

# **MICROGERAÇÃO EÓLICA - O NOVO MARCO LEGAL, OS GANHOS AMBIENTAIS E ECONÔMICOS DO SISTEMA DE COMPENSAÇÃO DE ENERGIA E AS INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS DO MODELO BRASEÓLICO**

Nubya Cirqueira de Castro

## **RESUMO**

Este estudo apresenta o projeto Braseólico, um empreendimento constituído de um aerogerador de proximidade para microgeração eólica no entorno urbano construído utilizando-se do sistema de compensação de energia, internacionalmente conhecido como net metering. Parte-se da hipótese de que é um negócio que traz ganhos ambientais e econômicos, perfeitamente adequado ao potencial eólico brasileiro e ao quadro regulatório nacional. Neste sentido, aborda-se o conceito, a origem e a evolução da energia eólica, assim como as tendências dessa modalidade energética frente à pressão global por um planeta mais sustentável. Analisa a Resolução Normativa 482/2012, marco legal que instaurou nacionalmente o sistema de compensação de energia elétrica para microgeração e minigeração distribuída, a partir de fontes renováveis. Por fim, explica a tecnologia inovadora do aerogerador BrasEólico para, em seguida, estudar a viabilidade econômica do projeto e concluir tratar-se de um empreendimento altamente viável.

Palavras-chave: Braseólico. Microgeração eólica. Sistema de compensação de energia. Resolução Normativa 482/2012.

## **WIND MICROGENERATION – THE NEW LEGAL FRAMEWORK, THE ENERGY’S COMPENSATION SYSTEM’S ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC GAINS AND THE TECHNOLOGICAL INNOVATIONS OF BRASEOLICO MODEL**

## **ABSTRACT**

This study presents “Braseólico” Project, an enterprise consisted by a proximity Wind turbine to microgeneration in constructed urban surrounding, using the energy compensation mechanism, internationally known as net metering. The study launches the hypothesis that

“Braseólico” Project is an energy business that brings environmental and economic gains, perfectly appropriated to Brazilian wind potential and to national regulatory framework. In this sense, deals with the concept, origin and evolution of wind energy, and thus the tendencies of this energy source face a global pressure for a more sustainable planet. Analyzes the Normative Resolution 482/2012, legal framework that nationally established the electric energy’s compensation system to distributed microgeneration and minigeneration from renewable sources. Finally, explains the innovative technology of “BrasEólico” wind turbine to, subsequently, studies the project’s economic viability and concludes that the enterprise is highly viable.

Key-words: “Braseólico”. Wind microgeneration. Energy’s compensation system. Normative Resolution 482/2012.

## **INTRODUÇÃO**

Os níveis atuais de degradação ambiental no Brasil e no mundo provam que a conduta predatória no trato da natureza ao longo da história fincou raízes, pautou o desenvolvimento da maioria das nações e o modelo prevalece, apesar dos sinais de esgotabilidade de alguns recursos naturais e de a realidade econômica escancarar que a prosperidade conquistada a partir da exploração desmensurada do meio ambiente não foi igualmente compartilhada entre nações e tampouco entre classes sociais.

Os problemas socioambientais induzem, então, ao questionamento do modelo vigente de desenvolvimento e remetem à conclusão de que este tipo de evolução não se sustenta, ou seja, o mundo promove um desenvolvimento insustentável.

Neste contexto, cresceu, nas últimas décadas, a preocupação em alcançar um estilo de desenvolvimento econômico que valorize a preservação da natureza. Os conceitos de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável encontram-se em várias formulações ligados a aspectos técnicos, políticos e sociais compondo definições que alicerçam a interdependência da relação desenvolvimento-economia e ressaltando o sentido de duração, perpetuação, reprodução e renovação dos recursos dos ecossistemas.

Marginalizadas do processo de crescimento a partir da Revolução Industrial, aquelas fontes de energia cujos recursos naturais são capazes de se regenerar assumiram atualmente novo status na dinâmica da interdependente economia mundial e são consideradas alternativas

fundamentais para o desenvolvimento. Por isso, fontes como o sol, a água, o vento e a biomassa tornaram-se foco de estudos tecnológicos aprofundados e de investimentos que visam à consolidação de um sistema energético vinculado ao bom funcionamento dos ecossistemas.

No Brasil, particularmente, as fontes renováveis compõem 42,4% da matriz energética, de acordo com o Balanço Nacional Energético 2013 (ano base 2012) divulgado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), vinculada ao Ministério das Minas e Energia (MME). Deste montante, 15,4% provêm da biomassa da cana, 13,8% da energia hidráulica, 9,1% da lenha e carvão vegetal e 4,1% de outras fontes renováveis. Deste último percentual, 2% correspondem à geração eólica.

O documento mostra ainda que em 2012 o consumo de energia elétrica no Brasil, nas categorias residencial e comercial cresceu 3,8%, um índice maior que o incremento do Produto Interno Bruto (PIB) que naquele ano se limitou a 0,9%. E é justamente na matriz elétrica brasileira que as fontes renováveis têm participação predominante, chegando a 84,5%. Deste percentual, o destaque é a fonte hidráulica (76,9%), seguida da biomassa (6,8%) e da eólica (0,9%).

Apesar de o Brasil ser internacionalmente apontado como país de crescente consumo de energia limpa e de fontes renováveis predominarem em sua matriz energética, enfrenta problemas de abastecimento no setor elétrico. Em 2012, por exemplo, registrou queda de 4,9 pontos percentuais na geração de energia hidráulica devido a problemas climáticos que baixaram os níveis de reservatórios nas hidrelétricas, provocando riscos de apagões e de racionamento. Para lidar com o problema, o governo usou as termelétricas em caráter emergencial, um recurso fóssil, poluente, e de geração mais cara.

O contexto acima justifica o status promissor alcançado pelo setor eólico nos planos mundial e nacional como alternativa eficiente para o uso da eletricidade a partir dos ventos, em um cenário de transição energética em direção ao baixo carbono.

Sua principal utilização tem sido na injeção de energia elétrica em redes nacionais ou regionais, principalmente em construções em terra firme (on-shore). Pereira (2012) observa que, sobretudo na Europa, vem crescendo a geração nas plataformas continentais (off-shore), além de eventuais aplicações em pequenos sistemas, alimentando ilhas e áreas isoladas.

Recentemente, começaram a ser introduzidas também a micro e minigeração eólica, dentro das cidades, no topo dos edifícios, um mercado, lembra o diretor do Centro Brasileiro de Energia e Mudança do Clima (CBEM), até há pouco tempo imaginado apenas para tetos solares.

Neste sentido, o presente estudo versa sobre o projeto Braseólico, um empreendimento concebido na École des Mines de Alès, na França. Trata-se de um aerogerador de proximidade cuja tecnologia inovadora é plenamente aplicável ao sistema de microgeração de energia eólica descentralizada em cenário urbano, com ganhos para ambas as partes, consumidor e sistema energético regional.

O projeto se vale do sistema de compensação de energia elétrica, conhecido internacionalmente como net metering e regulamentado em 2012 no Brasil. Isto significa que ele unifica gerador e consumidor em um modelo onde a energia é gerada onde é distribuída e é distribuída onde é gerada, com a vantagem de dispensar linhas de transmissão e instaurar uma relação sem movimentação financeira entre consumidor-gerador e a distribuidora. A finalidade geral do presente trabalho é a apresentação deste projeto, provando sua factibilidade no Brasil e ainda que seus efeitos positivos ultrapassem o óbvio ganho ambiental.

## **CAPÍTULO 1**

### **ENERGIA EÓLICA – Conceito, origem, potencial e tendências**

#### **1.1 – Conceito e origem**

Na histórica labuta de desbravar a natureza para atender às suas necessidades, o homem viu no vento a possibilidade de transformar o movimento do ar em força motriz que contribuísse nas atividades agrícolas, poupando os esforços braçal e animal.

Nesta demanda, recorreu à energia eólica. Ela deriva da energia cinética contida nas massas de ar em movimento e seu aproveitamento ocorre por meio da conversão da energia cinética de translação em energia cinética de rotação, com o emprego de turbinas eólicas, também denominadas aerogeradores, para a geração de eletricidade, ou cataventos e moinhos, para trabalhos mecânicos como bombeamento de água.

Pinto (2013) lembra que não há precisão histórica quanto à data de origem de um dispositivo identificado como eólico. Os registros das primeiras menções ao uso da energia do vento vêm do Oriente, especificamente de países como a Índia, o Tibete, Afeganistão e Irã (antiga Pérsia).

A partir do século XII, começaram a ser usados moinhos de eixo horizontal na Inglaterra, França e Holanda e o modelo disseminou pela Europa. O desenvolvimento tecnológico dos moinhos de vento estancou com a revolução industrial e o aparecimento da máquina a vapor, mas na segunda metade do século XIX surgiu o moinho de pás múltiplas americano, considerado um dos mais importantes avanços técnicos para o aproveitamento do vento que influenciaram sobremaneira o projeto dos modernos geradores eólicos.

