

# SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS DA PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA GERAÇÃO EÓLICA NO BRASIL

Franciele Weschenfelder<sup>1</sup>  
Lirio Schaeffer<sup>2</sup>

1 Engenheira, mestranda do Grupo de Desenvolvimento em Energias Renováveis- LdTM – UFRGS. E-mail: [franciele.weschenfelder@ufrgs.br](mailto:franciele.weschenfelder@ufrgs.br). Telefone: (53) 9172-0341. Avenida da Azenha, 680. Apto. 1402. Azenha, Porto Alegre.

2 Professor Doutor Coordenador do Laboratório de Transformação Mecânica – UFRGS. E-mail: [schaefer@ufrgs.br](mailto:schaefer@ufrgs.br). Telefone: (51) 3308-6148. Av. Bento Gonçalves, 9500. Bairro Agronomia. CAIXA POSTAL: 15.021 CEP: 91501-970. Porto Alegre - RS - Brasil

## Resumo

O Brasil é um país com grande potencial eólico, possuindo um regime de ventos favorável a geração de energia. A partir de 2004, com a implantação do PROINFA houve um grande avanço nesta tecnologia, com o incentivo fiscal e do uso de tecnologia nacional várias empresas instalaram-se no país. O presente artigo apresenta algumas das evoluções obtidas na área, situação econômica da comercialização desta energia e também as perspectivas para o futuro da energia eólica. A prospecção eólica já não é mais uma novidade no país é uma energia consolidada, com fabricação de peças nacionais e presença nos leilões de energia, agora é preciso investir em infraestrutura para transporte destas peças, na pesquisa para aumentar a eficiência destes sistemas e diminuir ainda mais os custos das mesmas, também incentivar leilões de energia que priorizem energias limpas.

**Palavras-chave:** energia eólica, situação brasileira, perspectivas futuras.

## Abstract

Brazil is a country with great potential for wind energy, having a favorable wind regime power generation. From 2004, with the deployment of PROINFA there was a breakthrough in this technology, with tax incentives and the use of several national technology companies have settled in the country. This article presents some of the developments achieved in the area, the economic situation of the commercialization of this energy and also the prospects for the future of wind energy. The wind prospecting is no longer a novelty in the country is a power consolidated, with parts manufacturing and national presence in energy auctions, now you need to invest in infrastructure to transport these parts, research to increase the efficiency of these systems and further reduce most of these costs also encourage energy auctions that prioritize clean energy.

**Keywords:** wind power, Brazilian situation, future prospects.

## **1 Introdução**

No Brasil 91% da eletricidade é de origem hidráulica, o que torna o sistema muito vulnerável, visto que é dependente de uma única matéria-prima que é suscetível as intempéries da natureza [1]. Para agravar o consumo energético da população cresce anualmente, e há necessidade do avanço e da criação de novas tecnologias para de certa forma suprir as necessidades como também melhorar o modo de vida da população [2].

Levando em consideração tal perspectiva de maior consumo e maior diversificação da matriz energética foi criado em 2004 o Proinfa - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólica, biomassa e pequenas centrais hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) [3].

Com ele o Brasil passou, em pouco mais de 3 anos, de apenas cerca de 22 MW de energia eólica instalada, para os atuais 414 MW instalados, e, em breve serão completados os demais MW previstos. E isso se deve, em grande parte, ao PROINFA, que mostrou a vocação brasileira de uma matriz elétrica limpa [3].

Um exemplo de sucesso da energia eólica no Brasil são os parques eólicos de Osório-RS, que juntos formam o maior complexo gerador de energia a partir dos ventos da América Latina. O empreendimento tem uma potência instalada de 150 megawatts. São 75 aerogeradores, de 2 megawatts cada, com torres de 100 metros de altura. O ineditismo, as dimensões inusitadas e a tecnologia de última geração do complexo o levaram a receber o prêmio de melhor “Project finance” da América Latina no segmento de energias renováveis da Revista Euromoney, em março de 2006 [4].

