

A USIMINAS E O MERCADO DE TORRES EÓLICAS NO BRASIL¹

Gustavo de Sousa²
 Valeska Veiga Dalla Bernardina³

Resumo

Em qualquer economia, o crescimento econômico está diretamente relacionado ao consumo energético. Dentre as fontes renováveis de geração de energia, a eólica é a que tem se mostrado mais limpa e eficaz, principalmente em países como o Brasil, que dispõe de grandes áreas próprias para a geração deste tipo de energia. Na construção das torres que suportam os geradores de energia eólica é necessário o uso de aços com exigências rigorosas de qualidade e resistência mecânica, que são obtidos pelo processo de Laminação de Normalização. Algumas dessas exigências são: Chapas isentas de defeitos superficiais, microestrutura homogênea, alta tenacidade. A Usiminas é a única produtora nacional deste tipo de aço. A demanda por energia eólica aumentará nos próximos anos sendo que até 2020 está estimada uma geração de 20.000 MW que deverá consumir 1.300.000 toneladas de aço para construção das torres. A Usiminas está capacitada a fornecer chapas atendendo as especificações técnicas deste mercado em expansão.

Palavras-chave: Crescimento econômico; Energia eólica; Torres eólicas; Laminação de normalização.

THE USIMINAS AND WIND TOWERS MARKET IN BRAZIL

Abstract

In any economy, economic growth is directly related to energy consumption. Among the renewable power generation alternatives, wind power is the cleaner has been shown to be effective, especially in countries such as Brazil, which has large areas suitable for this kind of energy generation. The construction of towers that support wind power generators requires the use of steels with strict requirements of quality and mechanical strength that are obtained by the normalizing rolling process. Some of these requirements are: plates free of surface defects, homogeneous microstructure and toughness. Usiminas is the sole national producer of this kind of steel. The demand for wind energy will increase in the coming years and up to 2020 it is estimated a generation of 20,000 MW that must consume 1,300,000 tons of steel plate for construction of the towers. Usiminas is qualified to provide plates the comply with this technical specification for this expanding market.

Key words: Economic growth; Wind energy; Wind towers; Normalizing rolled.

¹ *Contribuição técnica ao 49º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 22 a 25 de outubro de 2012, Vila Velha, ES, Brasil.*

² *Engenheiro Metalurgista da Gerência Suporte Técnico Chapas Grossas, Cubatão, Usiminas, Membro da ABM.*

³ *Engenheira Metalurgista da Gerência Suporte Técnico Chapas Grossas, Cubatão da Usiminas, Membro da ABM.*

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de fontes alternativas de energia tornou-se econômica e socialmente viável, considerando a expectativa para crescimento da economia que demandará expansão e versatilidade de nossa matriz energética.

Dentro deste contexto a energia eólica se destaca como opção adequada ao país. Este tipo de energia proveniente dos ventos movimentam as pás dos aerogeradores das turbinas eólicas que convertem a energia cinética em eletricidade.

Este trabalho apresentará uma análise da evolução do consumo da energia eólica no mundo e no Brasil, os estudos realizados a respeito do potencial eólico brasileiro, a criação do Proinfa, a entrada de investidores no país, os requisitos das chapas grossas usadas na fabricação das torres eólicas, e seu impacto na produção da Usiminas.

2 O CRESCIMENTO DA ECONOMIA E A DEMANDA ENERGÉTICA NO BRASIL

O consumo energético de um país está relacionado a seu crescimento econômico, mensurado pelo PIB, como indica a Figura 1. O crescimento da indústria com a consequente instalação de novos equipamentos e o aumento da renda da população que eleva consumo de eletroeletrônicos são os principais responsáveis pelo aumento do consumo de energia.