Enquanto a aplicação de turbinas eólicas para geração de eletricidade teve início na Dinamarca no final do século passado, outros países vinham realizando pesquisas para aproveitamento da energia eólica em geração de grandes blocos de energia. Os Estados Unidos, no entanto, difundiam o uso de aerogeradores de pequeno porte nas fazendas e residências rurais isoladas.

Com a Segunda Guerra Mundial (1939-1945) e a necessidade dos países reduzirem a dependência dos combustíveis fósseis, aumentaram o empenho e investimentos para desenvolvimento dos aerogeradores de médio e grande portes

Após a Segunda Guerra, grandes usinas hidrelétricas e o petróleo se transformaram nos principais alvos de investimentos, desacelerando o ritmo de desenvolvimento dos aerogeradores. Devido ao preço extremamente baixo dos combustíveis primários, a eletricidade a partir do vento não tinha chance econômica. Embora tenham continuado, as pesquisas, se limitaram, então, ao aperfeiçoamento do sistema de geração e das pás.

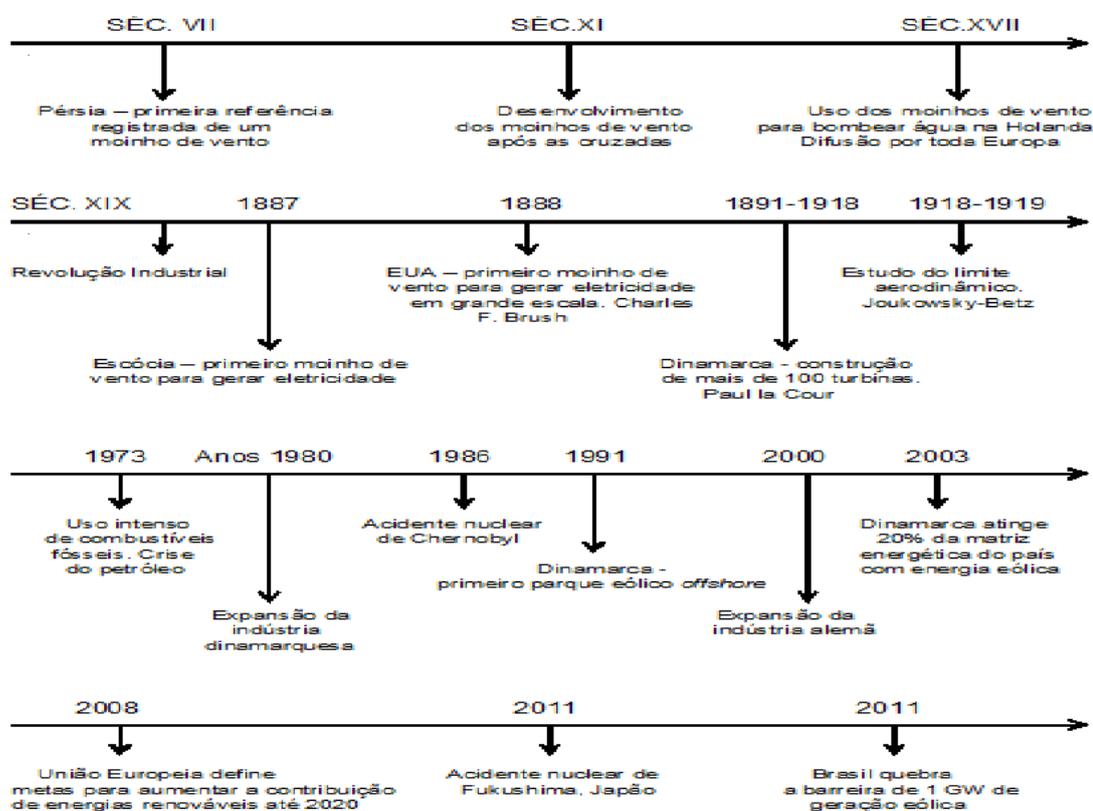
O interesse pela energia eólica voltou a crescer nos anos 1970, especificamente após a crise energética de 1973<sup>1</sup>, quando o preço do petróleo aumentou (passou de 3 dólares para 12 dólares o barril) e a oferta do produto diminuiu, evidenciando a tamanha dependência econômica dos países industrializados do Ocidente em relação às fontes primárias de energia.

Do traçado histórico da evolução dos equipamentos e do sistema de geração da energia eólica, pode-se concluir que esta ferramenta se desenvolveu mundialmente sob os seguintes pilares: condições naturais favoráveis e necessidades conjunturais, as últimas relacionadas a acontecimentos e interesses políticos. Neste sentido, esboça-se a cronologia a seguir.

---

<sup>1</sup> Também conhecida como o primeiro choque do petróleo, já que decorreu dos sucessivos aumentos nos preços do produto decretados a partir de outubro de 1973 pelos Estados integrantes da Organização dos Países Exportadores de Petróleo (OPEP). O elemento detonador foi o conflito árabe-israelense de 1973, mas o alcance era mais amplo. Expressava o projeto dos países produtores no sentido de controlar a produção e distribuição da matéria-prima e de defender seu preço no mercado internacional. Unilateralmente, a OPEP decide aumentar em 17% o preço do petróleo e, ao mesmo tempo, reduzir mensalmente em 5% o fornecimento aos países que apoiavam Israel no conflito. Os países da OPEP viram suas receitas aumentar em US\$ 25 bilhões em 1973 e US\$ 80 bilhões em 1974. Nesse ano, o bloco dos países industrializados teve um déficit global de US\$ 11,5 bilhões e os países emergentes, um déficit de US\$ 39,8 bilhões (SANDRONI, 2003).

**Figura 01:** Cronologia dos principais marcos no desenvolvimento da energia eólica e momento histórico associado.



Fonte: PINTO, 2013.

A cronologia acima confirma os países expoentes do setor eólico no que concerne à tradição de investimentos e da geração de energia. Ao longo dos anos, no entanto, esta modalidade energética foi rompendo fronteiras e atraindo investimentos de diversas nações nos cinco continentes.

É o que mostra o mais recente relatório do Conselho Global de Energia Eólica (GWEC, pela sigla em inglês), divulgado em fevereiro de 2013. Além de retratar em números a capacidade instalada de cada país, o documento elenca os líderes mundiais na produção de energia eólica. Vejamos:

**TABELA 1:** Maiores produtores de energia eólica no mundo

	PAÍS	CAPACIDADE INSTALADA (MW)	PARTICIPAÇÃO GLOBAL*
1º	China	75.5 mil	26,8%

2°	EUA	60 mil	21,2%
3°	Alemanha	31,3 mil	11,1%
4°	Espanha	22,7 mil	8,1%
5°	Índia	18,4 mil	6,5%
6°	Reino Unido	8,4 mil	3%
7°	Itália	8,1 mil	2,9%
8°	França	7,1 mil	2,5%
9°	Canadá	6,2 mil	2,2%
10°	Portugal	4,5 mil	1,6%
11°	Dinamarca	4,1 mil	1,4%
12°	Suécia	3,7 mil	1,3%
13°	Japão	2,6 mil	0,9%
14°	Austrália	2,6 mil	0,9%
15°	Brasil	2,5 mil	0,8%

\* Capacidade Global 282,4 GW

Fonte: Relatório do Conselho Global de Energia Eólica (GWEC), 2012

## 1.2 - Potencial eólico brasileiro

Uma das grandes vantagens da geração de eletricidade por meio dos ventos no Brasil é que ela pode servir como fonte complementar à modalidade hidrelétrica, preferida historicamente para gerar energia. Lopez (2012) observa que essa potencial complementaridade se evidencia principalmente no Nordeste onde, durante o período de seca do segundo semestre, os ventos são mais favoráveis à produção de energia eólica, ao contrário dos primeiros seis meses do ano, quando as chuvas mais frequentes podem manter os reservatórios das hidrelétricas em níveis adequados ao seu funcionamento.

Além de economizar as reservas hídricas, o autor destaca a vantagem de a eólica poder sanar o problema da distância dos centros consumidores da costa leste dos transmissores de energia, já que o potencial hídrico do país se desloca para o norte.

A geração de eletricidade a partir da fonte eólica, embora ainda represente modesta participação na matriz (1%), manteve o forte ritmo de expansão que vem registrando nos últimos anos, atingindo 5,1 TWh em 2012, quase o dobro do montante gerado no ano anterior.

Em 2012, a geração de eletricidade a partir da fonte eólica atingiu 5,1 TWh, quase o dobro do montante gerado no ano anterior. A participação da modalidade na matriz é de modesto 0,9% (EPE, 2013), mas vem mantendo um forte ritmo de expansão nos últimos anos (EPE, 2013).

O atlas brasileiro indica um potencial estimado de 143,47 GW, permitindo uma geração anual de 272,220 TWh/ano de ventos de velocidade média anual a partir de 7 m/s (metros por

segundo), considerando uma área equivalente a 0,8% do território nacional, aproximadamente 71.735 km<sup>2</sup>.

O mapeamento mostra o potencial do vento nas cinco regiões do país e as áreas mais propícias para a geração de eletricidade a partir do vento. Os mais promissores locais para a geração de energia eólica no Brasil, de acordo com o atlas, são o litoral do Rio Grande do Norte e Ceará e litoral do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, assim como algumas áreas de Minas Gerais e na Região Centro-Oeste, na fronteira com o Paraguai.

