ESTUDO PROSPECTIVO DAS TECNOLOGIAS EM ENERGIA EÓLICA: UMA ABORDAGEM SOBRE TURBINAS EÓLICAS

CRUZ, Cleide Ane Barbosa da*; GUIMARÃES, Daiane Costa; CARNEIRO NETO, José Aprígio; PAIXÃO, Ana Eleonora Almeida; RUSSO, Suzana Leitão; SANTOS, João Antônio Belmino dos

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, Universidade Federal de Sergipe
* email: cleideane.barbosa@bol.com.br

Resumo: *Ao longo dos anos, a necessidade pela produção de energia elétrica tem aumentado de maneira exponencial e gerado muitos problemas ambientais e climáticos ao planeta. Uma das formas de reduzir esses impactos é a produção de energia elétrica extraída de fontes limpas da emissão de gás carbônico, tais como: vento, água, sol. A opção da energia eólica insere-se numa política estratégica de desenvolvimento sustentável que está se destacando nos últimos anos em todo o mundo. Desta forma, foi realizada uma prospecção baseada na busca de patentes para com isso apresentar uma visão geral de desenvolvimento tecnológico relacionado às turbinas eólicas. O levantamento dos documentos de patentes foi realizado na base Espacenet associando os termos Wind turbines AND Power AND generator, tendo retornado 423 documentos. Notou-se a existência de depósitos a partir do ano de 2000 até 2014, com mais números de depósitos nos anos de 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014, com respectivamente, trinta e um, quarenta e um, cinquenta e dois, cinquenta e quatro, cinquenta e cinco, cinquenta e quatro, cinquenta e vinte e cinco. O país com mais depósitos de patentes foi a China. Destaca-se, ainda, que 67% dos depósitos de patentes originam-se de inventores individuais, 25% de empresas e apenas 8% de Universidades.*

Palavras-chave: *Energia renovável, Turbinas eólicas, Inovação.*

1. INTRODUÇÃO

As fontes energéticas são formadas por matérias que possuem a capacidade de gerar energia através da sua transformação. Essas fontes energéticas estão divididas em dois grupos: fontes energéticas renováveis e não renováveis. As fontes energéticas não renováveis possuem reservas limitadas e levam muito tempo para se recuperar ou se renovar. Já as fontes energéticas renováveis, possuem uma capacidade maior e mais rápida de regeneração, além de serem inesgotáveis (CARVALHO, 2003).

Ao longo dos anos a necessidade pela produção de energia elétrica, tem aumentado de maneira exponencial e gerado muitos problemas ambientais e climáticos ao planeta. Uma das formas de reduzir esses impactos é a produção de energia elétrica extraída de fontes limpas da emissão de gás carbônico, tais como: vento, água e o sol (MULLER *et al.*, 2002).

Uma das fontes de energia renováveis que vem se destacando nos últimos anos é a eólica. A energia eólica é produzida através da energia cinética criada pela movimentação das massas de ar (vento). A sua capitação é realizada pela transformação dessa energia cinética em energia elétrica, através dos movimentos de rotação de turbinas eólicas. Além disso, as fontes de energia eólica podem funcionar durante o ano todo, tanto pelo dia quanto pela noite e não dependem de condições ambientais para o seu funcionamento (ANEEL, 2002).

O uso desse tipo de energia é muito antigo, a sua primeira utilização foi nos barcos à vela e nos moinhos de vento (BOSE, 2002). O primeiro moinho de vela foi construído por volta de 1700ac, na Mesopotâmia e utilizava um sistema apoiado em um eixo vertical para fazer o bombeamento de água. Posteriormente, por volta dos anos 500-900dC, surgiram na Pérsia os primeiros moinhos de vento automatizados. Esses moinhos eram constituídos por um eixo vertical e pás de tecido ou vela, fixados de forma direta a um rotor, que girava dependendo da força do vento que batiam nas velas. Durante muito tempo as utilizações dos moinhos de vento eram basicamente para bombear água e moer grãos (PENA *et al.*, 1996).