### **1.1 Estado da Arte**

O custo de geração de energia eólica varia de acordo com a velocidade do vento a Gráfico 1 mostra esta relação, é possível constatar que quanto maior for a velocidade do vento, menor será o custo de geração, o que pode ser explicado pela Gráfico 2, que mostra que quanto maior a velocidade do vento, maior a potência gerada [5].

No entanto é necessário também observar que há um limite de trabalho dos geradores eólicos, normalmente os aerogeradores são projetados para começar a girar a velocidades de vento em torno de 3 a 5 m/s (velocidade de partida) e programados para parar quando o vento atingir altas velocidades, em torno de 25 m/s, para evitar possíveis danos na turbina ou na sua vizinhança (velocidade de corte) [6].

Gráfico 1 – Custo de geração X Velocidade do vento [5].

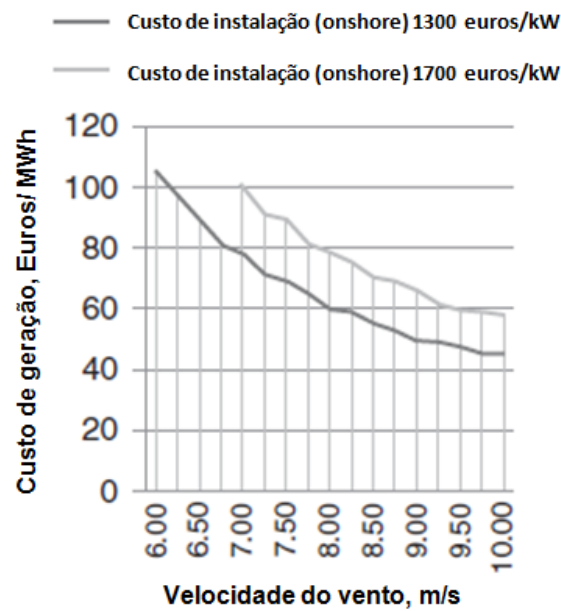
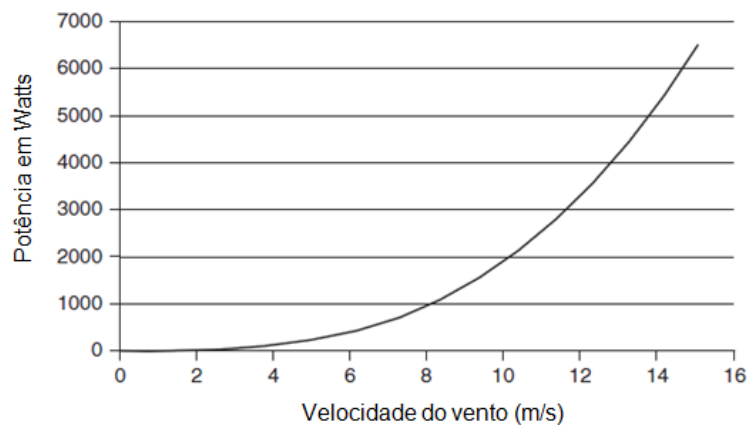


Gráfico 2 – Potência gerada X Velocidade do vento [5].



