



Título: Introdução à Energia Eólica

Autor: Danilo Lima

CONTEÚDO

A. INTRODUÇÃO.....	1
B. HISTÓRIA DA ENERGIA EÓLICA	4
C. ENERGIA EÓLICA PELO MUNDO	6
D. BALANÇO GERAÇÃO-DEMANDA.....	9
BIBLIOGRAFIA	11

A. Introdução

Recentemente, entre o final do ano de 2011 e o início do ano de 2012, o planeta Terra atingiu a marca de 7 bilhões de habitantes e estimativas da Organizações das Nações Unidas preveem que a população mundial ultrapasse a marca de 10 bilhões em 2100 (DESA, 2011). Do ponto de vista energético, esses números levam a uma simples conclusão: a demanda por energia nunca foi tão grande e continuará a crescer por alguns anos antes de atingir seu pico.

Durante sua história, o homem sempre se valeu de inúmeras fontes energéticas. Como exemplo, a Figura 1 mostra a evolução das alternativas energéticas utilizadas nos Estados Unidos de 1775 a 2009. Em cada momento, diferentes formas de energia desempenharam importante papel na matriz energética daquele país.

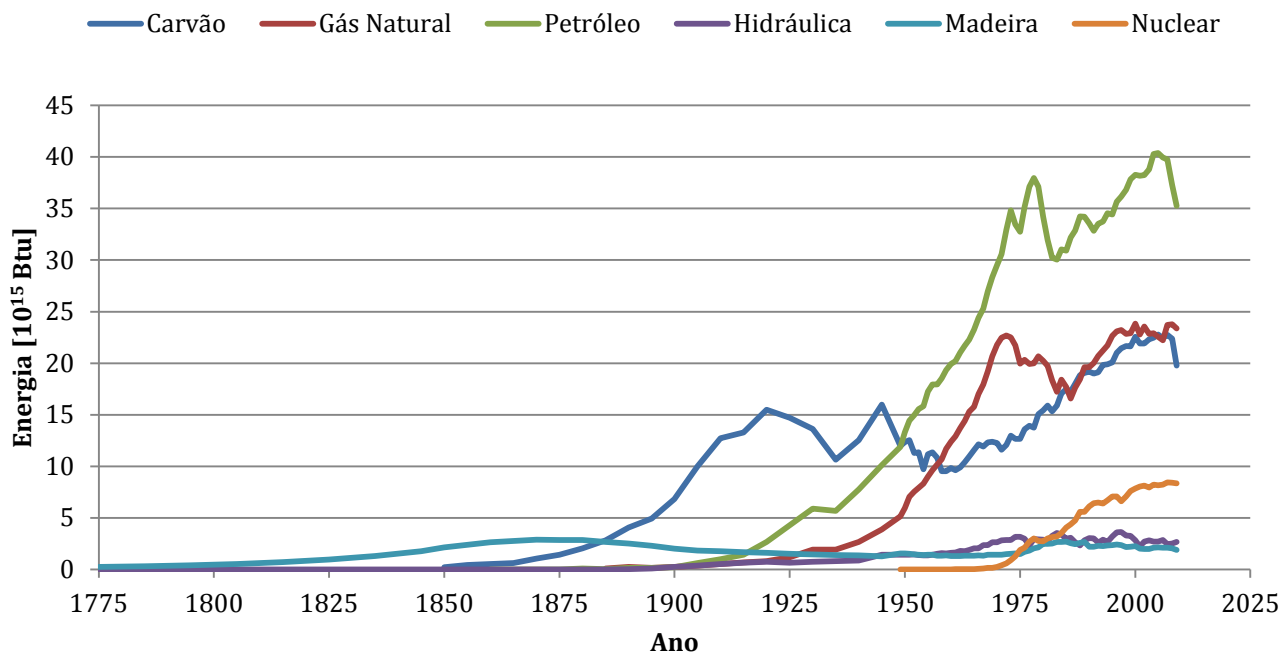


Figura 1 – Consumo de energia nos Estados Unidos por fonte. Fonte: (EIA, 2011)