Em 1988 surgiu o primeiro sistema que utilizavam a força do vento para a geração de energia elétrica, as chamadas turbinas eólicas. Esse sistema foi desenvolvido por Charles Brush, da empresa Brush Eletric, em Cleveland nos Estados Unidos. O sistema desenvolvido por Brush era um moinho de vento de 17 metros de diâmetro, composto por 144 pás de madeira, que utilizava um gerador de corrente continua (CC) para carregar o banco de baterias. Além disso, o moinho de Brush possuía uma cauda que fazia a movimentação do rotor na direção do vento e uma caixa de engrenagem que era responsável pelo controle das velocidades de rotação do eixo e pela velocidade de operação do gerador de energia (MULLER *et al.*, 2002).

As turbinas eólicas são máquinas que fazem a conversão de energia cinética do vento em energia mecânica e posteriormente de energia mecânica para energia elétrica, utilizando para isso um conjunto de equipamentos, tais como: rotor, eixo e gerador. Podemos classificar as turbinas eólicas seguinte forma: por meio da sua quantidade de pás, pela sua rotação, pela sua velocidade de ponta, pela sua potência nominal e em relação a sua altura e diâmetro (GASCH e TWELE, 2002).

As principais partes que compõem uma turbina eólica são: o Rotor (Faz a transforma da energia cinética do vento em energia mecânica de rotação), o Cubo (Peça que faz o acoplamento das pás ao eixo principal de rotação), o Sistema de Transmissão (Faz a transmissão do torque e da rotação para o gerador elétrico), o Sistema de giro (Faz a rotação da Nacele em 360º, mantendo o rotor alinhado com a direção do vento), a Torre (Tem a função de dar suporte para o rotor e para a Nacele), o Gerador Elétrico (Faz a conversão do torque e da rotação em energia elétrica), os Sensores (Tem a função de medir a velocidade e a direção do vento, auxiliando o sistema de controle), a Nacele (Responsável por abrigar os principais componentes do sistema eólico) e o Transformador (Responsável pelo acoplamento elétrico entre a turbina eólica e a rede elétrica) (ENERGY.GOV, 2015).

As turbinas eólicas podem ser classificadas quanto ao eixo de rotação em turbinas de eixo horizontal e turbinas de eixo vertical. No cenário mundial, a maioria das turbinas instaladas são turbinas de eixo horizontal (KROHN, 2000). Dependendo da posição do rotor em relação à torre, as turbinas eólicas de eixo horizontal podem ser classificadas em upwind e *downwind*. A diferença entre os modelos de turbinas *downwind* e upwind está na forma de incidência do vento na área de varredura do rotor. Nas turbinas *downwind* o vento incide na parte de trás da turbina, enquanto nas turbinas *upwind* o vento incide na parte da frente da turbina. (BURTON e SHARPE, 2001). Os modelos de turbinas *downwind*, devido aos problemas de ruídos causados pelas fortes turbulências entre o vento e a torre, não são muito utilizados próximos de áreas urbanas. As configurações de turbinas mais utilizadas nos parques eólicos modernos são do tipo eixo horizontal, *upwind*, com um rotor e três pás (CASTRO, 2003).

Em relação ao modo de operação as turbinas eólicas estão divididas em três regiões: Região I (que determina a velocidade mínima de partida da turbina em relação a vento, que deve ser entre 3 a 5 m/s), Região II (que determina o tipo de velocidade de operação da turbina, se é constante ou variável. Isso vai depender do tipo de gerador e do sistema de controle utilizado) [13] e a Região III (que vai determinar o limite de potência de saída a ser utilizada pela turbina, que pode varia entre 12 a 25m/s) (MULLER *et al*., 2002).

No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), a energia eólica teve seu início comercial em 1992, através de uma parceria entre o Centro Brasileiro de Energia Eólica (CBEE) e a Companhia Energética de Pernambuco (CELPE). A primeira turbina utilizada nesse sistema tinha a capacidade de gerar 225 kW e foi instalada no arquipélago de Fernando de Noronha, em Pernambuco. Atualmente a matriz energética eólica do Brasil, conta com: 281 Usinas instaladas, gerando uma capacidade de 7,07 GW, com uma redução de CO2 de aproximadamente 12.522.293 Toneladas/ano (ABEEólica, 2015).