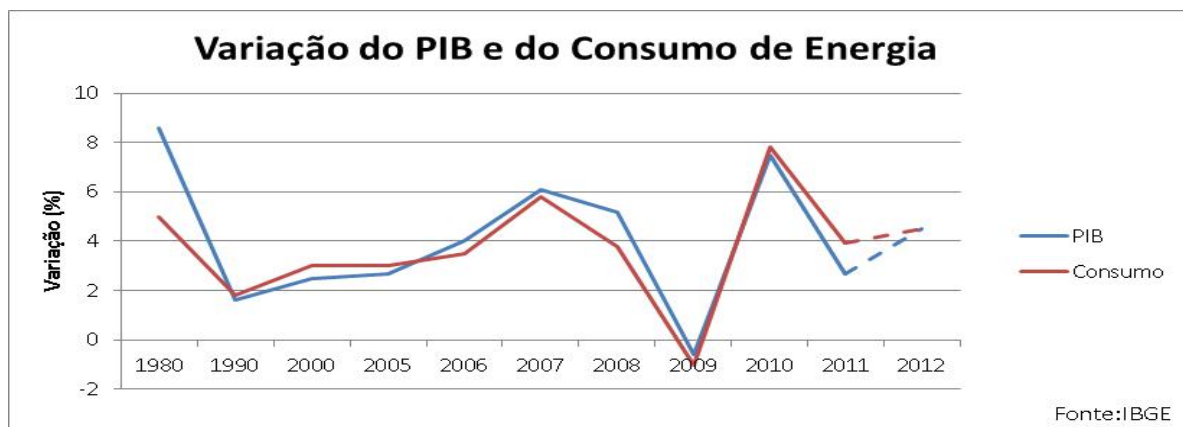


Figura 1: Variação do PIB brasileiro e o consumo de energia.

A previsão de crescimento do país para os próximos anos permite avaliar o investimento necessário no setor energético, considerando que uma eventual restrição na oferta de energia pode limitar o crescimento do país. Em 2001, a crise energética evidenciou a fragilidade do setor energético brasileiro, a qual deixou claro que a falta de integração entre usinas hidrelétricas e a falta de investimento em outras fontes de energia foram os responsáveis pela “crise do apagão,” como ficou conhecida.

Com objetivo de desenvolver estudos e análises para subsidiar o planejamento energético do país, foi criada em 2004, a Empresa de Pesquisa Energética, (EPE) vinculada ao Ministério de Minas e Energia.

Os estudos de energia desenvolvidos pela EPE tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas

renováveis e eficiência energética, dentre outras subsidiam o Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) e o Plano Nacional de Energia de Longo Prazo (PNE).

Em dezembro de 2011 a EPE divulgou a “*Projeção de Demanda Energia Elétrica para os próximos 10 anos (2012 a 2021⁽¹⁾)*” na qual se estima que a atual demanda de energia de 472 mil GWh deverá passar a 736 mil GWh em 2021.

A demanda futura de energia viabiliza investimentos em fontes renováveis de energia como eólica.

2.1 Demanda de Energia Eólica

A energia eólica consiste na energia cinética dos ventos que pode ser convertida em energia elétrica pelo movimento de pás que acionam o rotor do aerogerador.

Em 1888, foi criado o primeiro catavento com objetivo de gerar energia elétrica. Este catavento gerava 12KW de energia contínua para carregamento de baterias que se destinavam a fornecer energia para 350 lâmpadas incandescentes.⁽²⁾ Atualmente a potência dos aerogeradores é da ordem de 2MW. Alguns fatos históricos impulsionaram seu desenvolvimento como a Segunda Guerra Mundial, a crise do Petróleo na década de 70, o acidente de Chernobyl e a assinatura do protocolo de Quioto através do qual as nações se comprometeram a reduzir as emissões de gases que provocam o efeito estufa.

De acordo com Aneel (Agência Nacional de Energia Elétrica)⁽³⁾ os principais argumentos favoráveis aos investimentos em energia eólica são a renovabilidade, perenidade, grande disponibilidade, independência de importações e custo zero para obtenção de suprimentos, ao contrário do que ocorre com as fontes fósseis.

A Figura 2 mostra a evolução da potência eólica instalada entre 1997 e 2008 em alguns países. O aumento do uso desta fonte de energia renovável durante período foi em torno de 1.471%. Ocorreu significativo incremento a partir do ano de 2007, quando, houve a instalação de aproximadamente 20 mil MW de geração eólica em todo o mundo. Nesse mesmo ano os maiores produtores foram Estados Unidos, Alemanha e Espanha.