A demanda mundial por energia vem crescendo ano após ano e os chamados combustíveis fósseis têm representado a maior parte das fontes utilizadas para suprir esta demanda. Somente em 2011, o consumo de energia primária cresceu 2,5%. Este número é menor que o crescimento do ano anterior mas está próximo à média histórica (BP, 2012). A Figura 2 abaixo mostra o crescimento do consumo de energia mundial entre 1985 e 2011 bem como a participação das diversas fontes primárias de energia utilizadas.

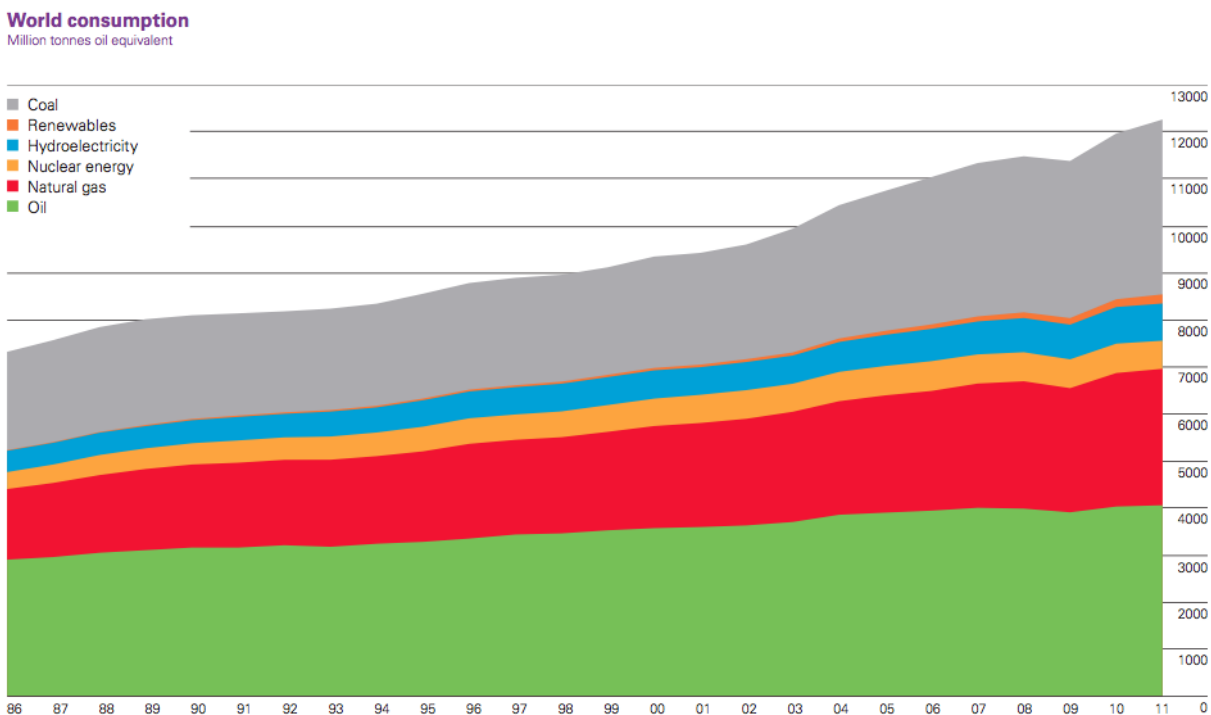


Figura 2 – Consumo mundial de energia primária por fonte. Fonte: (BP, 2012)

Entretanto, a utilização continuada destes combustíveis vem causando preocupações diversas na sociedade. De um lado, existe um consenso mundial de que a emissão de dióxido de carbono proveniente da queima de combustíveis fósseis contribui para a elevação da temperatura global média e, conseqüentemente, para o aquecimento global. De outro lado, vem aumentando a percepção de que tais combustíveis têm taxa de produção sensivelmente mais lentas que sua taxa de consumo, o que pode brevemente acarretar em escassez destes recursos.

