

## PROPOSTA DO APROVEITAMENTO DO POTENCIAL DA MICROGERAÇÃO EÓLICA NA ZONA RURAL, URBANA E LITORANEA BRASILEIRA

Luis Reyes Rosales Montero <sup>1</sup>  
Vanessa Rosales Bezerra <sup>2</sup>  
Keila Machado de Medeiros <sup>3</sup>  
Carlos Antônio Pereira de Lima <sup>4</sup>

### RESUMO

O homem precisa de energia para manter e tornar mais confortável sua sobrevivência. Buscam-se alternativas para suprir essa demanda energética sem causar grandes danos ambientais. E nessa perspectiva surgem as fontes de energias renováveis. Deste modo, este trabalho tem como objetivo compreender o potencial brasileiro para a microgeração eólica. Para tanto, foi realizada uma pequena revisão de literatura, que deu suporte ao conteúdo apresentado. Concluiu-se, a energia eólica é limpa e não causa grandes impactos ambientais, sendo uma alternativa viável e complementar às outras fontes de energia já utilizadas e, além disso, o Brasil apresenta grande potencial para a exploração da energia eólica, bem como para a microgeração, porém, ainda há a necessidade de que a tecnologia envolvida em tal processo se torne mais acessível.

**Palavras-chave:** energia eólica, energia elétrica, litoral, renovável.

### INTRODUÇÃO

Um dos grandes tormentos do mundo de hoje é a questão relativa à energia: o homem precisa de energia para manter e tornar mais confortável sua própria sobrevivência. Porém, sabe-se que o aproveitamento desta ainda não atingiu um nível satisfatório, tendo em vista que a maior parte da energia utilizada no planeta é de origem não renovável. Por essa razão, tem-se buscado novas alternativas que visam a maior distribuição possível junto com uma maior economia envolvida, além da preocupação com o meio-ambiente. Nessa perspectiva surgem as energias renováveis.

As energias renováveis, quando utilizadas, são repostas rapidamente, enquanto que as fontes de energia consideradas não renováveis – como por exemplo, a energia obtida do carvão, do petróleo, do gás natural, de onde vem boa parte da energia utilizada –, uma vez que são

<sup>1</sup> Doutor. Em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [rosales@dee.ufcg.edu.br](mailto:rosales@dee.ufcg.edu.br);

<sup>2</sup> Doutoranda pelo Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, [rosalesuepb@gmail.com](mailto:rosalesuepb@gmail.com);

<sup>3</sup> Doutora em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, [keilamedeiros@ufpb.edu.br](mailto:keilamedeiros@ufpb.edu.br);

<sup>4</sup> Doutor em Engenharia Mecânica Universidade Federal da Paraíba - UEPB, [caplima@uepb.edu.br](mailto:caplima@uepb.edu.br);

retiradas do solo e utilizadas não são repostas de imediato. Essas não podem ser repostas em escala de tempo humanas e podem vir a se esgotarem.

No Brasil, a maior parte da energia consumida vem das hidroelétricas, que apesar de ser uma fonte renovável não é livre de causar impactos ambientais e sociais negativos, além de não ser suficiente para atender as necessidades de todo o país. Dessa maneira, a utilização de outras fontes de energia renovável vem se tornando necessária, não com o intuito de substituir, mas sim colaborar com as hidroelétricas.

O uso da energia eólica é uma tendência mundial por ser caracterizada como uma forma de energia com poucos impactos, que contribui para a preservação do meio ambiente. Não requer água para a sua produção e nem gera gases de efeito estufa, por isso tem sido vista como a fonte de energia renovável mais promissora para a produção de energia elétrica, em curto prazo, sendo no Brasil uma fonte de energia de custo menor que o gás natural e a biomassa.

Neste sentido, o objetivo desta pesquisa é compreender o potencial brasileiro para a geração de energia eólica, bem como apresentar capacidade da microgeração usando microgeradores do tipo vertical.

## 1. METODOLOGIA

Devido à escassez de água na região do Nordeste, a população sentiu necessidade de buscar águas por outras fontes, dessa forma vários poços foram cavados. No entanto, a utilização de águas subterrâneas não deve ocorrer sem tratamento prévio.

Além disso, atualmente com a transposição do rio São Francisco, muitos dos poços que eram utilizados para fins de subsistência, hoje estão parados sem uso. Portanto alguns dos destinos para essas águas subterrâneas que contém grande quantidade de sais dissolvidos é a utilização na agricultura, bem como na piscicultura. Além disso uma tecnologia bastante inovadora no momento é a utilização de sistemas de membranas para a dessalinização e purificação de águas com destino ao consumo humano.

A metodologia de pesquisa utilizada, dessa forma, para elaborar este artigo foi o estudo de caso. O presente estudo foi realizado com base nos dados acerca dos poços cadastrados em algumas cidades da Paraíba, e algumas metodologias de uso dessas águas.