O objetivo desse artigo foi realizar um estudo de prospecção visando verificar o panorama mundial dos documentos de patentes relacionados a tecnologias aplicadas a turbinas eólicas.

2. MÉTODO

Este estudo prospectivo foi realizado em agosto de 2015 e partiu da análise de pedidos de patentes nos bancos de dados do *Espacenet*, visando identificar os depósitos de patentes relacionados às turbinas eólicas.

Na busca de documentos de patentes utilizaram-se os termos *wind turbines AND power AND generator*, *wind turbines AND power* e *wind turbines AND generator*, visando encontrar documentos relacionados às turbinas eólicas. Nessa pesquisa, analisaram-se os termos *wind turbines AND power AND generator*. De acordo com a Tabela 1, foram encontrados no campo *Keyword(s) in title or abstract* 423 documentos com os termos *wind turbines AND power AND generator*, sendo que nesse termo foi realizado um corte temporal levantando dados do período de 2000 a 2014.

Tabela 1 – Quantitativo de depósitos de patentes pesquisadas no banco de dados do *Espacenet* (EPO)

Palavras-chave	EPO
Wind turbines and power and generator	423
Wind turbines and power	1882
Wind turbines and generator	934
TOTAL	**3239**

3. RESULTADOS

A Figura 1 apresenta a evolução anual do depósito de patentes, demonstrando por meio de um corte temporal, documentos de 2000 a 2014. Verificou-se que de 2000 a 2006 houve poucos depósitos, tendo havido uma alavancagem em 2007. Os anos de 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014 obtiveram os maiores números de depósitos, com respectivamente, trinta e um, quarenta e um, cinquenta e dois, cinquenta e quatro, cinquenta e cinco, cinquenta e quatro, cinquenta e vinte e cinco.

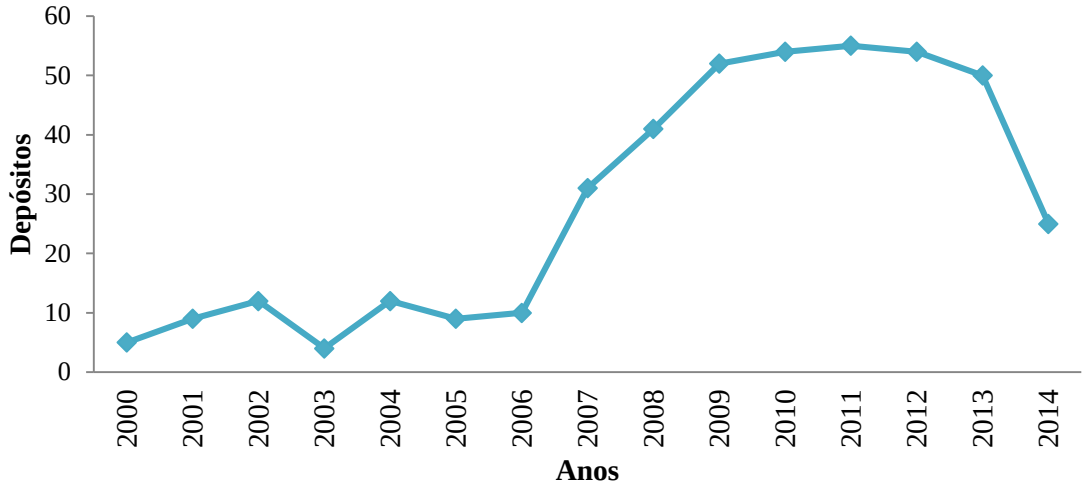

Figura 1 – Evolução anual do depósito de patentes entre os anos de 2000 a 2014

Em relação ao país depositante, foi possível verificar que a China apresenta maior número de registros com cento e vinte e um depósitos, como demonstra a Figura 2, seguido dos Estados Unidos com oitenta e nove, Organização Mundial de Patentes com quarenta e oito, Coreia do Sul com quarenta e cinco, Japão com vinte, Grã – Bretanha com quatorze, Patentes Europeias e Alemanha com dez, Moldova com nove, Rússia com oito, Canadá com sete, México com seis, Ucrânia, Taiwan e Austrália com cinco, Sérvia e Romênia com quatro, Látvia, Grécia e Bulgária com três, Lituânia com dois, Nova Zelândia e Emirados Árabes com um depósito cada.