Por fim, com o passar dos anos, a distribuição geográfica dos recursos energéticos acabou gerando uma dependência de algumas regiões (ou ainda países) que apresentam limitações de tais recursos em relação a outras, onde são abundantes. Um bom exemplo desse fato foram as crises do petróleo na década de 70.

Nesse contexto, começaram a surgir as formas modernas de aproveitamento das energias renováveis, como energia eólica, solar térmica e fotovoltaica, entre outras.

B. História da Energia Eólica

Juntamente com a energia hidráulica, o vento é a fonte de energia mais antiga empregada pelo ser humano. Evidências históricas apontam para seu uso há, pelo menos, mil anos.

Apesar de não existir nenhuma evidência concreta quanto ao seu uso mais antigo, acredita-se que a primeira forma de utilização da energia eólica tenha sido em barcos à vela para navegação no rio Nilo. Evidências mais concretas mostram que já no século VII a.C. na Pérsia se utilizavam turbinas eólicas de eixo vertical para a moagem de grãos e bombeamento de água (Ricardo Dutra, 2008). O modelo desta turbina é apresentado na Figura 3.

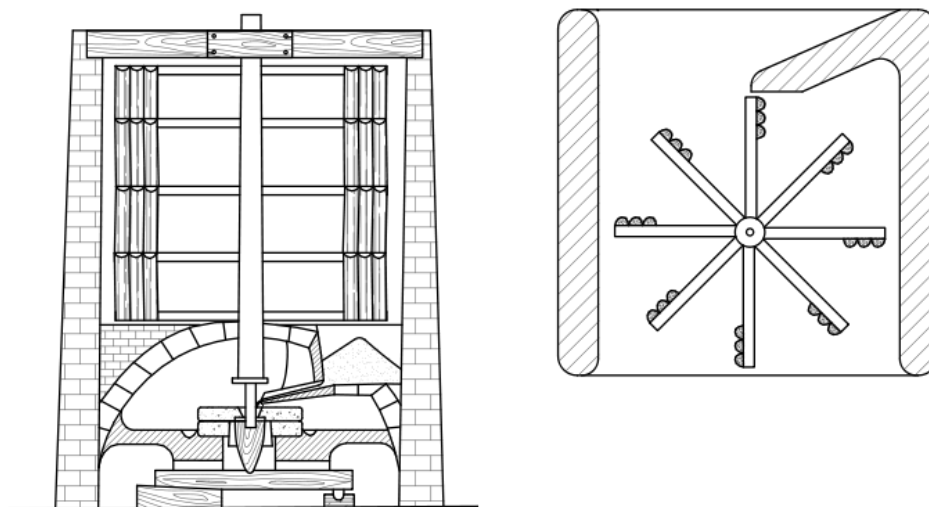


Figura 3 – Modelo de turbina eólica usada pelos Persas. Fonte: Wikipedia

Já nos séculos XI e XII, as turbinas para aproveitamento da energia eólica se difundiram na Europa no retorno das Cruzadas. Foi a partir do século XII que o modelo de eixo horizontal se popularizou e evoluiu, sendo empregado em diversas atividades até o século XIX, como drenagem de terras (nos Países Baixos), produção de óleos vegetais, fabricação de papel e processamento de madeiras.

Com o advento da Revolução Industrial e da máquina a vapor, a tecnologia de turbinas eólicas sofreu um grande declínio. Mesmo assim, o emprego destas turbinas no bombeamento de água em áreas rurais se mostrou constante, sendo aplicado ainda hoje em diversas partes do mundo.

Já no final do século XIX, teve início o uso de turbinas eólicas para a geração de energia elétrica. A primeira evidência de uso nesse sentido vem da Escócia, em 1887. A partir de então, iniciou-se a escalada para o desenvolvimento de maiores turbinas, com o intuito de se exportar eletricidade para a rede elétrica.