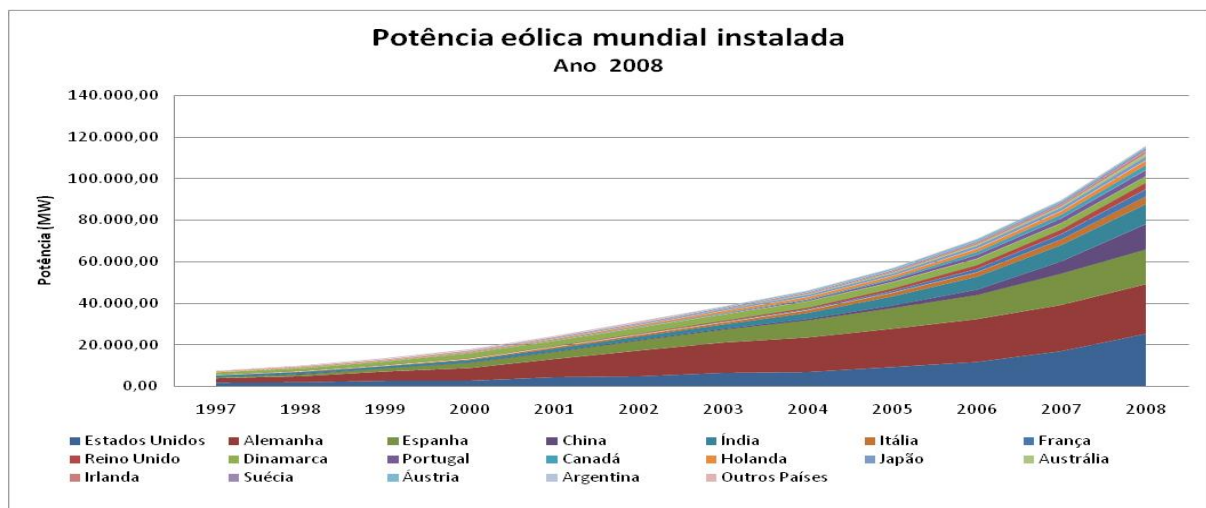


Figura 2: Potência Eólica mundial Instalada.

A China em dezembro de 2005 tinha capacidade instalada para geração de energia eólica de 1,2GW (sexta posição no ranking mundial) e em 2012, possui a

capacidade instalada de 62GW tornando-se líder no ranking e centro da indústria eólica mundial.

Em 2005 os Estados Unidos adotaram uma política agressiva de incentivos via créditos tributários e fundos para investimentos em tecnologia com a finalidade de alcançar liderança em tecnologias limpas para geração de energia elétrica e reduzir o impacto ambiental de suas atividades.

No Brasil, a primeira turbina eólica foi instalada em 1992 em Fernando de Noronha e a capacidade instalada de 3 MW em 1997 passou a 338 MW, em 2008 com um aumento expressivo entre os anos de 2005 e 2006 impulsionado pela criação do Proinfa como mostra a Figura 3.

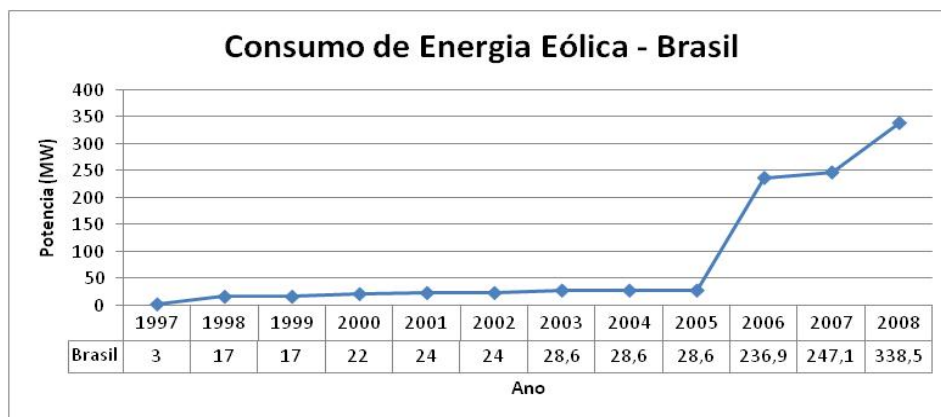


Figura 3: Consumo Energia Eólica no Brasil.

O Proinfa, Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica, foi instituído em 2004 com objetivo de promover a diversificação da Matriz Energética Brasileira, buscando alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, além de permitir a valorização das características e potencialidades regionais e locais⁽⁴⁾.

Em audiência, em 2008, foi discutida no Senado brasileiro as possibilidades para atender a crescente demanda de energia. Algumas considerações foram feitas quanto a escassez de gás natural, e o atraso da construção de novas Usinas hidrelétricas. A busca de soluções para reduzir o impacto do aumento do custo e da insegurança do abastecimento de energia passa pela diversificação da matriz energética, considerando as especificidades do país.

A Associação setorial Abeeólica divulgou que a capacidade instalada atual é de 1.461MW e 1.200 MW estão em construção. E a expectativa é que a partir de 2013 haja um incremento de aproximadamente 2.000 MW.

3 POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

Para se avaliar a viabilidade para instalação de um parque eólico devem ser utilizados estudos sobre as características do vento.

Neste sentido foi realizado em 2002 um estudo importante pelo Centro de Referência para Energia Solar e Eólica chamado *Atlas do Potencial Eólico Brasileiro* no qual o potencial eólico brasileiro foi estimado em 143 GW, o equivalente a dez Usinas de Itaipu (Figura 4).