Atualmente, o Brasil tem 2,8 MW de capacidade instalada de energia eólica em 119 parques eólicos, distribuídos por onze estados. A fonte tem 2% de participação na composição da matriz elétrica brasileira e, até 2017, esse número chegará em 6% referente a 10,3 GW de capacidade instalada. (Abeeolica, 2013).

### **1.3 - Tendências**

É clara a tendência mundial de incorporação de fontes renováveis conectadas ao sistema de distribuição de energia elétrica. Pinto (2013) destaca que entre as renováveis a energia eólica é que mais cresce no mundo e representa uma alternativa consolidada.

Instituições envolvidas neste ramo projetam que o investimento mundial no setor eólico deve passar dos US\$ 16 bilhões de 2006 para US\$ 60 bilhões por volta de 2020. A Associação de Energia Eólica Europeia (EWEA), por exemplo, estima que a capacidade do potencial eólico instalado alcance 180 GW perto de 2020, valor equivalente a mais de 12% da demanda de eletricidade na Europa.

O Conselho Mundial de Energia Eólica (Global Wind Energy Council – GWEC) através de seu mais recente relatório anual, o Global Wind Report 2012 (divulgado em abril de 2013), que é uma atualização das previsões para o mercado eólico nos próximos cinco anos (2013-2017), aponta que a taxa anualizada de crescimento acumulado deve ficar em 12,89% em média, com crescimento anual de 8,9%.

No documento, o Brasil reitera sua posição de líder regional do setor na América Latina, depois de ter operacionalizado 12 GW em 2012, apesar de problemas como falta de linhas de transmissão e adiamento de novos leilões.

Ainda assim, o GWEC mostra otimismo sobre o Brasil, prevendo que no biênio 2013-2014, devem ser investidos no país cerca de US\$ 8,5 bilhões para instalação de pouco mais de

5 GW. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE), por sua vez estima um salto de 1% para 9% da participação das fontes eólicas na matriz energética nacional, no período 2011-2021.

## **CAPÍTULO 2 – O marco regulatório da energia eólica**

### **2.1 - O marco constitucional**

A Constituição Federal de 1988 não contempla em termos literais o desenvolvimento sustentável, tampouco a geração eólica. No entanto, a Carta Magna se destaca como eminentemente ambientalista, principalmente por ter sido a primeira, na história do país, a tratar deliberadamente da questão ambiental.

Silva (2003) ressalta a superação histórica, já que as Constituições anteriores ignoraram o tema e apenas da Carta de 1946 foi possível extrair “orientação protecionista sobre a saúde e a competência da União para legislar sobre águas, florestas, caça e pesca, que possibilitavam a elaboração de leis protetoras como o Código Florestal e os Códigos da Saúde Pública, de Água e de Pesca”.

O constitucionalista realça o fato de que o meio ambiente tem expressão explícita na Carta, mostrando-se “ao pesquisador com mais clareza”. Nesta perspectiva, o destaque é, por óbvio, o artigo 225 reproduzido a seguir

Artigo 225 – Todos têm o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. (CF, 1988)

Silva lembra que há outros dispositivos em que os valores ambientais “se apresentam sob o véu de outros objetos da normatividade constitucional”. O que, observa o autor, demanda pesquisa atenta da Constituição.

### **2.2 - A Resolução 482/2012**

O desempenho das energias renováveis no Brasil vem surpreendendo o setor elétrico e demandando não somente ações governamentais de incentivo, como também adequações legais que coadunem com a dinâmica de evolução do setor, justamente no momento histórico em que

o país apresenta níveis consistentes de crescimento e de inclusão social, que fazem aumentar a cobrança por um sistema energético maior e mais eficiente.

No que tange à energia eólica, como vimos, o setor tem superado previsões e apresentado perspectivas alentadoras de complementaridade à fonte hídrica na matriz energética nacional.

Nesse contexto caracterizado por crescimento econômico e aumento de demanda energética, foi inserido, em 2012, um marco regulatório que coaduna com a tendência recente da microgeração e minigeração de energia elétrica a partir de fontes renováveis.

Trata-se da Resolução 482 publicada pela Aneel em 17 de abril de 2012 estabelecendo as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída e criando o sistema de compensação de energia.

Antes de detalhar as regras determinadas pela resolução, convém reproduzir definições fundamentais trazidas nas linhas do próprio dispositivo infralegal, quais sejam microgeração distribuída, minigeração distribuída e sistema de compensação de energia elétrica.

Art. 2º - Para efeitos desta Resolução, ficam adotadas as seguintes definições:

I - microgeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 100 kW e que utilize fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

II - minigeração distribuída: central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW para fontes com base em energia hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada, conforme regulamentação da ANEEL, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras;

III - sistema de compensação de energia elétrica: sistema no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída é cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade da unidade consumidora onde os créditos foram gerados, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

Com base nas definições acima expostas, fica clara a base de funcionamento do conjunto arquitetado pela Aneel. O Sistema de Compensação é um arranjo no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida à

distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa<sup>2</sup> dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade.

Esse sistema é também conhecido pelo termo em inglês *net metering*. Nele, um consumidor de energia elétrica instala pequenos geradores em sua unidade consumidora (como, por exemplo, painéis solares fotovoltaicos e pequenas turbinas eólicas) e a energia gerada é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade.

Quando a geração for maior que o consumo, o saldo positivo de energia poderá ser utilizado para abater o consumo em outro posto tarifário ou na fatura do mês subsequente. Os créditos de energia gerados continuam válidos por 36 meses. Há ainda a possibilidade de o consumidor utilizar esses créditos em outra unidade (desde que as duas unidades consumidoras estejam na mesma área de concessão e sejam do mesmo titular). Se o consumo for maior do que a geração, o consumidor pagará apenas a diferença entre a energia consumida e a gerada.

Com base nas definições acima expostas, fica clara a base de funcionamento do conjunto arquitetado pela Aneel. O Sistema de Compensação é um arranjo no qual a energia ativa injetada por unidade consumidora com microgeração ou minigeração distribuída é cedida à distribuidora local e posteriormente compensada com o consumo de energia elétrica ativa<sup>3</sup> dessa mesma unidade consumidora ou de outra unidade consumidora de mesma titularidade.

Como se trata de um sistema de engenhoso funcionamento, ao criar a Resolução 482, a Administração recorreu a outros dispositivos já em vigor a fim de dar operacionalidade à norma infralegal.

São eles a Resolução 414/2010 que estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica, consolidando direitos e deveres dos consumidores<sup>4</sup> e a Seção 3.7 do Módulo 3

---

<sup>2</sup> Energia ativa – é responsável pela realização do trabalho. É ela que faz os motores girarem no trabalho do dia a dia. É medida em KWh.

Energia reativa - não é responsável direta pela realização do trabalho, mas é importante para criar o fluxo magnético nas bobinas dos equipamentos, para que os eixos dos motores possam girar. É medida em kvarh, que vem a ser a sigla para energia reativa indutiva consumida durante o intervalo de faturamento. (<https://agenciavirtual.light.com.br>)

<sup>3</sup> Energia ativa – é responsável pela realização do trabalho. É ela que faz os motores girarem no trabalho do dia a dia. É medida em KWh.

Energia reativa - não é responsável direta pela realização do trabalho, mas é importante para criar o fluxo magnético nas bobinas dos equipamentos, para que os eixos dos motores possam girar. É medida em kvarh, que vem a ser a sigla para energia reativa indutiva consumida durante o intervalo de faturamento. (<https://agenciavirtual.light.com.br>)

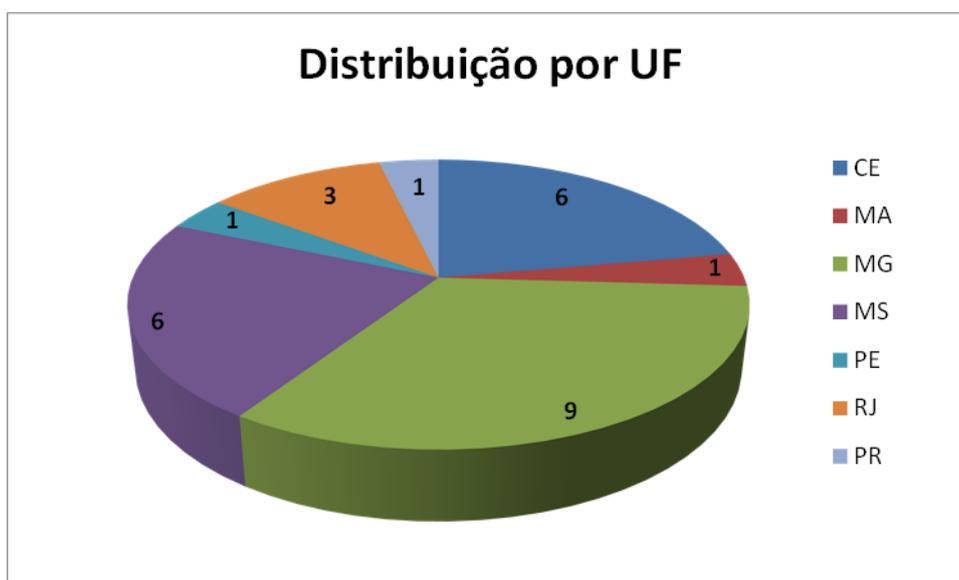
<sup>4</sup> A norma foi organizada para servir como um guia ao consumidor e traz as definições dos termos usados ao longo do texto e trata, dentre outros, de aspectos relativos à classificação e à titularidade de unidades consumidoras, de prazos para ligação, das modalidades tarifárias, dos contratos, dos procedimentos para leitura e faturamento, de procedimentos irregulares e do ressarcimento por danos elétricos. (Aneel, 2013)

do Procedimento de Distribuição (Prodist)<sup>5</sup>, que, por sua vez, traz as normas que disciplinam o relacionamento entre as distribuidoras de energia elétrica e demais agentes (unidades consumidoras e centrais geradores) conectados aos sistemas de distribuição, que incluem redes e linhas em tensão inferior a 230 quilovolts (kV).