O desenvolvimento das turbinas eólicas continuaram até o fim da Segunda Guerra Mundial. Deste ponto em diante, o acesso a combustíveis fósseis passou a ser confiável o bastante para, mais uma vez, causar uma queda no emprego de turbinas eólicas.

Entretanto, a energia eólica continuou sendo usada e pesquisada em alguns locais. Foi na Dinamarca onde as turbinas eólicas mais tiveram avanços. No ano de 1978, neste mesmo país, a primeira turbina com três pás na classe de megawatt foi instalada, e continuou em funcionamento por 34 anos. Comprovado o sucesso, surgiu uma demanda pelo Conceito Dinamarquês de turbinas eólicas.



Dinamarca, 1891



Rússia, 1931



EUA, 1942



Reino Unido, 1956



França, 1958



Alemanha, 1982

Figura 4 – Turbinas eólicas através dos anos. (PUCZYLOWSKI, 2010)

C. Energia Eólica pelo Mundo

Durante os últimos anos, a capacidade instalada de geradores baseados em energia eólica presenciou uma expansão extraordinária. Segundo os dados do Global Wind Energy Council (www.gwec.net), a capacidade total instalada de aerogeradores no mundo, no ano de 2012, era de aproximadamente 282 GW, sendo que no próprio ano de 2012 foram instalados cerca de 45 GW. As figuras abaixo, retiradas do relatório de estatísticas desta mesma entidade, apresentam os dados de aerogeradores instalados mundialmente desde o ano de 1996.

Analisando estas figuras, observa-se que houve um rápido crescimento no número total de instalações neste período. No entanto, percebe-se que nos últimos anos as instalações anuais mantiveram patamar de leve crescimento.

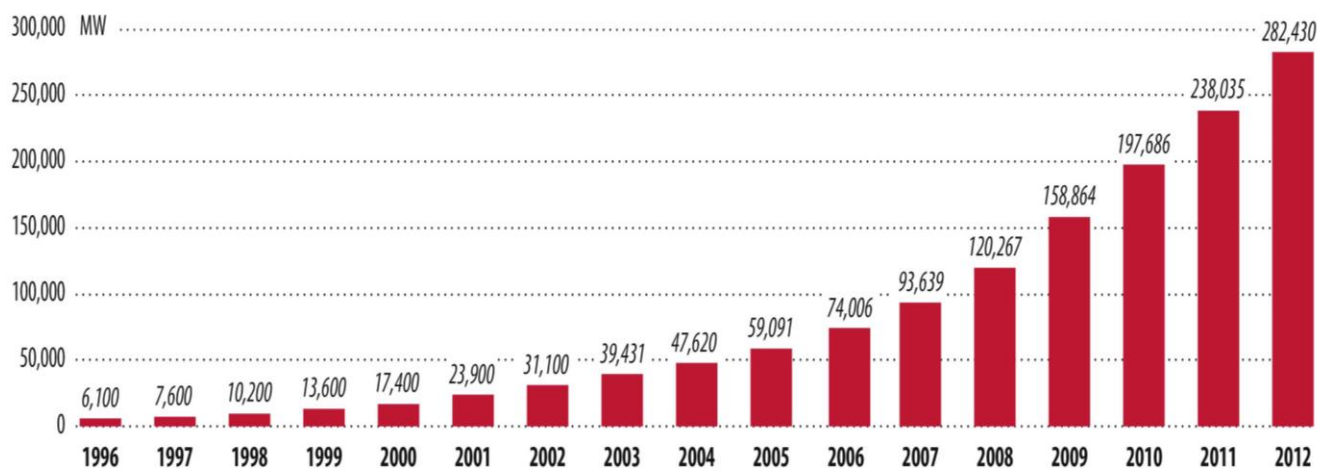


Figura 5 – Capacidade instalada acumulada mundial entre 1996 e 2012. Fonte: (GWEC, 2013)