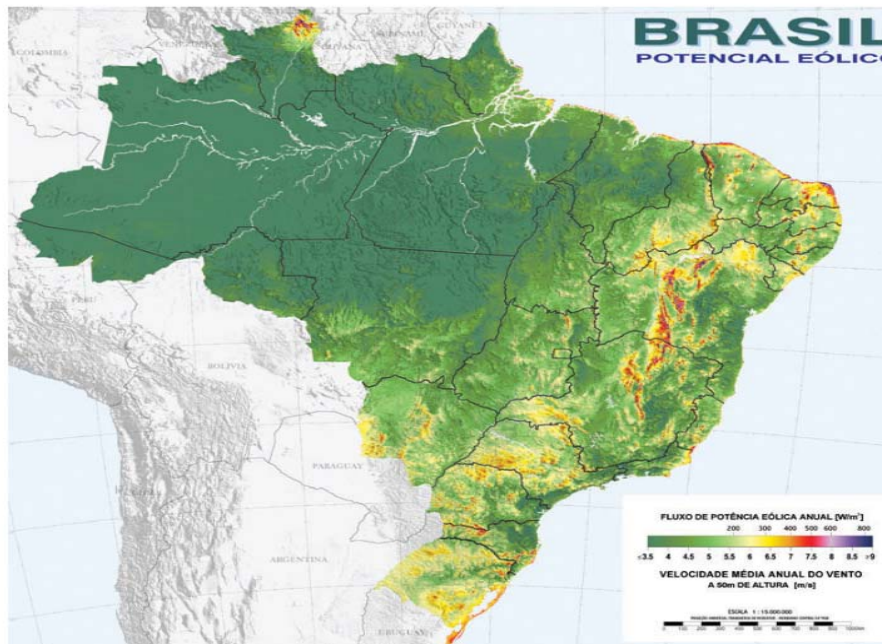


Figura 4: Mapa do Potencial Eólico Brasileiro.

Segundo o Atlas de Energia Elétrica do Brasil da Aneel,

“O Brasil é favorecido em termos de ventos, que se caracterizam por uma presença duas vezes superior à média mundial e pela volatilidade de 5% (oscilação da velocidade), o que dá maior previsibilidade ao volume a ser produzido. Além disso, como a velocidade costuma ser maior em períodos de estiagem, é possível operar as usinas eólicas em sistema complementar com as usinas hidrelétricas, de forma a preservar a água dos reservatórios em períodos de poucas chuvas”.⁽³⁾

A complementaridade entre geração hídrica e eólica pode ser visualizada na Figura 5 que mostra a vazão do Rio São Francisco e a velocidade do vento típico do Nordeste.

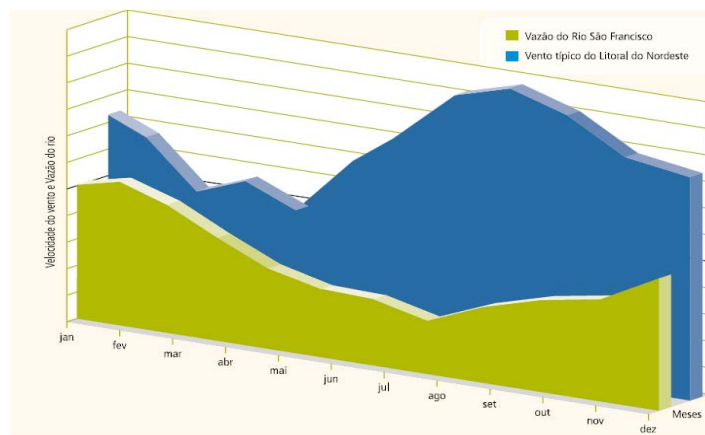


Figura 5: Comparativo entre vazão do São Francisco e o velocidade do vento litoral Nordeste.

3.1 Parques Eólicos Brasileiros

Os parques eólicos brasileiros estão concentrados na região Nordeste e Sul do Brasil, onde as condições dos ventos são mais favoráveis quanto a quantidade e sazonalidade. O potencial na região Nordeste foi mensurado em 75 GW, o da Sudeste em 29,7 GW e da Sul com 22,8 GW.⁽³⁾

Podem-se destacar os parques de Fernando de Noronha, Central Eólica do Morro do Camelinho em Minas Gerais, Central Eólica de Taiba - Ceará, Central eólica de Prainha - Ceará, Central eólica de Palmas - Paraná, Central eólica de Mucuripe - Ceará, Parque Osório Rio Grande do Sul, dentre outros⁽⁵⁾.

Em 2009, havia 31 usinas eólicas no país. Atualmente, cerca de 7 GW já estão contratados e deverão entrar no sistema até 2016.

A queda no preço do MWh impulsiona o mercado e o torna mais competitivo, uma vez que esse era um dos maiores fatores impeditivos desta fonte de energia alternativa. O preço médio do megawatt/hora leilado em 2011 foi de R\$99,00, enquanto em 2010 ele foi cotado a R\$130,00 e em 2009 a R\$140,00. O número de associados na Abeeólica também indica o crescente interesse por este setor, passando de 12 em 2009 para 92 em 2011.