### 2.2.1 - Acesso aos Sistemas de Distribuição

Conforme determinado no Parágrafo 1º do artigo 3º da Resolução 482, as distribuidoras de energia elétrica tiveram até dezembro de 2012 para adequar seus sistemas comerciais e as normas técnicas para viabilizar o acesso de microgeração e minigeração distribuída. Atualmente, há 31 microgeradores conectados à rede das distribuidoras e participantes do sistema de compensação de energia. No entanto, a Aneel contabiliza 27 microgeradores registrados. As figuras a seguir ilustram a participação por fonte e a distribuição por Estado destes 27 microgeradores.

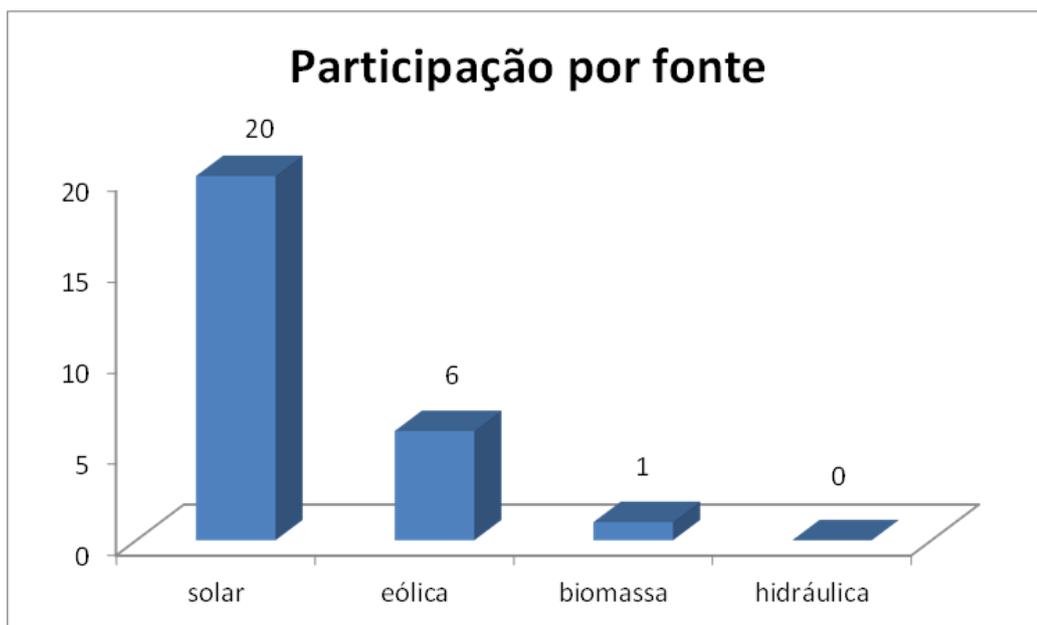
**Figura 02:** Distribuição de microgeradores por Estado



Fonte: Aneel/novembro de 2013

**Figura 03:** Participação de microgeradores por fonte

<sup>5</sup> Disponível em [www.aneel.gov.br/.../2011/.../minuta\\_secao\\_3.7\\_modulo\\_3\\_prodist.pdf](http://www.aneel.gov.br/.../2011/.../minuta_secao_3.7_modulo_3_prodist.pdf).



**Fonte:** Aneel/novembro de 2013

A prática das concessionárias tem sido disponibilizar em seus sites o formulário de solicitação de acesso ao sistema de compensação aos clientes interessados em gerar energia elétrica. Após preenchido, o formulário é analisado e, em até 30 dias, é emitido um parecer de acesso.

O acordo de operação, que consiste no procedimento de como operar o sistema interligado à rede daquela concessionária, é celebrado no prazo de até 90 dias. Os passos seguintes são a vistoria e a emissão de relatório da inspeção, nos prazos de 30 a 15 dias, respectivamente. Finalmente, a aprovação do ponto de conexão sai em 7 dias. Todos esses prazos estão previstos na Resolução 482/2012.

A Aneel esclarece que a distribuidora não pode alegar risco da redução da flexibilidade de operação para impedir a conexão de um micro ou minigerador. Quando da conexão de unidades de geração distribuída ao sistema, cabe à distribuidora, na qualidade de responsável por garantir a prestação dos serviços públicos de distribuição de energia elétrica com qualidade e confiabilidade, encontrar soluções técnica e economicamente mais razoáveis para conexão dos geradores e atendimento eficiente aos demais consumidores. (Aneel, 2012)

### 2.2.2 - Sistema de compensação

É este o elemento-chave da mini e microgeração distribuídas tratadas na Resolução 482, que regulamenta o intercâmbio de energia, viabilizando o empréstimo gratuito da energia

gerada pelo mini ou microgerador para a distribuidora quando a geração for maior do que o consumo – criando, portanto, o crédito - e a distribuição pela concessionária da energia correspondente ao crédito acumulado pelo mini ou microgerador, com prazo de 36 meses de validade.

Este caminho de mão dupla percorrido pela energia, guarnecido por detalhes técnicos e jurídicos, em que o gerador também é consumidor e em que a distribuidora se dispõe da energia gerada, a Aneel denominou sistema de compensação.

Na Resolução 482, ele está explicitado no artigo 6º, § 1º, que prevê inclusive o prazo de validade do crédito energético do consumidor.

Artigo 6º -

§1º Para fins de compensação, a energia ativa injetada no sistema de distribuição pela unidade consumidora, será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 36 (trinta e seis) meses. (Incluído pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

O leque de compensação é abrangente. Se a unidade consumidora não conseguir ter compensado o montante de energia ativa injetada, os créditos poderão ser utilizados para compensar o consumo de outras unidades, desde que estas pertençam ao mesmo CPF ou CNPJ. O disposto:

IV - os montantes de energia ativa injetada que não tenham sido compensados na própria unidade consumidora poderão ser utilizados para compensar o consumo de outras unidades previamente cadastradas para esse fim e atendidas pela mesma distribuidora, cujo titular seja o mesmo da unidade com sistema de compensação de energia elétrica, possuidor do mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ) junto ao Ministério da Fazenda. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

(.....)

VI - em cada unidade consumidora participante do sistema de compensação de energia elétrica, a compensação deve se dar primeiramente no posto tarifário em que ocorreu a geração e, posteriormente, nos demais postos tarifários, devendo ser observada a relação entre os valores das tarifas de energia – TE para diferentes postos tarifários de uma mesma unidade consumidora, conforme definição da Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010, se houver. (Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

(Redação dada pela REN ANEEL 517, de 11.12.2012.)

### 2.2.3 – Medição

A Resolução 482 prevê que a adequação do sistema de medição é de responsabilidade do mini ou microgerador, inclusive os custos, e não da distribuidora. A esta cabe operar e cuidar da manutenção do sistema e arcar com custos apenas em caso de substituição ou adequação.

A responsabilidade pelo custo e pela montagem do sistema de medição é do interessado, mas a instalação deve ser feita pela distribuidora. Um equipamento fundamental no sistema de medição é o relógio bidirecional, que permite o cômputo da energia gerada e consumida em um mesmo equipamento.

Mas a Aneel admite que no caso de conexão na baixa tensão a medição bidirecional pode ser realizada por meio de dois medidores unidirecionais. Um para aferir a energia elétrica ativa consumida e outro para a gerada. Seguindo, desta forma, o determinado no item 7.1.1, Seção 3.7, Módulo 3 do Prodist.

Note-se que, na existência de equipamento bidirecional, o sistema de medição bidirecional a que se refere o item 7.1 da Seção 3.7 pode ser implementado com uso de um único medidor, desde que essa seja a opção de menor custo global (Aneel, 2012).

### 2.2.4 - Custos

Como a iniciativa de instalação da micro ou minigeração distribuída deve ser do consumidor, a Aneel não estabelece custos de geradores e eventuais financiamentos. De acordo com as orientações da Aneel, a análise de custo/benefício a ser realizada pelo consumidor para instalação de tais geradores deve ser pautada individualmente, já que cada caso envolve características bem particulares, tais como tipo da fonte de energia; processo e classe da unidade consumidora; tecnologia de geração; potência instalada; localização e fontes de financiamento; além do alcance do benefício junto à comunidade local.