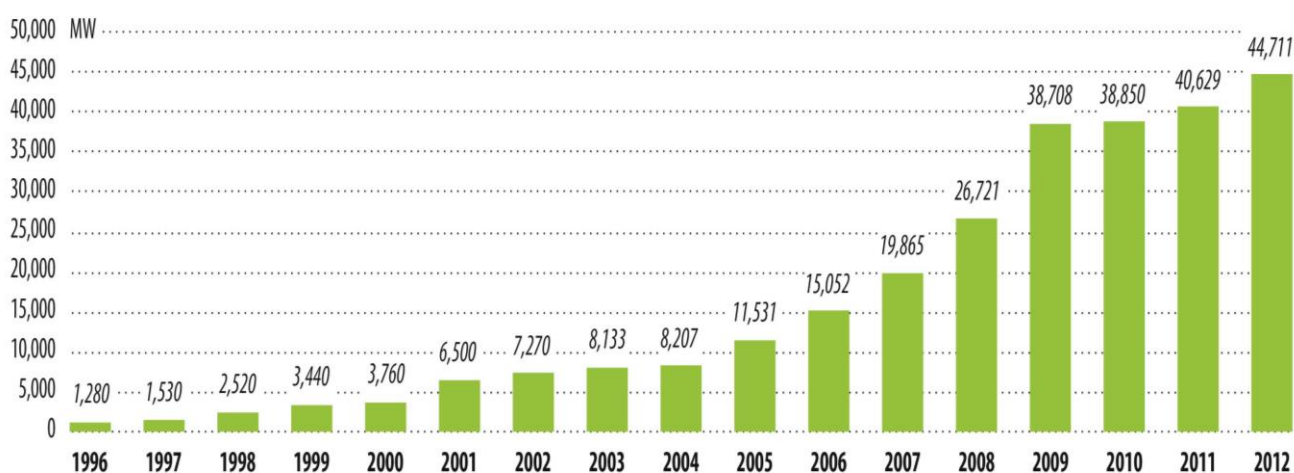


Figura 6 – Capacidade instalada anual mundial entre 1996 e 2012. Fonte: (GWEC, 2013)

A Figura 7 abaixo apresenta o número de instalações entre 2004 e 2012 divididos entre as diferentes regiões mundiais. Nesse gráfico fica evidente a rapidez com que a Ásia têm crescido nesse setor, acompanhando tendência geral de desenvolvimento.