Segundo Barcelos (2014), os tipos de energia utilizados atualmente, são basicamente divididos em dois tipos de acordo com suas fontes, podendo ser:

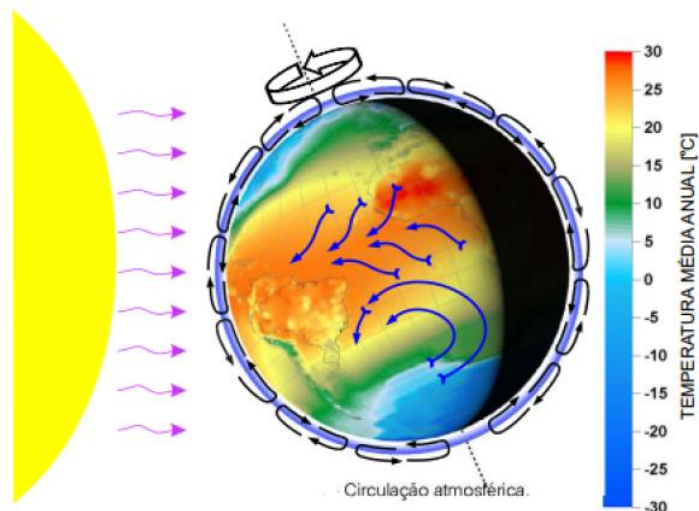
- Energia não renovável: são fontes encontradas na natureza em quantidade limitada e podem se extinguir com sua utilização como é o exemplo dos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e o urânio, utilizado para obter energia pelo processo de fusão nuclear; e
- Energia renovável: não é possível medir um fim temporal para a fonte utilizada. São exemplos desse tipo de energia o calor e a radiação emitida pelo sol, a existência de vento, as marés ou cursos de água. Assim, elas são consideradas fontes inesgotáveis, somente sendo limitada em relação à quantidade disponível para extração em cada momento.

## 1. O VENTO

Ocorre devido à ação contínua da energia radiante solar sobre a Terra, que aquece de forma desigual a superfície terrestre, resultando na circulação contínua das camadas de ar da atmosfera. Na região entre os trópicos, a incidência solar é quase perpendicular em toda área, quanto mais distante da linha imaginária do Equador, mais inclinada é a incidência dos raios solares na superfície do planeta, sendo a região mais fria a região dos polos (AMARANTE, 2002).

O sol aquece a Terra com maior intensidade entre os trópicos, fazendo com que as massas de ar quente subam na atmosfera, criando zonas de baixa pressão perto à superfície, com isso as massas de ar frio vindas dos polos preenchem essas zonas, e esse deslocamento constante forma os ventos (Figura 1) (AMARANTE, 2002).

Figura 1: Circulação atmosférica



Fonte: BARCELOS (2014)

Enquanto as latitudes principalmente somadas às estações do ano e o ciclo dia-noite são os mecanismos atuantes em escala global, os encontros montanhas-vale e terra-mar influenciam

a formação dos ventos em escala local. Outros fatores que afetam a qualidade do vento são as condições de relevo e a rugosidade aerodinâmica do terreno. O vento é afetado de forma acentuada pela forma de relevo apresentada, sendo totalmente diferente em ambientes de floresta, cidade, praia, pradaria e etc. (MARANTE, 2002).

## 1.1 A energia Eólica

A energia eólica é a fonte de energia proveniente da força dos ventos. Energia essa abundante, limpa e renovável. Hoje quando se fala em energia eólica, associa-se diretamente ao processo de aproveitamento eólico para geração de energia elétrica. Esse processo se dá através da captação da energia cinética eólica, a qual movimenta pás de hélices de turbinas, que com seus rotores ligados a um gerador convertem a energia mecânica em elétrica (ANEEL, 2003).

Uma grande vantagem do uso de eólicas é a possibilidade de um usuário comum gerar sua própria energia (microgeração de energia), e então diminuir a dependência em relação a energia elétrica fornecida pelas concessionárias, nem ficar à mercê da variação do preço da energia do mercado (ANEEL, 2003).

Mas também se devem levar em consideração as desvantagens como o barulho gerado e a necessidade de escolha criteriosa do local onde será instalada a eólica. Além disso, esta tecnologia ainda não está totalmente desenvolvida e seu custo ainda é bem elevado, o que torna difícil uma população ter seu próprio fornecimento de energia elétrica (BARCELLOS, 2014).

## 1.2 História da Energia Eólica

Há milhares de anos a energia eólica, bem como a hidráulica, vem sendo utilizada para auxiliar nas diversas etapas do trabalho na agricultura que envolve energia mecânica. Tarefas como o bombeamento de água e a moagem dos grãos exigiam cada vez mais esforço braçal e animal. Levando então ao desenvolvimento de ferramentas que facilitassem esse trabalho (SHEPHERD, 1994).

Com o passar do tempo, surgiu uma forma primitiva do que viria a ser o moinho de vento, utilizado no beneficiamento dos produtos agrícolas e bombeamento de água. Este era composto por um eixo vertical acionado por uma longa haste presa a ela, movida por homens ou animais caminhando numa gaiola circular. Esse sistema foi sendo aperfeiçoado e a força motriz humana e animal foi substituída primeiramente pela utilização de cursos d'água, surgindo as rodas d'água. Historicamente, essa substituição aconteceu antes do surgimento dos moinhos de vento graças a sua concepção mais simples. Porém, como não existiam rios em

todos os lugares, percebeu-se o potencial do vento como uma fonte natural e abundante de energia e assim surgiram os moinhos de vento (CHESF, 1998).