Para 2012 está previsto o início das operações no parque eólico de Sergipe, na cidade de Barra dos Coqueiros, com 23 torres de 100 metros de altura e capacidade de produção de 34,5 MW⁽⁶⁾.

E em 2013, está prevista a inauguração de dois parques eólicos na região Sul do país: o Parque Eólico de Livramento com 9 torres de 87 metros de altura com capacidade para 78 MW, e o Complexo Corredor de Senandes no Rio Grande do Sul, com 40 torres e capacidade para 108 MW.

4 TURBINAS EÓLICAS

As turbinas eólicas funcionam de modo a aproveitar a velocidade dos ventos, que pode variar de 4m/s a 25m/s, para gerar energia elétrica.

Uma turbina eólica capta uma parte da energia cinética do vento que passa através da área varrida pelo rotor e a transforma em energia mecânica de rotação. O eixo do rotor aciona o gerador elétrico o qual transforma parte desta energia mecânica de rotação em energia elétrica.⁽⁷⁾

As principais partes de uma turbina são:⁽²⁾

- O eixo que acopla as pás ao gerador, responsável pela transferência de energia da turbina. Eles são feitos em aço ou liga de alta resistência.
- As pás que mantêm contato com vento e convertem a energia eólica em mecânica. Normalmente são feitas com materiais como plástico e reforçadas com fibra de vidro ou alumínio. Seu número pode variar, conforme o projeto específico.
- A nacelle situada sobre a torre que contem o motor para rotação, os geradores e o sistema de controle,
- Caixa multiplicadora que transmite a energia mecânica do eixo do rotor ao gerador.
- Geradores responsáveis por transformar a energia mecânica em energia elétrica.

- As torres que sustentam a estrutura na altura necessária para a captação dos ventos. Esta estrutura pode ser de concreto ou aço e suas dimensões dependem da capacidade instalada, atingindo quase 100 metros de altura.

4.1 Especificações para Fabricação de Torres Eólicas

A decisão sobre qual tipo de torre deve ser utilizada no projeto de turbinas eólicas considera aspectos como espaço disponível para sua instalação, potência da turbina eólica, custo, peso, acesso para manutenção dos aerogeradores, resistência mecânica e estabilidade.

As torres podem ser de concreto ou aço tubular, estaiadas ou treliçadas feitas de aço.

As torres tubulares em aço com formato de cone são amplamente utilizadas para turbinas de alto potencial. Este tipo de torre permite acesso pela parte interna para manutenção do aerogerador, possui bom aspecto visual, rigidez e estabilidade.⁽⁸⁾

Dependendo de sua dimensão, as torres em forma de cone são fabricadas em módulos para posterior montagem.

Na maioria das vezes, o fabricante do aerogerador é o responsável pela instalação da torre nas dependências do cliente e esse componente pode representar mais de 20% do custo total do equipamento.⁽⁹⁾

Dentre as principais características necessárias às torres eólicas estão: resistência mecânica para suportar deformações⁽¹⁰⁾ e o peso da própria estrutura, tenacidade, resistência a corrosão e boa sanidade interna no material que as compõe.

As propriedades mecânicas necessárias para chapas utilizadas na fabricação das torres eólicas são obtidas pelo tratamento térmico de normalização ou pela laminação de normalização. A qualidade das chapas é garantida pelo fabricante através padrões de inspeção e ensaios de ultrassom rigorosos.

Alguns estudos tem sido desenvolvidos com objetivo de conciliar menor custo para fabricação das torres e propriedades necessárias para seu funcionamento, como de Feijó et al.⁽⁸⁾ que apresenta uma formulação para otimização da torre de aço.

5 LAMINAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS - USIMINAS

A laminação de Chapas Grossas da Usiminas é realizada em suas duas plantas, Cubatão e Ipatinga. As duas plantas possuem capacidade de produção de dois milhões de toneladas ao ano, aproximadamente, dependendo do mix de produção.

O produto da linha de chapas grossas da Usiminas é voltado para as seguintes aplicações:

- naval – construção de navios;
- resistentes à corrosão atmosférica;
- tubos de grande diâmetro – oleodutos e gasodutos;
- altas temperaturas – vasos de pressão e caldeiras;
- baixas temperaturas – tanques de gases liquefeitos e reatores;
- máquinas agrícolas – tratores; e
- estrutural – pontes, edifícios, peças para veículos e torres eólicas.

As chapas podem ser tratadas termicamente ou não. Os tratamentos térmicos realizados nas plantas são normalização, tempera e revenimento.

Com intuito de reduzir tempo de rota e custos foi desenvolvido na Usiminas, a exemplo do que foi realizado em outras siderúrgicas do mundo, o processo de laminação de normalização, para que uma parte da produção normalizada nos fornos de tratamento térmico seja obtida diretamente da laminação⁽¹¹⁾.