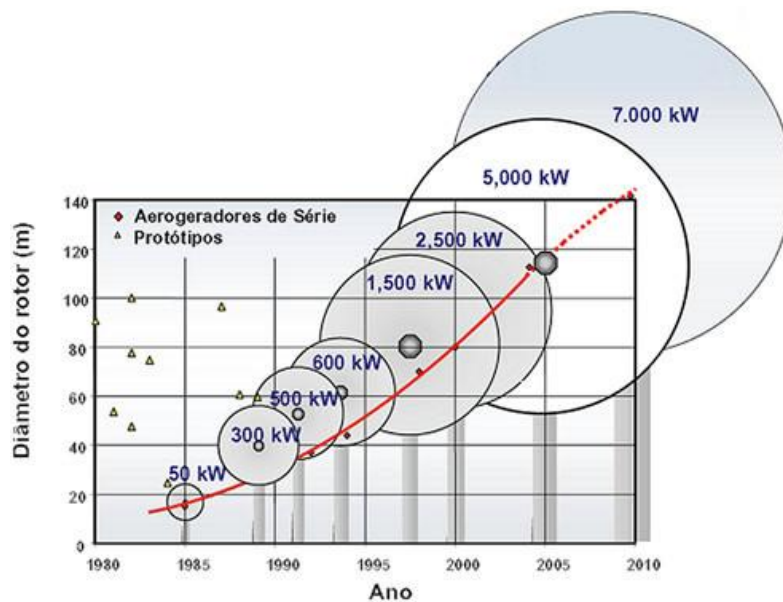
A Tabela 1 mostra um comparativo entre algumas tecnologias de geração de energia, nela é possível notar que o diferencial da energia eólica é não haver custo de combustível, sendo os custos de instalação, manutenção e operação similares ou até mesmo inferiores da termelétrica a carvão.

Tabela 1 – Comparativo entre os custos das tecnologias de geração de energia [5].

Tecnologia	Custo de instalação, €/kW	Custo do combustível, €/kW	Custo de operação e manutenção, €/kW
Termelétrica a gás	635-875	US:16 EU:27	19-30
Termelétrica a carvão	1300- 2325	US:12 EU:18	30-60
Nuclear	1950-3400	3.6 – 5.5	80-96
Eólica onshore	1300-1500	N/A	33-50
Eólica offshore	3000	N/A	70

O diâmetro do rotor do aerogerador é inversamente proporcional à velocidade angular do rotor. Aumentar as dimensões da turbina faz a rotação diminuir (rotação= 1150 / diâmetro do rotor). Para minimizar a emissão de ruído aerodinâmico pelas pás, usualmente a rotação é minimizada. O Gráfico 3 mostra a evolução do diâmetro das pás, além de minimizar o ruído, esta evolução auxilia na redução da mortandade dos pássaros, visto que com um rotação reduzida tornam as pás visíveis e evitáveis [7].

Gráfico 3 – Evolução do diâmetro do rotor de aerogeradores [7].



Os geradores, outro componente fundamental da geração eólica também tem evoluído, resultando em aerogeradores de grande variedade de tamanho, o que criou dois grupos distintos, os de pequeno porte (0,1kW – 100kW) (50CM – 21M) e os de grande porte (100kW – 4500kW) (21M – 112M). Existem duas topologias gerais de construção dos captadores os de eixo vertical e os de eixo horizontal [8].

Cada fabricante possui um tipo de construção diferenciada e estas diferenças determinam a potência do equipamento, nível de rotação, nível de ruído e segurança, porém basicamente por um rotor eólico (responsável por transmitir a energia cinética dos ventos para um eixo), alternador (recebe a energia eletromotriz e converte em energia elétrica), sistema de direcionamento (pelo alinhamento do rotor em direção ao vento), sistema de segurança (sistema de proteção para momentos de ventos muito fortes) e controlador de carga (gerencia a geração de energia) [8].

O grande desafio estabelecido pelo PROINFA foi o índice de 60% de nacionalização dos empreendimentos, com o objetivo de fomentar a indústria de base dessas fontes [3]. Existe uma perspectiva de desenvolvimento econômico gerado pelo fortalecimento da cadeia produtiva desta energia no país, outro fator que motiva a migração de fábrica para o Brasil é o significativo potencial eólico, estimado em 272 TWh por m<sup>3</sup> medido com torres de 50 metros de altura. A Tabela 2 mostra os principais fabricantes de aerogeradores no Brasil [9].