O primeiro registro histórico da utilização da energia eólica através de cata-ventos é proveniente da Pérsia, por volta de 200 a.C. Esse tipo de moinho de eixo vertical se espalhou pelo mundo islâmico sendo utilizado por vários séculos para bombeamento de água e moagem de grãos. (CHESF, 1998).

No século XI, após as cruzadas, foi grande a utilização de moinhos para moagem e bombeamento de água (Figura 2) e moagem de grãos e seu desenvolvimento foi bem documentado. No século XIX, com a Revolução industrial e o advento da Máquina a Vapor houve um declínio em sua utilização, mas eles são utilizados até hoje em várias partes do mundo para bombeamento de água (CRESESB, 2014).

Figura 2: Estrutura típica de moinho



Fonte: [www.pinterest.pt/pin/89720217548641450/?nic\\_v2=1a1B8FZbD](http://www.pinterest.pt/pin/89720217548641450/?nic_v2=1a1B8FZbD)

No final do século XIX, começou a adaptação dos cata-ventos para geração de energia elétrica. Em 1888, Charles F. Brush, um industrial voltado para eletrificação em campo, ergueu o primeiro cata-vento destinado à geração de energia elétrica na cidade de Cleveland, Ohio. Esse aerogerador fornecia 12kW em corrente contínua para carregamento de baterias, as quais eram destinadas, sobretudo, para o fornecimento de energia para 350 lâmpadas incandescentes (ASTRASOLAR, 2017)

A Segunda Guerra Mundial contribuiu para o desenvolvimento dos aerogeradores de médio e grande porte, pela diminuição da disponibilidade de combustíveis fósseis os países em geral empenhavam-se para economizar essa fonte de energia. Todavia, após o fim da guerra, os

combustíveis fósseis voltaram a abundar no cenário mundial e assim os aerogeradores deixaram de ser competitivos. Então, eles continuaram a ser construídos, mas somente para fins de pesquisa, utilizando e aprimorando técnicas aeronáuticas na operação e desenvolvimento de pás, além de aperfeiçoamentos no sistema de geração, (FUENTES, 2017).

Atualmente, muitos países estão conseguindo uma maior independência de fontes não renováveis de energia graças ao investimento e ao desenvolvimento de tecnologia no setor da energia eólica.

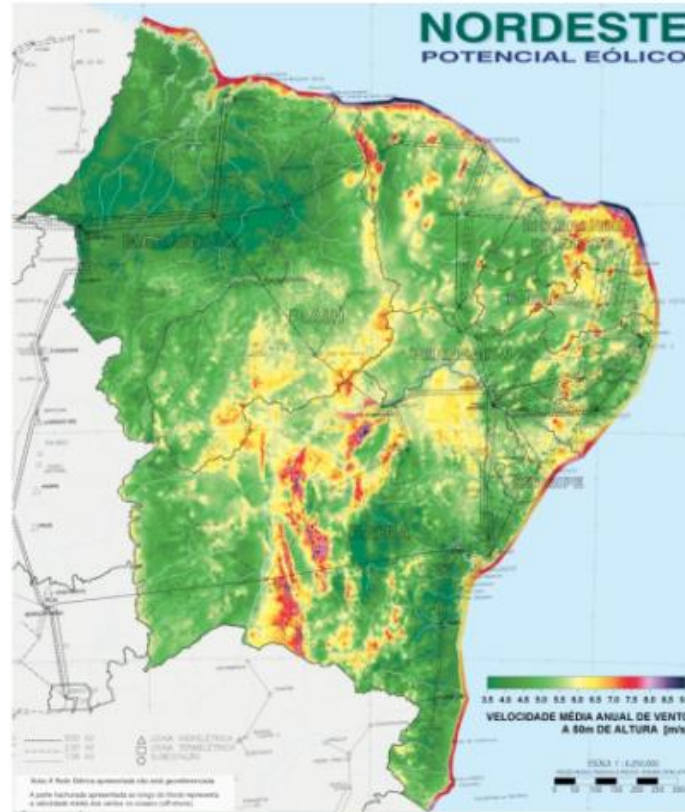
## 2. POTENCIAL EÓLICO BRASILEIRO

O Brasil atingiu em fevereiro de 2018, a marca de 13 GW de capacidade instalada de energia eólica. Em 2017 obteve um crescimento de 26,5%, que em potência significa mais de 2 GW. Essa capacidade é gerada com 534 parques eólicos e mais de seis mil aerogeradores em operação, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica. A capacidade instalada no país suporta o consumo médio ao equivalente a 24 milhões de residências por mês. O Brasil já apresenta um potencial contratado e em construção que soma mais 4,8GW, divididos em 213 parques eólicos, com previsão de entrega até o ano de 2023 (ABEEÓLICA, 2018).

O regime de ventos no Brasil é controlado principalmente pelos aspectos dos sistemas de alta pressão do Atlântico Sul e a faixa de baixa pressão da Depressão Equatorial, que coincide com a localização da Bacia Amazônica, zona de pequenos gradientes de pressão e ventos fracos. Entretanto, ao norte e ao sul da Depressão Equatorial, há duas zonas de ventos constantes, de leste a nordeste ao norte, e de leste a sudeste ao sul (AMARANTE, 2001).