Vale ressaltar que os custos de eventuais ampliações ou reforços no sistema de distribuição em função exclusivamente da conexão de microgeração ou minigeração distribuída participante do sistema de compensação de energia elétrica são arcados integralmente pela distribuidora acessada, conforme prevê o artigo 5º da Resolução 482.

Dáí deduz-se que como a micro ou minigeração distribuída é conectada à rede por meio de uma unidade consumidora, o tratamento regulatório acerca das responsabilidades para conexão é similar àquele dado a unidades consumidoras convencionais.

## 2.2.5 - Faturamento

O sistema de compensação de energia tem seu modo de faturamento estabelecido no artigo 7º da Resolução Normativa nº 482/2012, que estabelece uma série de condições, dentre elas o regime de permuta entre o microgerador e a distribuidora no mesmo posto horário; utilização dos excedentes em outro posto horário; aproveitamento efetivo de todos os créditos excedentes; informações claras e detalhadas na fatura de energia; adoção de critérios claros na definição das perdas energéticas decorrentes da interligação.

Afora as formas previstas anteriormente, aplica-se de modo complementar as disposições da Resolução Normativa nº 414/2010.

Caso haja impedimento de acesso ao medidor, o faturamento será efetuado aplicando o disposto no artigo 87 da Resolução 414/2010, ou seja, de maneira geral, pela média aritmética dos valores faturados nos últimos 12 meses.

Adicionalmente, o inciso II do art. 7º da Resolução 482/2012 determina que o faturamento referente à unidade consumidora integrante do sistema de compensação de energia deve se dar pela diferença entre a energia consumida e a injetada. Portanto, no caso de impedimento de acesso, a média deve ser realizada pelos valores líquidos (consumo subtraído da injeção).

## **CAPÍTULO 3**

### **O PROJETO BRASEÓLICO**

O percurso no Brasil do desenvolvimento das energias renováveis - particularmente da modalidade eólica - pautado pela combinação de fatores como crescimento econômico, aumento da demanda energética, pressões social e política por um planeta sustentável e alto custo da energia fez sobressair nacionalmente uma tendência já despertada em outros países, a microgeração e a minigeração de energia elétrica.

Consumidores perceberam que a partir do vento, do sol, da biomassa e até de pequenas quedas d'água, é possível gerar a energia para o próprio uso. Se a geração for conectada à rede elétrica é possível fornecer a energia não consumida, abrindo caminho para um crédito quando da utilização da energia da rede pelo consumidor.

Estava, em linhas gerais, criado o sistema de compensação da micro e minigeração distribuídas. Mas tal sistema não contava com qualquer respaldo legal, já que a regulamentação nacional só contemplava a geração centralizada e com a clara diferenciação entre gerador e consumidor. Ele foi regulamentado no Brasil em 17 de abril de 2012 com a Resolução Normativa 482, instituída pela Aneel, conforme esmiuçado no capítulo anterior.

A regulamentação de um sistema que só existia na teoria foi a senha para que projetos ganhassem o papel, esboçando a viabilidade prática e as vantagens econômicas desta tendência que especialistas em energia e meio ambiente consideraram irreversível.

É o caso do Projeto Braseólico, sobre o qual versa este trabalho. Trata-se de um projeto de geração de energia elétrica via aerogerador de proximidade, denominado BrasEólico, para microgeração descentralizada no entorno urbano construído.

É um projeto intelectualmente concebido pelo engenheiro francês Hugues Boyenval, na École des Mines de Alès<sup>6</sup>, na França. No Brasil, o projeto é controlado pela sociedade comercial BrasEólica Ltda<sup>7</sup>, que tem contrato de concessão exclusiva de produção/comercialização do produto e sua tecnologia.

O projeto BrasEólico apresenta inovações tecnológicas determinantes para a eficiência da distribuição da energia elétrica, já que traz diferenciações que abrangem desde o modelo do aerogerador, o modo de dispô-lo para funcionamento e a proximidade da fonte geradora, dispensando gastos com linhas de transmissão e abortando perdas de transporte e riscos de sobrecarga, já que a energia é distribuída onde é gerada e é gerada onde é distribuída.

Como o projeto contempla a microgeração descentralizada no entorno urbano construído, foi idealizado visando condomínios verticais ou horizontais como nichos mercadológicos. Embora inovador, o projeto BrasEólico porta um sistema singelo que será esmiuçado em seus diversos aspectos neste capítulo.

---

<sup>6</sup> A École des Mines de Alès é uma universidade de Tecnologia e Engenharia francesa criada em 1843 pelo Rei Luís XVI. É uma instituição pública tutelada pelo Ministério da Indústria. É uma das componentes do GEM (Grupo de Universidades de Engenharia, pela sigla em francês) ao lado da Mines Paris Tech, Albi-Carmaux, Douai, Nantes, Saint-Étienne e Nancy. As pesquisas desenvolvidas pelo grupo contribuem para as inovações tecnológicas e desenvolvimento industrial da França. Desde 1999, a École des Mines de Alès elegeu focar suas pesquisas em três áreas centrais: Cultura e Empreendedorismo, Tecnologia de Incubadora e Parcerias com Polos Tecnológicos. Abrange os seguintes campos de estudo: Engenharia Civil, Engenharia de Materiais e Mecânica, Gestão de Riscos e Meio Ambiente e Engenharia de Sistemas e Produção.

<sup>7</sup> A BrasEólica Ltda é uma sociedade comercial voltada para a fabricação, venda, instalação e manutenção de microgeradores de proximidade sediada na Estrada dos Colibris nº 285, Parque dos Cisnes, Goiânia, Goiás, e inscrita no CNPJ nº 08.999.696/0001-13.

Primeiramente, abordaremos as facetas técnica e operacional do projeto para, em seguida, analisar e comprovar a sua viabilidade econômica. A este ponto, importa ressaltar que as referidas abordagens se aterão aos dados disponíveis, já que como ainda não há local específico para instalação do BrasEólico, alguns elementos concretos estarão ausentes nas análises. Isto, no entanto, não compromete a credibilidade dos estudos que aqui serão apresentados.

### **3.1 - Aspectos técnicos**

Apresentaremos agora as características físicas e operacionais do projeto Braseólico. Como desdobramento natural desta abordagem, sobressairão os avanços tecnológicos que superam gargalos operacionais de outros modelos, evidenciando a sua consonância com a eficiência energética via fonte limpa e, por consequência, com o desenvolvimento sustentável.

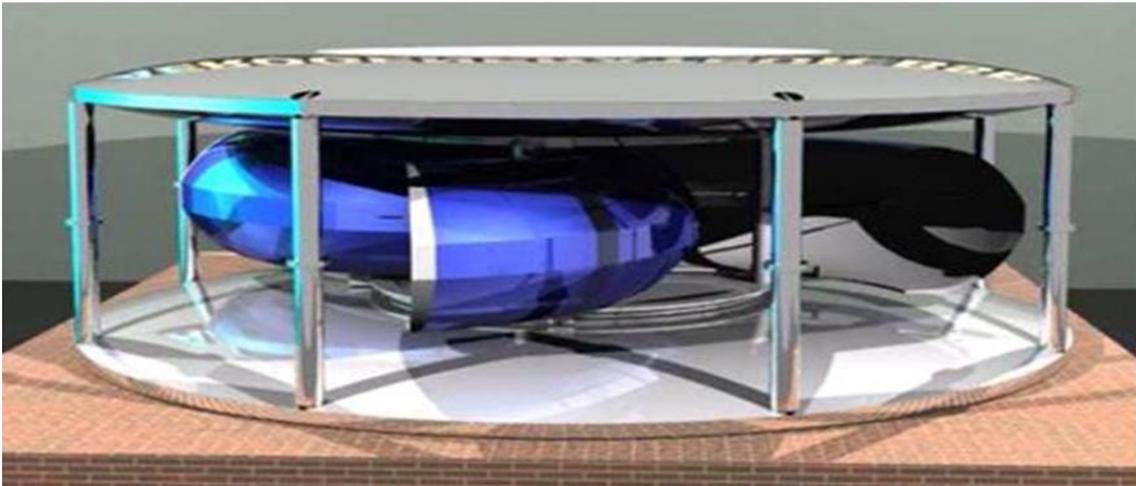
#### **3.1.1 – O aerogerador**

O aerogerador de proximidade BrasEólico foi concebido para funcionar no sistema interligado à rede elétrica, utilizando o sistema de compensação de energia. Trata-se de um equipamento de eixo vertical, mas que foge ao formato tradicional, buscando mais eficiência na captura do vento, potencializando, portanto, sua capacidade de geração.

Esta presteza é alcançada graças à superação de uma deficiência técnica do modelo convencional de aerogeradores de eixo vertical. Normalmente, os equipamentos tradicionais apresentam oscilação significativa devido à falta de apoios superior e inferior. Esta falha, vale ressaltar, leva a outros gargalos como emissão expressiva de ruídos e a própria vulnerabilidade do equipamento.