As chapas produzidas para mercado de torres eólicas podem ser normalizadas nos fornos de tratamento térmico ou obtidas diretamente pela laminação de normalização.

5.1 Laminação de Normalização

O objetivo do tratamento térmico de normalização é homogeneizar a estrutura e aumentar a tenacidade do material, ou seja, a capacidade de absorção de energia durante a deformação plástica.

O tratamento de normalização realizada nos fornos consiste em aquecer a chapa acima de sua temperatura de austenitização, mantê-la a esta temperatura durante um tempo para garantir temperatura uniforme ao longo de toda sua espessura e posterior resfriamento ao ar. Ao resfriar a chapa lentamente sua microestrutura é refinada pela formação de grãos menores (Figura 8).

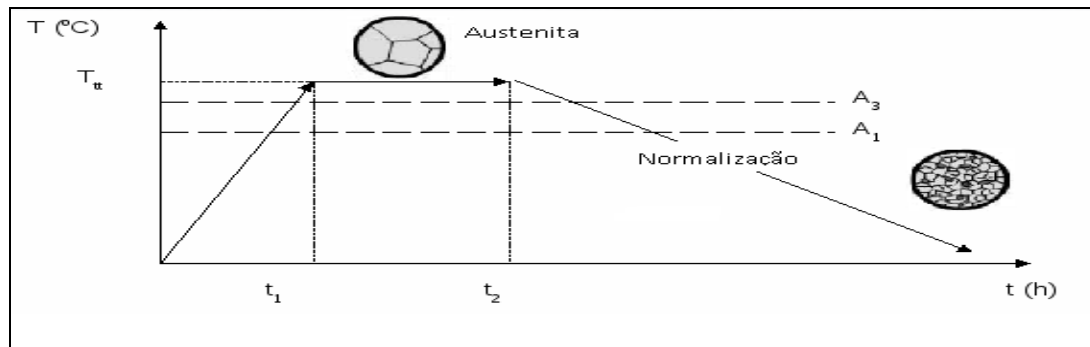


Figura 6: Variação de temperatura e tempo no tratamento térmico de normalização.

“Conforme as especificações ABS, BV, DNV, GL, LR, laminação de normalização é um processo na qual a temperatura final de laminação é geralmente controlada na faixa utilizada pelo tratamento térmico de normalização, resultando em um material em condições equivalentes ao obtidos pela normalização⁽¹²⁾”

A Laminação de Normalização é considerada um tipo especial de laminação controlada na qual durante aplicação dos passes é feito controle da temperatura do esboço, para garantir as propriedades mecânicas desejadas.

Uma laminação de normalização eficiente garante que não haverá mais alteração na microestrutura se a chapa for normalizada posteriormente em fornos de tratamento térmico⁽¹³⁾.

O início da laminação de normalização é semelhante a laminação convencional na qual os grãos austeníticos são quebrados. Durante a laminação há um período de espera para que o término da laminação seja realizado na mesma faixa de temperatura utilizada na normalização no forno.

A laminação de normalização deve ocorrer na região de recristalização da austenita, na qual as discordâncias geradas nucleiam grãos menores de austenita que posteriormente formarão os grãos finos de ferrita.

5.2 Qualidade Superficial - Padrões de Inspeção

A qualidade superficial das chapas usadas na fabricação das torres eólicas é critério importante para sua aprovação, pois os parques eólicos também são pontos turísticos.

Imperfeições na superfície da chapa podem ser destacadas ao pintá-la e comprometer o aspecto visual da mesma.

Com objetivo de atender a especificação para qualidade superficial das chapas utilizadas nas torres eólicas, foi elaborado um padrão de inspeção superficial mais rigoroso com os critérios para aprovação.

5.3 Critérios de Ultrassom

O ensaio de ultrassom é o método utilizado para detecção de descontinuidades internas em materiais que requerem alta confiabilidade e segurança. O seu objetivo é assegurar chapas com condições de sanidade internas adequadas ao uso.

O ensaio de ultrassom consiste em emitir o feixe ultrassônico em posição favorável em relação a descontinuidade (interface) do material. Se o feixe for refletido pela descontinuidade está aparecerá no aparelho como um pico (eco), o aparelho também detecta reflexões do interior da peça que permitirão avaliar a localização da descontinuidade.

Os ensaios são realizados de acordo com a norma de qualidade adotada e podem ser executados no fornecedor e no cliente. As normas utilizadas para chapas destinadas para torres eólicas definem qualificação de pessoal, aparelhagem procedimento operacional e critérios de aceitação.