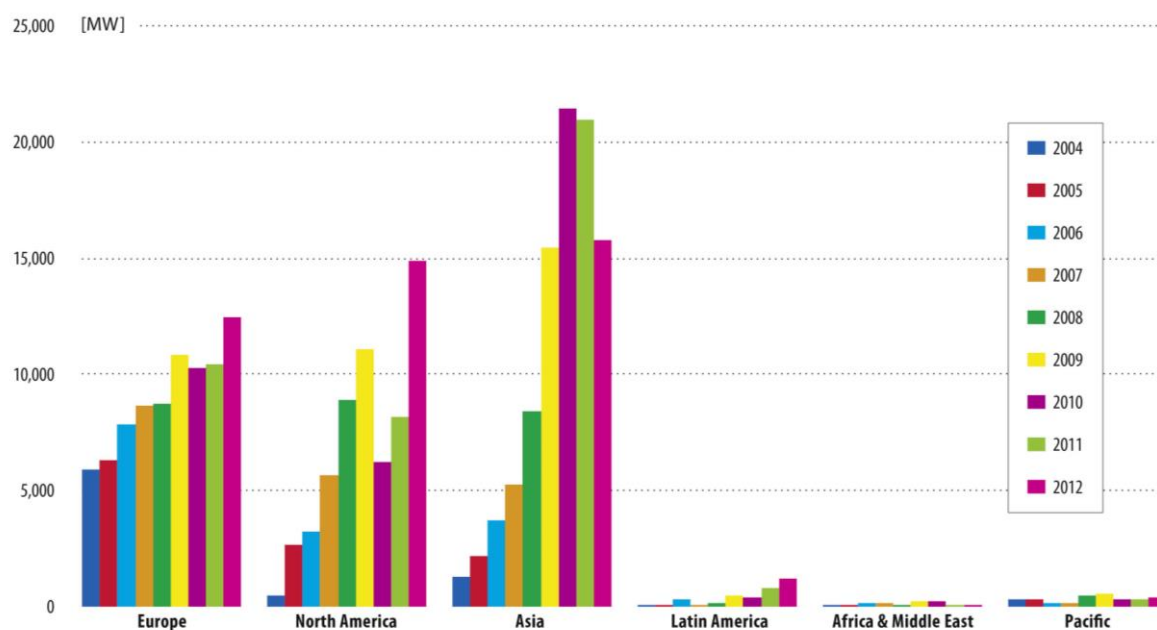
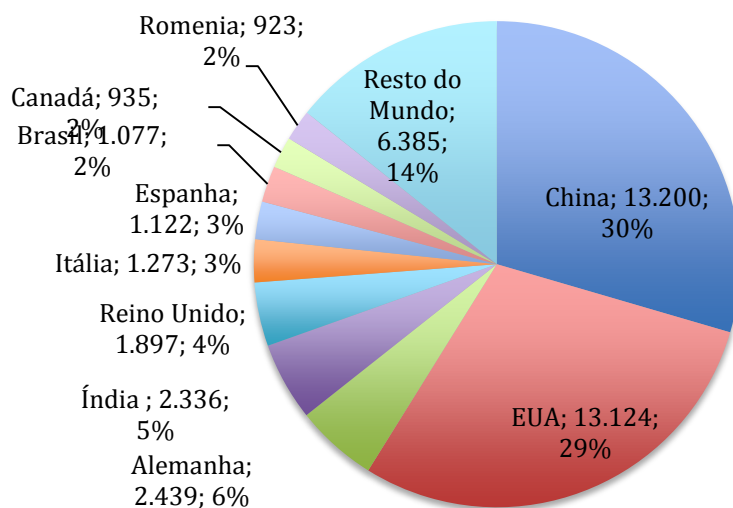
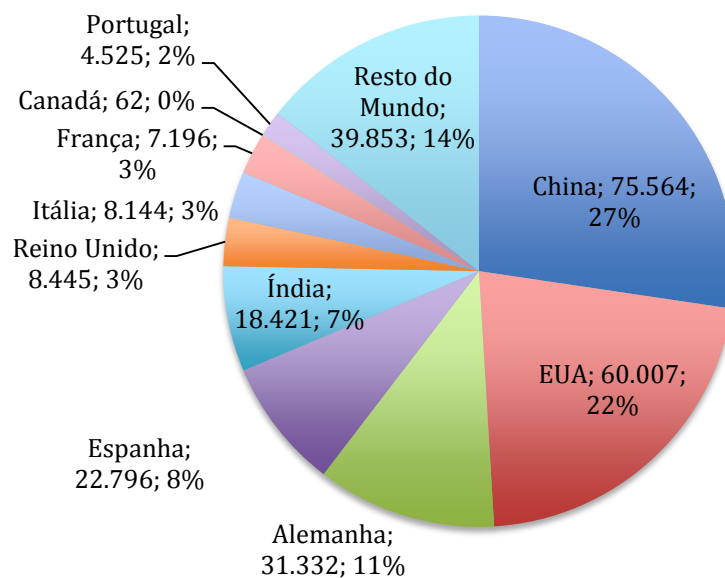


Figura 7 – Capacidade instalada anual por região. Fonte: (GWEC, 2013)

A Figura 8, por sua vez, apresenta os dados dos países com maior número de turbinas eólicas instaladas, tanto em novas instalações como em valores acumulados.



(a)



(b)

Figura 8 – Instalações em 2012. Valores em MW e percentuais. (a) Países com os dez maiores números de novas instalações. (b) Países com os dez maiores números acumulados de instalações.