Neste quesito, o BrasEólico inova no formato trazendo o conceito “sanduíche”, ou seja, pás côncavas estabilizadas entre mesas paralelas, que constituem suportes inferior e superior, conferindo maior estabilidade ao equipamento. O modelo, na figura abaixo:

**Figura 04:** O conceito “sanduíche”



**Fonte:** Braseólica Ltda

O modelo é composto por estator<sup>8</sup> de alumínio mecano-soldado<sup>9</sup>, rotor<sup>10</sup> com quatro pás de poliéster (ou alumínio), alternador<sup>11</sup>, inversor<sup>12</sup> e demais componentes de inversão da corrente elétrica bem como sistema eletrônico de fechamento/abertura do rotor. Esta composição o faz leve, proporcionando arrancada imediata ao menor deslocamento de ar e aceitando amplo ajuste de capacidade por empilhamento modular, o que pode ser observado na figura 30, a seguir.

**Figura 05:** Empilhamento modular



**Fonte:** Braseólica Ltda

---

<sup>8</sup> Estator é a parte de um gerador elétrico fixo à carcaça que conduz o fluxo magnético para transformar a energia cinética do rotor, ou seja, é capaz de induzir no rotor uma corrente elétrica. (Wikipédia/2014)

<sup>9</sup> O conceito mecano-soldado tem sido aplicado pela usinagem para garantir maior qualidade do material, otimizando o controle das variáveis de fabricação. Substituto do conceito monobloco, o mecano-soldado permite fundir uma peça no formato de um disco que é torneado e posteriormente fresado. (O Mundo da Usinagem – Publicação da Divisão Coromant da Sandvik do Brasil ISSN 1518-6091 RG. BN 217.147 – Ed. 4. 2005 nº 24) Disponível em [www.omundodausinagem.com.br/pdf/24.pdf](http://www.omundodausinagem.com.br/pdf/24.pdf)

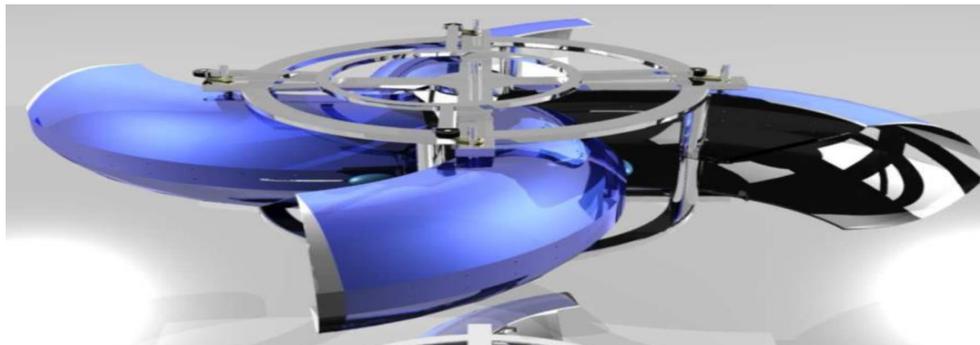
<sup>10</sup> Rotor é o componente que gira (rota) em um gerador elétrico. Em uma turbina eólica, o rotor é onde ocorre a conversão da potência cinética em potência mecânica no eixo da turbina. (Wikipédia/2014)

<sup>11</sup> Alternador é a ferramenta que transforma a energia mecânica em energia elétrica.. (Wikipédia/2014)

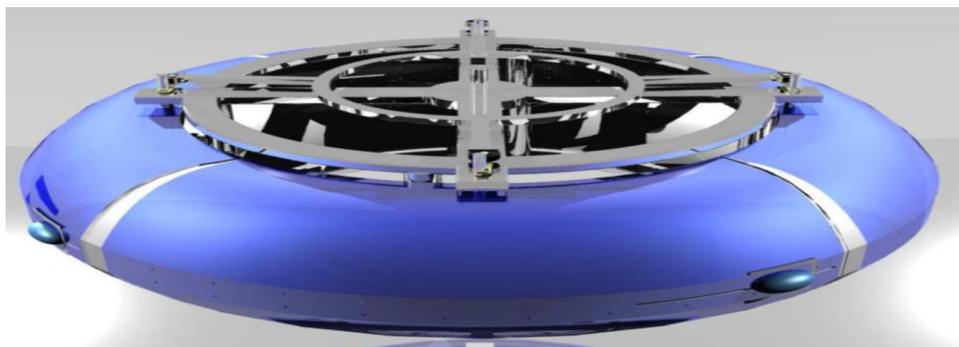
<sup>12</sup> Inversor é um dispositivo elétrico ou eletromecânico capaz de converter um sinal elétrico CC (corrente contínua) em um sinal elétrico CA (corrente alternada). (Wikipédia/2014)

Um outro quesito que posiciona o aerogerador de proximidade BrasEólico à frente do seu tempo é sua geometria variável que permite a abertura e o fechamento do rotor por comando eletrônico, dependendo das alterações do clima. Por exemplo, o rotor permanece aberto em condições de normalidade, conforme a figura 31 e se fecha em caso de tempestade para prevenir estragos, como mostra a figura 32. Ei-las.

**Figura 06:** Rotor aberto



**Figura 07:** Rotor fechado



**Fonte:** Braseólica Ltda

A vida útil média do aerogerador BrasEólico como um todo é de 30 anos. Fator que perfaz uma relação custo/rendimento que alcança índices máximos de otimização com um equipamento de 8 metros de diâmetro e potência nominal de 60 KWh.

A título de exemplo prático, tomemos as regiões costeiras do Nordeste brasileiro – uma das mais propícias para a geração eólica, conforme demonstrado no Capítulo 1 – a relação entre a potência nominal instalada e energia firme efetivamente gerada é de  $\frac{1}{4}$ . Contando com a irregularidade dos ventos, portanto, deve-se instalar 60 KWh para garantir uma geração média de 15 KWh.

### 3.1.2 - Gerenciamento e comercialização

O empreendimento Braseólico demandou a estruturação da entidade comercial de objeto social amplo denominada Braseólica Ltda para exercer a função de gestão da iniciativa cabendo-lhe buscar e selecionar fornecedores, clientela e colaboradores, assim como firmar e administrar os contratos de terceirização industrial, comercial ou administrativa e gerir a rede múltipla que se formar para o pleno funcionamento do empreendimento no Brasil.

A licença exclusiva de exploração do projeto é resultado, conforme mencionado acima, de contrato firmado entre a Braseólica Ltda e outra sociedade comercial de direito francês, que detém a propriedade exclusiva do empreendimento.

Conforme pactuado, a remuneração da licença far-se-á sob a forma de royalties que não excederão 3% do faturamento bruto das atividades industriais computados sobre os preços de venda Ex-Works<sup>13</sup> e excluindo da base de cálculo qualquer rendimento associado à cadeia comercial subsequente.

Caberá à Braseólica Ltda financiar o projeto e os custos relacionados com recursos próprios e empréstimos externos, firmando contratos com prestadores de serviços (escritórios de advocacia, bancos, empresas de contabilidade, etc.) para garantir o complexo de atividades gerenciais.

Foi acordado, ainda, que serão firmados contratos trabalhistas, porém, em número reduzido. Em suma, caberão à Braseólica Ltda – que faturará em nome próprio - os riscos comercial e finan financeiro para o exercício das atividades de compra e venda relacionadas ao projeto. Isto, por óbvio, sem prejuízo da contratação dos devidos seguros.

### 3.1.3 – Industrialização

A industrialização do aerogerador de proximidade BrasEólico é relativamente simples e não requer especialidades que a indústria nacional não domine satisfatoriamente. A Braseólica Ltda decidiu pela terceirização e conta com a colaboração da Fundação Criciúma Ltda –

---

<sup>13</sup> A expressão Ex-Works (e a sua sigla EXW) faz parte do conjunto de termos utilizados no comércio internacional (os chamados incoterms) e normalizados pela convenção da ONU para contratos de comércio internacional de bens. Configura-se quando o exportador encerra sua participação no negócio quando acondiciona a mercadoria na embalagem de transporte (caixa, saco, etc.) e a disponibiliza, no prazo estabelecido, no seu próprio estabelecimento. O comprador assume todos os custos e riscos envolvidos no transporte da mercadoria do local de origem até o de destino. ([www.comxport.com/dic/incoterms/pt/exw.htm](http://www.comxport.com/dic/incoterms/pt/exw.htm))

Fundicril -<sup>14</sup> que dispõe das capacidades e do espaço industrial para atuar como principal contratante de produção.

As funções de comercialização, instalação e manutenção de sistemas, por sua vez, serão oportunamente atendidas por credenciamento de empreiteiros e agentes regionais.

### **3.2 – Encaixe no marco regulatório**

Como o projeto Braseólico contempla a microgeração distribuída via aerogerador de proximidade, é perfeito o seu encaixe no marco regulatório nacional do setor, qual seja a Resolução Normativa 482/2012, criteriosamente abordada no Capítulo 2.