6 EXPECTATIVAS PARA MERCADO DE TORRES EÓLICAS NO BRASIL

Mudanças econômicas e culturais podem tornar uma tecnologia antes considerada inviável numa alternativa para suprir necessidades atuais e futuras, um exemplo é o crescimento do mercado de turbinas eólicas.

A previsão de crescimento econômico para os próximos anos, a preocupação com as questões ambientais, a necessidade de diversificação das matrizes energéticas impulsionaram o desenvolvimento das fontes renováveis de energia como a eólica e a solar.

No Brasil, a divulgação do atlas do potencial eólico brasileiro e novas políticas de financiamento do BNDES (Banco do Desenvolvimento Econômico e Social) atraíram investidores para uma oportunidade quase inexplorada.

O aumento de investidores no setor eólico reduz seu custo o que atrai mais investidores para leilões, esse mecanismo gera um ciclo com mais investidores e queda dos valores nos leilões⁽¹⁴⁾.

Segundo Maurício Tolmasquim, presidente da EPE o crescimento no setor eólico brasileiro tem atraído vários fornecedores para o Brasil e empresas como Siemens, Sinovel, Guodian United Power analisam construir fábricas no país. Maurício lembra que como a capacidade produtiva dos fornecedores deve ser superior a demanda do país parte de sua produção será destinada ao exterior.

A instalação de novas empresas no país e a expansão das outras aumenta o consumo de matérias primas para construção das turbinas eólicas, como o de chapas grossas utilizadas na fabricação das torres.

O consumo médio de chapas grossas para construção de uma torre eólica é de 130 toneladas. No Brasil, a Usiminas é a única empresa brasileira a produzir este tipo de laminado. O crescimento deste mercado pode ser mensurado na linha de produção pelo aumento da quantidade de chapas produzidas através da laminação de normalização. O aumento da produção laminação de normalização foi de 200% nos últimos três anos.

A oportunidade de crescimento da produção de laminação de normalização voltada para o mercado de torres eólicas para os próximos anos é promissora, estima-se que apenas este mercado poderia preencher a produção mensal de uma das linhas de chapas grossas da Usiminas.

6.1 Limitações Mercado de Torres Eólicas no Brasil

Dentre as limitações ou considerações para o mercado de torres eólicas no Brasil cita-se:

- falta de fábricas para montagem das torres: a expectativa é a reversão desta situação com entrada de novas empresas no país;
- custo do MWh: o aumento de investidores e de leilões está modificando esta situação. De 2009 para 2011 houve queda de 29% no valor do MWh o que viabiliza o desenvolvimento no setor;
- ruído: a intensidade do ruído gerado depende do modelo do equipamento utilizado e a localização do parque. Estima-se que a distância de 350 m a intensidade do ruído seja de aproximadamente 35 decibéis a 45 decibéis;
- interferências eletromagnéticas: as turbinas podem causar interferências nos sistema de comunicação, transmissão de dados e nos radares aeronáuticos.
- impacto visual: as usinas eólicas ocupam amplo espaço e impactam na paisagem natural do ambiente em que se encontram. No entanto, os parques eólicos também podem ser utilizados como pontos para visita turística;
- influência na rota de migração aves: ao se avaliar a instalação do parque é importante considerar se o local não está na rota de migração das aves para evitar acidentes; e
- direção dos ventos: o vento nem sempre irá soprar no momento em que se precisa da eletricidade⁽¹⁵⁾.

7 CONCLUSÃO

A previsão de crescimento econômico do Brasil para os próximos anos incentivou desenvolvimento de novas fontes de energia elétrica para suprir a demanda futura. Dentre as fontes alternativas, a energia eólica se destaca como opção apropriada para o país devido o alto potencial eólico, a complementaridade com a geração hídrica, a queda do custo do megawatt com aumento da procura dos investidores e incentivo do governo através das linhas de créditos.

O aumento da participação da energia eólica em nossa matriz energética atrai fábricas de turbinas eólicas para o país. A entrada de novas empresas no país e expansão das existentes impulsiona o consumo por insumos que abastecem as fábricas dos componentes das turbinas, como chapas grossas usadas nas torres eólicas.

As torres eólicas utilizam chapas laminadas pelo método de laminação de normalização com rigoroso padrão de qualidade superficial e ensaio de ultrassom.

O crescimento do mercado pode ser acompanhado pelo aumento da laminação de normalização nas empresas da Usiminas, que nos últimos três anos foi de aproximadamente 200%.

Com os números divulgados pelos órgãos relacionados ao setor eólico estima-se que apenas este mercado poderia preencher a produção mensal de uma das linhas de chapas grossas da Usiminas que atualmente atende a este mercado satisfazendo a todas as especificações necessárias.