É importante ressaltar que não foi identificado nenhum depósito de patente referente a turbinas eólicas no Brasil; mostrando que ainda é necessário investir na parceria entre universidades e empresas, as quais poderão favorecer o estímulo às pesquisas no país.

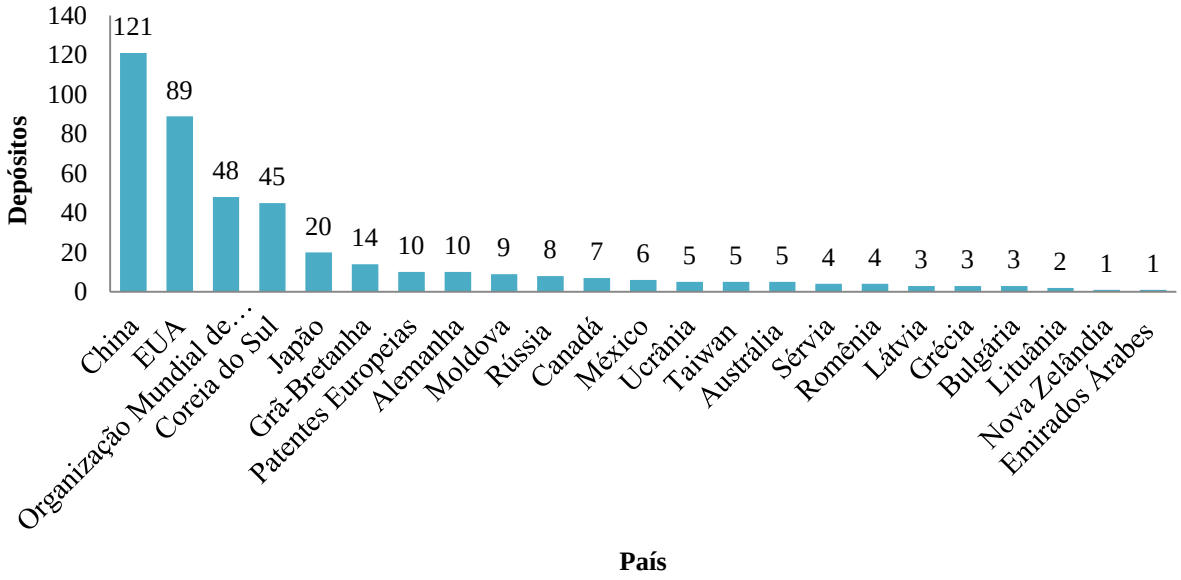

Figura 2 – Distribuição de depósitos por país de origem

Ao pesquisar por códigos da classificação Internacional de Patentes (CIP), conforme mostra a Figura 3, notou-se que a classificação mais presente nos resultados foi a F03D9/00: adaptações de motores a vento para uso especial; combinações de motores a vento com aparelhos por eles acionados, seguida das classificações F03D11/00: detalhes, peças ou acessórios não incluídos nos, nem pertinentes aos outros grupos desta subclasse; F03D3/06: rotores de motores a vento com o eixo de rotação sensivelmente em ângulo reto com a direção do vento; F03D3/00: motores de vento com eixo de rotação substancialmente em ângulo reto com a direção do vento (controlando F03D 7/00); F03D3/02: que tem uma pluralidade de rotores; F03D3/04: tendo meios de guiamento estacionários de vento, por exemplo com uma gola ou canais (F03D 3/02 tem prioridade); F03D9/02: o aparelho de armazenamento de energia; F03D11/04: montagem de estruturas (ou seja, meios para suportar motores de vento, por exemplo, torres); F03D7/04: controle automático; regulação; F03D11/02: transmissão de energia, por exemplo, usando lâminas desgastante ocos.