Imposições da referida resolução como, por exemplo, a obrigatoriedade de as distribuidoras de energia elétrica adequarem seus sistemas comerciais e normas técnicas para viabilizar o acesso da microgeração e minigeração distribuída, dá ao projeto Braseólico as condições ideais de implementação e pleno funcionamento nas regiões propícias à geração eólica no território nacional.

Podemos considerar, portanto, que juridicamente o projeto está plenamente guarnecido para operacionalização no Brasil.

### **3.3 - Viabilidade Econômica**

Destaque-se que o presente trabalho não busca demonstrar a viabilidade econômica da fabricação do aerogerador BrasEólico, mas sim da viabilidade econômica do equipamento, levando-se em conta seus custos e retornos. Por óbvio, tal demonstração não pode passar ao largo de conceitos e princípios inerentes ao mundo dos negócios, emprestados de outras áreas do conhecimento como administração, economia e finanças, sem perder de vista o arcabouço jurídico-regulatório do setor.

O custo do aerogerador com 8 metros de diâmetro e potência nominal de 60 KWh, assegurando a geração média de 15 KWh, já instalado é de R\$ 183.400,00. Portanto, o cálculo da viabilidade levará em conta este valor e o preço da energia.

#### **3.3.1 – Riscos**

---

<sup>14</sup> A Fundicril é uma indústria de máquinas pesadas e equipamentos em geral que presta serviço de fundição e usinagem nas ligas de bronze, aço caborno, aço inox, ferro fundido e alumínio, com sede em Criciúma (SC).

Um dos passos primordiais na determinação do sucesso de qualquer empreendimento está, certamente, na mensuração dos seus riscos conferindo, assim, confiança a todos os outros passos a serem dados bem como credibilidade às informações transmitidas sobre o projeto.

Para Bonomi e Malvessi (2004), uma das formas de classificação de risco é a sua divisão em dois grandes grupos: o sistêmico e o próprio. O primeiro grupo diz respeito aos sistemas econômico, político ou social no qual está inserido o projeto; o segundo está relacionado à própria atividade ou ao projeto em si. Trazendo a classificação de Bonomi e Malvesi para a realidade do aerogerador BrasEólico poderíamos fazer a seguinte avaliação, presente na tabela a seguir:

**TABELA 2: Riscos próprios**

RISCOS PRÓPRIOS	GRADUAÇÃO	JUSTIFICATIVA
Ambientais, de patrimônio, e de responsabilidade civil	Baixo	Trata-se de uma operação com reduzido impacto e baixo investimento patrimonial. Consequentemente importa em pouca probabilidade de responsabilização do empreendedor por perdas em qualquer esfera, inclusive civil.
Abastecimento de fornecedores	Médio	A graduação deste risco está diretamente ligada ao fabricante do equipamento e ao serviço de pós venda e manutenção. Poderá ser minimizado em função da qualidade do fabricante, contratos garantindo fornecimento de peças de reposição e da formação de equipes de manutenção
Operacionais: preços de materiais e salários	Muito baixo	A vida útil do equipamento é bastante elevada e não demanda mão de obra na sua operação

Fonte: autora

Quanto aos riscos sistêmicos apontamos os financeiros e políticos. Vejamos.

**TABELA 3: Riscos sistêmicos**

RISCOS SISTEMICOS	GRADUAÇÃO	JUSTIFICATIVA
Financeiros: taxas de juros, câmbio, disponibilidade de crédito e inadimplência	Baixo	Todas essas variáveis estarão dadas quando da implantação do projeto. Ainda que a aquisição do equipamento se dê mediante financiamento, todos os custos incorridos na linha de crédito serão definidos em contrato. Já o risco de inadimplência é praticamente inexistente, posto que o destinatário do produto “energia” é o próprio fornecedor desse insumo, numa relação de empréstimo garantida por contrato previsto em norma regulatória federal.
Políticos: Risco País, reputação e regulamentação	Baixo	O Brasil é um país politicamente estável, constituído de poderes independentes, dispondo de amplo marco regulatório sobre o setor energético, incluindo o da microgeração distribuída.

Fonte: autora

### 3.3.2 - Retorno

Existem inúmeras fórmulas de avaliação de investimentos e elaboração de orçamento de capital. No presente trabalho optou-se pelo chamado período de payback, que na definição de Weston e Brigham (2000) é “o número esperado de anos exigido para recuperar o investimento original” e, conforme lembram, foi o primeiro método formal para a avaliação de projetos.

O processo é simples – somam-se os fluxos futuros de caixa para cada ano, até que o custo inicial do projeto de capital seja pelo menos coberto. O tempo total, incluindo-se a fração de um ano se apropriado, constitui o período de payback. (WESTON e BRIGHAM, XIV, p. 531)

Observando-se essa metodologia, quanto mais baixo for o payback, melhor. Conforme veremos, o aerogerador de proximidade Braseólico enquadra-se num payback consideravelmente baixo.

Para alcançar tais conclusões foram tomados como variáveis o custo de implantação de um aerogerador Braseólico e o preço da energia paga pelos consumidores residenciais nas principais praças onde a qualidade e a intensidade dos ventos mostrou-se favorável à instalação do equipamento, conforme mostra a tabela 4.

Posto tratar-se de uma operação de empréstimo não oneroso, os cálculos estão levando em conta que a transferência da energia no sentido gerador-distribuidora se dará sem ônus tributário, daí a decisão de considerar os valores a serem percebidos pelo empreendedor como livre de impostos.

**TABELA 4 : Tempo de retorno**

<b>PAYBACK</b>					
	Local	Energia/ Tarifa	Energia/ Preço ao consumidor residencial	Aerogerador BrasEólico / Rendimentos Financeiros Anuais	Payback
<b>1</b>	São Luís	0,4465	0,685	131800	2,0
<b>2</b>	Salvador	0,404	0,62	57800	5,1
<b>3</b>	Belém	0,395	0,606	131800	2,3
<b>4</b>	João Pessoa	0,387	0,5968	112315	2,7
<b>5</b>	Vitória	0,384	0,5896	57800	5,4
<b>6</b>	Maceió	0,3694	0,5668	101780	3,2
<b>7</b>	Fortaleza	0,3638	0,5582	131800	2,5
<b>8</b>	Natal	0,3637	0,5581	131800	2,5
<b>9</b>	Recife	0,3613	0,5544	131800	2,5
<b>10</b>	Aracaju	0,3537	0,5427	112315	3,0
<b>11</b>	Porto Alegre	0,3314	0,5084	131800	2,7
<b>12</b>	Macapá	0,1973	0,3027	131800	4,6

**Fonte:** BrasEólica Ltda.

Importa destacar ainda na definição do preço final a inexistência de custos relacionados à transmissão da energia, isso porque a geração se dará no mesmo ambiente do consumo, suprimindo gastos consideráveis no transporte da força elétrica e também as perdas inerentes à transmissão. Dessa forma, ainda que devolva ao microgerador a energia emprestada, nas mesmas bases que recebeu, a empresa distribuidora estará percebendo considerável lucro na operação, mediante a supressão de tais custos.

Considerando o quadro acima, temos um payback médio de aproximadamente três anos, para uma perspectiva de vida útil de 30 anos do aerogerador. Portanto, considerando-se um quadro de riscos baixos conforme já demonstrado e uma perspectiva de retorno do investimento num prazo relativamente curto, podemos assegurar que, do ponto de vista financeiro, trata-se de um projeto altamente viável.

Para o Estado Brasileiro também se revela uma alternativa altamente interessante, além das já destacadas vantagens da energia limpa. Quanto maior for a conversão de simples consumidores em consumidor-gerador estarão sendo aliviadas as pressões por equipamentos de transmissão de energia.

### 3.3.3 - Fontes de financiamento

Há no Brasil várias alternativas de financiamento de projetos de geração de energia eólica, alguns com custo altamente subsidiado, destaque para as linhas do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), com opções para projetos de vários portes, desde que enquadráveis ao Proinfra.

Os juros nominais são de aproximadamente 8,5% ao ano, de modo que a taxa real fica em torno de 3,5%, considerando-se uma inflação na ordem de 5% anualizada. No campo oficial, além da linha BNDES há também disponibilidade de recursos no Banco do Nordeste do Brasil – BNB, com custos similares.

Mas em se tratando de um negócio inovador e de geração de energia limpa, não podemos esquecer as alternativas de captação de recursos internacionais, tanto na forma de financiamento quanto no aporte direto de recursos, na qualidade de empreendedor..

Nesse sentido, destaca Tápias (2004):

Num empreendimento existem vários tipos de risco. Uns são políticos, outros de engenharia, outros de dificuldades de operacionalidade. Entretanto, apesar dos riscos, sempre existe disponibilidade de vários tipos de capital para assumi-los por uma remuneração compensadora. São agências multilaterais, bancos de fomento,

seguradoras, fundos de pensão, instituições financeiras privadas, empresários e especialmente investidores financeiros. (TÁPIAS, I, p. 14)

Após as análises técnica e econômica realizadas acima julgamos que a Resolução 482/2012 chancela jurídica e tecnicamente a viabilidade da implementação do projeto Braseólico e a sua factibilidade trará um aperfeiçoamento do modelo de microgeração descentralizada via sistema de compensação, configurando um complexo de vantagens para gerador, consumidor, distribuidor e, conseqüentemente, todo o sistema elétrico brasileiro. Automaticamente, por óbvio, o grande beneficiado será o meio ambiente.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Ecoa nos mais diversos pontos do planeta o clamor por um mundo menos dependente dos combustíveis fósseis e por um desenvolvimento sustentável, ou seja, aquele que leve ao crescimento econômico com menor desgaste dos recursos naturais e maior inclusão social, em nome da qualidade de vida das gerações futuras.

