EÓLICO DE BOM JARDIM

O modelo de aerogerador utilizado nos parques de Bom Jardim da Serra foi o IMPSA IV 77 patentado pela fabricante alemã Vensys, para classe de vento IEC Class II e com potência nominal de 1,5 MW.

Figura 8 - Aerogerador IMPSA IV 77



Fonte: Autores, 2012.



Cada pá possui 34,7m de comprimento, somando-se com o hub, o aerogerador possui uma área varrida total pelos rotores de 77m. As torres possuem 100 de altura com diâmetro de 5 na base e 3 no topo, sobre uma fundação de 20 x 4,5 de profundidade, as quais necessitaram de 27 caminhões betoneiras para serem preenchidas. Este aerogerador ainda possui um sistema ativo de ângulo que funciona como um freio aerodinâmico, regulando a potência do aerogerador quando este atinge o seu vento nominal. Além disto, este aerogerador também possui um freio manual utilizado para frear durante as manutenções.

5.7 REDES ELÉTRICAS UTILIZADAS

Em Bom Jardim da Serra foram utilizadas redes de média tensão para interconectar os aerogeradores a subestação coletora. Esta rede foi projetada de forma radial e em sua grande maioria possui cabos com isolamento de 34,5 KV. Os cabos são aéreos na maior parte dos trechos, salvo apenas por pequenos trechos subterrâneos que conectam os geradores até os ramos principais.

Da subestação coletora até a seccionadora da companhia de energia elétrica é utilizada uma LT de 138 KV.

6 CONCLUSÃO

A energia eólica, como se viu ao longo do presente estudo, é uma alternativa viável para a geração sustentável de energia elétrica para o mundo, principalmente por ser renovável e, por isso, não haverá a preocupação de escassez de sua fonte.

Neste artigo foram aprimorados os conhecimentos sobre os aerogeradores, bem como os conhecimentos a cerca de um parque eólico no que diz respeito a sua implantação e operação, assim como suas obrigações legais.