Ao Norte os ventos alísios atingem o litoral do nordeste brasileiro assim como a Bacia Amazônica. No litoral do nordeste há o encontro com as brisas diurnas. Os efeitos são acentuados com essa combinação gerando ventos médios anuais entre 5m/s e 7,5m/s ao norte do Cabo de São Roque (área mais oriental do Brasil), e entre 6m/s e 9m/s ao sul. Os alísios se tornam mais fortes à medida que se afastam da Depressão Equatorial, somado a menores índices de vegetação e umidade do solo ao sul, que acentuam as brisas marinhas, justificam essa diferença entre ambos (AMARANTE, 2001).

Figura 3: Potencial eólico do Nordeste

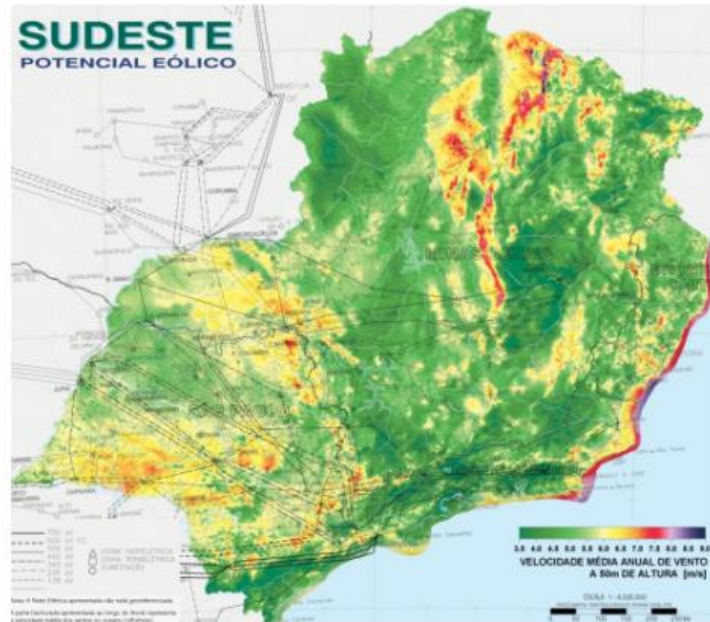


Fonte: Amarante (2001)

As montanhas imediatamente a oeste da costa nordestina criam uma espécie de aceleração por obstáculo, acelerando os ventos ao sul, ao longo da costa baiana que vão aliviando conforme se aproximam da região sudeste. Nas elevações da Chapada Diamantina no Nordeste e Serra do Espinhaço no Sudeste, também ocorrem áreas de grandes velocidades, devido a um efeito de compressão vertical quando os ventos ultrapassam a barreira montanhosa próxima ao litoral. Essas características fazem do Nordeste a maior região do Brasil em potencial eólico, onde se concentra a maior quantidade de parques eólicos do país (412 parques), detendo mais de 80% de toda capacidade nacional (AMARANTE, 2001).

A região litorânea sudeste sofre os mesmos efeitos do litoral sul nordestino, que afeta todo litoral do Espírito Santo até a Região dos Lagos no Rio de Janeiro, onde apresentam ótimo potencial eólico. Após Arraial do Cabo o litoral fluminense desvia-se a oeste onde os ventos se tornam muito mais fracos, devido a forte presença de morros e montanhas, enfraquecendo os ventos ao sul dali (AMARANTE, 2001).

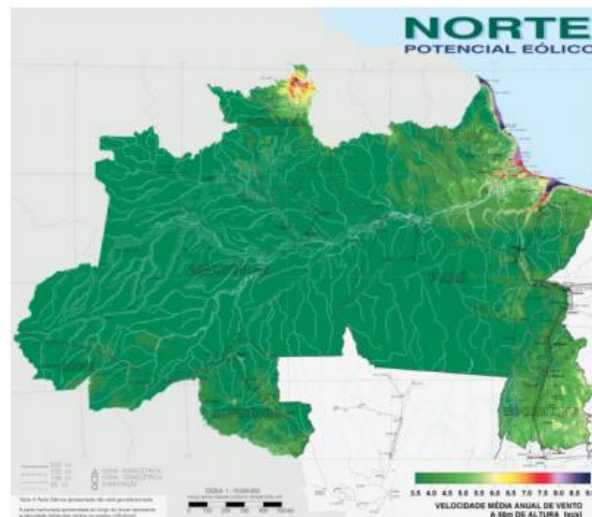
Figura 4: Potencial eólico do Sudeste



Fonte: Amarante (2001)

Na Região Norte, os alísios seguem o mesmo efeito do norte nordestino apenas na área litorânea próxima a foz do rio Amazonas. Entretanto, tem o efeito bem reduzido devido ao atrito de superfície com as densas florestas e a aproximação das zonas de baixa pressão. Apesar disso, há uma faixa entre 1000m e 2000m acima da superfície que atingem as áreas mais elevadas da região norte, com ventos médios anuais de 8m/s a 10m/s. Podemos perceber sua atuação na região da Serra Pacaraima, em Roraima (AMARANTE, 2001).