D. Balanço Geração-Demanda

Em grandes sistemas elétricos, como uma região ou um país, deve-se ter em mente que toda unidade de energia consumida deve ter sido produzida naquele mesmo instante. Isto ocorre pois ainda não há nenhum tipo de armazenamento de energia elétrica em larga escala. Logo, o controle de tal sistema deve estar sempre atento e pronto para suprir toda a demanda que venha a ocorrer. Felizmente existe um indicador natural para esse controle: a frequência da rede elétrica.

A transmissão de energia elétrica em sistemas de potência acontece em corrente alternada, com amplitude e frequência previamente definidas. No Brasil, a amplitude pode mudar dependendo da região. Entretanto a frequência deve sempre ser 60 Hz. Quando a demanda diminui e há mais energia gerada do que consumida, a frequência aumenta. Quando a demanda cresce e excede a geração, a frequência do sistema diminui. A Figura 9 apresenta uma representação gráfica deste conceito através de uma balança.

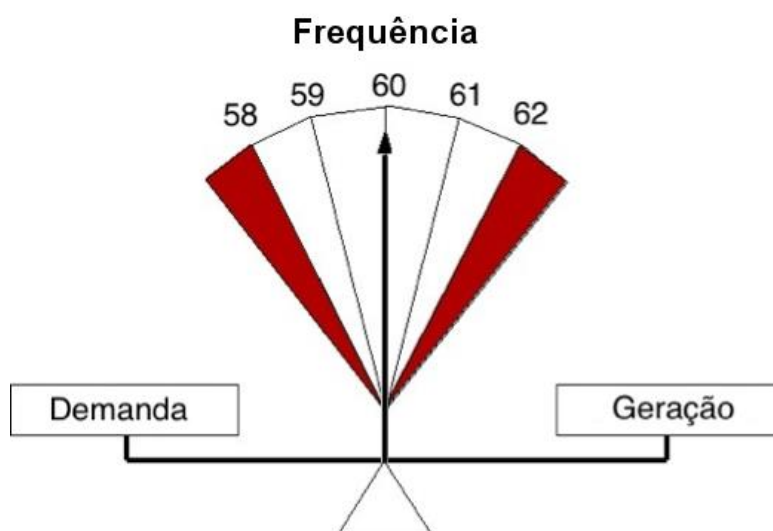


Figura 9 – Balança representando o equilíbrio entre demanda e geração e efeito na frequência do sistema.

Desta forma, para equilibrar a demanda e a geração de energia, deve-se sempre observar a frequência do sistema. Quando a frequência aumenta, deve-se diminuir a geração (por exemplo reduzindo a energia produzida pelos geradores ou até mesmo desligando uma usina) restaurando o equilíbrio. Entretanto, quando a demanda cresce, é necessário que haja uma reserva de energia disponível para ser acionada naquele mesmo instante. Por isso, as usinas geradoras devem sempre operar em uma faixa abaixo da potência nominal, de forma que possam aumentar sua geração caso necessário.

Conclui-se então que, para restaurar o equilíbrio geração-demanda, a usina geradora deverá sempre ter alguma fonte de energia primária adicional disponível.

Tomemos a Figura 10 abaixo como exemplo. Ela apresenta a curva de carga de uma residência em um dia típico bem como a geração proveniente de energia eólica na Alemanha (EEX, 2013; EWE Netz, 2013). Nota-se que a carga e a geração possuem padrões bem distintos.