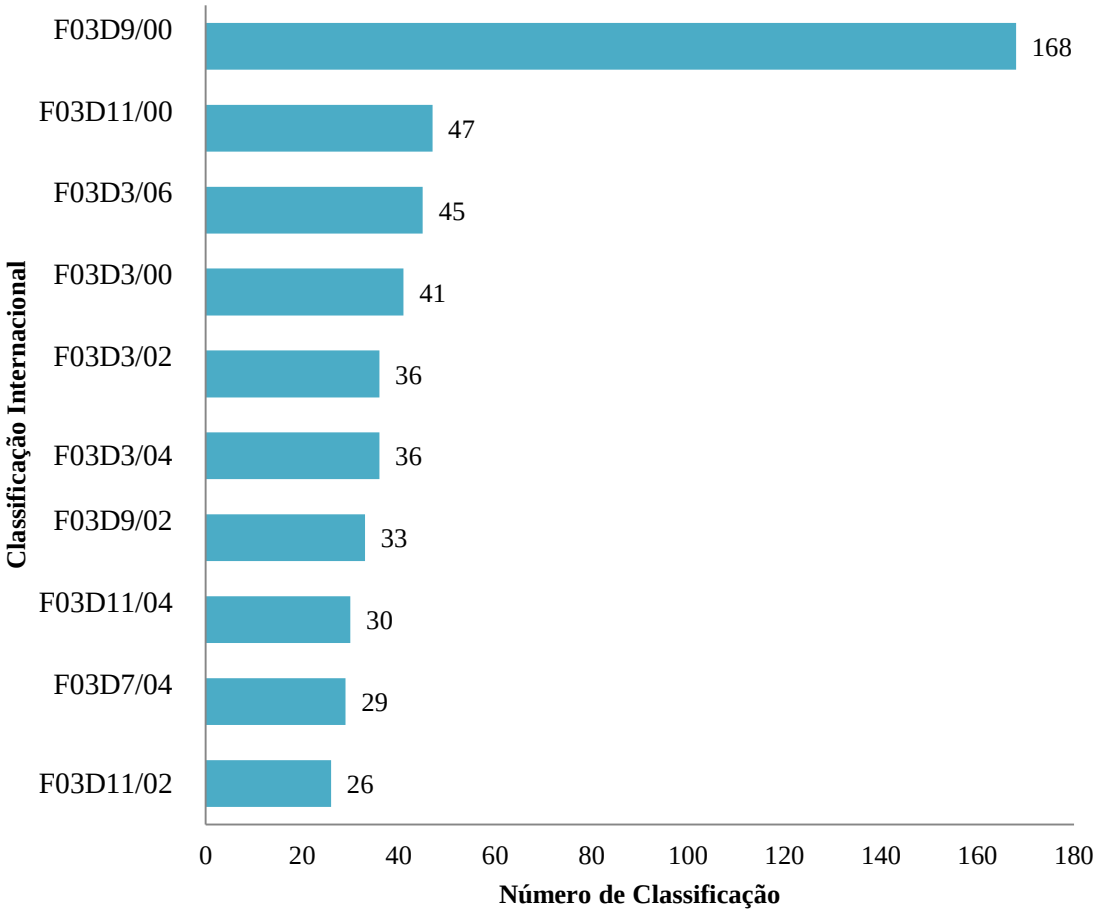

Figura 3 – Patente por código de classificação internacional

O perfil dos depositantes, destacado na Figura 4, indica que a maioria dos depositantes, 67% são inventores independentes, 25% são empresas e apenas 8% são Universidades. Esses dados revelam que ainda há uma deficiência quanto aos investimentos das universidades em pesquisas e patentes sobre turbinas eólicas.