Figura 5: Potencial eólico do Norte

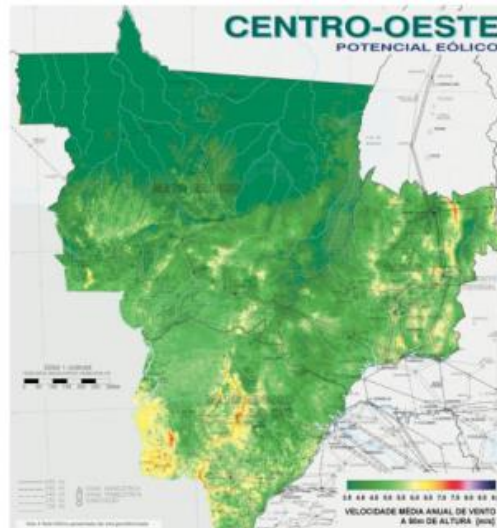


Fonte: Amarante (2001)



A região do Planalto Central, localizada ao sul da Bacia Amazônica apresenta uma grande área de poucos ventos que afeta toda a região centro-oeste. Apenas áreas mais elevadas próximas à fronteira com o Paraguai, devido ao efeito de compressão vertical apresentam médias próximas de 7m/s (AMARANTE, 2001).

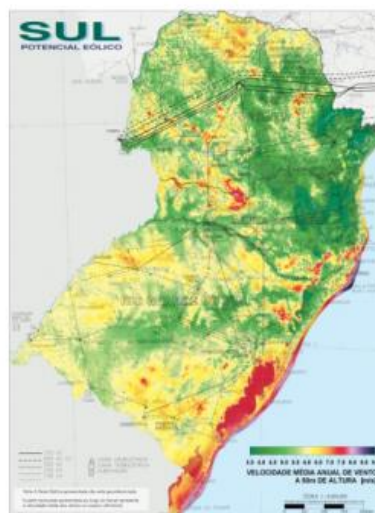
Figura 6: Potencial elétrico do Centro - Oeste



Fonte: Amarante (2001)

Na Região Sul, o escoamento atmosférico é controlado pela Depressão do Nordeste da Argentina, área de baixa pressão a leste dos Andes, e pelo Anticiclone Subtropical Atlântico. O gradiente entre eles induz altas velocidades médias anuais, tanto nas áreas de maiores elevações montanhosas, atingindo 8m/s, quanto nos planaltos de baixa rugosidade, os pampas (AMARANTE, 2001).

Figura 7: Potencial elétrico do Sul



Fonte: Amarante (2001)

A região sul é a segunda maior geradora de energia elétrica eólica do país, possuindo 95 parques eólicos, e mais de 2 GW de potência instalada, atrás apenas do Nordeste, atualmente maior gerador isolado. Essa análise nos permite ver que há ainda muito que ser explorado no setor eólico brasileiro. O sudeste, principalmente, e o norte de Roraima têm grande potencial a ser explorado (AMARANTE, 2001).

## 2.1 Geradores eólicos

Visando a ampliação da produção de energia eólica no Brasil, o desenvolvimento de tecnologias e produção mais eficientes de rotores, hélices e outros componentes presentes em suínas eólicas se torna imprescindível.

Os tipos mais comuns de rotores são os de eixo horizontal. Eles normalmente são os mais comuns a serem produzidos e grande parte da experiência mundial está voltada para a sua utilização. São movidos por forças aerodinâmicas chamadas de forças de sustentação (*lift*) e forças de arrasto (*drag*). Um corpo que obstrui o movimento do vento sofre a ação de forças que atuam perpendicularmente ao escoamento (forças de sustentação) e de forças que atuam na direção do escoamento (forças de arrasto). (TERCIOTE, 2002).

Os rotores que giram predominantemente sob o efeito de forças de sustentação permitem liberar muito mais potência do que aqueles que giram sob efeito de forças de arrasto, para uma mesma velocidade de vento. Os rotores de eixo horizontal ao longo do vento (aerogeradores convencionais) são predominantemente movidos por forças de sustentação e devem possuir mecanismos capazes de permitir que o disco varrido pelas pás esteja sempre em posição perpendicular ao vento. Tais rotores podem ser constituídos de uma pá e contrapeso, duas pás, três pás ou múltiplas pás (*multivane fans*) (TERCIOTE, 2002).

### 2.1.1 Turbina de Eixo Vertical (TEEV)

O rotor de eixo vertical foi o primeiro tipo de rotor inventado, mas com o passar do tempo foi posto de lado, devido à turbina de eixo horizontal. Apesar disso foi escolhido como tema principal do trabalho, e apresenta algumas vantagens. A TEEV não necessita de ajuste para a direção do vento, não tendo a necessidade de acompanhamento minucioso para variações direcionais do vento, além de apresentar melhor comportamento sob turbulências, o que reduz a complexidade do projeto (DUTRA, 2011).

Para projetos em áreas urbanas possui características interessantes. É muito mais silenciosa que as turbinas de eixo horizontal, o sistema de geração fica mais perto do solo, o que facilita a instalação e manutenção e possui torres mais baixas, ocupando no geral uma área

menor que os rotores de eixo horizontal. Como o projeto visa a área urbanizada, uma das possibilidades em estudo é a instalação em telhados de casas, locais em que o vento sofre mais alteração. Nestes aerogeradores, as correntes de ar batem lateralmente nas lâminas, garantindo uma velocidade de arranque mais baixa, vantajoso em condições de pouco vento, o que é muito interessante para o projeto (DUTRA, 2012).