Tabela 2 – Fabricantes de aerogeradores no Brasil [10]

Fabricante	Potência (MW)	Capacidade anual de produção (MW)	UF	Observações
IMPSA	2	1000	PE	-
Wobben/Enercon	0.5 a 3	500	SP,CE, RN	-
GE	1,6	500	SP	Previsão de fornecimento de 700 turbinas eólicas nas linhas 1.5 r 1.6 MW
Gamesa	4,5	400	BA	Previsão de que no 1º semestre de 2013, 330 MW divididos em 11 parques estejam sob operação da Gamesa
WEG/MTOI	1,65	100	SC	-
Suzlon	2,1	500-600	RS	182 turbinas instaladas, somando 380 MW, mais 350 MW em projetos já contratados e ainda 300 MW em negociação.
Alstom	3	300	BA	Antes do início de suas operações no Brasil, a Alstom já fechou dois contratos para parques eólicos.
Fuhrlander	2,5	200-300	CE	32 turbinas de 2,5 MW instaladas e negociação de

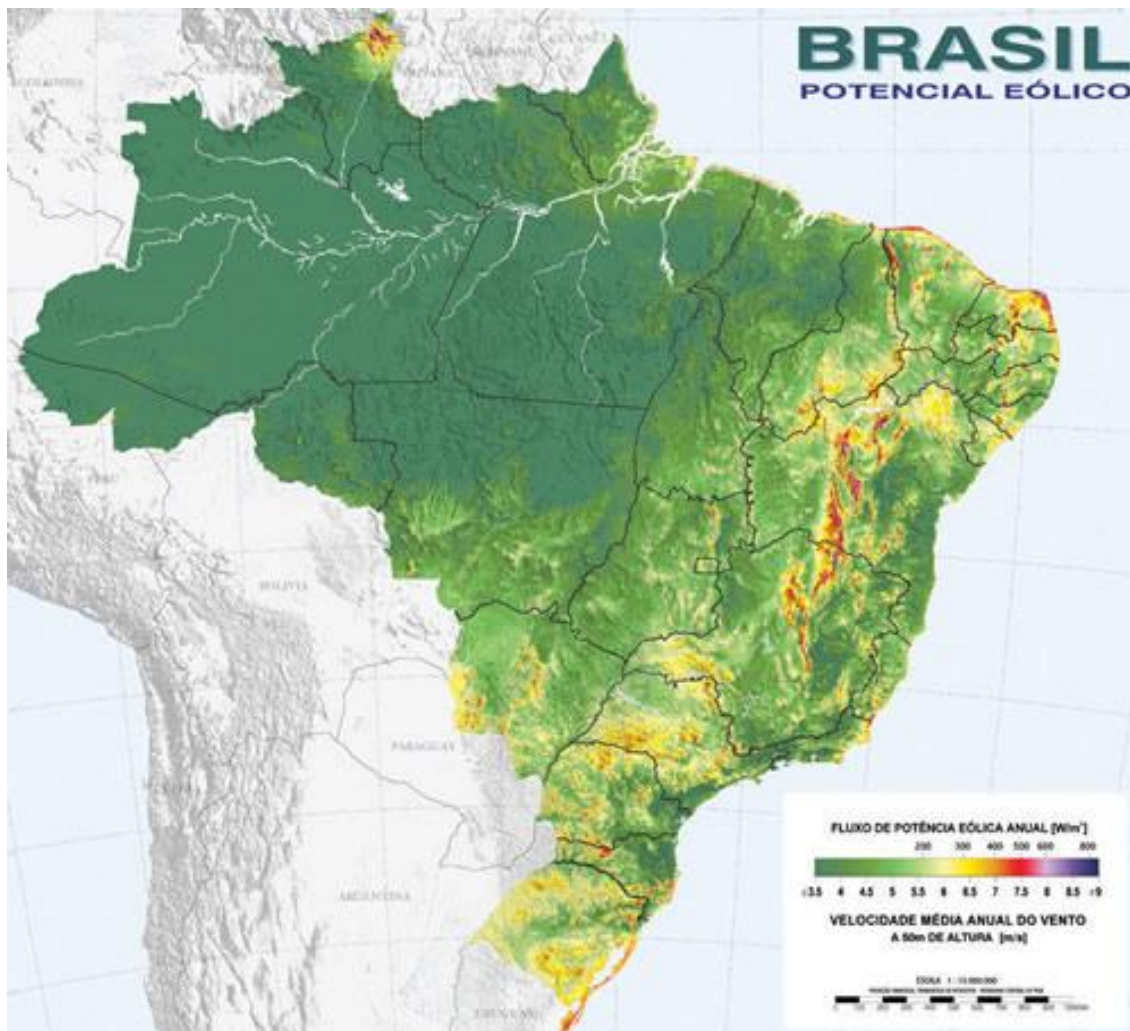
				500MW.
Vestas	3	800	NE	Suas turbinas somam mais de 200 MW instalados
Siemens	6	-	NE	Foram assinados contratos para instalação de 136 aerogeradores em 12 parques eólicos.