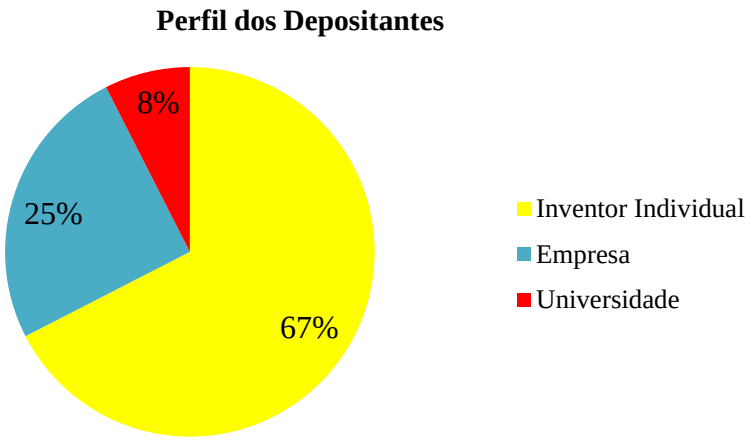

Figura 4 – Perfil dos depositantes

A Figura 5 apresenta os inventores relacionados a mais de um depósito de patente, onde se pode observar que somente FORTAMANN JENS, BOSTAN ION e DULGHERU VALERIU obtiveram três depósitos, os demais obtiveram quatro depósitos. É importante frisar que com base no *Espacenet* a maioria dos depósitos foram feitos na China, mesmo os inventores tendo nacionalidades diversas como mostra a figura, sendo pertencentes a Moldova (MD), Alemanha (DE), Japão (JP) e Estados Unidos (US).

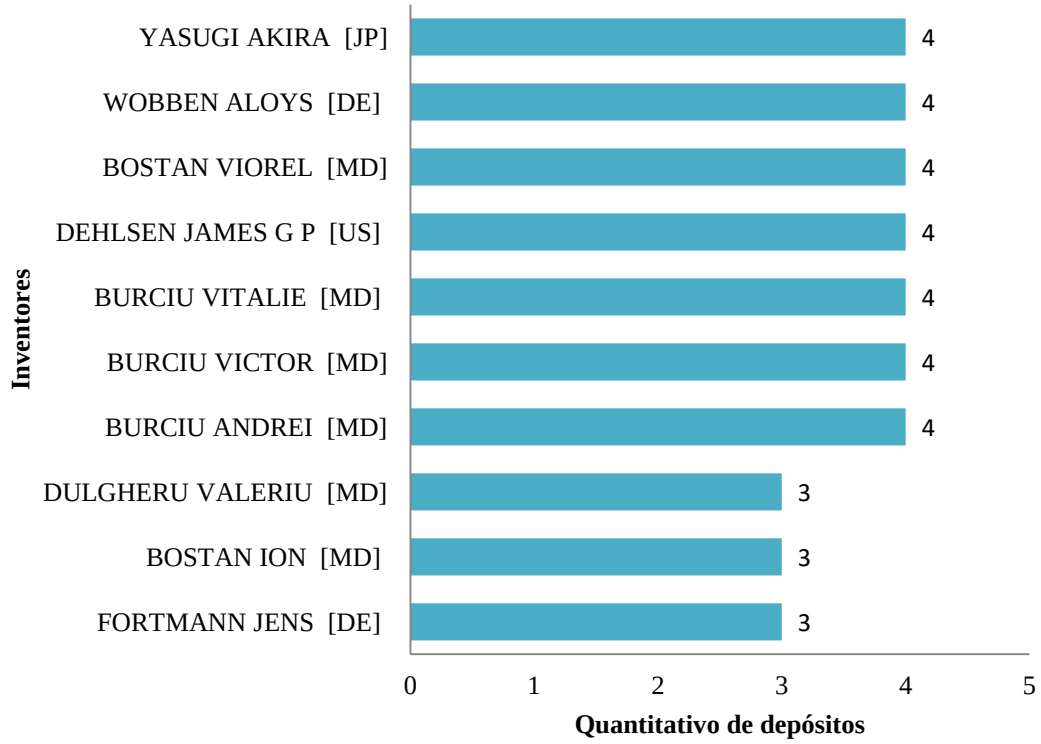

Figura 5 – Depósitos de patentes por inventores

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados da prospecção tecnológica, pode-se concluir que, em referência às turbinas eólicas houve, mundialmente, um número significativo de depósitos de patentes. Verifica-se que os anos de 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 e 2014 obtiveram os maiores números de depósitos, com respectivamente, trinta e um, quarenta e um, cinquenta e dois, cinquenta e quatro, cinquenta e cinco, cinquenta e quatro, cinquenta e, vinte e cinco.