Em geral, as turbinas de eixo vertical são bem mais silenciosas que as turbinas de eixo horizontal e apresentam bom desempenho sob ventos turbulentos. Entretanto, apresenta alta inércia de partida, exigindo, muitas vezes, um esforço de arranque do rotor. Devido à característica de baixa poluição sonora, é preferível a instalação desta em um local como uma Universidade, que exige silêncio e há alta quantidade de pessoas próximas.

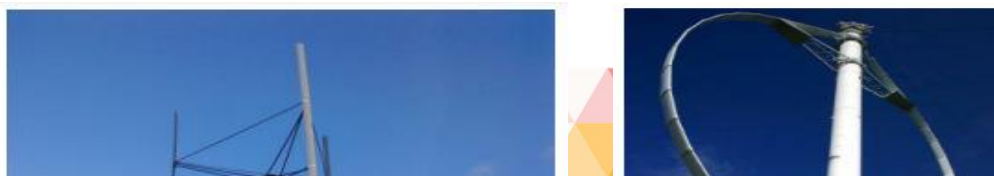
Existem inúmeros projetos de Turbina Vertical, o que torna complexo catalogá-las em grupos quanto ao seu design. No entanto, existem dois tipos básicos de TEEV, as turbinas *Darrieus* e as turbinas *Savonius*. As principais características das turbinas TEEV são (DVORAK, 2014; MERECICKY, 2014):

- Menor Número de Componentes: se justifica por possuir um eixo simplificado, cuja captação de tração não depende da direção do vento, ou seja, não necessita de um direcionador para acompanhar o fluxo de vento;
- Segurança: Os trabalhadores não necessitam escalar torres estruturais para realizarem manutenção no aerogerador;
- Pequenos Dimensionamentos: Viável para diversas áreas Urbanas.
- Eficiência: Não são tão eficientes quanto as HAWT, de modo que seu desenvolvimento está estagnado em diversas indústrias;
- Grandes Dimensionamentos: Não são muito viáveis em grandes proporções de geração, pois além de apresentarem menor eficiência, ocupariam maiores áreas se instaladas para grandes potências;
- Maiores custos com Manutenção: A força do vento age com maior turbulência nesse tipo de design.

#### 2.1.1.1 Turbina Darrieus

As turbinas *Darrieus* possuem poucas pás e pequena área de contato com o ar, de modo a maximizar a geração de energia. Geralmente apresentam 2 ou 3 pás, atuando sob o princípio de diferença de pressão (Figura 8 a e b) (NETTO, 2017).

Figura 8: Aerogerador com turbina vertical



Fonte: Netto (2017)

### 2.1.1.2 Turbina Savinius

As turbinas TEEV *Savonius* (Figura 9) apresentam design que busca conduzir a energia dos ventos de modo a maximizar a geração de energia, como se pode observar na Figura 13. Possuem grande área de contato e são bem mais pesadas que as do tipo *Darrieus*. Seu funcionamento se dá através da força de arrasto do ar, necessitando de maior área de contato e, portanto, dissipando maior potência através de sua estrutura física, o que exige maior força da estrutura da torre (NETTO, 2017).

Figura 9: Aerogerador com turbina vertical



Fonte: Netto (2017)

## 3. IMPACTOS

Os impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de uma usina eólica não podem ser negligenciados. Ficando explícita a necessidade da localização da usina e a distribuição dos aerogeradores que a compõem serem definidas com base em apurado estudo ambiental (FILHO, 2013).

A simples observação do ambiente ao redor já nos mostra que o regime de ventos muda de acordo com a estação e o local em que se observa. Quando um parque eólico é planejado, deve-se levar em consideração esta inconstância, até mesmo as empresas que pretendem investir na construção de novos parques procuram analisar, antes de qualquer coisa, o regime eólico do local. A velocidade dos ventos também precisa ser considerada, pois a mudança desta induz a uma variação de potência no eixo impossibilitando a geração de energia eólica” (ROMANELLI, 2013).

### 3.1 Impactos Ambientais

Conforme Filho (2013), são vários os impactos que podem ser causados pela implantação e atividade de um parque de produção de energia eólica:

- **Supressão da Vegetação:** A construção de usinas eólicas pode provocar impactos na fauna e na flora local durante a fase de construção e durante a permanência do empreendimento ou sua exploração, os impactos recorrentes são supressão da vegetação remoção de terra e compactação do terreno por maquinas;
- **Fauna:** Entre os impactos na fauna, a implantação de uma usina eólica pode gerar de forma direta e indireta danos sobre as aves como risco de colisão com os aerogeradores (rotores, pás e torres de suporte); colisão com as linhas de transporte de energia; alteração do sucesso reprodutor; perturbação na migração (mudanças nos padrões de migração); perda de habitat de reprodução e alimentação; alteração dos padrões de movimentação e utilização do habitat devido à perturbação associada à presença das turbinas;
- **Degradação da área Afetada:** As usinas eólicas quando em operação ou em processo de instalação podem degradar consideravelmente a área ocupada, devido ao processo de desmatamento, de topografia, e de terraplenagem, pois é necessária a criação e manutenção de uma rede de vias de acesso para os aerogeradores. Outro impacto é o da introdução de material sedimentar para impermeabilização e compactação do solo, quando da etapa do processo de implantação visando proporcionar o tráfego de veículos sobre a rede de vias de acesso aos aerogeradores, ao canteiro de obras, ao depósito de materiais, do escritório e do almoxarifado.