As fontes renováveis portam o status de apostas seguras da economia atual rumo ao futuro energético do planeta. Dentre elas, a vertente eólica é a que apresenta maior crescimento e já é uma realidade importante tanto para países desenvolvidos quanto para emergentes.

O Conselho Mundial de Energia Eólica (Global Wind Energy Council – GWEC) prevê para 2014 a instalação de 45,3 GW, com alta de 14,4% sobre 2013. De acordo com o mais recente relatório do GWEC, na América Latina, o líder é o Brasil. A previsão do Conselho Mundial é de que sejam investidos até o fim deste ano no país cerca de US\$ 8,5 bilhões para instalação de pouco mais de 5 GW.

O otimismo é compactuado nacionalmente, pois no Plano Decenal de Energia (PDE 2021), elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) – ligada ao Ministério das Minas e Energia (MME) -, a participação da energia eólica na matriz energética sai do 1% em 2011 e alcança os 9% em 2021. Afora as conjecturas, estatísticas da Associação Brasileira de Energia Eólica (Abeeólica) mostram que a geração eólica é a fonte que mais cresceu no país em participação nos leilões de energia desde 2009. Em 2013, foram contratados 2,3 mil MW, um “recorde”, nas palavras da presidente da Abeeólica, Elbia Melo. Segundo ela declarou ao jornal O Estado de S. Paulo em 12 de janeiro deste ano, o Brasil fechou 2013 com 3,6 mil MW de capacidade instalada – 3% da matriz elétrica. Até março, serão 7 mil MW e, em 2018, 13 mil MW – 8% da matriz.

O impulso à expansão da energia eólica no Brasil se deve à junção de três motivos primordiais: i) desde a crise econômica de 2008, Estados Unidos e Europa reduziram os investimentos em fontes renováveis levando investidores a aportarem recursos em projetos no Brasil, país internacionalmente reconhecido como de excelente potencial eólico; ii) com maiores investimentos, a cadeia produtiva se aperfeiçoou e, numa via de mão dupla, aproveitou-se do desenvolvimento tecnológico do setor que, por sua vez, aprimorou avanços para atender à crescente demanda de produção; iii) aperfeiçoamentos regulatórios foram realizados diante da dinâmica deste cenário promissor que leva, naturalmente, a novas e diversas tendências;

Dentre as tendências que ganharam força em âmbito nacional estão a minigeração e microgeração de energia elétrica a partir da fonte eólica, seguindo movimentos semelhantes adotados em outros países. Consumidores passaram a gerar energia e almejavam conectá-la à rede elétrica, possibilitando usá-la como backup nos momentos de ventos mais calmos e até negociar a geração que excedesse o autoconsumo, adotando o sistema conhecido internacionalmente como net metering. Para isso, faltava a regra jurídica.

Daí surge um importante aperfeiçoamento regulatório, a Resolução Normativa 482 de 17 de abril de 2012 - instituída pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) - que criou o sistema de compensação de energia elétrica e estabeleceu as regras para o acesso da microgeração e minigeração direcionada ao sistema de distribuição desta energia, a partir de fontes renováveis.

Alguns especialistas enxergam na micro e minigeração de energia elétrica uma tendência irreversível com a possibilidade de em 20 ou 30 anos ultrapassar a produção de energia convencional. Vários fatores podem contribuir para que esta perspectiva se concretize, dentre eles eficiência do modelo e ganhos financeiros.

Plenamente compatível com este contexto, aparece o projeto Braseólico, apresentado em detalhes neste trabalho. O aerogerador de proximidade, concebido na École de Mines de Alès, na França, é ideal para funcionamento no entorno urbano construído, usufruindo do sistema de compensação de energia elétrica a partir da microgeração.

Ele propicia a coincidência geográfica entre geração e carga, ou seja, a distribuição da energia onde ela é gerada e a geração onde a energia é distribuída, dispensando a rede de transmissão e abortando perdas.

O aerogerador BrasEólico possui um sistema singular, mas inovador, de funcionamento e tem em condomínios horizontais ou verticais o seu nicho mercadológico. Com armação de alumínio e alternador de última geração, o aerogerador é leve e tem arrancada imediata ao menor deslocamento de ar, potencializando sua capacidade.

Com vida útil média de 30 anos, a relação custo-rendimento do BrasEólico alcança índices máximos de otimização com equipamento padronizado de 8 metros de diâmetro e potência nominal de 60 KWh, perfazendo uma geração média de 15 KWh.

Após apresentar estes e outros aspectos estruturais, coube ao estudo avaliar a compatibilidade técnico-econômica do projeto Braseólico. Tudo, obviamente, baseado no custo do equipamento já instalado e no preço da energia, levando-se em conta regiões brasileiras onde o vento é mais competitivo.

Neste processo, o estudo demonstrou um quadro de riscos baixo e um tempo de retorno relativamente curto – cerca de três anos – para um equipamento de vida útil média de 30 anos. Assegura-se, assim, que do ponto de vista financeiro, o projeto Braseólico é altamente viável.

## **BIBLIOGRAFIA**

ABEEOLICA – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA. **Boletim Mensal de Dados do Setor Eólico – Julho 2013**. São Paulo: ABEEOLICA, 2013.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Perguntas e Respostas sobre a aplicação da Resolução Normativa nº 482/2012**. Disponível em [www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/FAQ\\_482\\_18-12-2012.pdf](http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/FAQ_482_18-12-2012.pdf). Acesso em novembro de 2013.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Disponível em [www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf). Acesso em novembro de 2013.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa nº 414, de 9 de setembro de 2010**. Estabelece as Condições Gerais de Fornecimento de Energia Elétrica de forma atualizada e consolidada. Disponível em [www.aneel.gov.br/.../livros/REN\\_414\\_2010\\_atual\\_REN\\_499\\_2012.pdf](http://www.aneel.gov.br/.../livros/REN_414_2010_atual_REN_499_2012.pdf). Acesso em novembro de 2013.

\_\_\_\_\_. **Procedimento de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – Prodist, Módulo 3, Seção 3.7**. Disponível em [www.aneel.gov.br/.../2011/.../minuta\\_secao\\_3.7\\_modulo\\_3\\_prodist.pdf](http://www.aneel.gov.br/.../2011/.../minuta_secao_3.7_modulo_3_prodist.pdf). Acesso em novembro de 2013.

BONOMI, Claudio A. MALVESSI, Oscar. **Project Finance no Brasil – Fundamentos e Estudos de Casos. Introdução de Alcides Lopes Tápias**. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2004.

BRASEÓLICA LTDA. **Prospecto de Negócio. Aerogerador de proximidade BrasEólico. Microgeração Eólica Descentralizada no Entorno Urbano Construído.** Goiânia, 2013

BRASIL. Constituição da República Federativa do. **Constituição 1988: Texto Constitucional de 5 de outubro de 1988 com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais nº 1 a 6/94.** Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2000.

DAMODARAN, Aswath. **Avaliação de Investimentos: Ferramentas e Técnicas para a Determinação do Valor de Qualquer Ativo.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

DUTRA, Ricardo Marques. **Energia Eólica – Princípios e Tecnologias.** Cresesb – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Rio de Janeiro: CEPTEL, 2010.

\_\_\_\_\_. **Viabilidade Técnico-Econômica da Energia Eólica face ao Novo Marco Regulatório do Setor Elétrico Brasileiro.** Dissertação de M.Sc., Programa de Planejamento Energético. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2001.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional – BEN 2013. Relatório Síntese.** Disponível em [https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final\\_2013\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Síntese%20do%20Relatório%20Final_2013_Web.pdf). Acesso em setembro de 2013.

GLOBAL TRACKING FRAMEWORK. Chapter 4: Renewable Energy. p. 193 Disponível em <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/globaltrackingframework.pdf>. Acesso em setembro de 2013.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Energia Eólica.** 2ª ed. Artliber: São Paulo. 2012.

OLIVEIRA, Adilson de. **Planejamento elétrico: uma agenda amigável com a natureza.** In: VEIGA, José Eli da. (org.) **Energia eólica.** Senac: São Paulo. 2012

PINTO, Milton de Oliveira. **Fundamentos da energia eólica.** LTC: Rio de Janeiro. 2013.

SILVA, José Afonso da. **Direito Ambiental Constitucional.** 4ª ed. Malheiros: São Paulo. 2002, p. 27.

VALOR ECONÔMICO. **Energia Eólica – Análise Setorial.** 1ª edição setorial. São Paulo. 2013

WESTON, J. Fred. BRIGHAM, Eugene F. **Fundamentos da Administração Financeira.** 10ª ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 2000.