Além disso, estão em construção, as fábricas da Fuhrländer (alemã) e da Suzlon (indiana), aumentando a capacidade de produção nacional para a faixa de 4.400-4.600 MW por ano. As empresas Siemens (alemã) e Guodian United Power (chinesa) estudam a viabilidade de instalarem plantas no país, o que poderá aumentar ainda mais a produção nacional [11].

## 2 Potencial eólico brasileiro

O atlas do potencial eólico brasileiro cobre todo o território nacional. Seu objetivo é fornecer informações para capacitar tomadores de decisão na identificação de áreas adequadas para aproveitamentos eólio-elétricos [12]. A Figura 1 mostra a velocidade média anual de vento a 50 metros de altura, sendo que esta média é maior em alturas maiores.

Figura 1 – Mapa temático de velocidade média anual de vento a 50 m de altura [12].



### 3 Energia Eólica nos leilões

A Tabela 3 mostra um levantamento dos últimos leilões de energia, comparando a eólica com as usinas hidrelétricas (UHE). É possível observar que o a eólica de 2009 até 2012 teve uma diminuição de aproximadamente R\$ 60,00 por MWh. Um dos fatores que influenciaram neste decréscimo de custo é o aumento de fábricas de aerogeradores e componentes no Brasil, o que aumenta a competitividade pressionando o mercado a oferecer produtos finais com custo menor.

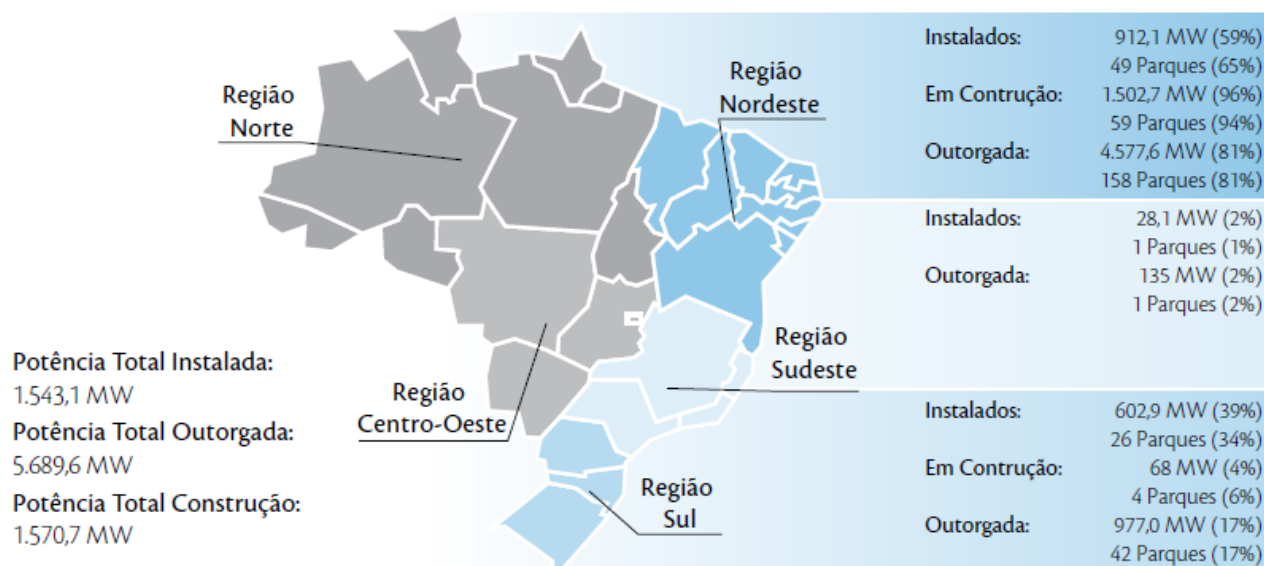
Tabela 3 – Resultado dos últimos leilões de energia [13].