### 3.2 Impactos Socioeconômicos

Conforme Filho (2013), os impactos socioeconômicos gerados pela implantação de uma usina de geração de energia eólica podem ser:

- **Impacto Visual:** Os modernos aerogeradores, com alturas das torres superiores a 100 m e comprimento das pás de acima de 30 m, constituem obviamente uma alteração visual da paisagem;
- **Emissão de ruído:** Os ruídos mecânicos têm sido praticamente eliminados através de materiais de isolamento. O ruído aerodinâmico é produzido pela rotação das pás gerando um som sibilante que é uma função da velocidade de ponta. Os projetos modernos de usinas eólicas estão sendo otimizados com escopo de reduzir o ruído aerodinâmico. A agência ambiental francesa, *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* – ADEME, sugere um afastamento mínimo de 250 m entre a torre de eólica e uma residência humana, sendo entretanto, essa distância definida em audiência pública;
- **Corona Visual ou Ofuscamento:** Corona visual ou ofuscamento é a quantidade de radiação eletromagnética deixando ou chegando a um ponto sobre uma superfície. Pode ser minimizado utilizando pinturas opacas nas torres e pás;
- **Interferências Eletromagnéticas:** Os aerogeradores, em alguns casos podem refletir as ondas eletromagnéticas. Isso implica que podem interferir e perturbar sistemas de telecomunicações. Os campos eletromagnéticos de turbinas de vento podem afetar a qualidade de rádio e telecomunicações, bem como comunicações de micro-ondas, celular, internet e transmissão via satélite;
- **Interferências Locais:** “Para a população situada no entorno da área de influência direta, os impactos mais significativos gerados pela execução das obras de construção da usina eólica se relacionam com as interferências locais e as expectativas geradas em razão da efetivação do empreendimento. A implantação causa alguns desconfortos temporários à população residente próxima as obras, bem como pode interferir no cotidiano da comunidade local.

## 4. SISTEMA DE MICROGERAÇÃO EÓLICA E SUA IMPLANTAÇÃO

Microgeradores eólicos são sistemas de geração elétrica a partir da força dos ventos com potência suficiente para produzir eletricidade para o abastecimento de pequenos consumidores, como casas, comércios ou, até mesmo, um galpão de uma indústria. Microgeradores são

sistemas com potência igual ou de até 75 kW, segundo a Resolução Normativa REN 482/2012 da ANEEL, que foi recentemente alterada pela REN 687-2015.

Sistemas eólicos de pequeno porte estão mais próximos do solo do que grandes aerogeradores. Por isso, o terreno e o entorno da edificação deverão ser analisados antes de definir-se o local exato da instalação. Desse modo, será possível identificar obstáculos que possam influenciar o comportamento dos ventos.

De modo geral, a velocidade do vento aumenta com a altura e depende do que está construído nos arredores. Nas alturas mais baixas, ela é afetada pela fricção do vento com a superfície terrestre. Bosques ou áreas urbanas densas, por exemplo, podem abrandar muito o vento, enquanto áreas abertas, como lagoas, têm influência quase nula. Por isso aerogeradores são normalmente instalados em torres elevadas ou no topo de edificações, mantendo-se distantes de outros edifícios, árvores e eventuais obstáculos.

#### **4.1 Aspectos gerais da implantação do microgerador eólico**

O projeto de instalação e de conexão à rede de um micro ou minigerador eólico deve ser realizado por uma empresa com experiência comprovada nessa área e por profissionais devidamente habilitados. É importante informar-se antes sobre a empresa, solicitando referências de outros trabalhos na área de geração elétrica.

O custo da eletricidade tem aumentado ao longo do tempo, enquanto o valor para instalar sistemas eólicos de pequeno porte faz o caminho inverso, diminuindo anualmente. Com a nova regulação da ANEEL, que permite a injeção de energia na rede em troca de créditos em kWh na conta de luz, a geração descentralizada de energia - 37 - tornou-se viável economicamente para consumidores residenciais de quase todo o Brasil.

Esse tem-se tornado um investimento cada vez mais atrativo, porque, após recuperar o investimento inicial, onde o consumidor poderá ter economias significativas no longo prazo. Salientando que um sistema eólico gera energia por pelo menos 20 anos, e a conta de luz poderá ser reduzida para o valor mínimo (custo de disponibilidade).

Além disso, o consumidor contribuirá para reduzir o impacto ambiental de sua residência, empresa ou indústria. Ao consumir a energia que é gerada, o consumidor elimina as perdas ocorridas na transmissão e distribuição. Quando não está consumindo, a energia gerada e injetada passa pela rede da distribuidora. Outra vantagem é a valorização do imóvel, pois essa é uma tecnologia bastante inovadora no Brasil.