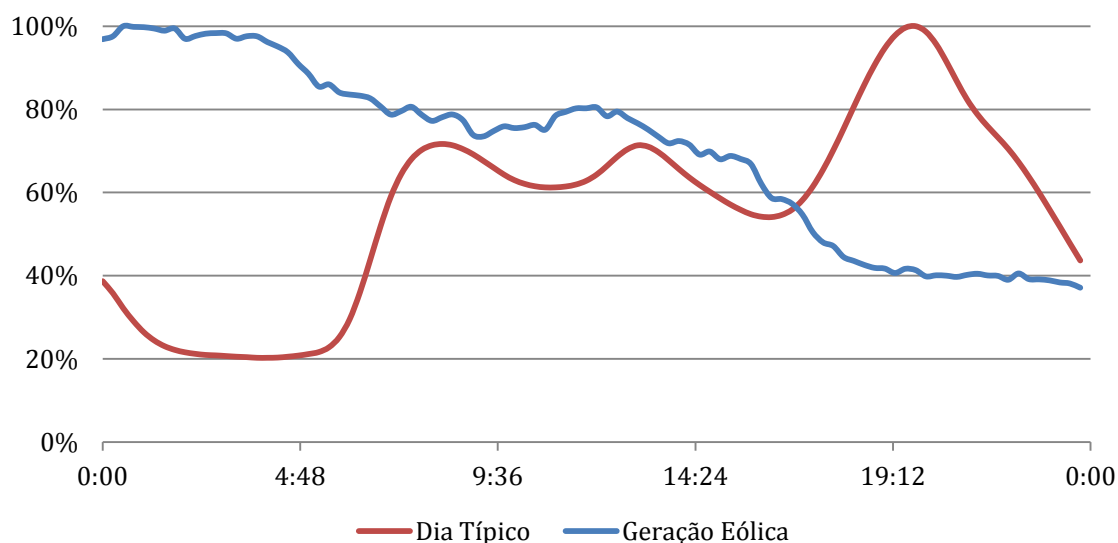


Figura 10 – Curva de carga de um dia típico e geração de energia elétrica proveniente de energia eólica do dia 5 de fevereiro de 2013 na Alemanha. Fonte: (EEX, 2013; EWE Netz, 2013)

A partir do gráfico acima, podemos concluir sobre a incapacidade das usinas eólicas de fornecer energia de reserva, pois depende de uma fonte que não é armazenada.

Contudo, por mais que não possa servir de energia de reserva, a geração de energia elétrica através da conversão da energia eólica pode ser um importante complemento da matriz energética de um país.

No caso do Brasil, onde há a predominância da hidroeletricidade, a geração eólica pode ajudar a conservar os níveis dos reservatórios das usinas hidrelétricas, trazendo mais segurança de oferta de energia na estação seca.

BIBLIOGRAFIA

ABINEE. **Proposta para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira.** [s.l.] Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, jun. 2012.

BP. **Statistical Review of World Energy 2012.** Londres: BP, jun. 2012.

BRASIL. ANEEL. Resolução Normativa 482. . 17 abr. 2012.

DESA. **World Population Prospects The 2010 Revision Highlights and Advance Tables.** New York: Department of Economic and Social Affairs, United Nations, 2011.

DUTRA, R. **Energia Eólica - Princípios e Tecnologia.** Rio de Janeiro: CRESESB, 2008.

EEX. **Transparency in Energy Markets - Tatsächliche Produktion Solar.** Disponível em: <http://www.transparency.eex.com/de/daten_uebertragungsnetzbetreiber/stromerzeugung/tatsaechliche-produktion-solar>. Acesso em: 11 fev. 2013.

EIA. **History of energy consumption in the United States, 1775–2009 - Today in Energy - U.S. Energy Information Administration (EIA).** Disponível em: <<http://www.eia.gov/todayinenergy/detail.cfm?id=10>>. Acesso em: 9 fev. 2013.

EWE NETZ. **Lastprofile (EWE NETZ GmbH).** Disponível em: <<http://www.ewe-netz.de/strom/1988.php>>. Acesso em: 12 fev. 2013.

GWEC. **Global Wind Statistics 2012.** Bruxelas: Global Wind Energy Council, 11 fev. 2013. Disponível em: <<http://www.gwec.net/>>. Acesso em: 15 fev. 2013.

PUCZYLOWSKI, J. **Wind Energy Lecture Notes.** University of Oldenburg, Germany, 2010.