Leilão	Eólica - ICB (R\$/MWh)	UHE – (R\$/MWh)
RESULTADO DO LEILÃO n°. 03/2009	148,39	78,00 (Leilão 006/2009)
Resultado do Leilão n° 07/2010 (Fontes Alternativas)	130,43	104,00 (Leilão n°. 04/2010)
13° Leilão de Energia Nova (Edital n° 07/2011-ANEEL)	108,12	91,2
15° Leilão de Energia Nova (Edital n° 06/2012-ANEEL)	87,77	82,00

### 4 Parques eólicos em construção

A Figura 2 mostra a divisão da potência de parques eólicos em operação, em construção e outorgados por Região no Brasil. Somando a potência instalada, em construção e outorgada, totaliza uma potência na Região Sudeste de 163,1MW (do total de 2 parques), na Região Sul de 1647,9 MW (do total de 72 parques), na Região Nordeste de 6999,4 MW (do total de 266 parques). Verifica-se que as capacidades instaladas das Regiões Nordeste e Sul são as mais altas, porém o crescimento maior ocorrerá com grande concentração na Região Nordeste [14].

Figura 2 – Mapeamento dos parques eólicos no Brasil [14].



## 5 Perspectivas futuras

O Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2021 da empresa de Pesquisa energética (EPE) aponta que um dos destaques do novo ciclo de planejamento é o forte crescimento da fonte eólica, cuja capacidade instalada chegará, pelas projeções, a 16 mil MW ao final do horizonte – ultrapassando a capacidade da geração à biomassa, que terá 13 mil MW [15].

Até 2020 a energia eólica pode garantir 10% das necessidades mundiais de eletricidade, pode criar 1,7 milhões de novos empregos e reduzir a emissão global de dióxido de carbono na atmosfera em mais de 10 bilhões de toneladas [16]. Os próximos anos serão fundamentais para a sustentabilidade do setor, consolidando a indústria e assegurando o domínio tecnológico desta fonte de geração de energia. O crescimento da indústria de energia eólica brasileira traz também muitos desafios associados, como a logística do transporte interno de equipamentos e de transmissão, a escassez de mão de obra e aspectos ambientais [17].

## 6 Considerações finais

O assunto energia eólica deve passar a ser tratado com uma tecnologia fundamentada e não mais somente como uma novidade. A indústria já possui investidores e já está inserida na matriz energética (garantido através dos leilões). O desenvolvimento tecnológico, aumento da altura dos aerogeradores, aumento do diâmetro das pás e rotores e a qualidade da matéria-prima brasileira (especificidades dos ventos). O fator de capacidade no Brasil, da ordem de 45%, enquanto que nos demais países esse número gira em torno de 30 a 35%, tornando o Brasil um dos mais produtivos em termos de energia eólica [17].

No quesito socioambiental, a energia eólica é a opção mais limpa para a produção de energia disponível comercialmente no Brasil, com baixo impacto ambiental, em um contexto de economia de baixo carbono. Para fundamentar esta tecnologia o Brasil precisa investir em meios eficientes de transportar estes componentes (pás, nacelle, etc) das fábricas até os parques, incentivar a competitividade entre as mesmas, para que cada vez haja mais eficiência e menos custo. Mas, principalmente, o país precisa de uma conscientização na área energética, mudar os atuais leilões que consideram apenas o preço da energia. É preciso considerar como prioridade as fontes renováveis e limpas de energia.