Para participar do Sistema de Compensação de Energia o consumidor deve escolher um microgerador eólico que atenda à necessidade energética da edificação na medida certa,

gerando no máximo a energia que é consumida ao longo de um ano ou considerando o uso de créditos para compensação em outras unidades consumidoras que estão em seu nome.

Inicialmente, o instalador verificará o quanto de eletricidade a residência, escritório ou indústria consome em determinado período, para calcular qual deve ser a capacidade do sistema eólico. No entanto, consumidores atendidos em baixa tensão (grupo B) terão de pagar o custo de disponibilidade nos meses em que a geração for igual ou maior que o consumo da rede. Depois, o instalador conhecerá o local onde será instalado o gerador, para avaliar as condições físicas e definir como será o microgerador. Isso inclui a medição de ventos e a escolha do posicionamento que proporcione melhor eficiência. O desempenho de um gerador eólico de pequeno porte deve levar em conta tanto a intensidade e a regularidade dos ventos quanto a continuidade da direção.

#### **4.2 Recomendações e manutenção**

Importante sempre verificar a confiabilidade dos fabricantes dos equipamentos a serem utilizados, principalmente os aerogeradores e os inversores. Sugere-se que o instalador utilize somente equipamentos com certificação nacional ou internacional. No Brasil, o principal organismo de certificação nessa área é o INMETRO. Além da qualidade dos equipamentos, o processo de instalação também deve ser observado. E quanto à manutenção, recomenda-se:

- a) Monitorar a produção de energia (via inversor), para verificar e corrigir eventuais falhas de forma rápida;
- b) Verificar periodicamente o sistema, para avaliar se o gerador ou a torre estão com alguma vibração visível;
- c) Monitorar o aparecimento de algum ruído no sistema, para verificar se não houve alguma alteração no padrão;
- d) Em momentos de ausência de vento observar o estado das pás do aerogerador.



## 5. Considerações finais

- A energia eólica é limpa e não causa grandes impactos ambientais, sendo uma alternativa viável e complementar às outras fontes de energia já utilizadas.
- O Brasil, com um vasto litoral e com uma localização geográfica favorável ao aproveitamento do vento, tem grande potencial para a exploração da energia produzida por meio do vento.
- A tecnologia para a microgeração de energia eólica ainda não é acessível para a maioria dos brasileiros, mas se mostra com uma perspectiva promissora para ser utilizada na zona rural e urbana.

ABEEÓLICA, Brasil chega a 13 gw de capacidade instalada de energia eólica, Mar. 2018.

ANEEL, **Atlas**, 2003.

ASTRASOLAR, “**Geração distribuída no Brasil**,” July 2017.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO - CRESESB (Rio de Janeiro). Ministério de Minas e Energia (Org.). **Energia Eólica - Princípios e Tecnologia**. Rio de Janeiro: Ricardo Dutra, 2010.

CHESF-BRASCEP, 1987. Fontes Energéticas Brasileiras, Inventário/Tecnologia. **Energia Eólica**. V.1 De cata-ventos a aerogeradores: o uso do vento, Rio de Janeiro.

D. CARMO, “Projeto de uma turbina eólica de eixo vertical para aplicação em meio urbano,” Master’s thesis, Dissertação de mestrado (Grau de Mestre em Engenharia Mecânica). **Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa**, 2012.

F. F. L. AMARANTE, O.A.C.; SILVA, **Atlas Eólico do Rio de Janeiro**, 2002.

FILHO, W. P. B. Impactos Ambientais em Usinas Eólicas. 2013, Artigo, **Fundação Estadual do Meio Ambiente do Estado de Minas Gerais** (Feam), Minas Gerais.

<http://www.energiapura.com/aerogerador-skystream-37-land>. **Aerogerador Skystream Land**. Acesso em: 13 de outubro de 2020.

<http://www.energiapura.com/aerogerador-skystream-37-land>. **Manual Original**. Acesso em: 13 de outubro de 2020.

L. B. M. S. A. L. AMARANTE, O.A.C.; ZACK, **Atlas do Potencial Eólico Brasileiro**, 2001.

NETTO, Altieres Schincariol. Estudo de Viabilidade de Microgeração de Energia Eólica no Campus da UTFPR de Guarapuava. 2017. 92 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Engenharia Elétrica. **Universidade Tecnológica Federal do Paraná**. Curitiba, 2017.

O. T.R., “**Initial guidance to obtain representative meteorological observations at urban sites**,” 2004.

R. DUTRA, B. Montezano, and J. C. E. Ferreira, “**Energia eólica: Princípios e tecnologia** [2008],” CRESESB/Cepel.[Online], 2011.

ROMANELLI, P. Recursos Energéticos e Ambiente – Energia Eólica. 2013, **Escola Superior de Agricultura** “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, São

SHEPHERD, D.G.,1994, “Historical Development of the Windmill”. In Wind Turbine Technology – **Fundamental Concepts of Wind Turbine Engineering**, SPERA, S.A, (ed), 1 ed. New York, ASME Press, pp 1-46.

TOCIETE, R. **Análise da eficiência de um sistema eólico isolado**. Campinas, SP. 2002.