Em relação aos países que mais depositaram sobre essa tecnologia, destaca-se a China que obteve o maior número de registro com cento e vinte um depósitos. Observa-se ainda, o perfil de depositantes que na sua maioria, é de Inventores Individuais com (67%), seguido das

Empresas com (25%) e Universidades com (8%). Visualizam-se, nos dados, que entre as classificações IPC o código que se predomina em relação às demais foi a F03D11/02: transmissão de energia, por exemplo, usando lâminas desgastantes ocasionadas.

Também observou os inventores que mais tiveram depósitos sobre turbinas eólicas, apenas obteve três depósitos os inventores FORTAMANN JENS, BOSTAN ION e DULGHERU VALERIU; os demais obtiveram quatro depósitos cada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABEEólica. Associação Brasileira de Energia Eólica. 2015. Boletim de Dados de Julho de 2015. Disponível em:<http://abeeolica.org.br/pdf/Boletim-de-Dados-ABEEolica-Julho-2015-Publico.pdf.>. Acessado em setembro de 2015.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de Energia Elétrica do Brasil. 3ª ed. Brasília. 2002. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>. Acessado em setembro de 2015.

BOSE, B. K. Modern Power Electronic and AC Drivers. Prentice Hall, 2002.

BURTON, T., SHARPE, D. Wind energy Handbook. John Wiley and Son, LTD. 2001.

CARVALHO, P. Geração Eólica. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2003.

CASTRO, R M.G. Introdução a Energia Eólica. Universidade Técnica de Lisboa. Portugal. 2003.

ENERGY.GOV. Office of Energy Efficiency & Renewable Energy. How wind Turbines Work. 2015. U.S. Department of Energy. Disponível em: <http://energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work>. Acessado em setembro de 2015.

GASCH, R; TWELE, J. Wind Power Palnts: Fundamentals, Design, Construction and Operation. Solarpraxis AG, 2002.

KROHN, Soren. Wind Turbines: Horizontal or Vertical Axis Machines. Danish Wind Industry Association. Denmark. 2000. Disponível em: <http://www.windpower,org/en/tour/design/horver.htm>. Acessado em setembro de 2015.

MULLER, S.; DEICKE, M; De DONCKER, R. W. Doubly fed induction generator systems for Wind Turbines. Industry Applications Magazine, IEEE, Volume: 8, May-June 2002.

PENA, R.; CLARE, J.C; ASHER, G.M. Doubly fed induction generator using back-to-back PWM converters and its application to variable-speed wind-energy generation. Electric Power Applications, IEE Proceedings, Volume: 143, pp: 231-24, May 1996.

PROSPECTIVE STUDY TECHNOLOGY IN WIND ENERGY: APPROACH ON WIND TURBINES

CRUZ, Cleide Ane Barbosa da*; GUIMARÃES, Daiane Costa; CARNEIRO, José Aprígio; PAIXÃO, Ana Eleonora Almeida; RUSSO, Suzana Leitão; SANTOS, João Antônio Belmino dos

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, Universidade Federal de Sergipe
*email: cleideane.barbosa@bol.com.br

Abstract: *Over the years, the need for electric energy production has increased exponentially is generated many environmental problems and climatic the planet. One way to reduce these impacts is extracted electricity production from clean sources of carbon dioxide emissions, such as wind, water, sun. The wind power option is part of a strategic policy of sustainable development that is emerging in recent years around the world. Thus, a survey based on patent search was carried out to thereby provide an overview of technological development related to wind turbines. The survey of patent documents was held in Espacenet base associating the terms Wind turbines AND Power AND generator, having returned 423 documents. It was noted the existence of deposits from the year 2000 until 2014, with more number of deposits in the years 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 and 2014, with respectively, thirty-one, forty-one , fifty-two, fifty-four, fifty-five, fifty-four, fifty and twenty-five. The country with the most patent applications was China. Noteworthy is also that 67% of patent applications originate from individual inventors, 25% of companies and only 8% of universities.*

Keywords: *Renewable energy, Wind turbines, Innovation.*