## Bibliografia

[1] A Crise Energética Brasileira. CPLF. Disponível em: <http://www.aleph.com.br/sciarts/cpfl/CPFL%20-%20Criseenergia.htm>. Acesso em: 25/01/2013.

[2] CERQUEIRA, Niander Aguiar. SOUZA, Victor Barbosa de. Energia fotovoltaica como uma solução para crise energética: análise da viabilidade técnica de sua implantação em edifício de uma instituição de ensino superior na cidade de Itaperuna- RJ. VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão. ISSN 1984-9354. Faculdade Redentor, 2012.

[3] MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. Programa de incentivo às fontes alternativas de energia elétrica (Proinfa). Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa>. Acesso em: 18/02/2013



- [4] Ventos do sul energia. O projeto. Disponível em: <http://www.ventosdosulenergia.com.br/highres.php>. Acesso em: 07/02/2013.
- [5] Pramod Jain. Wind Energy Engineering. Trim: 6in X 9in(New Technical Design). ISBN 978-0-07-171477-8. August 5, 2010.
- [6] MACHADO, Rogério Rossi. Estudo do potencial eólico do Pontal do Abreu – município de Viamão – RS. Dissertação apresentada à Comissão de Curso de Pós-Graduação em Engenharia Oceânica da Universidade Federal do Rio Grande. Dezembro, 2008.
- [7] Energia Eólica. Aerogerador de Eixo Horizontal. Disponível em: <http://evolucaoenergiaeolica.wordpress.com/aerogerador-de-eixo-horizontal/custo-comparativo/>. Acesso em: 14/02/2013.
- [8] ENERSUD, Energia limpa. Disponível em: [http://enersud.com.br/?page\\_id=60](http://enersud.com.br/?page_id=60). Acesso em: 18/02/2013.
- [9] TOLMASQUIM, T.M. Novo modelo do setor elétrico brasileiro. Synergia Editora. 2011.
- [10] EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional- BEN (ano Base 2011). Desenvolvimento da tecnologia eólica no Brasil. Rio de Janeiro, Maio 2012.
- [11] Avaliação e percepções para o desenvolvimento de uma política de CT&I no fomento da energia eólica no Brasil. Brasília:Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. SÉRIE DOCUMENTOS TÉCNICOS, NOVEMBRO 2012 - Nº 13.
- [12] Atlas do potencial eólico brasileiro. CRESESB Centro de Referência para Energia solar e eólica Sérgio de Salvo Brito. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/index.php?task=livro&cid=1>. Acesso em: 20/02/2013.
- [13] Leilões de energia. Aneel – Agência Nacional de energia Elétrica. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br//aplicacoes/editais\\_geracao/edital\\_geracao.cfm](http://www.aneel.gov.br//aplicacoes/editais_geracao/edital_geracao.cfm). Acesso em: 20/02/2013.
- [14] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - Aneel. Banco de Informações de Geração (BIG). Capacidade de geração do Brasil. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.asp>. Acesso em: 20/02/2013.
- [15] Plano Decenal de Expansão de Energia – PDE 2021. EPE Empresa de Pesquisa Energética. Derivados da cana e eólica sustentarão aumento de participação das fontes renováveis ao longo dos próximos 10 anos. Rio de Janeiro, 26/09/2012.
- [16] Ventos Brasil Comércio e Representações Ltda. Perspectivas futuras. Disponível em: <http://www.ventosbrasil.com/historico.html>. Acesso em: 21/02/2013.

[17] Melo, Elbia. A Perspectiva de Futuro da Energia Eólica. Disponível em: <http://www.abeeolica.org.br/index.php/artigos/118-a-perspectiva-de-futuro-da-energia-e%C3%B3lica.html>. Acesso em: 21/01/2013.