REFERÊNCIAS

- 1 EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Consumo nacional de eletricidade vai crescer 4,5% ao ano na próxima década. **Informe à imprensa**, jan. 2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20120104_1.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2012.
- 2 CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. História da Energia Eólica e suas Aplicações. **Tutorial de Energia Eólica**. Disponível em: <<http://www.cresesb.cepel.br/content.php?cid=231>>. Acesso em: 10 de mar. 2012.
- 3 AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Outras Fontes. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. 2002. cap. 2, p 77 – 89. Brasília:2002. Disponível em:<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas_par2_cap5.pdf. > Acesso em:10 mar. 2012.
- 4 BATISTELA, N. J et.al. **Geração de Energia Eólica – Tecnologias Atuais e Futuras**. Santa Catarina. 15f. Disponível em: < <http://catalogo.weg.com.br/files/wegnet/WEG-geracao-de-energia-eolica-tecnologias-atuais-e-futuras-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso em: 19 mai 2012.
- 5 FEIJÓ, Bruno. et al. **Otimização Estrutural de Torres de Aços Tubulares para Geradores Eólicos**, Buenos Aires, v 29, nov. 2010. Disponível em: <<http://www.amcaonline.org.ar/ojs/index.php/mc/article/viewFile/3057/2986>>. Acesso em: 21 mai.2012.
- 6 AZEVEDO, Rodrigo L. S; COSTA, Rafael A.; CASOTTI, Bruna P. **Um Panorama da Indústria de Bens de Capital Relacionados a Energia Eólica**. Disponível em: <http://www.ventosdobrasil.com/artigos/um_panorama_da_industria_de_bens_de_capital_relacionado_a_energia_eolica.pdf>. Acesso em: 21 de mai. 2012.
- 7 DINIZ, Patrícia Pala. **O Efeito do processo de laminação de Normalização nas propriedades mecânicas de chapas grossas estruturais de aços carbono – manganês microligados ao nióbio e titânio**.2008. 111f. Dissertação (MBA em Siderurgia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Programa de Educação Continuada, São Paulo.
- 8 GORNI, Antônio Augusto; CAVALCANTI, Celso Gomes; REIS, Jackson Soares de Souza; SIVEIRA, José Herbert Dolabela; SILVA, Carlos Noberto de Paula. **Uso de Laminação de Normalização para Produção de Chapas Grossas Grau DIN 17100 St 52 3N**.In. 53º CONGRESSO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA E MATERIAIS. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Belo Horizonte. Anais. Setembro de 1998, 850 - 864.
- 9 O MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **O Proinfa** Disponível em: <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/menu/programa/Energias_Renovaveis.html>. Acesso em: 20 mai. 2012
- 10 SALINO, P. Jordão. **A Energia Eólica no Brasil: Uma Comparação do Proinfa e dos Novos Leilões**.2011. Monografia - Escola Politécnica Universidade Federal do Rio de Janeiro, Projeto de Graduação Curso Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro. Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10001705.pdf>>. Acesso em: 19 de mai 2012.

- 11 MARQUES, Jeferson. **Turbinas Eólicas: Modelo, Análise e Controle do Gerador de Indução com Dupla Alimentação**. 2004. 158f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Santa Maria. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/7/TDE-2008-01-04T185458Z-1224/Publico/JEFERSON%20MARQUES.pdf>. Acesso em: 19 de mai 2012.
- 12 SIRQUEIRA, Alan S. **Comportamento Estrutural de Torres de Aço para suporte de turbinas eólicas**. 2008. 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.labbas.eng.uerj.br/pgeciv/sub/temas/Resumo-22/22.pdf>>. Acesso em: 19 mai. 2012.
- 13 VERGARA, Ricardo, F. **Análise Estrutural de Torres Anemométrica e de Sustentação de Turbina Eólicas**. 2005. 161f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Fundação da Universidade do Rio Grande, Programa de Pós Graduação em Engenharia Oceânica, Rio Grande Disponível: <<http://www.engenhariaoceanica.furg.br/arquivos/vergara,r.f.pdf>>. Acesso em: Acesso em: 19 de mai. 2012.
- 14 FONTENELE, Marina. **Parque Eólico de Sergipe vai começar a funcionar em julho', diz Déda**, 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/se/sergipe/noticia/2012/05/parque-eolico-de-sergipe-vai-comecar-funcionar-em-julho-diz-deda.html>>. Acesso em: 21 de mai. 2012.
- 15 GORNI, Antônio Augusto; CAVALCANTI, Celso Gomes; REIS, Jackson Soares de Souza; SIVEIRA, José Herbert Dolabela; SILVA. **Produção de Chapas Grossas normalizadas diretamente do calor de laminação**. In XXXIV SEMINÁRIO DE LAMINAÇÃO - PROCESSOS E PRODUTOS LAMINADOS E REVESTIDOS. Anais. Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Belo Horizonte, Agosto de 1997, 479-498